

# Giesserei Rundschau





**BORBET**  
Austria

Ein Unternehmen der BORBET-Gruppe



**Innovative Technologie,  
Individuelle Designs.**



**BORBET Austria GmbH**

Lamprechtshausener Bundesstraße 77  
5282 Ranshofen

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

www.borbet-austria.at



Innovativer Partner der Automobilindustrie

**Das nächste Heft der  
GIESSEREI RUNDSCHAU**

**Nr. 11/12**

**erscheint am**

**9. Dezember 2014**

**zum Thema:**

**„Eisen-  
und Stahlguss“**

**Redaktionsschluss:**

**7. November 2014**

## **Deutsche Gießerei-Industrie eröffnete in Düsseldorf den Neubau ihres Verbandshauses**



Am 12. September 2014 wurde in der  
**Hansaallee 203, 40549 Düsseldorf/D,**

das neue Vereinshaus der Deutschen Gießerei-Organisationen feierlich seiner Bestimmung übergeben. Es vereint BDG (Bundesverband der Deutschen Gießerei-Industrie), VDG (Verein Deutscher Gießereifachleute), IfG (Institut für Gießereitechnik) und FVG (Forschungsvereinigung Gießereitechnik e.V.) unter einem gemeinsamen Dach und bietet zeitgemäße Arbeitsbedingungen für eine effiziente und kooperative Verbandsarbeit.

Mit den Worten „modern, innovativ und transparent“ eröffnete BDG-Präsident Dr.-Ing. Erwin Flender vor über 300 geladenen Gästen das neue Haus, das der Gießerei-Branche die Möglichkeit verschaffe, die Interessen der Unternehmen

gegenüber Politik und Verwaltung noch besser zu vertreten und die Mitglieder angemessen zu betreuen.

Das neue Verbandszentrum ist dem übergreifenden Arbeiten verpflichtet und so sind neben den klassischen Verbandsfunktionen auch die VDG-Akademie – der Bildungspartner der Branche – und das Institut für Gießereitechnik an einem Ort konzentriert.

Wirtschaft, Politik, Technik und Forschung sollen Hand in Hand zur Bewältigung der Herausforderungen und damit zur Sicherung der Zukunft der deutschen Gießerei-Industrie beitragen.

### **Ein herzliches Glückauf**

für ein erfolgreiches Arbeiten in einem neuen motivierenden Ambiente übermitteln:

Verein Österreichischer Gießereifachleute – VÖG  
Österreichisches Gießerei-Institut – ÖGI

Fachverband der österreichischen Gießerei-Industrie  
Lehrstuhl für Gießereikunde a.d. Montanuniversität Leoben

## Impressum

### Herausgeber:

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

### Verlag Strohmayer KG

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

### Chefredakteur:

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

### Redaktionsbeirat:

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

### Anzeigenleitung:

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

### Abonnementverwaltung:

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

### Bankverbindung des Verlages:

IBAN: AT55 3200 0000 1701 1826  
BIC: RNLNAT33

### Jahresabonnement:

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

### Druck:

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

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

Offenlegung nach § 25 Mediengesetz  
siehe www.voeg.at

# VOEG Giesserei Rundschau

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

## INHALT

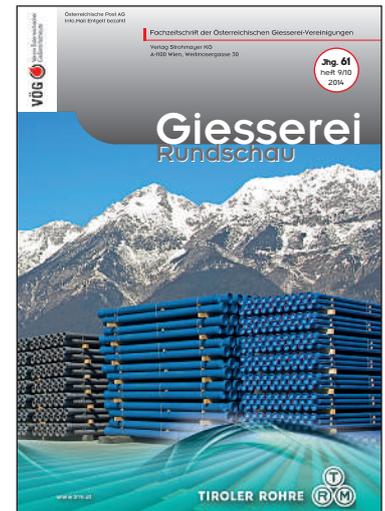
**Die Tiroler Rohre GmbH** wurde 1947 gegrün-  
det und versteht sich als führendes, europäisches In-  
dustrieunternehmen im Bereich Wasserwirtschaft  
und Tiefbau.

Entwickelt, produziert und vermarktet werden  
hochwertige Systeme (Rohrleitungen, Verbindungen  
und Zubehör) für den Wassertransport sowie wirt-  
schaftliche Tiefgründungssysteme (Pfähle) aus duk-  
tilem Guss.

Die nachhaltigen Eigenschaften des Werkstoffes, in-  
novative Produkttechnologien und professionelle  
Kompetenz in den Anwendungsbereichen der Kun-  
den machen TRM zum führenden Problemlöser in  
der Wasserwirtschaft und im Tiefbau.

Am Produktionsstandort Hall in Tirol sind mehr als  
200 Mitarbeiter beschäftigt.

[www.trm.at](http://www.trm.at)



### BEITRÄGE

**270** ➔ **Zylinderkurbelgehäuse aus Aluminium:  
Werkstoffe u. prozesstechnische Konzepte zur Realisierung eines  
Aggregate-Leichtbaus**

**279** ➔ **Neue Entwicklungen u. Produktionstechnologien zur Herstellung  
von GJL-Zylinderkurbelgehäusen in Dünnwandtechnologie**

**283** ➔ **Reduzierung von Oxideinschlüssen in Al-Zylinderköpfen  
durch virtuelle Versuchsplanung**

**292** ➔ **Kernschießsimulation – zum ökonomischen u. ökologischen  
Vorteil der Gießerei**

**295** ➔ **Numerische Simulation und praktische Versuche zum  
Verbundgießen von Aluminiumlegierungen**

**303** ➔ **Untersuchung der Wirkung der Hauptlegierungselemente bei  
konventionellen DG-Legierungen**

### TAGUNGEN/ SEMINARE/MESSEN

**311** Rückblick auf den Deutschen Gießereitag, Hamburg  
15./16. Mai 2014, Teil 2

**319** Veranstaltungskalender

### AKTUELLES

**321** Aus dem ÖGI  
Aus dem Fachverband der Gießereiindustrie  
Aus den Betrieben  
Firmennachrichten

### VÖG-VEREINSNACHRICHTEN

**334** Vereinsnachrichten  
Personalia

### LITERATUR

**336** Bücher und Medien

# Zylinderkurbelgehäuse aus Aluminium: Werkstoffe und prozesstechnische Konzepte zur Realisierung eines Aggregate-Leichtbaus

*Aluminium Cylinder Crankcases:*

*Materials and Processing Concepts for Realisation of Lightweight Power Train*

**Dr.-Ing. Franz Josef Feikus,**



studierte Gießereikunde an der RWTH Aachen. Nach langjähriger Tätigkeit in verschiedenen Funktionen in Forschung & Entwicklung bei der Hydro Aluminium in Bonn sowie beim VDG/BDG als Fachreferent NE-Metallguss, seit 2011 als F&E Manager für die Nemak Europe in Frankfurt tätig.

**Dr.-Ing. Detlef Kube,**

studierte Metallurgie und Werkstoffwissenschaften mit der Fachrichtung Gießereikunde an der RWTH Aachen. Nach seiner Promotion wechselte er zur Nemak Dillingen GmbH (vormals Hydro Aluminium). Nach den Positionen als Prozessoptimierer, Leiter verschiedener Kundenprojekte und Leiter der Prototypengießerei hat er seit April 2007 die Position des Leiters Produktentwicklungszentrum mit den Abteilungen Produktdesign, Produkt- und Prozessentwicklung samt Prototypengießerei inne.



**Dr.-Ing. Dirk Schnubel,**



studierte an der Universität des Saarlandes Werkstoffwissenschaften mit Vertiefungsrichtung Metallische Werkstoffe. Nach Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Helmholtz-Zentrum Geesthacht und Promotion an der Technischen Universität Hamburg-Harburg ist er heute F&E-Ingenieur bei der Nemak Dillingen GmbH.

**Henning Meishner,**

gelernter Werkzeugmacher und Maschinenbauingenieur, sammelte zunächst Erfahrungen als Versuchsingenieur im Bereich Sondermaschinenbau bei der Körber AG. Anschließend war er als Projektleiter bei der IAV GmbH in Gifhorn tätig und wechselte in dieser Funktion 2001 zur Nemak in Wernigerode. Seit 2010 leitet er dort das Produktentwicklungszentrum



**Dipl.-Ing.Dr.mont. Leopold Kniewallner,**

studierte an der Montanuniversität Leoben Werkstoffwissenschaften. Von 1992 bis 2012 war er in verschiedenen Positionen bei Georg Fischer Automotive aktiv, zuletzt als Leiter Forschung & Entwicklung in Schaffhausen. Seit 2012 ist er bei Nemak tätig und aktuell verantwortlich für alle

Produktentwicklungszentren der Nemak in Europa.

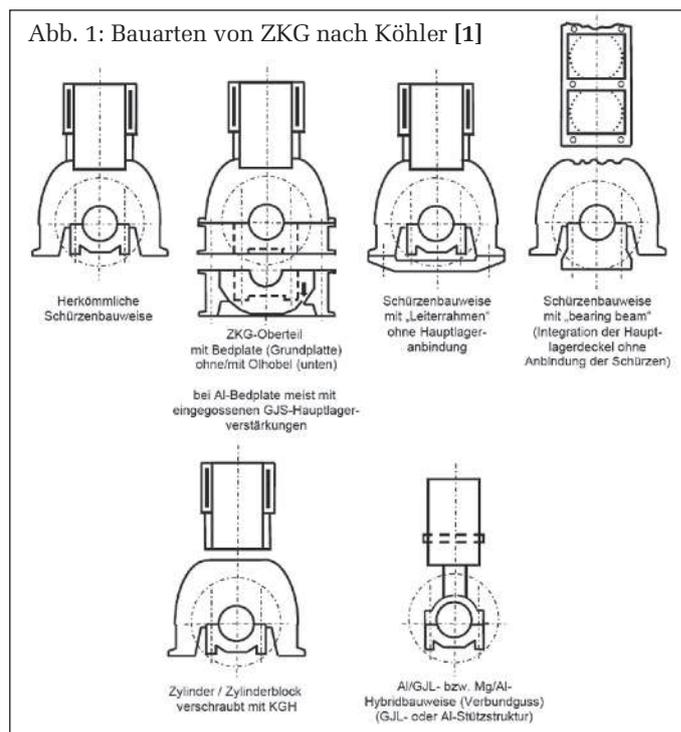
**Schlüsselwörter:** AlSiCu-Gusslegierung, Aggregateleichtbau, Downsizing, Zylinderkurbelgehäuse (ZKG), Kokillengießverfahren, Sandgießverfahren, turbulenzarme Formfüllung, mechanische Eigenschaften, thermisch gespritzte Zylinderlauffläche, Stegkühlung

## 1. Einleitung

Die Entwicklung neuer Antriebsaggregate für PKWs lässt bei allen Automobilherstellern einen ungebrochenen Trend zu höheren spezifischen Leistungen und Drehmomenten erkennen. Parallel dazu erzeugen die weiter abgesenkten gesetzlich vorgeschriebenen Grenzen zur Reduzierung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes einen hohen Druck, den Leichtbau der Fahrzeuge zu forcieren.

In diesem Zusammenhang findet gleichzeitig eine konsequente Entwicklung in Richtung kompakterer, aber sehr leistungsstarker Motoren, statt. Wesentliche Beiträge zur Umsetzung der herausfordernden Ziele leisten dabei als Einzelkomponenten das Zylinderkurbelgehäuse (ZKG) und der Zylinderkopf. Diese machen den Großteil der Masse des Antriebsaggregates aus und verfügen damit aber auch über das größte Potenzial, Gewicht einzusparen. Trotz der angestrebten Massereduzierung müssen sie aber die gestiegenen thermomechanischen Belastungen tragen und über die ge-

Abb. 1: Bauarten von ZKG nach Köhler [1]



Zylinderlaufflächen-konzept	Charakter des ZKG	Büchsenwanddicke (fertigbearb.) a [mm]	min. Al-Umguss-dicke b [mm]	min. Stegbreite c [mm]
eingegossene GJL-Büchsen	heterogen	2,5 (3)	2	7 (8)
lokal erzeugter Al-Matrix-Verbundwerkstoff (MMC)	quasimonolithisch	(1,75) 2,0	1,5	(5,0) 5,5
übereutektische AlSi-Legierung bzw. Zylinderlaufflächenbeschichtung	monolithisch quasimonolithisch	ganzes ZKG aus dieser Legierung 0,075 – 0,25	kein Umguss Kein Umguss	(4,0) 4,5 – 5,5 (4,0) 4,5 – 5,5

samte Lebensdauer ausfallsicher bleiben. Besonders die Direkteinspritzung und Turboaufladung stellen enorm hohe Anforderungen an statische und dynamische Festigkeiten bei erhöhten Temperaturen.

Dennoch ist es kaum zu bewerkstelligen Vergleiche anzustellen, welche Masseinsparungen bei einzelnen Motorkomponenten, insbesondere bei den ZKG, realisiert werden können. Grund dafür sind die nach Köhler [1] möglichen, unterschiedlichen Designkonzepte (Tab. 1 u. Abb. 1) sowohl für den Aufbau des ZKG mit der Anbindung der Kurbelwellenlagerung als auch für die Laufflächentechnologie:

- Schürzenbauweise (short skirt) mit Lagerdeckeln/ Lagerdeckelverbund/Leiterrahmen,
- Short Skirt mit Bedplate,
- Monolithische ZKG,
- ZKG mit eingegossenen Linern,
- ZKG mit gefügten Linern,
- ZKG mit thermisch gespritzten Laufflächen.

Diese Vielfalt, die in den verschiedenen Motoren Anwendung findet, erlaubt es nicht, einen direkten Vergleich der Einzelmassen von ZKG's anzustellen.

Der vorliegende Beitrag gibt eine Übersicht zu den bei NEMAK vorhandenen Gießverfahren für ZKG und erörtert

- die Möglichkeiten der Designfreiheit im Aluminiumguss,
- das Potenzial zur Festigkeitssteigerung über die Aluminium-Gusslegierungen,

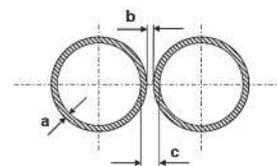


Tabelle 1: Sinnvolle minimale Stegbreiten bei unterschiedlichen Laufflächenkonzepten nach Köhler [1]

- die lokale Gefügeeinstellung durch gezielte Wärmeabfuhr,
- das Temperaturmanagement mit optimaler Wärmeabfuhr/ vorgegossener Stegkühlung sowie
- den Einsatz von thermischen Spritzschichten.

## 2. Gießverfahren für Zylinderkurbelgehäuse bei NEMAK

Abb. 2 gibt einen Überblick der bei NEMAK installierten Gießverfahren zur Herstellung von Zylinderkurbelgehäusen.

Mit der Zielsetzung einer kostengünstigen Herstellung findet das Druckgießverfahren insbesondere durch das technologiebedingt unproblematische Eingießen von GJL-Linern für eine verschleißfeste Kolbenlaufbahn eine breite Anwendung für Großserien.

Als Lösung auf die ständig steigenden Anforderungen zur Bauteilfestigkeit und Porenfreiheit wird die unterdruckunterstützte Formfüllung für das Druckgießverfahren immer weiter entwickelt. Dagegen befinden sich die Lösungsansätze zur Umsetzung von closed-deck Konstruktionen mittels Salzkerntechnologie in einem noch frühen Entwicklungsstadium.

Im Unterschied zu den Druckgießverfahren sind mit den Kokillengießverfahren bereits kleine und mittlere Stückzahlen wirtschaftlich darstellbar, ebenso sind closed-deck ZKG-Konzepte realisierbar. Die Schwerkraftkokillengießverfahren (im Bodenguss) finden derzeit hauptsächlich in Nordamerika für V8-Otto ZKG Anwendung. Das CPS®-Kernpaket-Sand-

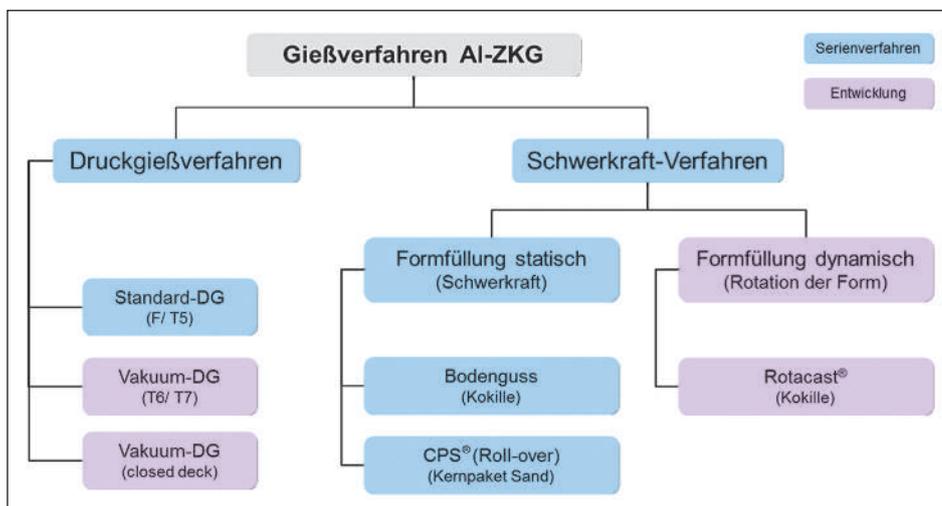


Abb. 2: Übersicht zu den Kokillengießverfahren bei NEMAK

gießverfahren mit Schwerkraft-Füllung und roll-over wird vornehmlich für große Serien eingesetzt und für ZKG's, die höchste Anforderungen an die Komplexität und mechanische Belastbarkeit stellen. In der Entwicklung befindlich ist die Applikation des Rotacast®-Verfahrens, insbesondere für Diesel ZKG für künftige Bauteilanforderungen. Ziel ist die Verbesserung der mechanischen Eigenschaften mit Fokus auf beschichtungsfähige Laufbahnoberflächen bei Reduzierung des Bauteilgewichts. In Kombination mit der konsequenten Verwendung anorganischer Kernbinder erfüllt dies die zukünftigen Ansprüche einer nachhaltigen Fertigungsstrategie.

Aufbauend auf die langjährigen Erfahrungen bei NE-MAK bei der Fertigung von Zylinderköpfen im Rotacast®-Verfahren (mehr als 15 Mio. Stück, Stand 2014)

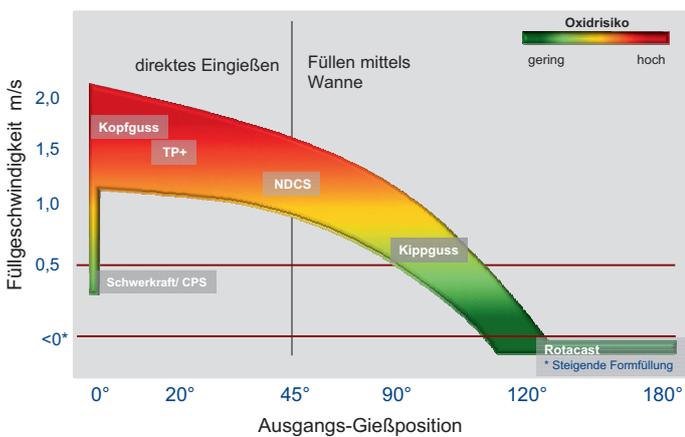


Abb. 3: Risiko zur Aufnahme von Oxiden in Abhängigkeit von der Füllgeschwindigkeit

ist aktuell das Ziel, die durchweg positiven Eigenschaften auch auf das Gießen von ZKG in Kokille zu übertragen.

Wesentliche Einflussfaktoren auf die Bauteileigenschaften sind nach [2]:

- turbulenzarme Formfüllung,
- Temperaturgradient zum Ende der Formfüllung.

TP+	Kopfguss mit leicht (20° – 40°) in Richtung Gießsystem geneigter Kokille, Drehpunkt liegt im Zentrum des Gießtumpels
NDCS	Kopfguss mit > 40° geneigter Kokille in Richtung Gießsystem, Drehpunkt im Brennraum des ZK
Bodenguss (GSPM)	Formfüllung von unten über Schwerkraft, ein direkt gefülltes Gießsystem
Kippguss	Kippwinkel > 90°: Drehpunkt außerhalb der Gussteilkavität
Rotacast®	Gesamte Form wird um 180° gedreht; Drehpunkt außerhalb der Gussteilkavität

Tabelle 2: Charakteristische Merkmale der bei Nemak eingesetzten Kokillengießverfahren

## 2.1 Turbulenzarme Formfüllung

Abb. 3 veranschaulicht den Zusammenhang zwischen Füllgeschwindigkeit und dem Risiko zur Oxidaufnahme.

Beispielhaft sind in der Kurve die bekannten Gießverfahren für Zylinderköpfe (ZK) eingetragen. Neben dem bekannten Kopfguss, also der Formfüllung über ein Laufsystem von oben, sind dies die in **Tabelle 2** aufgeführten Gießverfahrensvarianten.

Dabei wird für den Kippguss und das Rotacast®-Verfahren ein verlagertes Umfüllen der Schmelze in eine separate Gießwanne realisiert, wohingegen die anderen Verfahren direkt mittels Gießlöffel in das Gießsystem eingießen.

Verwendet man die Füllgeschwindigkeit als Indikator für mögliche durch die Bauteilgeometrie indizierte Turbulenzen, so zeigt die Grafik, dass die Gefahr des Einfangens von Oxiden und damit von Bauteilfehlern beim Rotacast®-Verfahren am geringsten ist. Dies liegt zum einen an der steigenden, schöpfenden Formfüllung, zum anderen aber auch an der anlagenseitig variablen Drehgeschwindigkeitsanpassung beim Fließen der Schmelze von der Gießwanne in die Gießform.

## 2.2 Temperaturgradient zum Ende der Formfüllung

Der Temperaturgradient zum Ende der Formfüllung hat einen maßgeblichen Einfluss auf die Entstehung von Schwindungsporositäten. Relevant ist hier der Gradient von der unteren Gusstückposition zum obenliegenden Speiser. Ein hoher Gradient verbessert die Möglichkeiten zur Dichtspeisung und reduziert die Entstehung von erstarrungsbedingten Mikroporen. Bei einem Zylinderkopf ist es beispielsweise das Ziel, den Bereich der späteren Brennraumkalotten durch eine gekühlte Bodenplatte für eine optimale Gefügeausbildung möglichst schnell erstarren zu lassen. Die Nachspeisung erfolgt dann über die im Bereich der Nockenwellenlager platzierten Speiser. Als Maß für einen guten Temperaturgradienten und damit für die Nachspeisung kann daher die Temperatur zum Ende der Formfüllung im Speiser angesehen werden.

Dieser Zusammenhang wird für die vorgestellten Schwerkraftgießverfahren in **Abb. 4** dargestellt.

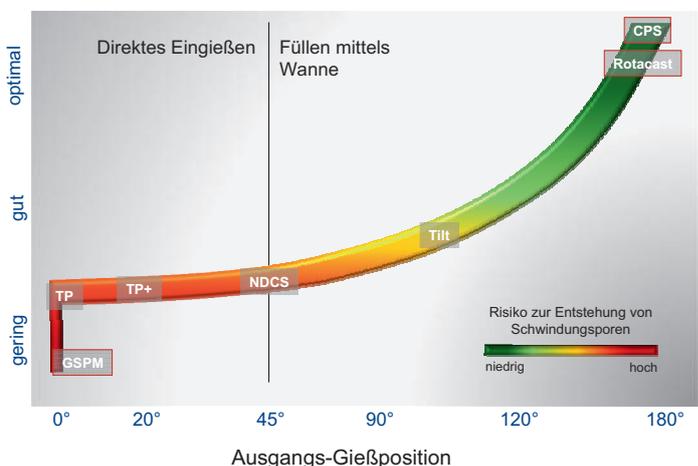


Abb. 4: Temperaturgradient nach Füllung in Abhängigkeit vom Füllwinkel

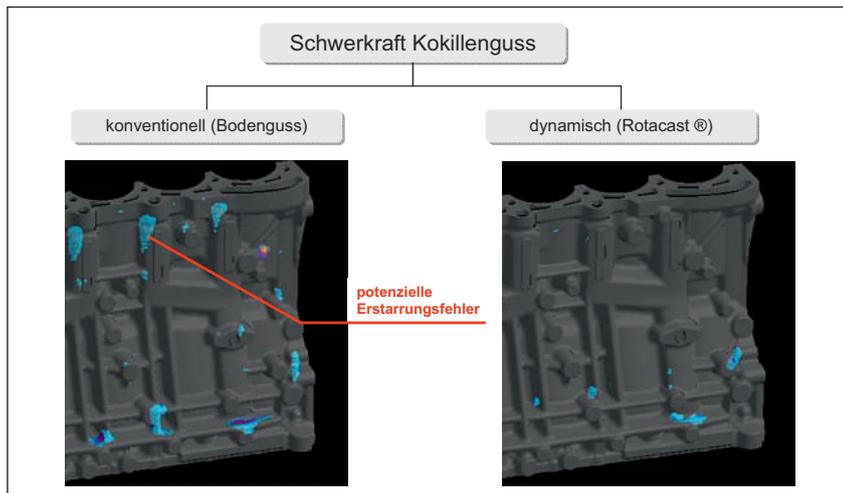


Abb. 5: Vergleich potentieller Bauteilfehler Bodenguss vs. Rotacast® (aus Erstarrungssimulation)

So muss beim statischen Bodengießverfahren die gesamte zur Formfüllung benötigte Schmelze über die gekühlte Kokillengrundplatte, bei ZKG über den gekühlten Kurbelraumeinsatz, geführt werden. Dabei kühlt die Schmelze stark ab, folglich verschlechtert sich der Temperaturgradient im Speiser, die Nachspeisung ist nur eingeschränkt möglich, schwindungsbedingte Bauteilfehler drohen.

Mit zunehmendem Kipp- oder Drehwinkel wird der Temperaturgradient erhöht und findet sein Optimum im Rotacast®-Verfahren. Durch die schichtende, turbulenzarme Füllung der Kokille wird kontinuierlich heiße Schmelze von oben nachgeführt. Sichtbares Resultat am Gussteil sind minimale Speiserhöhen. Dies verdeutlicht auch **Abb. 5** anhand von Erstarrungssimulationsrechnungen geometrisch identischer Bauteile.

Während beim konventionellen Bodenguss signifikante Schwindungsporositäten angezeigt werden, erscheinen für das gleiche Bauteil im Rotacast®-Verfahren, insbesondere im speisernahen Bereich, keine Lunckeranzeigen.

## 2.3 Korrelation von Werkstoffkennwerten und Gefügeausbildung

Bevorzugte Gusslegierung für hochbelastete ZKG ist die Legierung AlSi8Cu3. Sie weist die geforderten hohen mechanischen Kennwerte bei Raumtemperatur wie auch bei erhöhten Temperaturen (bis 200 °C) auf. Werden Ungängen im Gefüge (Porositäten und nichtmetallische Einschlüsse) auf ein minimales Niveau reduziert, sind auch sehr gute Kennwerte unter zyklischer Belastung erreichbar.

### 2.3.1 Typische mechanische Kennwerte für das Rotacast®-Verfahren

Die in Kapitel 2.2 beschriebenen Maßnahmen zur Minimierung potentieller Gussfehler wurden in Prototyp-Projekten in der Praxis umgesetzt. Im Rotacast®-Verfahren hergestellte ZKG's wurden verglichen mit ZKG's aus Schwerkraftkokillenguss mit steigender Füllung:

1. ein Benzin Hochleistungs-ZKG Rotacast® im Vergleich zu Bodenguss im identischen Bauteildesign
2. ein Benzin Hochleistungs-ZKG Rotacast®
3. ein Diesel Hochleistungs-ZKG im Rotacast® mit erhöhten Anforderungen an die Stegfestigkeit ( $R_m > 300$  MPa).

**Tabelle 3** führt die im Einzelnen erzielten Ergebnisse auf.

Die Messwerte zeigen auf, dass sich im Rotacast®-Verfahren signifikant bessere mechanische Kennwerte bei identischer Bauteilkonstruktion im Vergleich zum Schwerkraftkokillenguss (Bodenguss) oder Niederdruckkokillenguss erreichen lassen. Die Legierung

ZKG-Variante	Gießverfahren	Legierung/ WBH*	$R_m$ [MPa]	$R_{p0,2}$ [MPa]	A [%]	Bemerkung
ZKG 1	Rotacast	AlSi7Cu0,5Mg/ T6 Wasser	320	260	5,5	Gewicht gegenüber GSPM um 1 kg reduziert
	Bodenguss		305	250	4,5	gleiche WBH*
ZKG 2	Rotacast	AlSi7Cu0,5Mg/ T6 Wasser	330	260	6,0	
ZKG 3	Rotacast	AlSi8Cu3 / T6 Luft	350	290	2,0	Stegfestigkeit $R_m = 340$ MPa $R_{p0,2} = 270$ MPa $A_5 = 2\%$

\* WBH = Wärmebehandlung

Tabelle 3: Mechanische Eigenschaften im Hauptlagerstuhl von ZKG-Rotacast® im Vergleich zu anderen Kokillengießverfahren

<b>Legierung</b>  <b>Lagerstuhl</b> (DAS < 25 µm)  <b>Deckfläche</b>  <b>Bohrung</b> (Beschichtbarkeit)	<b>Dynamisch - CPS® Kernpaket-Sandguss</b>
	<b>AlSi8Cu3 - T6</b>
	<b>R<sub>m</sub> 370 MPa</b> <b>R<sub>p0,2</sub> 315 MPa</b> <b>A &gt; 2.5 %</b>
	<b>110 – 140 HB</b>
	<b>LDS, PTWA, APS</b>

Tabelle 4: Mechanische Eigenschaften von ZKG, die im CPS® Kernpaketsandguss gefertigt wurden

AlSi7Cu0,5Mg weist nicht zuletzt auch aufgrund des niedrigeren Fe-Gehaltes gegenüber der AlSi8Cu3 deutlich höhere Bruchdehnungen auf.

### 2.3.2 Typische mechanische Kennwerte für das CPS®-Verfahren

Im CPS®-Verfahren gefertigte Zylinderkurbelgehäuse erreichen die in **Tabelle 3** aufgeführten mechanischen Eigenschaften.

Besonderer Untersuchungsgegenstand der vorliegenden Arbeit war die Ermittlung des Einflusses der Kupfer- und Eisen-Gehalte auf die statischen mechanischen Eigenschaften für eine Position außerhalb des ideal gekühlten Lagerstuhlbereichs (DAS 30 – 40 µm). **Abb. 6** stellt die Abhängigkeit der Dehnung und Zugfestigkeit dar.

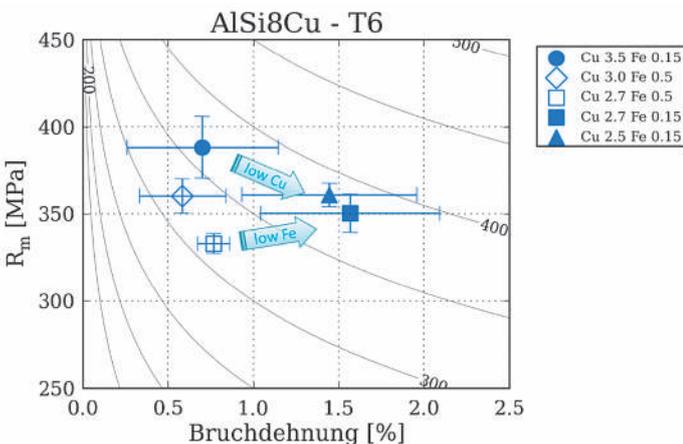


Abb. 6: Abhängigkeit der Zugfestigkeit und Dehnung vom Cu- und Fe-Gehalt von AlSi8Cu-Gusslegierungen (für eine Position außerhalb des ideal gekühlten Lagerstuhlbereichs)

Die im Diagramm dargestellten Isolinien kennzeichnen den Qualitätsindex Q, der sich wie folgt aus den im statischen RT-Zugversuch ermittelten mechanischen Kennwerten berechnet:

$$Q = R_m + 150 * \log (A)$$

Aus dem Diagramm wird ersichtlich, dass ein Absenken des Cu-Gehaltes quasi keinen Einfluss auf den Q-Index hat. Die Zugfestigkeit R<sub>m</sub> sinkt in dem Maße wie die Bruchdehnung A ansteigt. Unter Kenntnis dieses Zusammenhangs lässt sich die Al-Legierung gezielt an das Anforderungsprofil anpassen. Bei festigkeitsdominanter Auslegung wäre ein hoher Cu-Gehalt einzustellen, bei höheren Anforderungen an die Dehnung wäre ein niedriger Cu-Gehalt zu wählen.

Eine andere Situation besteht beim Einfluss des Fe-Gehaltes. Wird der Fe-Gehalt abgesenkt, können sowohl die Zugfestigkeit als auch die Bruchdehnung gesteigert werden, der Q-Index wird konsequenterweise erhöht.

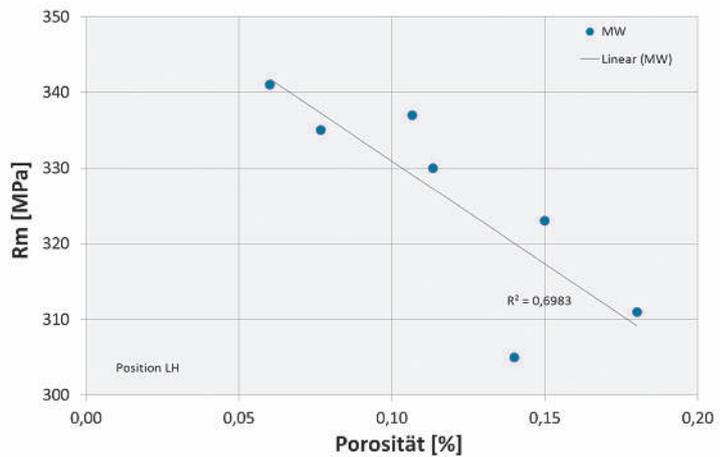


Abb. 7: Abhängigkeit der Zugfestigkeit vom Porositätsgehalt (DAS 30 – 40 µm)

Eine weitere wichtige Größe, die die Qualität eines Gussstücks bestimmt, ist die Porosität. **Abb. 7** stellt den Zusammenhang zwischen Porosität und Zugfestigkeit für die Legierung AlSi8Cu3 mit 0,5% Eisen nach T6 Wärmebehandlung dar. Die Probenentnahmeposition entspricht der aus **Abb. 6** (DAS 30 – 40 µm), jedoch wurde für die Warmauslagerung eine höhere Temperatur gewählt. Zu beachten ist das auch für einen Bereich außerhalb des optimal gekühlten Lagerstuhlbereiches insgesamt niedrige Porositätsniveau.

### 3. Lösungen zur Umsetzung von Leichtbaukonzepten

Zur Umsetzung von Leichtbaukonzepten für Zylinderkurbelgehäuse bietet der Aluminium-Guss diverse Möglichkeiten, die insbesondere im CPS® Kernpaket-Sandgießverfahren in Serie umgesetzt worden sind:

- Thermisch gespritzte, linerlose Zylinderlaufflächen
- Filigrane, komplex geformte Sandkerne
- Glasstegkühlungen zwischen den Zylinderbohrungen

Lauffläche	Laufbahndicke	Potenzial Verkürzung Baulänge (R4-Motor)
Eingegossener GJL-Liner	1,75 mm	Vergleichsbasis
Slip-Fit GJL-Liner	1,0 mm	3 x 1,5 mm
Thermische Spritzschicht	0,15 mm	3 x 3,2 mm

Tabelle 5: Potenzial zur Verkürzung der Motorbaulänge für unterschiedliche Laufbahntechnologien

### 3.1 Thermisch gespritzte Zylinderlaufflächen

Die Entwicklung von Zylinderkurbelgehäusen mit thermisch gespritzten Zylinderlaufflächen bietet ein signifikantes Potenzial zur Reduzierung der Bauteillänge. Da damit auch die Länge der Kurbelwelle, des Zylinderkopfes sowie der Nockenwelle verringert werden, ist dieser Entwicklungsschritt besonders effizient, die Masse des Gesamtmotors zu reduzieren. **Tabelle 5** zeigt auf, dass ein Reihen-4-Zylinder ZKG mit thermisch gespritzten Laufflächen im Vergleich zu einem ZKG mit eingegossenen GJL-Linern ein Potenzial von fast 10 mm zur Reduzierung der Motorlänge bietet. Konkrete Umsetzungsbeispiele lassen sich leider nicht anführen, da für neu entwickelte Motorengenerationen aufgrund der in der Regel veränderten Rahmenbedingungen die direkte Vergleichsbasis zum Vorgängermodell fehlt.

Eine weitere, sicherlich die maßgebliche Motivation zur Entwicklung von Laufflächenlösungen aus thermisch gespritzten Schichten, sind die sehr hohen thermischen Belastungen moderner Motoren. Thermische Spritzschichten bieten die Möglichkeit, ein an den jeweiligen Lastfall des Motors angepasstes Wärmemanagement des Motors umzusetzen. Die geringe Schichtdicke und die dadurch umgesetzte engere Anbindung an den Wassermantel ermöglichen eine effizientere und gleichmäßigere Wärmeabfuhr aus dem Brennraumbereich. Lokale Überhitzungen, die den Verbrennungsvorgang negativ beeinflussen können, werden vermieden. Darüber hinaus werden die Temperaturbelastungen der angrenzenden Bauteile wie Kolben, Zylinderkopf und Abgassystem zusätzlich gesenkt, so

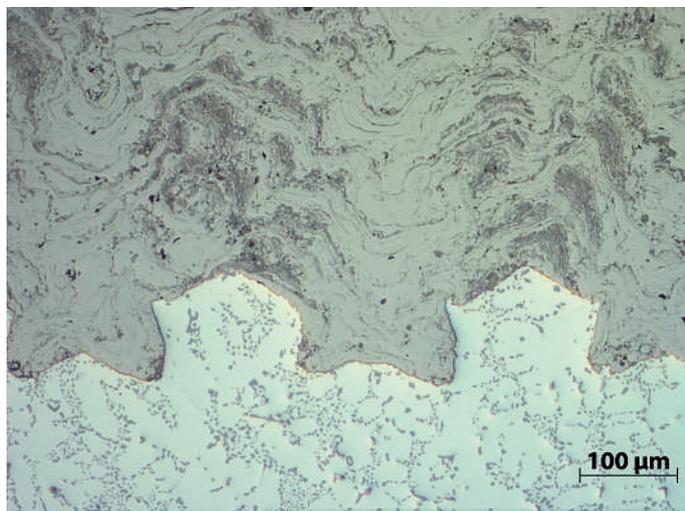


Abb. 8: Durch eine mechanische Bearbeitung erzeugte Hinterschnitte zur Verbesserung der Haftzugfestigkeit der thermischen Spritzschicht

dass sich daraus ein weiterer Nutzen für den motorischen Betrieb ergibt.

Die Anforderungen an den Herstellungsprozess von ZKGs mit thermischen Spritzschichten leiten sich zum einen aus der Spezifikation für die Oberflächenqualität vor dem Beschichten ab. Um eine ausreichende Haftung zwischen dem Grundwerkstoff und der thermischen Spritzschicht sicherzustellen, muss die vorgespindelte Bohrung vor dem Beschichten durch Hochdruckwasserstrahlen aufgeraut werden. Alternativ kann die erforderliche Haftung durch Bildung von Hinterschnitten durch eine speziell entwickelte mechanische Bearbeitung erreicht werden, **Abb. 8**. Eine besondere Herausforderung an den Guss stellt das Hochdruckwasserstrahlen dar. Durch das Strahlen der Oberfläche mit einem Druck von bis zu 3000 bar wird die geforderte Oberflächenrauigkeit erreicht. Durch den hohen Druck werden u.U. kleine Volumendefizite im Guss aufgeweitet bzw. es besteht das Risiko, dass einzelne Gefügebestandteile aus der Matrix herausgestrahlt werden. Damit stellt das Hochdruckstrahlen deutlich höhere Anforderungen an die Gusgefügequalität als das mechanische Aufrauen.

Bei der Einführung thermischer Spritzschichten ist ein weiterer Aspekt zu berücksichtigen: Bei ZKG mit GJL-Buchsen stützt sich die Zylinderkopfdichtung häufig zumindest zum Teil auf der Buchse ab, wodurch die Druckkräfte nicht unmittelbar auf den Al-Umguss wirken. Die Lastverteilung ändert sich, wenn die Buchsen entfallen, die Presskraft der Zylinderkopfdichtung wirkt unmittelbar auf die Aluminium-Gusslegierung. Um einen möglichen Einfall in der Deckfläche zu verhindern, muss dort nicht nur eine ausreichend hohe Härte im Grundzustand eingestellt werden, es muss auch eine Legierung und Wärmebehandlung eingesetzt werden, die über das gesamte Motorleben stabile mechanische Eigenschaften zeigt.

Damit stellen ZKG mit thermisch gespritzten Laufbahnen grundsätzlich neue Herausforderungen an die Gießtechnik. Während lange Zeit die höchsten mechanischen Eigenschaften hauptsächlich im Bereich der Hauptlager-Verschraubungen gefordert wurden, werden diese nun ebenfalls in den Zylinderbohrungen benötigt, d. h. die höchsten Festigkeiten werden entlang des gesamten Kraftflusses vom Brennraum in die Hauptlager verlangt. Die Grundlage zur Erzielung hoher Festigkeiten sind lokal kurze Erstarrungszeiten, die bei einer herkömmlichen Speisung des Blocks von oben nach unten oder umgekehrt nun aber in einem Zielkonflikt zu dem o. g. Eigenschaftsprofil stehen.

Eine systematische Lösung für dieses Problem wurde entwickelt, indem das ZKG nicht mehr klassisch von ‚oben nach unten‘, sondern von ‚außen nach innen‘ gespeist wird. D.h. im Bereich der Lagerstuhlverschraubung und Zylinderbohrung werden lokal Kühl-

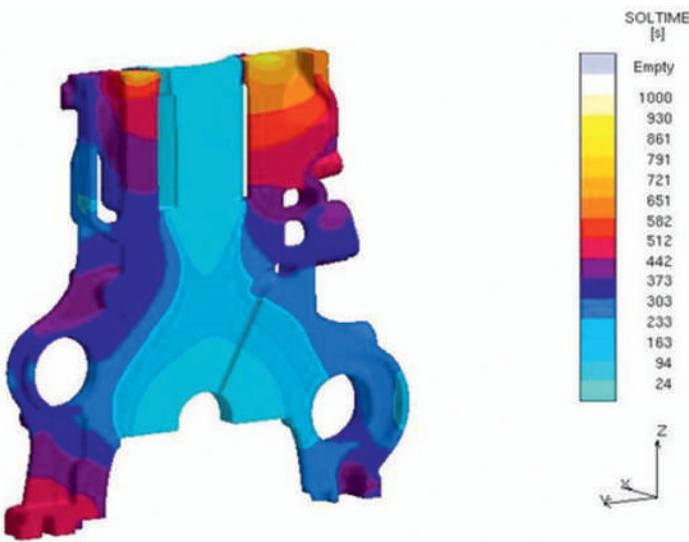


Abb. 9: Kürzeste Erstarrungszeiten im ZKG entlang des späteren Kraftflusses im Motorbetrieb. Die Außenwände erstarren zuletzt und gewährleisten so die Nachspeisung.

kokillen eingesetzt, um die geforderten hohen Abkühlraten zu generieren, während die Nachspeisung entlang der ZKG-Außenwände erfolgt, die zur Realisierung geringer Bauteilgewichte idealerweise durch Sand geformt werden, **Abb. 9**.

Diese beiden genannten Anforderungen werden im Kernpaketverfahren umgesetzt. Gerade bei der Herstellung von hochbelasteten ZKG insbesondere für Dieselmotoren werden sowohl im Zylinderbohrungsbereich als auch im Lagerstuhlbereich Kokillen eingesetzt, die dort für kürzeste Erstarrungszeiten sorgen. Neben der notwendigen Darstellung des Wasserraums durch Sandkerne wird durch die Verwendung von Kernen im Außenbereich die Wirkung der eingesetzten Kokillen auf die Bereiche fokussiert, in denen die höchsten me-

chanischen Belastungen auftreten. Durch diese Anordnung wird letztlich die optimale Nachspeisung innerhalb des Blocks realisiert.

Darüber hinaus soll schon durch die Füllung des Gussstücks ein optimaler Temperaturgradient vom Block zum Speiser eingestellt d. h. ein unnötiges Aufheizen der Form durch die Füllung minimiert und deshalb ein sogenannter ‚kalter Speiser‘ vermieden werden. Dieses Ziel wird dadurch erreicht, dass die Form während oder nach der Füllung um 180° gedreht wird. D.h. die Füllposition unterscheidet sich von der späteren Erstarrungsposition.

Das CPS®-Kernpaket-Sandgießverfahren zeichnet sich folglich durch die Option aus, durch die Kombination von lokalen Kühlkokillen und dem roll-over nach der Formfüllung lokal geringste Erstarrungszeiten zu erreichen, bei gleichzeitig optimalen Speisungsbedingungen durch Einhalten eines hohen Temperaturgradienten bei der Gussteilerstarrung. Ein weiterer Pluspunkt ergibt sich aus der Option, dass auch Al-Legierungen mit höheren Cu-Gehalten vergossen werden können, die sonst aufgrund ihrer stärkeren Neigung zur Bildung von Schwindungsporen kaum eingesetzt werden. Höhere Kupfergehalte sind wünschenswert, um die Warmfestigkeit und Temperaturstabilität zu verbessern.

### 3.2 Filigrane, komplex geformte Sandkerne

Die hohe mechanische Stabilität von Cold-Box Kernen erlaubt das Vorgießen von bis zu 5 mm dünnen Kanälen. Durch Verkleben einzelner Kerne lassen sich die Designmöglichkeiten zusätzlich erweitern. Hierdurch können folgende konstruktive Vorteile ausgenutzt werden, siehe **Abb. 10**:

- a) Erhöhung der Bauteilsicherheit z. B. im Bereich der Verschraubung der Hauptlagerstühle. Die vorgegoss-

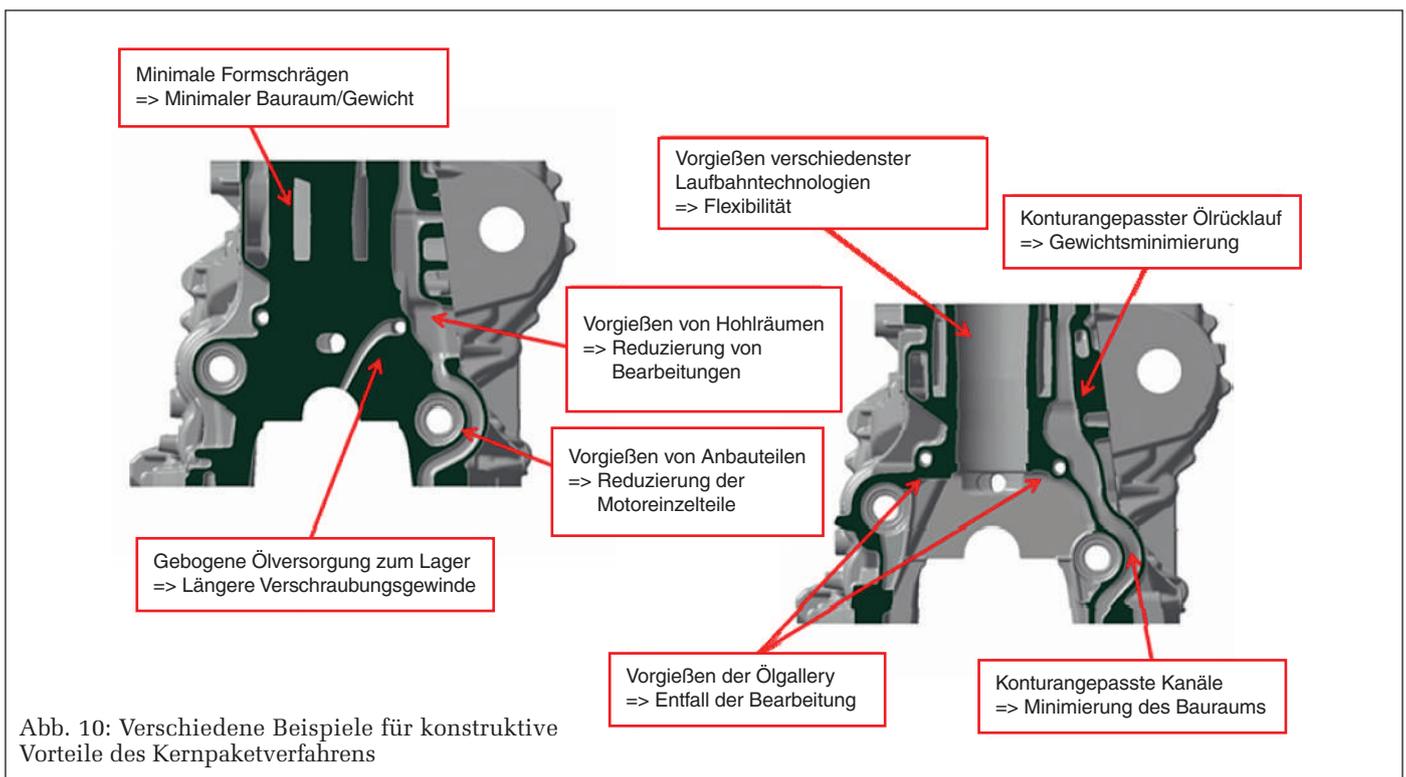
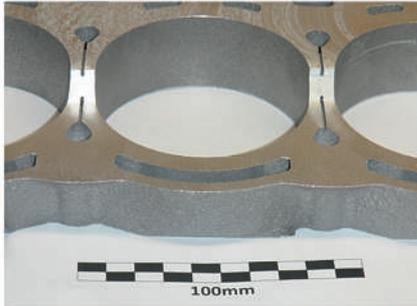


Abb. 10: Verschiedene Beispiele für konstruktive Vorteile des Kernpaketverfahrens

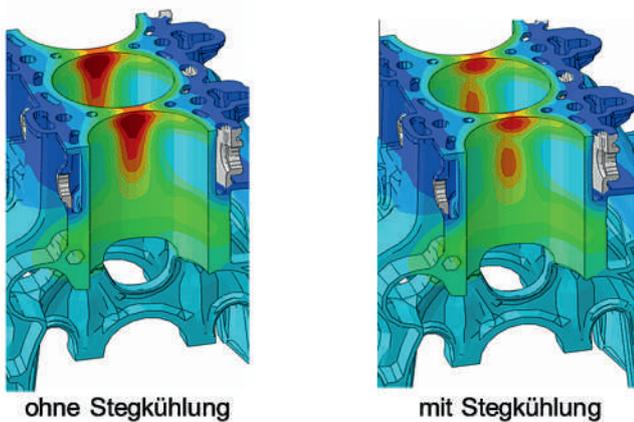
sene Druckölzuführung kann gekrümmt ausgeführt werden, wodurch die Einschraubtiefe und damit Bauteilsicherheit in diesem hochbelasteten Bereich geometrisch erhöht werden kann.

b) Steife Bauteilkonstruktion: Hierzu zählt neben der ‚closed deck‘ Konstruktion im Bereich der Brenn-

- c) Integration von funktionalen Anbauteilen wie z.B. Wasserpumpengehäusen, Kettenkästen oder Deckeln von Ausgleichswellentunneln. Hierdurch wird nicht nur der Bearbeitungs- und Montageaufwand im Motorenwerk verringert, sondern auch die Anzahl möglicher Fehlerquellen für spätere Undichtigkeiten im Motorbetrieb verkleinert.
- d) Die Darstellbarkeit jeglicher Hinterschnitte ist die Grundlage zur Realisierung maximaler Gewichtsersparungen sowie der Realisierung eines gießtechnisch optimierten Designs. Hierdurch werden das Bauteilgewicht verringert sowie die Bauteilkosten und der Nacharbeitsaufwand gesenkt.



(a)



(b)

Abb. 11: (a) Vorgegossene Kühlkanäle im Stegbereich eines Reihenmotors und (b) reduzierte thermische Belastung im Stegbereich durch vorgegossene Kühlkanäle

### 3.3 Glasstegkühlungen zwischen den Zylinderbohrungen

Durch die Darstellung kleinster Kühlkanäle lässt sich die thermische Belastung in den Stegbereichen signifikant reduzieren. Das Vorgeießen dieser Kühlkanäle spart spätere, sehr komplexe und aufwändige Präzisionsbohrungen. Zudem ist eine bessere Positionierung an der höchst belasteten Stelle im Steg („hot spot“) und damit eine verbesserte Kühlwirkung möglich. **Abb. 11** zeigt dies beispielhaft an einem 4-Zylinder Reihenmotor. Die vorgegossene Lösung bietet zudem einen verdoppelten Wärmeübergang im Vergleich zur gebohrten Lösung. So wird im motorischen Betrieb die Temperaturbelastung in diesem kritischen Bereich um bis zu 20 °C reduziert.

### 3.4 Umgesetztes Downsizing – Leistungssteigerung + Massereduktion

In der Einleitung wurde ausgeführt, dass ein 1:1 Mas-  
severgleich von ZKG's einer alten zu einer neuen Mo-

SOP	Hubraum	Bauart / Werkstoff	Motormasse	Leistung
1998	3,0 l	R6 / GJL 25	210 kg	142 kW
		↓	↓ - 16 kg	
2003	3,0 l	R6 / AlSi8Cu3	194 kg	160 kW
	↓		↓ - 42 kg	
2010	2,0 l	R4 / AlSi8Cu3	152 kg	160 kW

Tabelle 6: In Serienmotoren umgesetztes Downsizing, resultierend in reduzierten Motorengewichten bei gleichzeitiger Leistungserhöhung ; der aufgeführte Werkstoff bezieht sich auf das ZKG.

torengeneration aufgrund unterschiedlicher Designkonzepte nicht möglich ist. Um die zweifelsohne dennoch erreichten technologischen Verbesserungen hinsichtlich eines Aggregateleichtbaus zu dokumentieren wird in **Tabelle 6** die Entwicklung neuer Motoren (Bauart, Hubraum, ZKG-Werkstoff) unter Angabe des Motorengewichtes und der Motorleistung skizziert. Im gewählten Beispiel ist eine Leistungssteigerung von 142 kW auf 160 kW erreicht worden bei einer gleichzeitigen Reduktion der Motormasse um 42 kg. Das ZKG hat an der Massereduktion einen signifikanten Anteil. Die oben dargestellten prozess- und werkstofftechnischen Entwicklungen, nicht zuletzt die Substitution des GJL durch eine Aluminium-Gusslegierung für das Zylinderkurbelgehäuse, haben dazu maßgeblich beigetragen.

#### 4. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Nemak verfügt über ein breites Spektrum an Gießverfahren zur Herstellung von Motorblöcken aus Al-Gusslegierungen. Im CPS®-Kernpaket-Sandguss wie auch im Rotacast-Verfahren lassen sich höchstbelastete Zylinderkurbelgehäuse aus Al-Gusslegierungen optimal fertigen.

Einen wesentlichen Beitrag zum Downsizing bietet die Anwendung thermischer Spritzschichten. Dadurch erschließt sich die Option, die Bauteillänge und damit die Masse des Motors zu reduzieren. Die damit verbundene gießtechnologische Herausforderung, die Beschichtbarkeit der Zylinderbohrungen sicherzustellen, ist durch eine entsprechende Prozessentwicklung erfüllt worden. Die Entwicklung gegossener Stegkühlkanäle hat es ermöglicht, die lokale Temperaturbelastung des ZKG zu minimieren und damit die Leistungsgrenze weiter zu erhöhen.

Die Legierung AlSi8Cu3-T6 verfügt über exzellente mechanische Eigenschaften, zugeschnitten für einen Einsatz in Zylinderkurbelgehäusen. Systematische Untersuchungsreihen haben gezeigt, in welchem Maß sich die mechanischen Eigenschaften durch Variation des Fe- und Cu-Gehaltes der Legierung gezielt auf das Anforderungsprofil des jeweiligen ZKG's einstellen lassen.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde weiterhin die Abhängigkeit der statischen mechanischen Kennwerte vom Porenanteil ermittelt. Das Ergebnis motiviert zukünftige Entwicklungsprojekte, den Porenanteil in Zylinderkurbelgehäusen weiter zu minimieren.

Die beispielhaft angeführte Entwicklung einer neuen Motorengeneration belegt eindrucksvoll, welche Fortschritte im Aggregateleichtbau hinsichtlich Leistungssteigerung und Massereduzierung möglich sind, nicht zuletzt durch die Substitution des Gusseisens durch Aluminium als Werkstoff für das Zylinderkurbelgehäuse.

#### 5. Literatur

- [1] E. Köhler, R. Flierl, „Verbrennungsmotoren“, DOI 10.1007/978-3-8348-8309-4\_1, Vieweg+Teubner Verlag – Springer Fachmedien, 2011
- [2] Otremba, M.; Gehring, K.; Kahn, D. Giesserei 98 (2011)

#### Kontaktadresse:

Dr.-Ing. Franz Josef Feikus  
R&D Manager Europe | Nemak Europe GmbH  
D-60549 Frankfurt/Main | The Sqaire 17  
Am Flughafen | Tel.: +49 (0)69 695 376-4036  
E-Mail: franz.feikus@nemak.com  
www.nemak.com

#### Georg Fischer Fittings GmbH

A-3160 Traisen / Österreich

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

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

fittings.ps@georgfischer.com

www.fittings.at

**+GF+**

Hochwertige Gewindefittings und  
PRIMOFIT-Klemmverbinder aus Temperguss



# Neue Entwicklungen und Produktionstechnologien zur Herstellung von GJL-Zylinderkurbelgehäusen in Dünnwandguss

*New Developments and Production Technologies for the Manufacturing of Cast Iron Crankcases in Thin-Wall-Casting-Technology*



## Dipl.-Ing. Ralph Wegener,

studierte Betriebswirtschaftslehre an der Universität Dortmund und Maschinenbau an der Gesamthochschule Duisburg. Ab 1990 Assistent d. Geschäftsführung, ab 1996 bis 1999 Geschf. Fa. Georgsmarienhütte, Walter Hundhausen GmbH, Schwerte/D. 2000 bis 2006 Geschf. Bereich Engineering u. Produktion, Fa. Georgsmarienhütte, Dickerhoff-Guss, Gevelsberg. 2006 bis 2010 Leiter Gießerei u. mechanische Bearbeitung bei Daimler AG in Mannheim/D u. Kapstadt/SA. Seit 2011 Geschäftsführer der Eisenwerk Brühl GmbH, Brühl/D.

## Dipl.-Ing. Wim Görtz,

studierte Automotive Engineering an der HTS Apeldoorn/NL. 1981 bis 1995 Motorenentwicklung bei Fa. DAF in Eindhoven/NL, seither Produktentwicklung Eisenwerk Brühl GmbH, Brühl/D.



## Downsizing und Leichtbau in der Motorenentwicklung

Die Herabsetzung der CO<sub>2</sub>-Emission bei Verbrennungsmotoren, gleichbedeutend mit der Minimierung des „Carbon Footprints“ eines Fahrzeugs, beschäftigt die Automobilbranche von der Entstehung bis zur Verschrottung eines Fahrzeuges. Die durch verschärfte Umweltauflagen in den Fokus geratene Entwicklung von Motoren läuft kontrovers zum Kundenwunsch, welcher stetig eine verbesserte Ausstattung, mehr Komfort und Leistung sowie Sicherheit fordert. Diese Voraussetzungen führen zu einem Gewichtsanstieg, einem erhöhten Treibstoffverbrauch und somit unmittelbar zu einer Erhöhung der CO<sub>2</sub>-Emission. Durch sogenanntes „Downsizing“, also wohlüberlegte „Schrumpfung“, bewirkt man eine Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs bei gleichzeitiger Erhöhung der Leistungsfähigkeit eines Verbrennungsmotors. Seit mehr als 10 Jahren ist der Begriff „Downsizing“ mit vielen Anforderungen an die Herstellung hochkomplexer Gussteile, insbesondere im Motorenguss, verknüpft.

Die stetig steigende spezifische Motorleistung zeigt **Diagramm 1**. Wurden im Jahre 1940 noch 4,5 Liter Hubraum zur Realisierung von 100 kW Motorleistung benötigt, so sind für das Jahr 2014 Motoren angekündigt, welche dieselbe Leistung mit nur 0,65 Liter Hubraum bewerkstelligen. Hochgerechnet auf einen Ottomotor mit 2 Liter Hubraum ergibt das eine Leistung

**Schlüsselwörter:** GJL, Dünnwandguss, Leichtbau, Zylinderkurbelgehäuse (ZKG), Kernpaket-Verfahren, Schlichteoptimierung, Eisenwerk Brühl

Mit einer Tradition von über 85 Jahren ist das Eisenwerk Brühl auf die Entwicklung und Großserienfertigung von Zylinderkurbelgehäusen (ZKG) aus Eisenguss für den PKW-Markt spezialisiert. Die Produkte, von Reihen 2 Zylinder-ZKG bis zum V12-ZKG, werden weltweit in alle Märkte exportiert. Mit ca. 1600 Mitarbeitern werden bis zu 5 Mio. ZKG pro Jahr in Brühl hergestellt. Mit einem hohen Automatisierungsgrad und einem technologisch ausgereiften Fertigungsprozess für Leichtbau und Dünnwandkonzepte ist das Eisenwerk Brühl einer der wichtigsten Lieferanten von Eisenguss-ZKG für die Automobilindustrie.

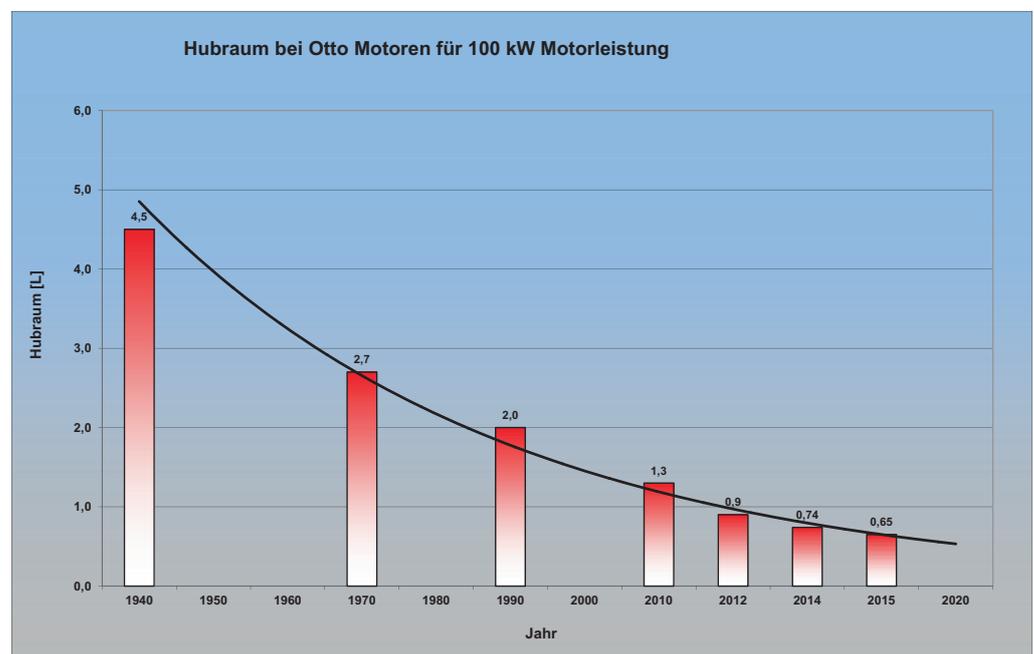


Diagramm 1

von 309 KW. Eine derartige Verringerung des Hubraumes hat immense Auswirkungen auf das Bauteil „Zylinderkurbelgehäuse“, was zu einer enormen Zunahme der mechanischen und thermischen Belastung bei gleichzeitiger Gewichtsoptimierung führte. In Bezug auf Maßlichkeit, Toleranzen, mechanische Eigenschaften sowie die Vermeidung von Gussfehlern waren diese Entwicklungen nur durch den Einsatz modernster CAE-Tools, einer stetigen Werkstoffweiterentwicklung sowie einer konstanten, hochwertigen Gussteilqualität möglich. Diese Entwicklungen verdeutlichen letztlich das große Potential des Werkstoffs Gusseisen mit Lamellengraphit für ZKG, auch für zukünftige Leistungssteigerungen und Bauteiloptimierungen.

Anhand der Gewichtseinsparungen reduzierte sich im Verlauf der letzten 10 Jahre das mittlere ZKG-Stückgewicht massiv. Wurde im Jahre 2007 beim Eisenwerk Brühl für die Herstellung von ca. 5 Mio. ZKG eine Jahrestonnage von 300.000 t Guss benötigt, so reduziert sich diese Menge in 2014 auf ca. 220.000 t Guss.

Das ist bei gleichbleibender Stückzahl im Schnitt eine Gewichtsreduzierung von ca. 27 %. Diese Veränderung hat folglich Auswirkungen innerhalb der Gießerei, insbesondere in den Bereichen Schmelzbetrieb, Kernfertigung und bei der Gussbearbeitung. Für die Motorenentwickler ist neben der Optimierung des Wirkungsgrades auch die Gewichtsreduzierung des gesamten Antriebsstranges eine Stellschraube für das Erreichen der gesetzlichen Vorgaben des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes der gesamten Fahrzeugflotte. Trotz des Dichteunterschieds zwischen Aluminium und Gusseisen setzen weiterhin viele Motorenentwickler als Werkstoff für ZKG auf Gusseisen mit Lamellengraphit, welches eine Menge an Vorteilen gegenüber dem Werkstoff Aluminium vorweist:

- Stabile mechanische Eigenschaften über große Temperaturbereiche
- Maximale Konstruktionsfreiheit (Kernpaket, Sandguss)
- Kostengünstige Großserienfertigung
- Geringer CO<sub>2</sub>-Ausstoß und geringer Energieeinsatz bei der Herstellung von ZKG (Schmelzen, Gussnachbehandlung)
- Optimales Dämpfungs- und Geräuschverhalten beim Betrieb (NVH)

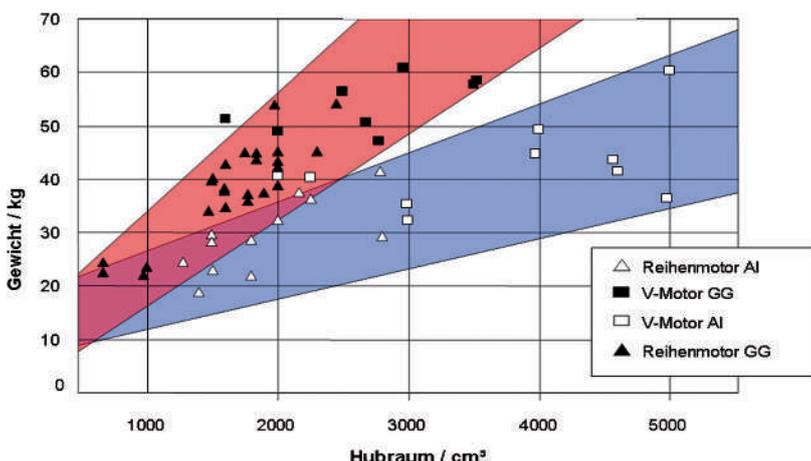


Diagramm 2 (Quelle: FEV GmbH Aachen)

- Optimale tribologische Eigenschaften der Zylinderbohrung, auch bei minderer Kraftstoffqualität
- Großes Potential für Leistungssteigerungen bei gleicher Bauteilgeometrie
- Reduzierter Ölbedarf im Kurbeltrieb

In den letzten Jahren wurden daher neue Motoren mit Zylinderkurbelgehäusen aus GJL in Dünwandtechnologie entwickelt. **Diagramm 2** zeigt im Allgemeinen die Gewichtsunterschiede von Reihen- und V-Motorblöcken aus Aluminium und Gusseisen mit Lamellengraphit.

Wie aus **Diagramm 2** zu entnehmen ist, werden die Gewichtsunterschiede zwischen Aluminium- und GJL-ZKG mit zunehmendem Hubraum größer. Allerdings ist im Bereich der kleinen, kompakten Motoren zwischen 1,0 und 2,0 l Hubraum die Gewichts Differenz relativ gering. Generell ist für eine vergleichende Betrachtung zwischen Al- und GJL-ZKG immer das gesamte Motorgewicht von Relevanz, da hinsichtlich Gewichtsunterschied das ZKG allein nicht den realen Gewichtsunterschied spiegelt. Des Weiteren sollten für vergleichende Betrachtungen auch die Leistungsdaten sowie das NVH-Verhalten miteinbezogen werden (NVH = Noise/Geräusch, Vibration, Harshness/Rauheit). Aufgrund der niedrigeren Dämpfungseigenschaften beim Werkstoff Aluminium ist hier bei Motorenkonstruktionen ein erhöhter Aufwand zu betreiben. Das führt zu weiteren Eingrenzungen im Gewichtsunterschied. Durchschnittlich verbleiben bei einem Bauteilgewichtsunterschied im ZKG von 10 kg im kompletten Aggregat nur noch 6 bis 7 kg erhalten.

In einer früheren Arbeit, gemeinsam mit anderen Gießereien und dem Institut für Gießertechnik in Düsseldorf, wurde eine Energiebilanz für die Herstellenergie sowie die CO<sub>2</sub>-Reduzierung aufgrund von Gewichtseinsparungen zwischen Al- und GJL-ZKG durchgeführt [1]. Als Berechnungsbasis wurde eine Verringerung des Verbrauchs von 0,25 Liter je 100 kg Gewichtsreduzierung bei 100 km Fahrleistung angenommen. Bei einem Gewichtsunterschied von 10 kg für das ZKG (angenommen für den kompletten Motor) und vergleichbarem Herstellverfahren (Sandguss) liegt der Break-Even-Point bei 60.000 km Laufleistung. Dies gilt jedoch nur unter der Annahme des Einsatzes von 100 % Sekundäraluminium bei der Al-Variante. Schon durch den Einsatz von nur 5 % Primär-Aluminium verschiebt sich der Break-Even-Point auf 190.000 km Laufleistung (siehe **Diagramm 3**).

### Kernfertigung, Kernpaket

Konventionelle ZKG-Konstruktionen mit 4 bis 5 mm Wandstärke werden heute nicht mehr produziert. Diese Bauteile, unter Verwendung von 6 bis 7 Kernen, werden heutzutage durch den Einsatz von gewichtsoptimierten, als „Leichtbau“-ZKG mit 3,5 ± 0,8 mm Wanddicke, mit 8 bis 10 Kernen produziert. Die Gießlage sowie die Auslegung der Einlegekerne als Doppelpaket (2 ZKG aus einem Kernpaket) haben sich hierbei nicht wesentlich gegenüber

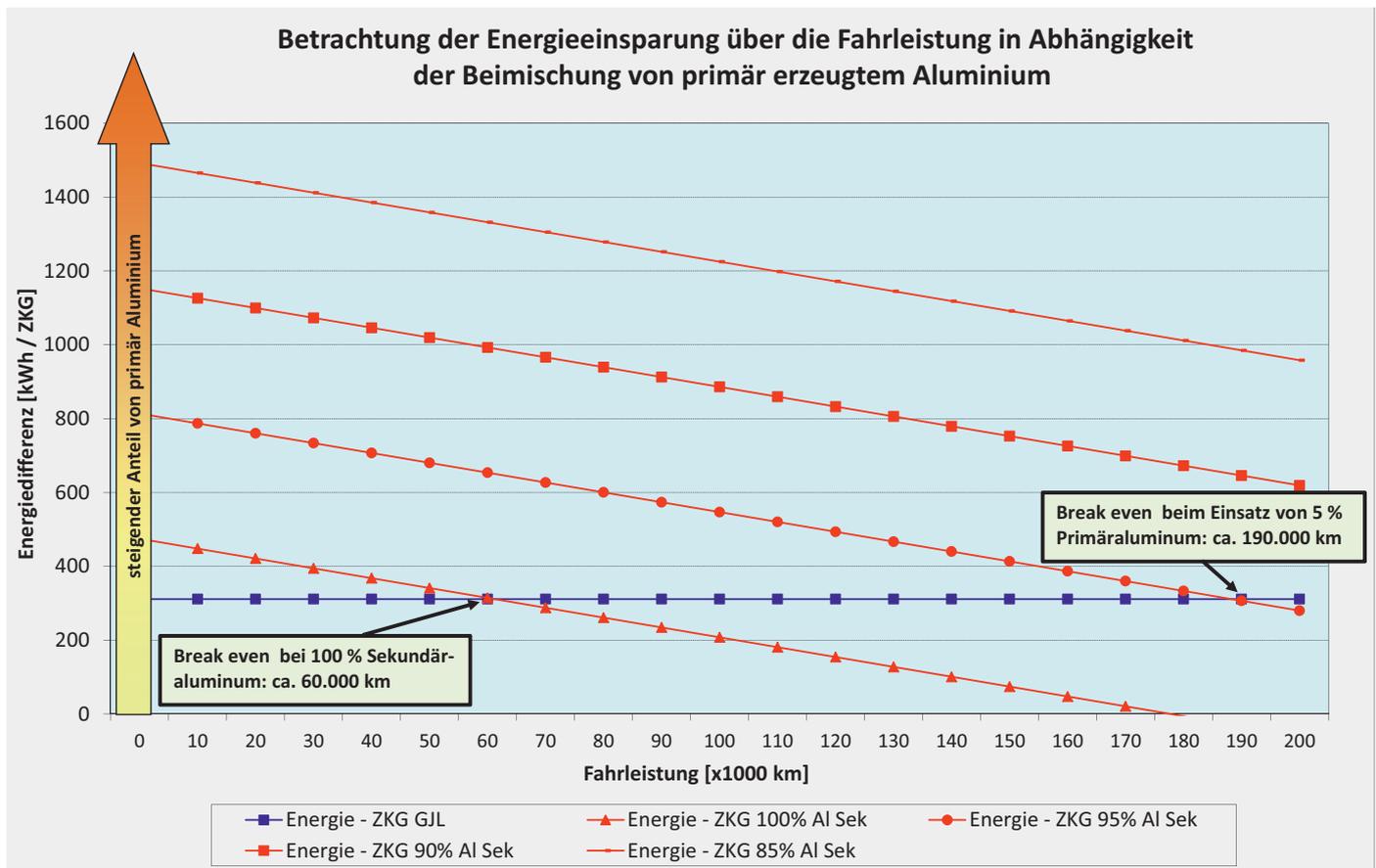


Diagramm 3

konventionellen ZKG verändert. Zylinderkurbelgehäuse, welche im „Dünnwandguss“ hergestellt werden, unterscheiden sich im Wesentlichen durch Ihre Gießlage. Durch die stehende Gießlage beim Dünnwandguss ist es möglich, Wandstärken von  $3,0 \pm 0,5$  mm seriensicher herzustellen, wobei die Seitenkonturen hier zusätzlich mit Kernen abgebildet werden müssen. Aufgrund der Gießlage können diese nicht mehr durch Grünsandformen realisiert werden. Für den Bereich der Kernfertigung wurden im Jahre 2007 durchschnittlich 9,2 Einzelkerne für die Herstellung eines ZKG benötigt. Derzeit werden hierfür 14 Stück eingesetzt, das entspricht einem Zuwachs von mehr als 50 %.

In **Abb. 1** sind die Gründe für den Wechsel von liegender auf stehende Gießlage zu sehen. Beim stehenden Abguss wirken die Auftriebskräfte in Verbindung mit der Energie der strömenden Schmelze auf eine geringere Kernoberfläche, was eine stabile Positionierung des Kerns sowie minimale Deformationen in Form und Lage zur Folge hat. Hierdurch wird eine Verbesserung der Maßtoleranzen erreicht. Des Weiteren sind für das Kernpaketverfahren mehr Einzelkerne erforderlich. Es werden statt 40 Kernen für die liegende Position nun 56 Kerne für die stehende Gießlage pro Formkasten benötigt. Daraus ergibt sich auch die nahezu Verdoppelung des gesamten Kerngewichts von 173,6 auf 333,4 kg. Aufgrund dieser Entwicklung werden derzeit im Eisenwerk Brühl täglich 200.000 Kerne produziert und zu den Kernmontageplätzen bzw. Formbändern transportiert.

Durch die Verwendung von Seitenkernen ergeben sich für den Konstrukteur neue Möglichkeiten in

punkto Leichtbau und Funktionsintegration. Zum Beispiel können die filigranen Ölkerne (Entlüftung, Druckölkern, etc.) sofort nach dem Schießen in den stabilen Seitenkern montiert werden. Dadurch ist ein sicheres Handling beim Schlichten, Trocknen und beim Kerntransport sowie bei der weiteren Verarbeitung gewährleistet.

Zur Abdeckung der hohen Bedarfe von Dünnwandmotorblöcken entstanden im Laufe der letzten 3 Jahre hochmoderne Kernfertigungszenren. Auf diesen Kernfertigungslinien werden die Kerne bzw. Kernpakete für ca. 1,2 Mio. Motorblöcke teil- bzw. vollautomatisch gefertigt und an die Formanlagen transportiert. In einer Taktzeit von 45 Sekunden werden zwei Kernpakete parallel mit 5 Kernschießmaschinen hergestellt. Der Ablauf geschieht vollautomatisch unter Einsatz von 26 Robotern je Anlage. Die Kernqualität wird unter Verwendung eines Kamerasystems geprüft. Im Weiteren werden die Kerne durch Verschrauben oder Tackern montiert. Durch die stehende Gießlage sind keine weiteren Einlegeteile wie Kernspannen oder Kernstützen erforderlich, was ein weiterer großer Vorteil der stehenden Gießlage ist.

Die Fertigung des Zylinderkurbelgehäuses im Kernpaketverfahren erfordert den Einsatz von keramischen Überzugsstoffen. Die Schichtstärke der Schlichte auf den unterschiedlichen Positionen des Kernes beeinflusst direkt die Maßtoleranz beim Zusammenfügen der verschiedenen Kernteilpakete. In Hinblick auf die geringen Wanddicken und Toleranzen bei Dünnwand-ZKG nimmt das Schlichten bzw. die Schlichte bei diesem Verfahren eine besondere Stellung ein. Daher war

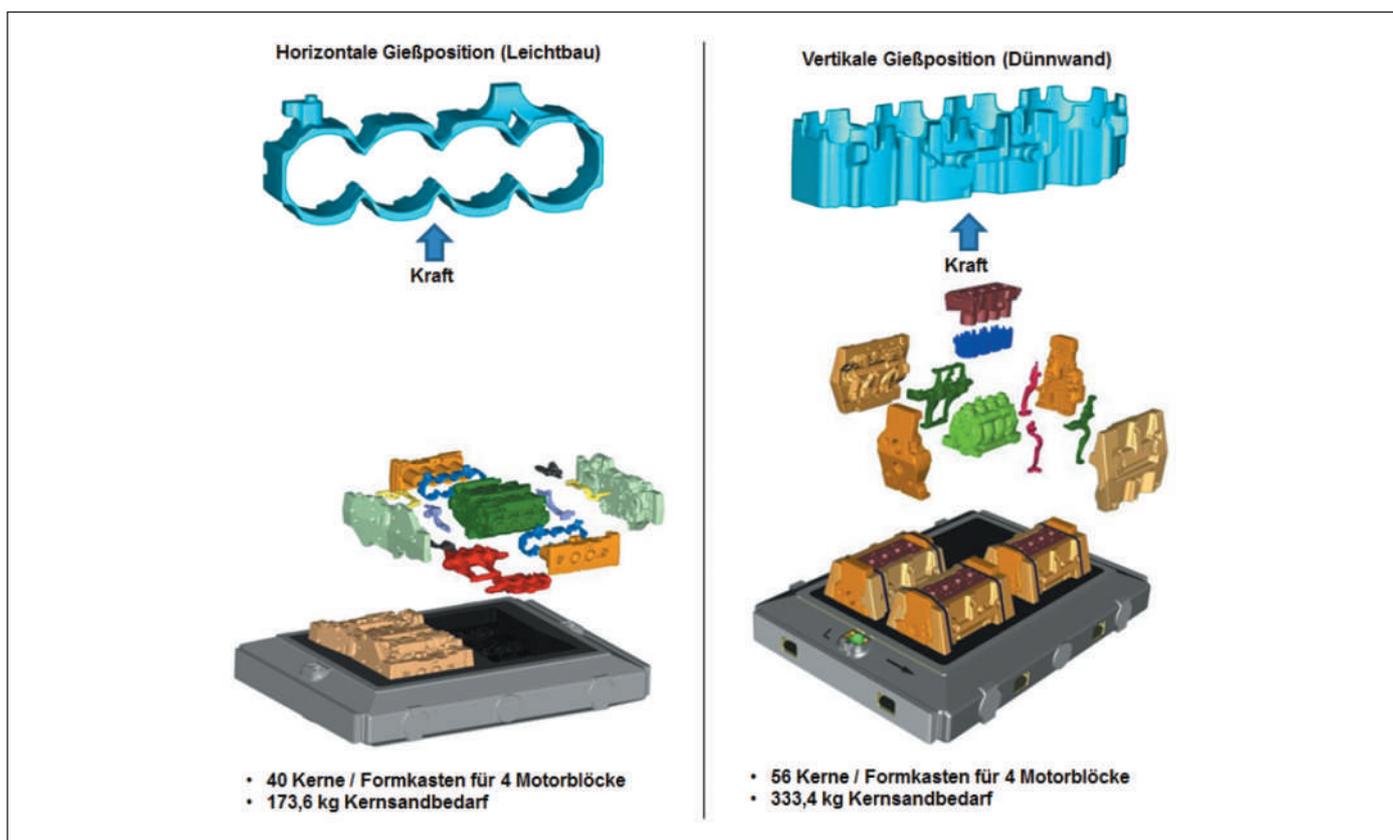


Abb. 1

eine Modifizierung der Schlichte notwendig, um eine uniforme Schicht mit genügend thermischer Beständigkeit, Gasdurchlässigkeit und Verformbarkeit zu erhalten. Für eine erfolgreiche Anwendung des Kernpaketverfahrens bei Dünnwand-ZKG ist ein vollautomatisierter Kernfertigungsprozess zwingend notwendig. Nur durch den Einsatz von Robotern können Kernpakete für Zylinderkurbelgehäuse neuer Euro6-Motoren generationen prozesssicher hergestellt werden.

### Zusammenfassung

Die Herstellung von Zylinderkurbelgehäusen aus Guss-eisen mit Lamellengraphit ist in den letzten Jahren sehr viel kernintensiver und komplexer geworden. Dies stellt Gießereien und ihre Zulieferer vor große Herausforderungen. Das Eisenwerk Brühl hat sich diesen Herausforderungen gestellt und ist mit neuen Anlagen in der Lage, seine Kunden mit hochqualitativen Produkten zu beliefern. Beispiele für erfolgreiche Motoren sind z. B.: „Global Engine“ 1,8–2,0 l Otto-Motor für den VW/Audi-Konzern und der Ford 1,0 l 3 Zylinder

EcoBoost-Motor. Letzterer war in 2012, 2013 und 2014 in seiner Kategorie: „Engine of the Year“ [2].

### Literatur

- [1] Fritsche, E.; Vergleich der Energieeffizienz und CO<sub>2</sub>-Emissionen bei der Herstellung von Zylinderkurbelgehäusen aus Gusseisen mit Lamellengraphit und Aluminiumlegierungen. Große Gießereitechnische Tagung, 23./24. April 2009 in Salzburg.
- [2] Lach, R.; Weber, F.; Maas, H.; Weiss U.; Die Kurbelgehäusematerialwahl während der frühen Konzeptphase der Motorenentwicklung; ATZ/MTZ International Engine Congress; Baden-Baden; 18.–19. Februar 2014.

### Kontaktadresse:

Eisenwerk Brühl GmbH | D-50321 Brühl  
 Kölnstraße 262–266 | Tel.: +49 (0)2232 75 0  
 Fax: +49 (0)2232 75 205 | E-Mail: info@eb-bruehl.de  
 www.eb-bruehl.com

Der VÖG im Internet:

[www.voeg.at](http://www.voeg.at)

**VÖG** Verein Österreichischer Gießereifachleute

VEREIN | GIESSEREI RUNDSCHAU | AKTUELLES | PARTNERLINKS | KONTAKT

# Reduzierung von Oxideinschlüssen in Aluminium-Zylinderköpfen durch virtuelle Versuchsplanung\*)

*Reduction of Oxide Inclusions in Aluminum Cylinder Heads through Virtual Design of Experiments*



**Dr.-Ing. Jörg C. Sturm,**  
Geschäftsführer bei der MAGMA Gießereitechnologie GmbH in Aachen, D



**Dr.-Ing. Lubos Pavlak,**  
Projektingenieur bei der MAGMA Gießereitechnologie GmbH in Aachen, D

**Schlüsselwörter:** Al-Zylinderkopf, Oxideinschlüsse, Gießprozesssimulation der Oxidbildung, Oxideinschlussreduzierung, virtuelle Versuchsplanung

## Zusammenfassung

Oxideinschlüsse, die während des Gießens von Aluminiumlegierungen entstehen, sind eine Hauptursache für Undichtigkeiten im Gussteil. Dieser Artikel zeigt, wie mit Hilfe der Integration der Gießprozess-Simulation in eine virtuelle Versuchsplanung wichtige Prozessparameter auf die Bildung und Verteilung von Oxiden für die Herstellung von Zylinderköpfen beim Schmelzetransport und bei der Formfüllung analysiert und optimiert werden können. Dabei können gleichzeitig unterschiedliche Qualitätskriterien, die eine Oxidbildung während der Herstellung von Zylinderköpfen beschreiben, quantitativ bewertet werden. Die Durchführung von virtuellen Versuchen im Computer erlaubt eine automatisierte Variation sowohl des Gießsystems (Geometrie) als auch von Fertigungsparametern. Es wird gezeigt, dass die virtuelle Versuchsplanung zu einer optimierten Gestaltung der Gießtechnik und zu verbesserten Produktionsabläufen mit einer signifikanten Reduzierung von Oxiden im Gussteil führt. Die simulationsgestützten Untersuchungen werden mit hochauflösender Videotechnik und der PREFIL-Messtechnik experimentell begleitet und verifiziert.

## Einleitung

Oxideinschlüsse, die während des Gießprozesses von Aluminiumlegierungen entstehen, gelten bei dünnwandigen und filigranen Gussteilen wie Zylinderköpfen als Hauptursache für Undichtigkeiten. Aufgrund des höheren Schmelzpunkts wird die auf der Schmelzbadoberfläche in Bruchteilen von Sekunden gebildete Oxidhaut beim Gießen nicht mehr auf- oder umgeschmolzen und bleibt im festen Zustand im Gussteil vorhanden. Jede Formfüllung führt zu Turbulenzen der Schmelzeoberfläche. Dadurch wird die Oxidhaut aufgebrochen und in die Schmelze eingetragen. Oxidhäute führen zu einer Materialtrennung im Gefüge und damit, abhängig von ihrer Größe, entweder zur Reduzierung der lokalen mechanischen Eigenschaften oder speziell in dünnen Wänden zu Undichtigkeiten.

Im realen Versuch kann die schädigende Wirkung von Oxiden auf die Qualität im Gussteil nur nach der Herstellung, beispielsweise durch Lecktests, bewertet werden. Eine genaue Vorhersage der Verteilung und des genauen Ortes von Oxiden und damit von Undichtigkeiten am Ende der Formfüllung ist anspruchsvoll und quantitativ kaum möglich. In der Literatur [1,2] sind potentielle Ursachen für die Bildungsmechanismen von Oxiden beim Schmelzen und Gießen der Aluminiumlegierungen beschrieben worden. Die qualitative und quantitative Bewertung einzelner Quellen für die Bildung von Oxiden in einzelnen Prozessschritten des Fertigungsprozesses für einen Zylinderkopf ist jedoch bislang nur in Ansätzen untersucht worden.

Eine effektive Untersuchung der vielfältigen unterschiedlichen Einflüsse des Formfüllprozesses auf die Gussqualität eines Zylinderkopfes ist nur durch Simulationstechniken möglich. Die Simulation von Strömungsvorgängen und der Formfüllung ist heute Stand der Technik. In den letzten Jahren sind darüber hinaus unterschiedliche Simulationsmodelle zu Bildung und Transport von Oxiden während der Formfüllung vorgeschlagen worden [3 bis 7]. Allerdings sind diese Modelle aufgrund der Komplexität und des Rechenaufwandes in vielen Fällen entweder nur zwei-dimensional verfügbar, nicht für die speziellen Randbedingungen von Aluminiumlegierungen geeignet oder aufgrund des Berechnungsaufwands für einen praktischen Einsatz in der Gießerei nur sehr bedingt einsetzbar.

Die aktuelle Version der Simulationssoftware MAGMA<sup>5</sup> bietet einfache, aussagekräftige und quantitative Bewertungsmöglichkeiten der potentiellen Oxidbildung während der Formfüllung realer komplexer Gussteile. In Verbindung mit den voll integrierten Möglichkeiten zur automatischen Versuchsplanung und Prozessoptimierung ist so die Optimierung von Gießsystemen und Prozessbedingungen in kurzer Zeit bereits im Entwicklungsprozess möglich.

\*) Diese Veröffentlichung beruht auf der Dissertation von Dr.-Ing. Lubos Pavlak und weiterführenden Arbeiten bei der MAGMA Gießereitechnologie GmbH, Aachen. Die Autoren bedanken sich für die Unterstützung seitens der Gießerei Nematik GmbH in Wernigerode/D und der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg/D.

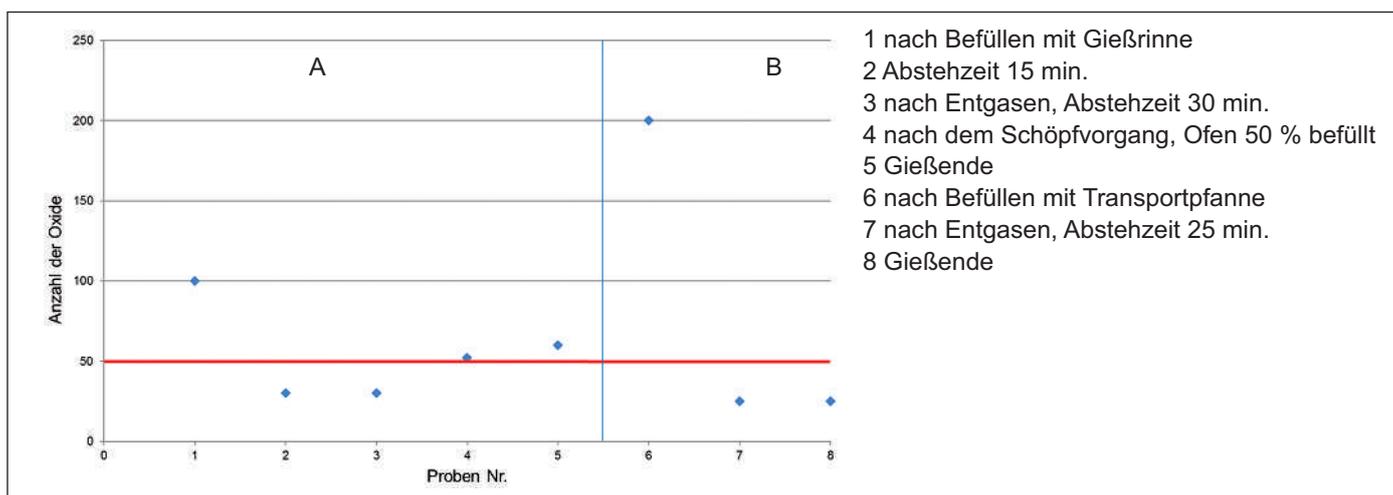


Abb. 1: Gemessene Anzahl an Oxiden in der Schmelze (PREFIL-Verfahren) für unterschiedliche Prozessschritte in zwei Zylinderkopf-Fertigungslinien A und B. Die rote Linie kennzeichnet den Grenzwert von 50 Oxidhäuten/kg Schmelze.

### Experimentelle Bewertung der Schmelzequalität

Die Schmelzequalität wurde für unterschiedliche Prozessschritte experimentell bewertet. Das hierfür genutzte PREFIL-System basiert auf der Filtration einer Probe mit flüssigem Aluminium durch einen Keramikfilter unter kontrollierten Bedingungen. Die qualitative Auswertung der Einschlüsse erfolgt an Proben, die in der Nähe des Filters entnommen werden. Dabei wird die Anzahl der Oxide wie auch ihre Stärke und Länge aus den Proben metallographisch ausgewertet (Abb. 1).

Die Proben Nr. 1 bis Nr. 5 wurden von einer Fertigungslinie für Zylinderköpfe (A) genommen, bei der die Schmelze zu 84 % aus Blockmaterial und zu 16 % aus Kreislaufmaterial zusammengesetzt war. Die Proben Nr. 6 bis Nr. 8 entstammen einer zweiten Fertigungslinie (B) mit einem Aluminium, das zu 45 % aus Blockmaterial und zu 55 % aus Kreislaufmaterial erschmolzen wurde.

Die Anzahl der gemessenen Oxidhäute in den Proben Nr. 1 und Nr. 6 liegt deutlich über dem auf Erfahrung beruhenden Grenzwert von 50 Oxidhäuten/kg Schmelze und ist damit nicht akzeptabel. Diese extrem hohen Werte werden durch Umfüllvorgänge in die Gießöfen verursacht, vor allem beim Entleeren der Transportpfanne. Am Ende des Gießvorganges liegt die Anzahl der Oxidhäute im Gießofen (Proben Nr. 5) nach

wie vor knapp über der kritischen Grenze. Eine Reduzierung des Oxidhautgehaltes der Schmelze, besonders nach den Umfüllvorgängen, kann beispielsweise durch eine ausreichende Abstehezzeit vor oder nach der Entgasungsbehandlung erreicht werden. Dann liegt die Anzahl der Oxidhäute deutlich unter der kritischen Grenze (Proben Nr. 2, Nr. 3, bzw. Nr. 7). Die Ergebnisse bestätigen, wie sinnvoll es ist, gerade bei Umgießvorgängen aus der Pfanne eine möglichst turbulenzarme Umfüllmethode anzustreben.

### Experimentelle Untersuchung von Strömungsvorgängen

Für die qualitative Bewertung der Strömungsvorgänge während der einzelnen Prozessschritte wurde hochauflösende Videotechnik verwendet, die eine Bildfrequenz von bis zu 1.000 Aufnahmen pro Sekunde liefert.

Der Schmelzetransport vom Schmelzofen in den Warmhalteofen erfolgt durch die Gießrinne oder die Transportpfanne, wenn sich der Gießofen in größerer Distanz zum Schmelzaggregat befindet. Nach der Schmelzebehandlung wird die Schmelze mit einem Gießlöffel vom Warmhalteofen in die eigentliche Form gefüllt. Bei jedem Umfüllprozess entstehen Verwirbelungen auf der freien Schmelzbadoberfläche (Abb. 2). Dies ist eine wichtige Ursache für die Erzeugung neuer Oxide in der Schmelze.

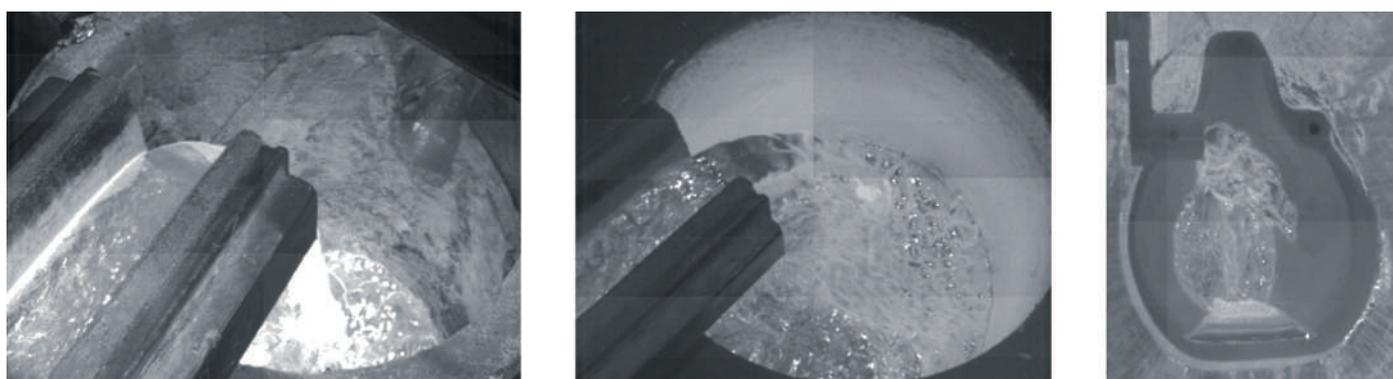


Abb. 2: Untersuchung der Umfüllprozesse durch Hochgeschwindigkeitsaufnahmen. Befüllen der Transportpfanne (links), Füllen des Warmhalteofens (mittig), Füllen der Gießpfanne (rechts).



Abb. 3: Änderung der Strömungsrichtung während der Formfüllung eines Zylinderkopfes. Der Deckkern wurde so präpariert, dass der Strömungsverlauf der Schmelze vom Gießlauf über den Anschnitt mit einer Hochgeschwindigkeitskamera aufgenommen werden kann.

Auf den Bildern der Videoaufnahmen lassen sich diese Verwirbelungen gut erkennen. Die Vermischung des auf der Badschmelzoberfläche gebildeten Oxidschaums durch den fallenden Schmelzestrom ist sichtbar. Diese Beobachtung der Umfüllvorgänge bestätigt die Ergebnisse der PREFIL-Messungen. Bei allen Proben, die nach dem Befüllen des Warmhalteofens von der Transportpfanne oder direkt vom Gießstrahl entnommen wurden, konnte eine Überschreitung der kritischen Grenze für Oxidhäute nachgewiesen werden (vgl. Abb. 1). Nach der Schmelzebehandlung im Gießofen (Entgasen und Abstehen) sinkt die Anzahl der Oxidhäute in der Schmelze.

Die Füllung eines Zylinderkopfes im Kopfgussverfahren ist ein komplexer Strömungsvorgang. Verwirbelungen beim freien Fall der Schmelze in das Gießsystem und aus dem Laufsystem in den Formhohlraum lassen sich im Schwerkraftguss nicht vermeiden, nur reduzieren. Die Schmelze strömt zwischen unterschiedlichen Kernen durch. Eine gezielte Schmelzeführung zur Reduzierung von Turbulenzen in den filigranen Formhohlräumen eines Zylinderkopfes mit Wandstärken von 4 mm verlangt daher viel Erfahrung und grundlegende Kenntnisse der Strömungstechnik.

Bei der Gestaltung des Gießlaufs und der Anschnittpositionen sind sowohl die Fließgeschwindigkeit als auch die stabile Strömung der Schmelze aus den Anschnitten wichtige Einflussgrößen, um eine unerwünschte Umströmung der Kerne zu vermeiden. Eine ungünstige Strömungsrichtung während der Formfüllung

kann zu einem lokalen Einfrieren der Schmelze an der Kernkontur führen. An der Schmelzoberfläche bildet sich dabei eine Oxidhaut, die im Laufe des Füllvorgangs eingeschlossen wird und im Gussteil verbleibt (Abb. 3). Die filigrane Innenkontur der Form und die dünnen Wände des Zylinderkopfes erhöhen das Risiko von Defekten im Gefüge durch Oxideinschlüsse und damit von Undichtigkeiten, wie durchgeführte Untersuchungen im Schwerkraftguss gegossener Zylinderköpfe bestätigen (Abb. 4).

### Quantitative Analyse der Oxidbildung und Optimierungsmöglichkeiten mit Hilfe der Gießprozess-Simulation

Die Möglichkeiten der Gießprozess-Simulation ermöglichen eine quantitative Bewertung des Einflusses von Prozessgrößen auf die Bildung von Luftporen und Oxiden für den gesamten Prozessablauf, vom Abstecken der Schmelze aus dem Schmelzaggregat bis zum Gießen des Bauteils.

Zur Bewertung der Gesamtmengen an eingeschlossener Luft und der Bildung von Oxideinschlüssen werden unterschiedliche berechnete Qualitätskriterien genutzt:

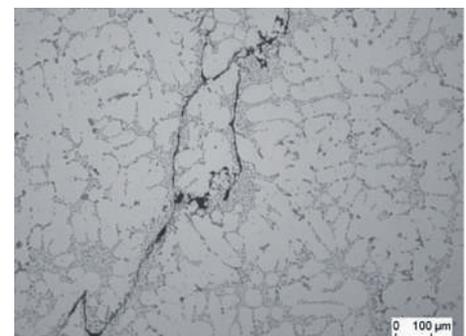
1. Die Menge an eingeschlossener Luft während der Formfüllung
2. Die kumulierte Menge an freier Oberfläche der Schmelze über den Füllverlauf



(a) Schnitt durch undichten Zylinderkopf



(b) Bruchstelle durch undichte Wand



(c) Metallographisch präparierte Probe

Abb. 4: Ursachenanalyse für einen undichten Zylinderkopf. Lecktests unter Wasser zeigen undichte Stellen durch aufsteigende Blasen an (a). Die Bruchstelle zeigt den Verlauf einer Oxidhaut quer durch die dünne Wand (b). Das Schliffbild bestätigt die Ursache für die Leckage (c).

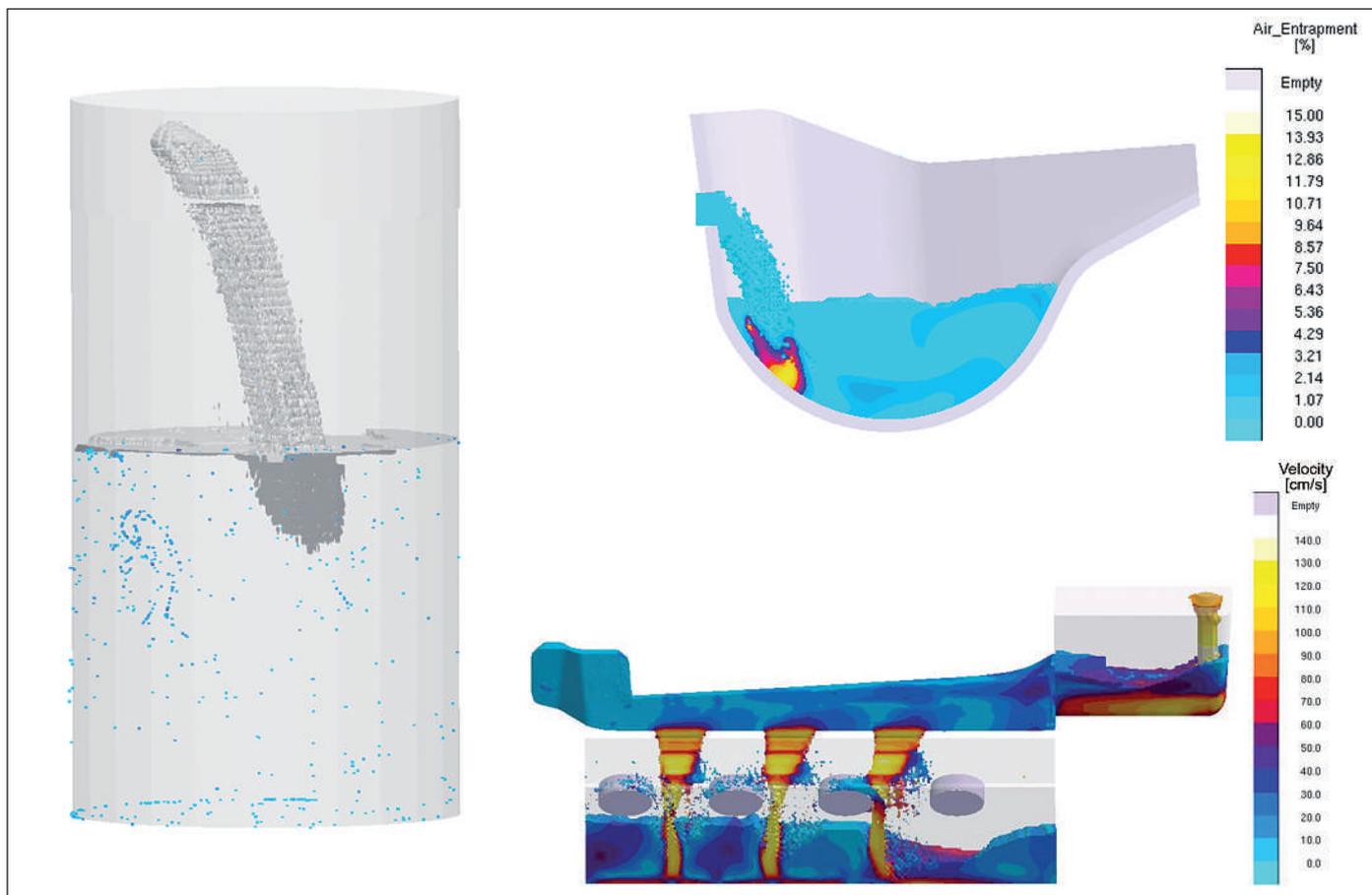


Abb. 5: Ausgewählte Qualitätskriterien der Gießprozess-Simulation für die Bewertung der Bildung von Oxiden. Oxideintrag (links), eingeschlossene Luft (rechts oben) und Strömungsgeschwindigkeiten (rechts unten).

3. Die Zeit, die die Schmelze während des Füllvorgangs in Kontakt mit Luft steht (die Kriterien 2 und 3 sind Indikatoren für die Oxidneigung)
4. Ein Kriterium, an welchen Stellen Luft während der Formfüllung in die Schmelze eingetragen wird
5. Virtuelle Teilchen in der Schmelze (Tracer), die zusätzlich während der Füllvorgänge mit verfolgt werden, um den Strömungsverlauf anzuzeigen. Diese Teilchen können darüber hinaus aufgrund eigener Masse und Größe durch Auftrieb in der Schmelze aufsteigen.

Abb. 5 zeigt exemplarisch ausgewählte Qualitätskriterien: den simulierten Eintrag von Oxiden durch Tracer beim Füllen eines Warmhalteofens, die berechnete Menge an eingeschlossener Luft beim Füllen eines Gießlöffels und die Geschwindigkeitsverteilung in der Schmelze während der Formfüllung eines Zylinderkopfes. Wichtig für alle berechneten Qualitätskriterien ist es, dass sie quantitative Ergebnisse liefern. Dadurch können die Auswirkungen von Änderungen in der Gießtechnik oder von Prozessparametern (Designgrößen) bewertet und mit einer Zielfunktion im Programm automatisiert optimiert werden.

### Optimierung des Gießsystems für Zylinderköpfe

Durch Oxideinschlüsse verursachte Undichtigkeiten sind für den untersuchten Zylinderkopf eine der wesentlichen Fehlerursachen. Die Analyse der Formfüllung

mit Hilfe der Hochgeschwindigkeitsaufnahmen sowie die Simulation der Formfüllung der Ursprungsgeometrie zeigen das Potential für die Optimierung des Gießsystems auf. Dabei nimmt sowohl die Schmelzequalität als auch die Art der Formfüllung direkten Einfluss auf die Menge und Verteilung von Oxideinschlüssen im Gussteil.

Für die ursprüngliche Gießtechnik wurden folgende Hauptursachen für Oxidbildung festgestellt:

- große Turbulenzen der Schmelze im Gießtumpel
- hohe Schmelzgeschwindigkeiten im Gießlauf
- eine ungünstige Strömungsrichtung aus den Anschnitten in das Gussteil

Mit Hilfe eines virtuellen Versuchsplans wurde der Einfluss von unterschiedlichen geometrischen Änderungen am Gießsystem beziehungsweise von Prozessbedingungen auf die Oxidbildung und den Eintrag von bereits vorhandenen Oxiden simulationstechnisch quantifiziert.

Als erste Zielsetzung für die optimierte Auslegung des Gießsystems wurde mit dem virtuellen Versuchsplan die Minimierung von Turbulenzen (und damit der Oxidbildung) im Gießtumpel angestrebt. Um die in der Ursprungsversion beobachteten Verwirbelungen beziehungsweise den Überschlag der Schmelze an den Wänden des Gießtumpels zu vermindern, wurden die Gießhöhe und die Lage des Gießstrahls (Gießen an die hintere Tumpelwand statt auf den Boden des Gießtumpels) variiert, Abb. 6 (1).

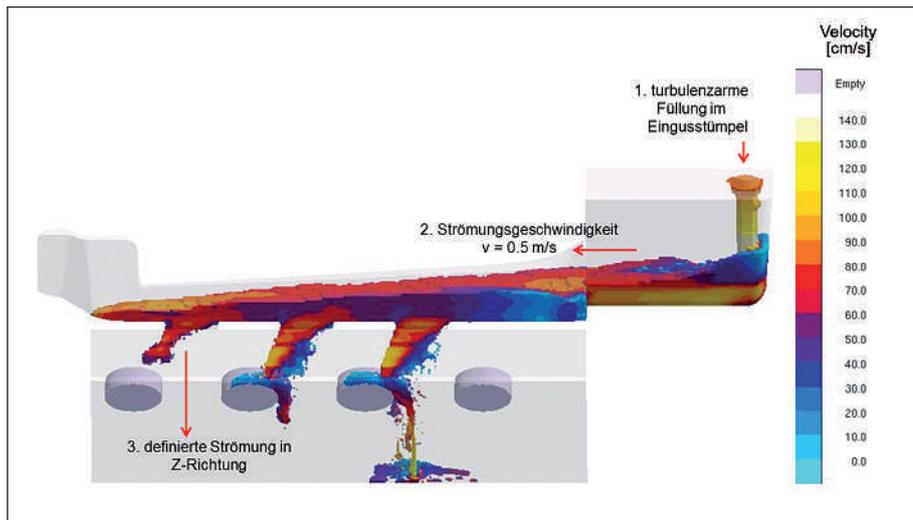


Abb. 6: Schematische Darstellung der Optimierungsziele für den virtuellen Versuchsplan

Gießstümpel mit flacher/stufiger Gießlaufanbindung		Variante	Anschnitthöhe	Fließweg
1		A	6 mm	ohne
2		B	16 mm	ohne
3		C	6 mm	6 mm dick
4		D	16 mm	6 mm dick

Abb. 7: Versuchsplan und Nomenklatur für die 16 untersuchten Varianten

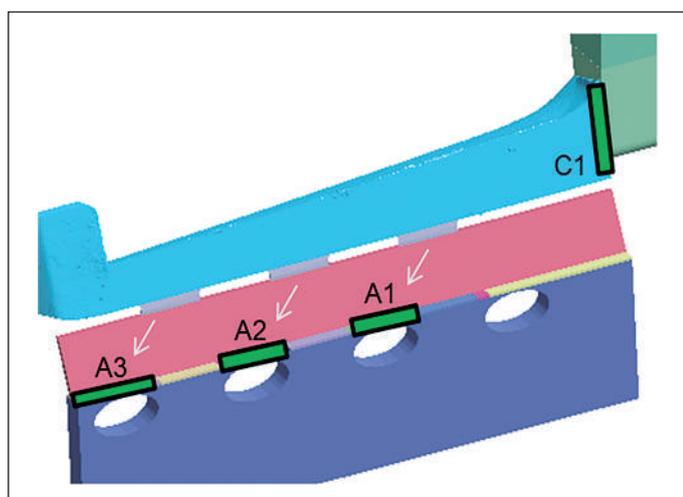


Abb. 8: Definition der Auswertgebiete A1, A2, A3 für die Untersuchung der von der gewünschten Z-Richtung abweichenden Schmelzeströmung und des Kontrollpunktes C1 für die Geschwindigkeitsermittlung

Die zweite Zielsetzung betraf die Reduzierung der Schmelzgeschwindigkeit aus dem Gießtumpel in den Gießlauf. Als Option wurde neben dem direkt an den Lauf angebrachten Gießtumpel ein Umlenkstümpel untersucht. Unterschiedliche Alternativen für die Anbindung des Gießtumpels an den Gießlauf (steigend oder stufig statt flach) sollten die gewünschte Geschwindigkeitsreduzierung unterstützen, **Abb. 6 (2)**.

Im Falle des untersuchten Zylinderkopfes fließt die Schmelze vom Anschnitt über die Wand in das Gussteil. Durch die optimierte Gestaltung des Anschnittsystems sollte als drittes Ziel der Optimierung eine konstante vertikale Strömung aus den Anschnitten in Richtung Wasserraumbereich realisiert werden. Damit sollte ein Auftreffen der Schmelze auf den Kanalkernen und das damit verbundene lokale Einfrieren möglichst vermieden werden. Als Prozessvariablen wurden verlängerte Anschnitte und zusätzliche Fließhilfen unter den Anschnitten untersucht, **Abb. 6 (3)**.

Für die Optimierung wurde die Originalgeometrie des Gießsystems verwendet und in MAGMA<sup>5</sup> parametrisiert. Die komplexe Geometrie des Zylinderkopfes wurde aus Effizienzgründen durch ein Ersatzgussteil ersetzt. Die Wandstärke und die Neigung der Wand unter dem Anschnitt sowie die Position der Kanalkerne entsprechen denen im realen Zylinderkopf (**Abb. 6**).

Die folgenden geometrischen Variablen wurden variiert: EIngusstümpel (direktes Eingießen oder Umlenkung), Anbindung vom EIngusstümpel zum Gießlauf (flach oder steigend), Anschnitthöhe (kurz oder lang) und Fließhilfen (vorhanden vs. nicht vorhanden). Die Kombination aller variierten Eingangsparameter ergibt 16 zu berechnende Varianten (**Abb. 7**).

Für die Auswertung der Simulationsergebnisse wurden die folgenden Zielfunktionen definiert:

1. Minimierung der maximalen Strömungsgeschwindigkeit im Kontrollpunkt C1 am Übergang zwischen dem EIngusstümpel und dem Gießlauf
2. Minimierung des Schmelzevolumens durch die Anschnitte A1, A2 und A3 mit unerwünschter Strömungsrichtung (Abweichung von der z-Richtung) (**Abb. 8**)
3. Reduzierung der kumulierten „freien Oberfläche“ der Schmelze während des Füllens

Die Abarbeitung des virtuellen Versuchsplans inklusive der notwendigen Geometrieänderungen, der Ver-

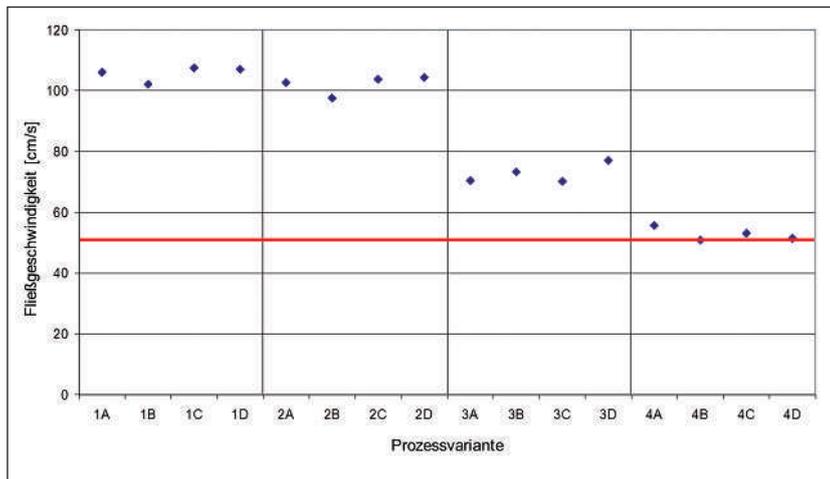


Abb. 9: Durchschnittliche Strömungsgeschwindigkeiten am Übergang Gießtumpel-Gießlauf (Messpunkt C1) für alle berechneten Designs. Die rote Linie kennzeichnet den angestrebten Grenzwert von 50 cm/s Strömungsgeschwindigkeit.

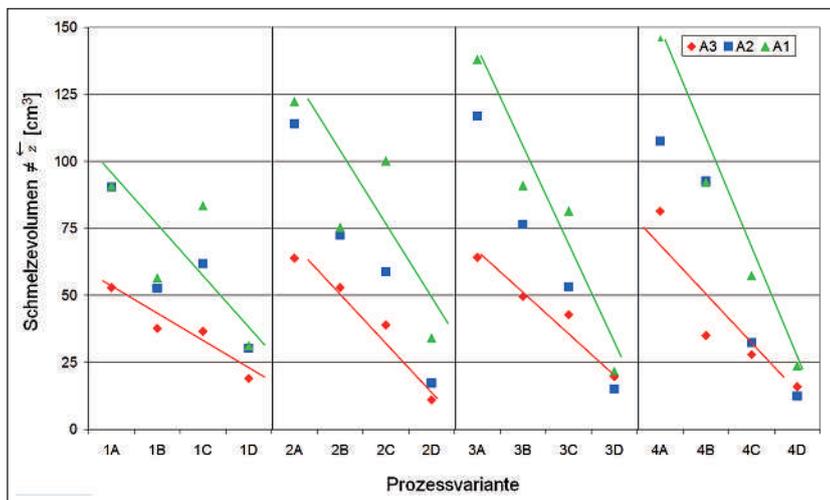


Abb. 10: Schmelzevolumen [cm³] außerhalb der senkrechten (gewünschten) Strömungsrichtung in den Anschnitten A1 bis A3 für alle 16 untersuchten Varianten

netzung neuer Geometrien, der Berechnungen und der Auswertung von Qualitätskriterien und Zielfunktionen erfolgt in MAGMA<sup>5</sup> Rel. 5.3 automatisch.

## Auswertung der Optimierung Reduzierung der Geschwindigkeit im Gießlauf

Die Strömungsgeschwindigkeit bei Aluminiumlegierungen sollte 50 cm/s nicht überschreiten, da es ansonsten zu Instabilitäten und Oberflächenturbulenzen an der Schmelzefront kommen kann [1]. Die damit verbundene Vergrößerung der freien Oberfläche führt zur Bildung von Oxideinschlüssen. Die Reduzierung der Schmelzgeschwindigkeiten im Gießlauf kann darüber hinaus die Einstellung der gewünschten vertikalen Strömungsrichtung der Schmelze aus den Anschnitten unterstützen.

Die Auswertung zeigt einen klaren Zusammenhang zwischen den untersuchten Design- und Prozessvarianten und der Geschwindigkeit der Schmelze im Messpunkt (Abb. 9). Das Ziel einer Fließgeschwindigkeit von unter 50 cm/s erfüllen die Varianten 4A bis 4D am besten. Bei der Variante 4D war die durchschnittliche Geschwindigkeit im Gießlauf mit 52,9 cm/s am geringsten. Im Vergleich zu der Ursprungsvariante 1A mit 105,7 cm/s entspricht das einer Halbierung der Strömungsgeschwindigkeit.

## Kontrolle der Strömungsrichtung aus den Anschnitten

Mit der zweiten Zielsetzung sollte die Schmelze aus den Anschnitten möglichst senkrecht, ohne auf die Kerne zu treffen, in das Bauteil fließen. In Abb. 10 ist das Volumen der Schmelze, das in den Auswertebereichen A1 bis A3 nicht in die gewünschte z-Richtung fließt, über alle untersuchten Varianten aufgetragen. Es wird deutlich, dass die Strömungsrichtung der

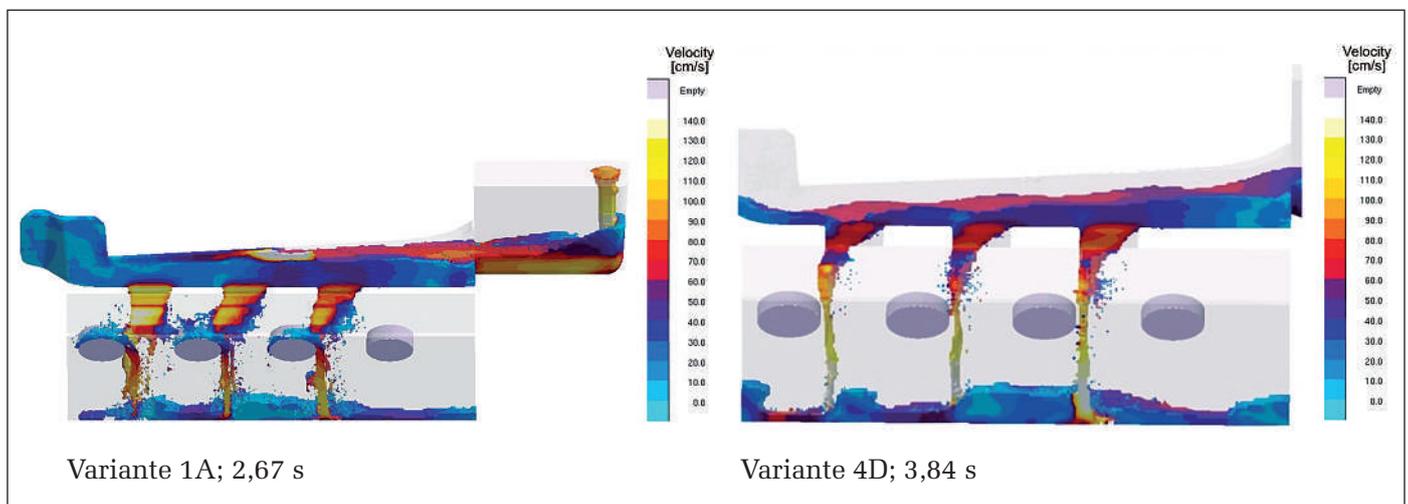


Abb. 11: Vergleich der Strömungsgeschwindigkeiten und -richtungen für die untersuchten Varianten 1A und 4D für einen Zeitpunkt.

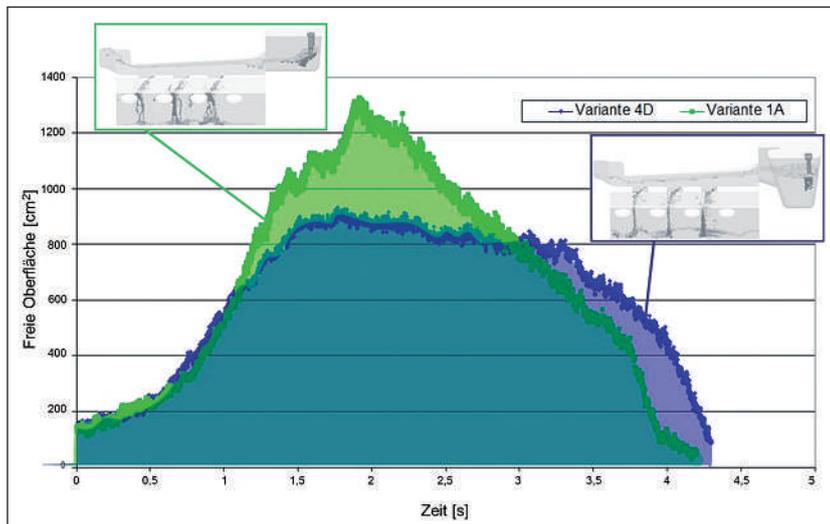


Abb. 12: Der Verlauf der freien Oberfläche der Schmelze als Funktion der Zeit für die Varianten 1A und 4D.

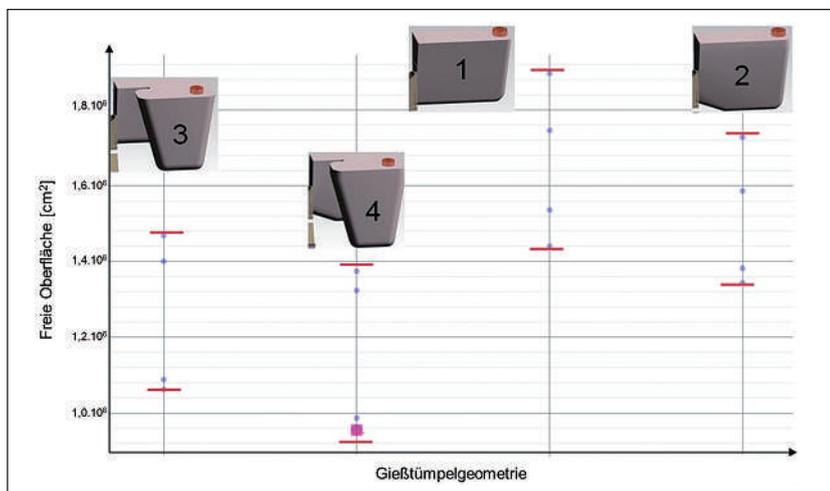


Abb. 13: Über die gesamte Füllzeit kumulierte „freie Oberfläche“ der Schmelze [cm²] für unterschiedliche Varianten von Gießtumpelgeometrien und Anbindungen an den Gießlauf.

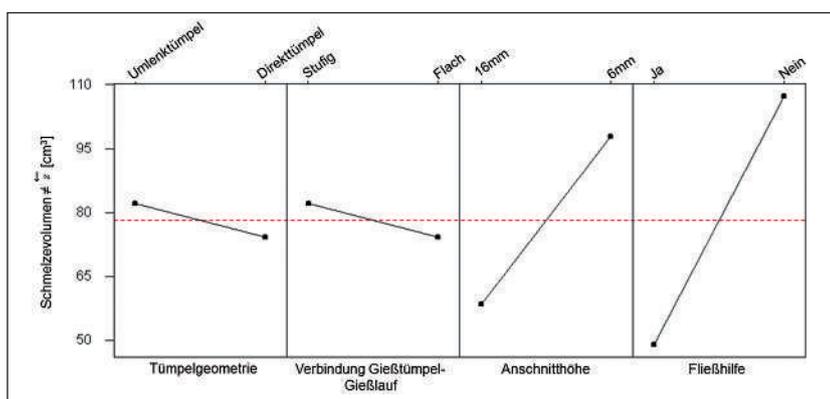


Abb. 14: Das Haupteffektdiagramm zum Einfluss der Variablen auf die Zielfunktion „Schmelzevolumen mit unerwünschter Strömungsrichtung“ für den Anschnitt A1

Schmelze im ersten Anschnitt A1 für alle Varianten jeweils am weitesten von der gewünschten z-Achse abweicht. Dies liegt an den Druckverhältnissen und der kinetischen Energie der Schmelze, die von Anschnitt zu Anschnitt abnehmen. Der Vergleich der einzelnen Versuche zeigt, dass für alle D-Varianten, d. h. unabhängig von der Geometrie des Eingusstumpels und der Anbindung an

den Gießlauf, die geringsten Schmelzevolumina in die unerwünschte Richtung fließen. Die beste Variante ist die Version 4D, bei der über die gesamte Formfüllung insgesamt nur 52 cm<sup>3</sup> Schmelze aus allen drei Anschnitten von der gewünschten Fließrichtung abweichen. Die Auswertung der simulierten Ergebnisse zeigt, dass die Schmelze für diese Variante die Kanalkerne nur geringfügig von der Seite berührt (Abb. 11).

### Reduzierung der freien Oberfläche der Schmelze

Mit dem Kriterium „freie Oberfläche“ wird in MAGMA<sup>5</sup> die während der Formfüllung mit Luft in Kontakt stehende Schmelze gemessen. Dieses Kriterium kann zu definierten Zeitpunkten der Formfüllung (Abb. 12) oder kumuliert (Abb. 13) bewertet werden. Aufgrund der Geometrieänderungen im Gießsystem bestehen zwischen einzelnen berechneten Varianten Volumen- beziehungsweise Gewichtsunterschiede. Das Schmelzevolumen der Variante 4D beträgt 4,48 l und ist im Vergleich zu der Variante 1A mit 2,82 l um 62 % größer. Dennoch hat sich die berechnete kumulierte freie Oberfläche der Schmelze von 120.678 mm<sup>2</sup> bei der Variante 1A auf 114.944 mm<sup>2</sup> bei der Variante 4D um etwa 5 % reduziert. Das potentielle Risiko, dass Oxideinschlüsse entstehen, wurde damit deutlich verringert (Abb. 13).

### Auswertung der Zusammenhänge zwischen Prozessgrößen und Zielfunktionen

Die Signifikanz der Abhängigkeiten zwischen den einzelnen veränderten Prozessgrößen und den untersuchten Zielfunktionen kann in der Software mit sogenannten Haupteffektdiagrammen dargestellt und bewertet werden (Abb. 14).

Auf der y-Achse ist das durchströmende Schmelzevolumen durch Anschnitt A1, das nicht in die gewünschte z-Richtung fließt, dargestellt. Die einzelnen Linien zeigen den Einfluss der vier Variablen auf die untersuchte Zielfunktion. Geringe Steigungen der Geraden bei den Varianten „Tümpel“ und „Anbindung zwischen Tümpel-Gießlauf“ zeigen, dass diese Veränderungen keinen signifikanten Einfluss auf die Zielfunktion haben. Dagegen dokumentiert das Haupteffektdiagramm den klaren Einfluss der Anschnitthöhe und des Einsatzes von Fließhilfen auf einen optimierten Strömungsverlauf.

Den Einfluss der Fließhilfe auf den Strömungsverlauf in z-Richtung in einem

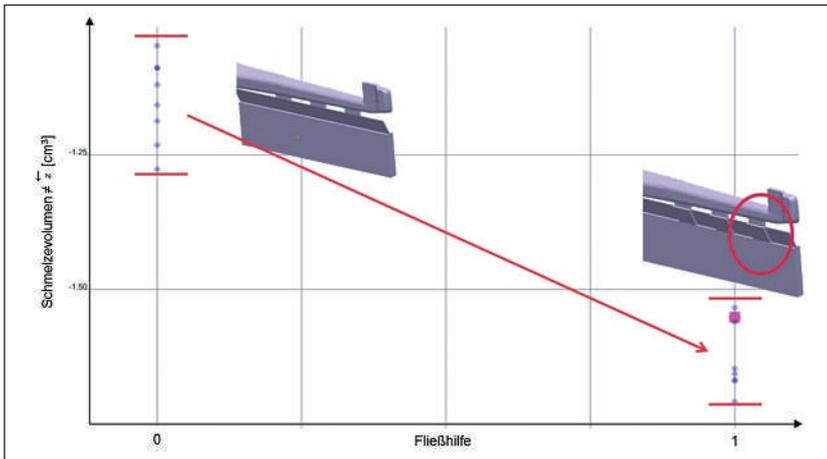


Abb. 15: Einfluss der Fließhilfe auf die senkrechte Strömung in z-Richtung (0 keine Fließhilfen, 1 Fließhilfen)

Streudiagramm zeigt **Abb. 15**. Die gefrästen Fließhilfen haben einen bedeutenden Einfluss auf die gewünschte senkrechte Fließrichtung der Schmelze.

Parallel zu den drei bisher diskutierten Zielen wurden in den Simulationen mit sogenannten virtuellen Tracerteilchen auch Oxidpartikel bewertet, die nur beim Eintritt der Schmelze in die Form, nicht aber während der Formfüllung selbst, durch Verwirbelungen der Schmelze entstehen. Den Partikeln wurden die Dichte von Aluminiumoxid und die typische Größe einer Oxidhaut zugewiesen. Die Teilchen bewegen sich im Wesentlichen aufgrund der Strömungsdynamik in der Schmelze, erfahren aber aufgrund der Dichteunterschiede von Schmelze und Oxid auch Auftrieb. Da die Schmelzequalität durch vorausgegangene Umfüllprozesse eine bedeutende Rolle für die Gesamtmenge an potenziellen Oxiden im Gussteil spielt, wurde untersucht, wie groß der ins Gussteil gestromte Anteil an

Teilchen für die einzelnen Versuchs- und Prozessvarianten ist.

Bei der Auswertung der Anzahl an Oxidteilchen im Gussteil wird sowohl für die Ausgangsvariante 1A und das für alle anderen Kriterien beste Design 4D der Einfluss der Gestaltung der Eingsusstümpelgeometrie und der Anbindung zwischen Eingsusstümpel und Gießlauf auf die Gesamtanzahl an Teilchen im Gussteil deutlich (**Abb. 16**). Obwohl aufgrund des größeren Schmelzevolumens in der Variante 4D in Summe insgesamt mehr Oxidpartikel entstanden sind, gelangen durch die optimierte Gestaltung des Umlenktümpels und die stufige Anbindung zum Gießlauf deutlich weniger Teilchen in den Gießlauf und weiter ins Gussteil. Der Anteil der Teilchen im Gussteil halbiert sich von 11,7 % auf 5,7 %.

### Vergleich der Simulationsergebnisse mit realen Experimenten

Für sämtliche betrachtete Kriterien ist die Variante 4D die beste Lösung zur Vermeidung von Oxideinschlüssen. Daher wurde dieses Gießsystem im Vergleich zur Ausgangssituation für Abgüsse von Zylinderköpfen formtechnisch realisiert. Die für beide Varianten untersuchten Zylinderköpfe wurden mit den üblichen Prüfmethode auf Undichtigkeiten hin untersucht. Die statistischen Auswertungen zeigen eine klare Reduzierung der durch Oxide hervorgerufenen Undichtigkeiten und belegen damit die Richtigkeit der in der Simulation für die Bewertung genutzten Kriterien (**Abb. 17**).

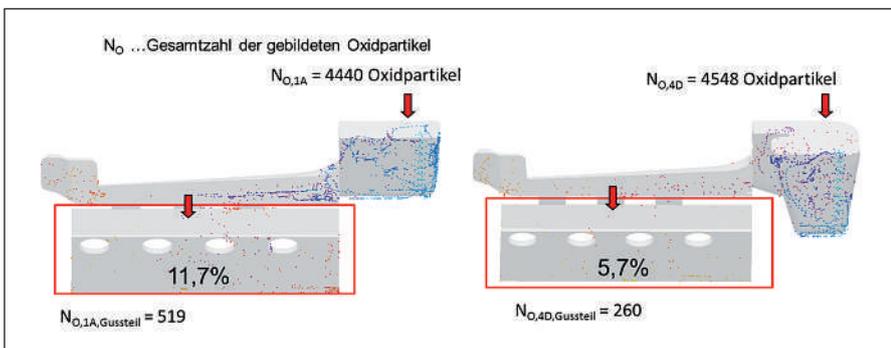


Abb. 16: Gesamtzahl der gebildeten Oxidpartikel  $N_o$ , Gesamtzahl im Gussteil  $N_{o,Gussteil}$  und prozentuale Anteile an Oxidpartikeln, die sich am Ende der Formfüllung im Gussteil befinden im Vergleich (für die Varianten 1A und 4D).

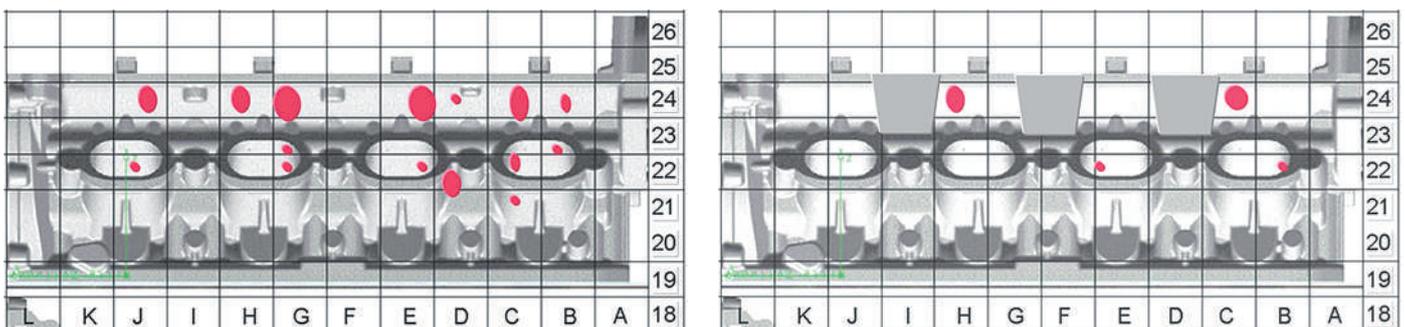


Abb. 17: Auswertung der Undichtigkeit durch Oxideinschluss am Zylinderkopf für die Variante 1A (links) und die Variante 4D (rechts). Die roten Punkte stellen die Lage und die Häufigkeit der Undichtigkeiten dar

## Zusammenfassung

Mit Hilfe der Gießprozess-Simulation wurden potentielle Quellen der Oxidbildung beim Gießen von Zylinderköpfen im Schwerkraftkokillenguss analysiert. Die experimentelle Bewertung der Schmelzequalität für die Umfüllprozesse mit Hilfe der PREFIL-Messmethode bestätigte, dass der freie Fall der Schmelze beim Umgießen und die damit verbundenen Verwirbelungen der freien Schmelzoberfläche ein hohes Risiko zur Oxidbildung darstellen. Am Beispiel des Befüllens eines Gießlöffels wurde gezeigt, wie mit der in MAGMA<sup>5</sup> integrierten Versuchsplanung und der Variation von Prozessparametern das Risiko für Oxidbildung schnell und effektiv minimiert werden kann. Es wurde gezeigt, dass mit den im Simulationsprogramm MAGMA<sup>5</sup> integrierten Möglichkeiten zur virtuellen Versuchsplanung und Optimierung von Prozessparametern und Gießtechnik bereits im Vorfeld des realen Versuchs Verbesserungsideen für die gießtechnische Gestaltung von Gießsystemen effektiv überprüft werden können. Über die konkrete Lösung für Zylinderköpfe hinaus erlaubt diese neue Methodik die Ermittlung umfassender Erkenntnisse über die quantitativen Zusammenhänge von Prozessvariablen und Qualitätskriterien und ermöglicht die Verfolgung unterschiedlicher, auch miteinander im Konflikt stehender Zielsetzungen.

## Literatur

- [1] Campbell, J.: Castings (second edition), ELSEVIER, 2004  
 [2] Carlsson, K.D.; Beckermann, Ch.: Modeling of Reoxidation Inclusion Formation during Filling of Steel Casting,

Defect Formation, Detection, and Eliminating during Casting, Welding, and Solidification, TMS Materials Science and Technology Conference and Exhibition, September 2005, Pittsburgh, Pennsylvania, S. 35-46

- [3] Yang, X.; Huang, X.; Dai, X.; Campbell, J.; Tatler, J.: Numerical Modelling of the Entrainment of Oxide Film Defects in Filling of Aluminium Alloy Casting, International Journal of Cast Metal Research, vol. 17, No.6, 2004, 321-331  
 [4] Campbell, J.: The modeling of entrainment defects during casting, Simulation of Aluminum Shape Casting Processing: From Alloy Design to Mechanical Properties, (The Minerals, Metals & Materials Society), 2006  
 [5] Lai, N. W.; Griffiths, W.D.; Campbell, J.: Modeling of the potential for oxide films entrainment in light metal alloy castings, Modeling of casting welding and advanced solidification processes, Warrendale, TMS, 2003  
 [6] Lin, J.; Sharif, M. A. R.; Hill, J. L.: Numerical simulation of the movement, brake up and entrapment of oxide films during aluminum casting, Aluminium Transaction 1, 1999, S.: 71-78  
 [7] Reilly, C.: Development Of Quantitative Casting Quality Assessment Criteria Using Process Modelling, PhD Thesis, The University of Birmingham, 2010  
 [8] Pavlak, L.: Experimentelle und simulationstechnische Ursachenanalyse der Oxidbildung beim Zylinderkopfgießen, Dissertation, Shaker Verlag 2011

### Kontaktadresse:

MAGMA Gießereitechnologie GmbH  
 D-52072 Aachen | Kackertstraße 11,  
 Tel.: +49 (0)241 88901 0 | Fax: +49 (0)241 88901 60  
 E-Mail: info@magmasoft.de,  
 www.magmasoft.de

# voestalpine

EINEN SCHRITT VORAUSS.

[www.voestalpine.com/giesserei\\_linz](http://www.voestalpine.com/giesserei_linz)

# Kernschießsimulation – Zum ökonomischen und ökologischen Vorteil der Gießerei

*Core Shooting Simulation – to the Economic and Environmental Advantage of the Foundry*



**Dipl. Ing. Christof Nowaczyk,**

Im Anschluss an seine Ausbildung zum Gießerei-Mechaniker studierte Christof Nowaczyk Gießereitechnik an der Gerhard-Mercator-Universität in Duisburg. Nach erfolgreichem Abschluss war er bei namhaften Unternehmen, wie Federal Mogul und Eisenwerk Brühl, tätig. Seit 2010 ist er bei ASK Chemicals in

der Anwendungstechnik für den asiatischen Raum verantwortlich. Darüber hinaus ist er seit 2013 Produktmanager Design Services für die Regionen EMEA und Asien.

**Schlüsselwörter:** Kernschießsimulation, Fülldynamik, Werkzeugverschleiß, Verdichtungsprobleme, Begasungssimulation, Einsparungspotenzial

## Abstract

Im Rahmen der von der ASK Chemicals seit Jahren erfolgreich im internationalen Markt etablierten Design Services beschäftigt sich der Bereich u.a. intensiv mit der Simulation von Gießereiprozessen. Hierzu kommen nahezu alle namhaften Softwarelösungen zum Einsatz, wie Magma, Flow3D, Arena-Flow® oder Novacast. So hat sich seit etlichen Jahren ein großer Erfahrungsschatz aufgebaut, sowohl im Bereich der Simulation des Gießens & Erstarrens, als auch im Bereich Kernschießsimulation. Der nachfolgende Artikel gibt einen Überblick über die Potenziale, die durch die Kernschießsimulation gegeben sind.

Der globale Wettbewerb verlangt von Unternehmen immer bessere Qualität bei kürzeren Entwicklungs- und Produktionszeiten zu geringeren Kosten. Heutzutage ist die permanente Erneuerung eines immer vielfältigeren Produktsortiments eher die Regel und stellt eine Herausforderung für den Gießer dar.

In dieser Situation helfen u.a. Computerprogramme, wie z.B. eine Simulations-Software, Kosten zu senken, Entwicklungszeiten zu verkürzen und optimierte stabile Prozesse zu designen. Dies ist keine neue Erkenntnis, da der Gießer im Bereich Gießen und Erstarren schon seit Jahren diese Praxis beherrscht. In früheren Tagen von der Idee zur Produktion noch der Entwicklungskreis vom Reißbrett über Modellbau, Gießversuch und mannigfaltige Anpassungen geführt, so kommen hier heute Computer Aided Design (CAD), Simulation, Computer Aided Machining (CAM) und Prototyping zum Einsatz. Kurz gesagt, heute reden wir vom Computer Aided Engineering (CAE). Doch auch das ist sicher schon seit einigen Jahren üblich, wenn wir von Modellbau und auch speziell von der Entwicklung und Auslegung von Eingussystemen reden. Hier sind

die Vorteile und Möglichkeiten, die in diesem Zusammenhang die Simulationstechniken bieten, bekannt.

Als recht neu muss aber nach wie vor die Simulation der Kernherstellung betrachtet werden. Doch brauchen wir eine solche Simulation? Sicher weiß keiner *mehr* über sein Kerngeschäft, also das Herstellen von Kernen, als der erfahrene Gießer selbst. Dennoch muss man sich fragen – stimmt das? Wissen wir wirklich, was passiert, und ob wir das optimalste Setup designt haben?

Man könnte fast sagen, dass mithilfe der Simulation der Kernherstellung in eine der letzten „Blackboxes“ des Gießereiprozesses Licht gebracht wird, und dies hilft, unser „Kerngeschäft“ besser zu beherrschen.

Bei der Kernschießsimulation unterscheidet man zwischen zwei wesentlichen Simulations-Schritten. Zum einen das Simulieren des Füllvorgangs des Kernkastens, das eigentliche Schießen des Kerns, und zum anderen den Schritt einer möglichen oder notwendigen Begasung, also das Durchströmen einer, wie auch immer gefüllten, Kavität eines Kernkastens.

So ergibt sich z.B. aus der Visualisierung der Fülldynamik (**Abb. 1**) die Möglichkeit, genaue Vorhersagen über Bereiche mit unterschiedlichsten Verdichtungsgraden zu treffen (**Abb. 2**).

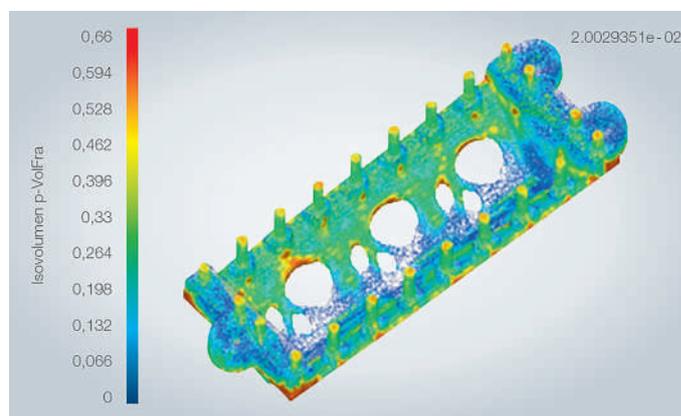


Abb. 1: Visualisierung der Fülldynamik

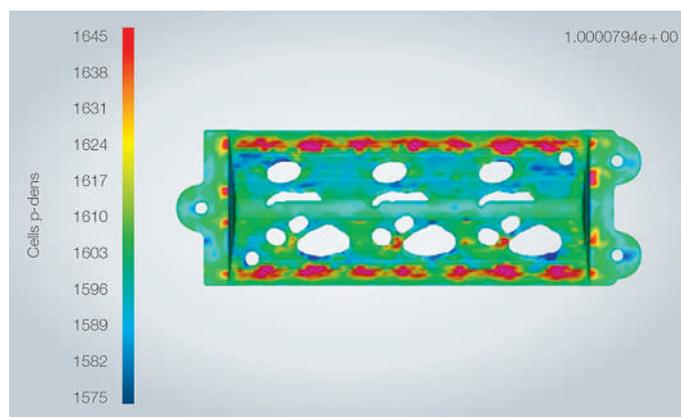


Abb. 2: Bereiche unterschiedlicher Verdichtung

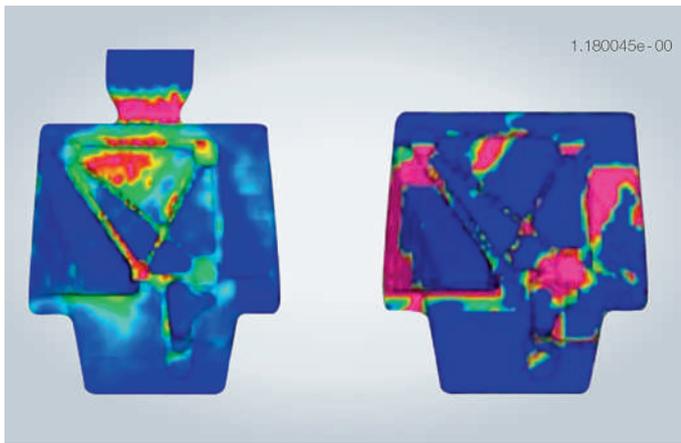


Abb. 3: Werkzeugverschleiß  
Kinetische Energie x Aufprallwinkel = Verschleiß

Ebenso können Rückschlüsse auf Bereiche mit erhöhtem Werkzeugverschleiß gezogen werden oder Vorhersagen über Bereiche gemacht werden, in denen vermehrter Binder-Auftrag zu erwarten ist (Abb. 3).

Unter Verwendung der Simulations-Software Arena-Flow®, welche als einzige Software auf dem Markt die tatsächliche Interaktion zwischen Partikeln – also dem Sand – und dem Fördermedium Luft realitätsnah darstellen kann, sind Problembereiche mit unzureichender Verdichtung sehr anschaulich darstellbar (Abb. 4). Ursache des hier vorliegenden Verdichtungsproblems ist eine nicht optimale Entlüftungssituation.

Aus dem Beispiel wird deutlich, dass die Fülldynamik oder das Füllverhalten in erster Linie von den Strömungsverhältnissen der Luft in einem Kernkasten abhängig ist.

Dieses Strömungsverhalten kann auch sehr deutlich durch Strömungsvektoren verdeutlicht werden und zeigt hier schon sehr genau, wo mit unzureichender Verdichtung oder bei einer Begasung mit Problemen zu rechnen ist.

In Abb. 5 sind Bereiche mit unzureichender Luftströmung dunkelblau dargestellt.

Für die Begasung eines Kerns gibt diese Art der Simulations-Auswertung erste Hinweise darauf, ob ein homogener Prozess vorliegt. Zeigen sich hier im Bereich des Unterkastens schon schlechte Strömungsverhältnisse, so ist sicher vom Auftreten etwaiger Begasungsprobleme auszugehen.

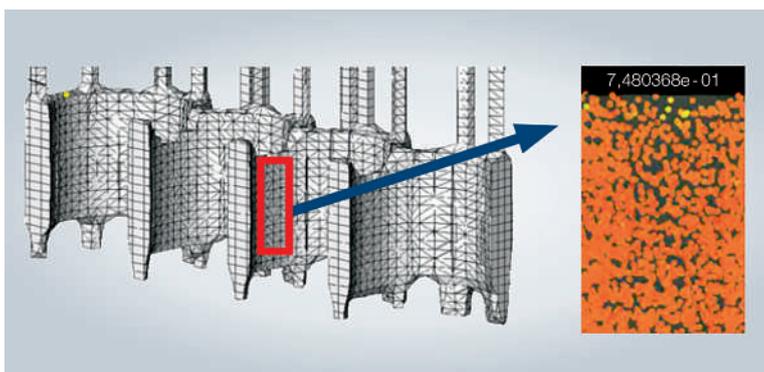


Abb. 4: ZKG Wassermantel mit schlecht verdichtetem Bereich zwischen Zylinder 2 und 3

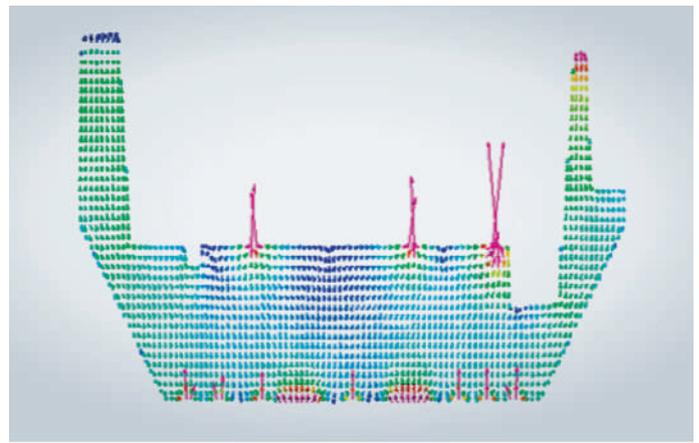


Abb. 5: Luftstrom in einem Kernkasten

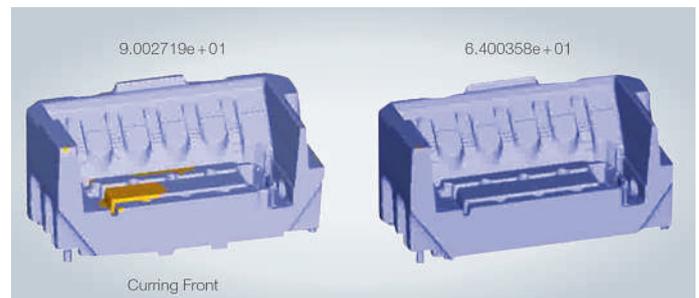


Abb. 6: Begasungsergebnis – links vor der Optimierung, rechts nach der Optimierung

Das bedeutet für die Praxis, dass deutlich längere Begasungszeiten und auch unnötig hohe Aminverbräuche als „Serienstand“ in einer Fertigung akzeptiert werden. Hier muss also von einem nicht effizienten Einsatz des Amins gesprochen werden.

Nachstehendes Beispiel (Abb. 6) zeigt, wie durch konsequente Nutzung und entsprechende Optimierung des Setups eine deutliche Verbesserung des Kerns in seiner Qualität, als auch gleichzeitig eine Reduzierung der Taktzeit – ca. 28% – erzielt werden kann. In diesem Fall wurde nur das Setup der Entlüftung optimiert.

Sehr häufig kommt es vor, dass zu bestehenden Kernschießmaschinen sogenannte Familien-Kernkästen konzipiert werden. Nicht selten sieht sich die Fertigung dann dem Problem ausgesetzt, dass bestimmte Kerne oder Bereiche von Kernen nur unzureichend verdichtet sind und so bei den Gussteilen oft zu erhöhtem Putzaufwand oder gar zu erheblicher Nacharbeit führen.

In den meisten Fällen liegt hier die Ursache im Zusammenspiel zwischen der installierten, als gegeben angenommenen und nicht weiter betrachteten Schießkopfgeometrie und dem tatsächlichen Setup des Kernkastens und der Anordnung der Schießdüsen.

Nachfolgende Bilder zeigen deutlich, dass bei der bestehenden Geometrie der Kern im linken hinteren Bereich nicht vollständig gefüllt werden kann, da nicht ausreichend Formstoff in der gegebenen Zeit durch das Sandmagazin nachfließen kann.

Eine solche Situation führt zwangsläufig zu erheblichen Mehrkosten, die durch eine ent-

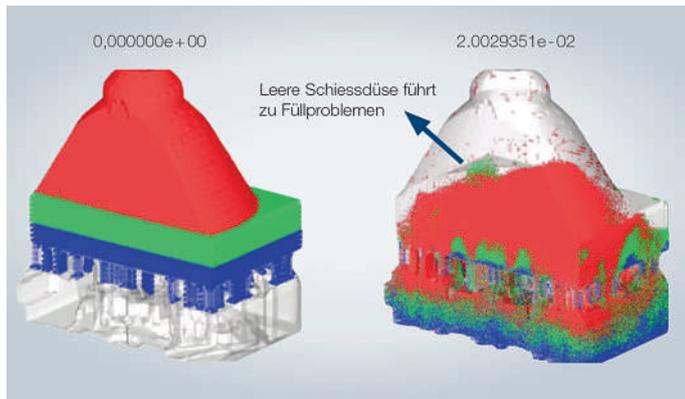


Abb. 7: Analyse des Zusammenspiels Schießkopf und Kernkasten

sprechende Simulation im Vorfeld vermeidbar wären. Eine angepasste Konstruktion des Schießkopfes wird sicher die billigere Abstellmaßnahme sein, aber schlimmstenfalls existierende Terminalschieben und die mögliche Einhaltung von projektbestimmenden Meilensteinen gefährden.

Ein Praxisbeispiel anhand eines Ölkanal-Kerns in einer Konstruktion der AUDI AG zeigt, welches Potenzial die Kernschießsimulation für die Kosten- und Ressourcen-Einsparung bietet.

Im Rahmen eines Kundenprojekts bestand die Aufgabe, vor Neubau der Kernkästen ein bestehendes Setup zu überprüfen und ggf. zu optimieren.

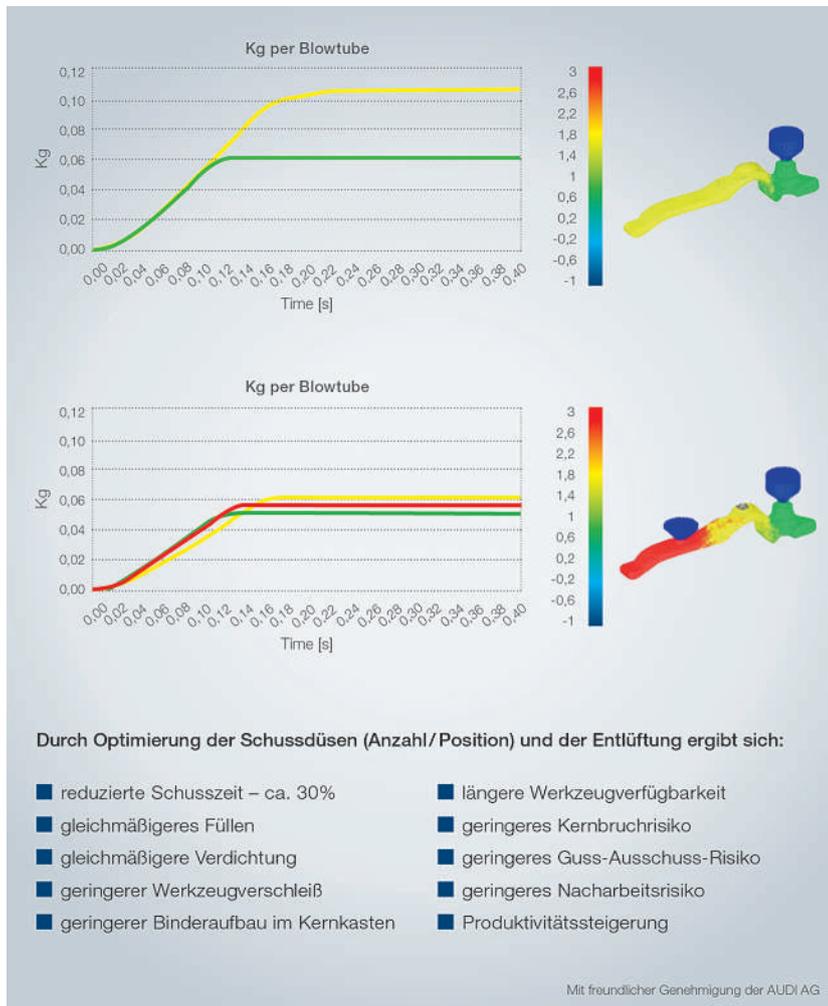


Abb. 8: Schussdüsendynamik

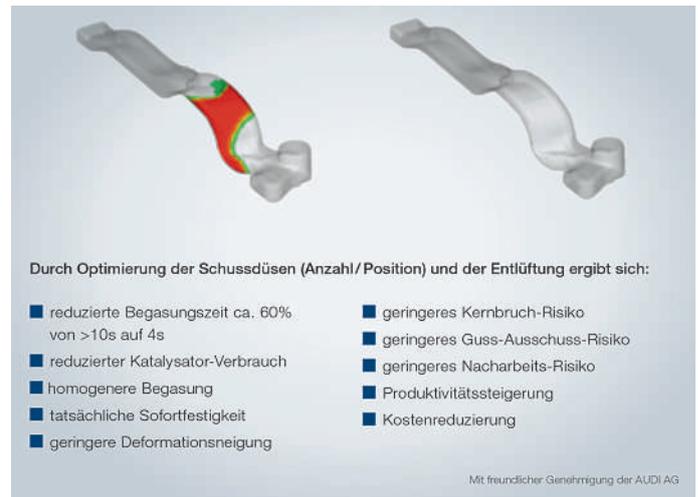


Abb. 9: Simulation der Begasung

Unterstützt und getrieben wurde das nicht nur durch die Gießerei selbst, sondern auch durch den Kunden, die AUDI AG, welche als OEM, der selber keine Gießerei betreibt, in der Kerne verwendet werden, konsequent auf Simulation als Mittel zum Erzielen stabiler Prozesse sowohl in der Gießerei, als in späteren Abnehmerbetrieben, setzt.

### Zusammenfassung

Die Simulation der Kernherstellung, die sogenannte Kernschießsimulation, bietet wie jede andere Form der Simulation enormes Potenzial für die Entwicklung wie für die Fertigung.

Sei es, um im Rahmen der Entwicklung von Werkzeugen schon vor Start einer teuren Werkzeugherstellung sicher zu sein, dass dieses Werkzeug so optimal wie möglich seinen Dienst wie gewünscht verrichten wird, oder sei es als Detektionshilfe bei der Suche nach Fehlerursachen und dem Aufspüren von Einsparpotenzialen.

Die Simulation hilft, stabile Prozesse zu planen, zu implementieren und zu betreiben. Sie hilft aber auch, Taktzeiten zu optimieren und durch Optimieren von Begasungszyklen Aminverbräuche zu senken. Steigerung der Produktivität und Reduzierung von Ressourcenverbräuchen können so erzielt werden.

Im international hart umkämpften Gießereimarkt sicherlich ein Beitrag zur Steigerung oder Wahrung der Wettbewerbsfähigkeit.

#### Kontaktadresse:

ASK Chemicals GmbH  
 zH Fr. Verena Skelnik  
 Manager Marketing & Communications  
 D-40721 Hilden | Reisholzstraße 16-18  
 Tel.: +49 (0)211 71103-948  
 Mobile: +49 (0)151 4612 1604,  
 E-Mail: Verena.Skelnik@ask-chemicals.com  
 www.ask-chemicals.com

# Numerische Simulation und praktische Versuche zum Verbundgießen von Aluminiumlegierungen

*Numerical Simulation and Experiments of Compound Casting of Aluminum Alloys*



**Dipl.-Ing. Stefan Heugenhauser,** Studium der Metallurgie an der Montanuniversität Leoben mit den Schwerpunkten Gießereitechnik und Nicht-eisenmetallurgie. Seit Anfang 2013 wissenschaftlicher Mitarbeiter am ÖGI Leoben.

**Dipl.-Ing. Dr. techn. Erhard Kaschnitz,** nach Studium der Technischen Physik und das Thermophysikalische Labor an der Technischen Universität Graz Forschungsjahr am National Institute of Standards and Technology (NIST) in Gaithersburg, MD, USA. Seit 1994 wissenschaftlicher Mitarbeiter am ÖGI Leoben, verantwortlich für die Arbeitsgruppe Simulation und das Thermophysikalische Labor.



**Dipl.-Ing. Falko Langbein,** Studium der Materialwissenschaften in Darmstadt/D. Seit 2006 als Entwicklungsingenieur im Bereich der Werkstoffentwicklung für die Miba Gleitlager GmbH tätig und seit 2013 als Abteilungsleiter verantwortlich für die Werkstoffentwicklung der Miba Gleitlager GmbH, Laakirchen, OÖ.



**Univ.-Prof. Dr. Peter Schumacher,** Vorstand des Lehrstuhls für Gießereikunde, Department Metallurgie, Montanuniversität Leoben und Geschäftsführer des Vereins für praktische Gießereiforschung – Österreichisches Gießerei-Institut Leoben.



**Schlüsselwörter:** Aluminiumlegierungen, Verbundguss, Dünnbandguss, Numerische Simulation, Prozessentwicklung

## 1. Einleitung

Bandförmige Aluminium-Verbundwerkstoffe sind in den verschiedensten technischen Anwendungen zu finden, wie zum Beispiel in Produkten der Luft- und Fahrzeugindustrie oder im industriellen Kühlerbau [1, 2]. Die Vorteile der Verbindung verschiedener Aluminiumlegierungen mit unterschiedlichen Eigenschaften, wie zum Beispiel ein Verbund aus hochfestem Kernmaterial und hochkorrosionsbeständiger Plattierschicht, sind vielfältig [3, 4].

Üblicherweise werden diese Verbundmaterialien durch eine Kombination aus Kalt- und Warmwalzprozessen hergestellt [5, 6]. Der gewünschte Übergang von klassischen Verbundlegierungen zu immer höherfesten und leistungsfähigeren Legierungen stellt steigende Anforderungen an den Walzplattierprozess, was zu Bestrebungen führt, die verschiedenen Schichten in einem einzigen Prozessschritt im Verbund zu gießen. Durch das Gießen von bandförmigem Verbundmaterial in einem Prozessschritt können die Produktion vereinfacht, Produktionskosten gespart und auch neue Kombinationen von Aluminiumlegierungen realisiert werden [7].

Ziel dieser Arbeit ist die Herstellung plattenförmiger Verbundgussstücke aus unterschiedlichen Aluminiumlegierungen und Reinaluminium in einem quasi-kontinuierlichen Gießprozess. Im Zuge dessen wurde eine Kleinanlage zur Durchführung von Verbundgussversuchen entwickelt, gefertigt und aufgebaut. Die Anlage ist so ausgelegt, dass sie die Erprobung von verschiedenen Materialpaarungen unterschiedlicher Dicke bei vorgewählter Substrat- und Schmelzetemperatur und unter definierten Gießgeschwindigkeiten ermöglicht. Um die thermischen Verhältnisse in der Verbundzone sowie den Schmelzefluss während des Verbundgießprozesses besser beschreiben und verstehen zu können, wurde ein dreidimensionales Finite-Elemente-Modell dieser Kleinanlage mit der kommerziellen Simulationssoftware FLOW-3D entwickelt und das Modell mit im Versuch gemessenen Temperaturen kalibriert.

## 2. Verbundgussanlage

### 2.1 Aufbau der Anlage

Mit der am Österreichischen Gießerei-Institut entwickelten Kleinanlage (**Abb. 1**) können Verbundplatten mit einer Gesamtabmessung von 230 mm x 200 mm x 20 mm gegossen werden. Die Anlage besteht aus einer Gießereinheit (1), einem elektrischen Spindeltrieb, einer Steuereinheit (2), die einerseits den Spindeltrieb als auch die thermischen Verhältnisse in der Gießereinheit steuert und regelt, sowie einer Datenaufzeichnungseinheit (3) mit 16 Messkanälen. Als Schmelzeinheit (4) für das Reinaluminium wird ein Elektrowiderstandsofen mit einem Schmelzevolumen von 5 l verwendet.

**Abb. 2** zeigt die Gießereinheit der Anlage in einem Mittelschnitt in Explosionsansicht. Sie besteht aus einem mit Heizpatronen auf eine gewählte Temperatur aufgeheizten Kupferblock, der gegen die Umgebung thermisch isoliert ist. Auf diese Kupferplatte wird die Substratplatte gelegt, die somit ebenfalls auf die gewählte Temperatur gebracht wird. Mit einer Dichtplatte, Graphitplatte, Gusseisenplatte und einer Gießlippe



Abb. 1: Übersicht der Gießanlage (Gießeinheit (1), Steuereinheit (2), Datenaufzeichnung (3), Schmelzeinheit (4))

wird ein Hohlraum veränderlicher Größe über der Substratplatte gebildet. Auf die Gusseisenplatte wird eine mit Reinaluminium gefüllte Gießbox positioniert. Die darin enthaltene Schmelze kann mit einem Schieber freigegeben werden. Sie läuft auf die Substratplatte auf, während der auf zwei Grafit-schienen gelagerte Oberteil der Anlage mit einem elektrischen Spindeltrieb bis zur Endposition gezogen wird.

## 2.2 Gießvorgang

Abb. 3 zeigt den Ablauf des Gießvorganges in seinen einzelnen Schritten. Zu Prozessbeginn wird eine Substratplatte (dunkelgrün abgebildet) in die Gießkammer eingelegt und durch 6 Heizpatronen (rot) im Kupferblock (hellgrau) aufgeheizt (a). Eine aufgesetzte und in horizontaler Richtung verschiebbare Gusseisenplatte (dunkelgrau) dichtet den Gießraum nach oben ab, in Gießrichtung wird der Gießraum durch eine Platte aus keramischem Fasermaterial abgedichtet (beige) (b). Um das Ankleben von Schmelze an der Guss-

Warmhalteofen auf ca. 400 °C vorgewärmt, um Wärmeverluste der Schmelze während des Gießens möglichst gering zu halten. Das im Elektrowiderstandsofen geschmolzene Reinaluminium wird in die Gießbox überführt. Sobald die Schmelzetemperatur in der Gießbox auf den gewünschten Wert abgekühlt ist, wird der Schieber der Gießbox geöffnet und zeitgleich der elektrische Spindeltrieb gestartet, der die obere Gießeinheit (Gusseisenplatte, Gießbox) mit einer definierten Gießgeschwindigkeit in Gießrichtung verschiebt (d). Die Gießgeschwindigkeit kann stufenlos zwischen 3 mm/s und 15 mm/s geregelt werden. Der Elektrozyylinder stoppt nach Erreichen des eingestellten Gießhu-

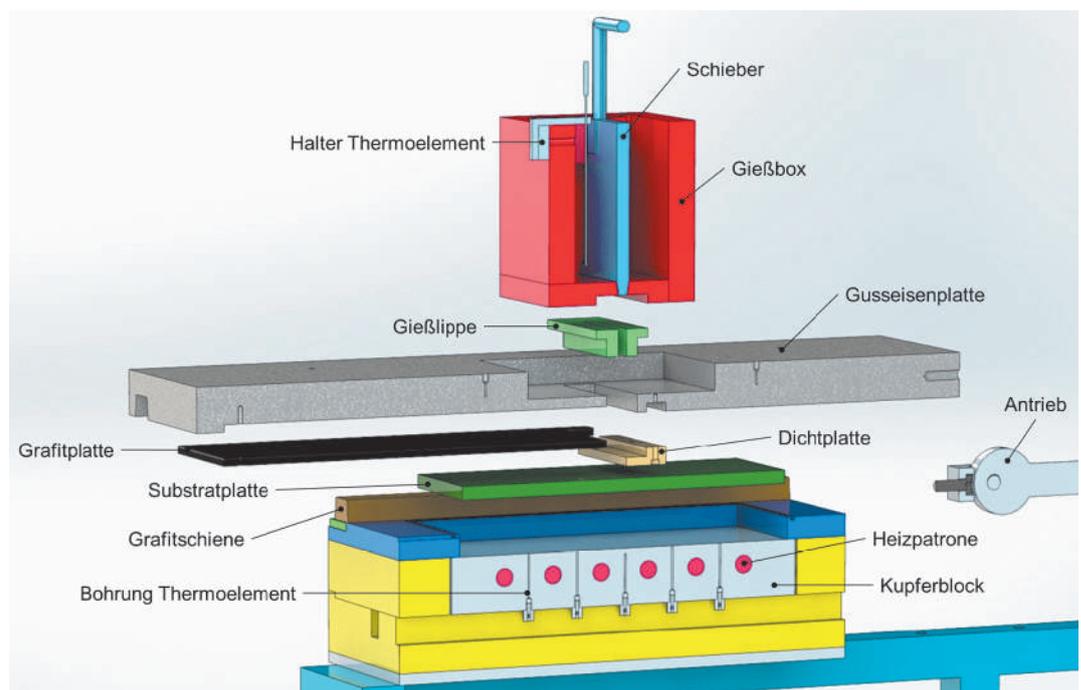


Abb. 2: Schnitt durch die Gießeinheit in Explosionsansicht

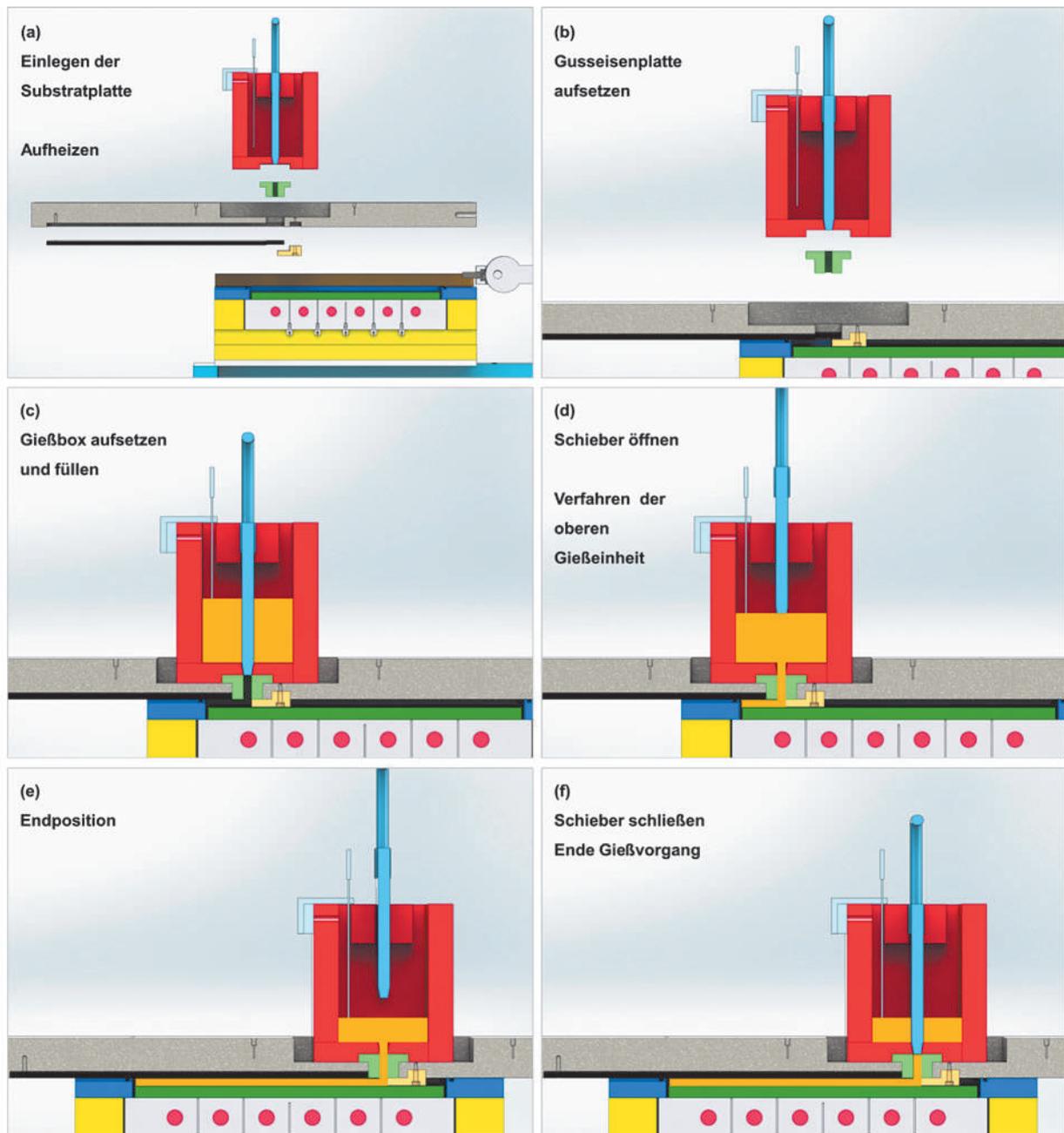


Abb. 3: Ablauf eines Gießvorganges

bes, wenn die Endposition und damit das Ende des Gießvorganges erreicht ist (e). Nach dem Schließen des Schiebers werden die Gießbox und die Gusseisenplatte abgehoben und die fertige Verbundplatte (z. B. 12 mm Substratlegierung und 8 mm Aufgusslegierung) aus der Gießkammer entnommen (f).

### 3. Simulation

#### 3.1 Allgemeines

Das makroskopische, dreidimensionale Finite-Elemente-Modell der Gießeinheit wurde mit der Simulationssoftware FLOW-3D, Version 10.1 (der Fa. Flow Science Inc., Santa Fe, New Mexico, USA) entwickelt, um den Einfluss der Gießparameter auf die Temperatur in der Verbundzone und damit

auf die Qualität der Verbundbildung vorhersagen zu können. Simuliert werden die Bewegung der Schmelze im Formhohlraum mittels der klassischen Strömungsgleichungen (Impuls- und Massenerhaltungsgleichung) unter Berücksichtigung der freien Oberfläche (VOF)

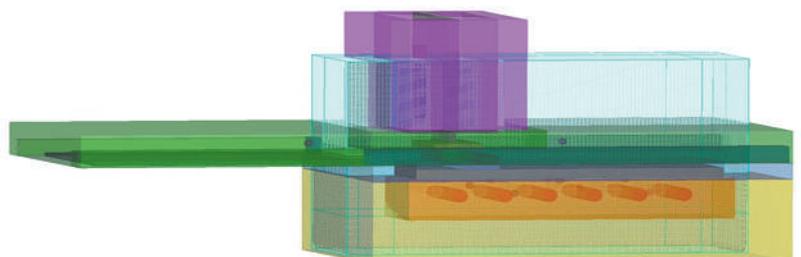


Abb. 4: Vernetztes makroskopisches Modell der Gießeinheit

und die Temperaturentwicklung in der Schmelze, der Substratplatte und der gesamten Gießeinheit (Energieerhaltungsgleichung). Die Achsensymmetrie der Anordnung wurde zugunsten einer höheren Vernetzungsdichte genutzt. **Abb. 4** zeigt das vernetzte Modell der Gießeinheit.

Bei Simulationsbeginn ist die Gießbox mit Schmelze gefüllt, das Überführen vom Schmelzofen in die Gießbox wird nicht berücksichtigt. Die Bewegung der oberen Gießeinheit (Gießbox, Schieber, Gusseisenplatte, Grafitplatte, Gießlippe) ist zeitabhängig vorgegeben und bestimmt die Gießgeschwindigkeit. Die Lage der bewegten Komponenten im dreidimensionalen Netz wird in jedem Zeitschritt neu berechnet. Das Verschieben der Schmelze durch die bewegten Komponenten wird durch zusätzliche Quellterme in der Impulserhaltungsgleichung berücksichtigt [8].

### 3.2 Besonderheiten im Simulationsmodell

Für die Nachbildung des Verbundgießprozesses in FLOW-3D wird nur die Aufgusslegierung als Flüssigkeit behandelt und nur für sie die Strömung berechnet. Die Substratplatte ist als feste Komponente definiert und wird im Modell auch oberhalb der Liquidustemperatur nicht schmelzflüssig. Das lokale Anschmelzen der Substratoberfläche während des Gießvorganges wird wärmetechnisch, aber nicht strömungstechnisch berücksichtigt. Die Berechnung der Strömung soll zu einem späteren Zeitpunkt als lokales Untermodell mit entsprechender Netzauflösung realisiert werden. Für die thermische Berücksichtigung wird, wie in **Diagramm 1** abgebildet, die latente Wärme der Substratlegierung in deren Cp-Kurve in Abhängigkeit des Festanteils der Schmelze im Erstarrungsintervall implementiert.

Die sehr rasche Erstarrung der Schmelze an der Grenzfläche zwischen Substrat und Aufguss führt zu numerischen Problemen und damit zu einer teilweise unvollständigen Füllung mancher Netzzellen. Dabei

Viskosität erstarrte Schmelze (Pa s)	Rechenzeit für 10 s (h)
0,1	0,67
1	3
2	6
5	15
7,5	22
10	30
20	62

Tabelle 1: Abhängigkeit der Rechenzeit von der Viskosität der erstarrten Schmelze

werden die Wärmeübergänge zwischen Substrat und Aufguss nicht korrekt dargestellt; dies macht ein modifiziertes Erstarrungsmodell notwendig.

Daher wird die erstarrte Schmelze als hochviskose Flüssigkeit behandelt. Die Viskosität der Schmelze ändert sich linear mit dem Festanteil in der Schmelze. Um im festen Zustand (ruhende Schmelze) eine Geschwindigkeit nahe Null zu erreichen, wird der erstarrten Schmelze ein möglichst hoher Wert für die Viskosität vorgegeben. Dabei ist ein Kompromiss zwischen möglichst niedriger Geschwindigkeit der erstarrten Schmelze und der Rechenzeit zu finden, da eine Erhöhung des Viskositätswertes die Rechenzeit prinzipiell stark verlängert. **Tabelle 1** zeigt die Abhängigkeit der Rechenzeit vom Viskositätswert der erstarrten Schmelze. Die Angaben der Rechenzeit auf einem PC (Intel Core i7-2600, 8 Kerne, 3,4 GHz/8 GB Arbeitsspeicher/AMD Radeon HD 6450) beziehen sich auf 10 s Simulationszeit und zeigen den unproportionalen Anstieg der Rechenzeit mit steigender Viskosität.

In **Abb. 5** sind die Geschwindigkeit und die Temperatur an der Unterseite des Aufgussstranges bei Viskositätswerten von 0,1 Pa s, 5 Pa s und 20 Pa s für die erstarrte Schmelze abgebildet. Dieses zeigt, dass sich die Geschwindigkeit und vor allem die Temperaturverteilung ab einem Viskositätswert von 5 Pa s nicht mehr wesentlich verändern. Unter Berücksichtigung vernünftiger Rechenzeiten wird deshalb für das Simulationsmodell ein Viskositätswert für die erstarrte Schmelze von 5 Pa s verwendet, was dem ca. 4000-fachen des Viskositäts-

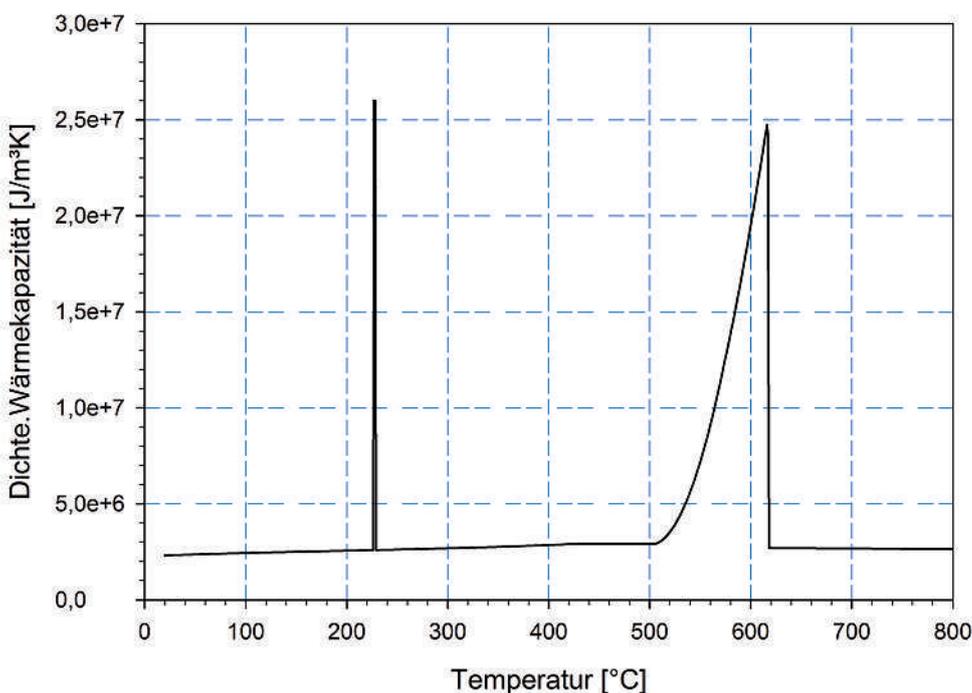


Diagramm 1: Latente Wärme in Cp-Kurve implementiert

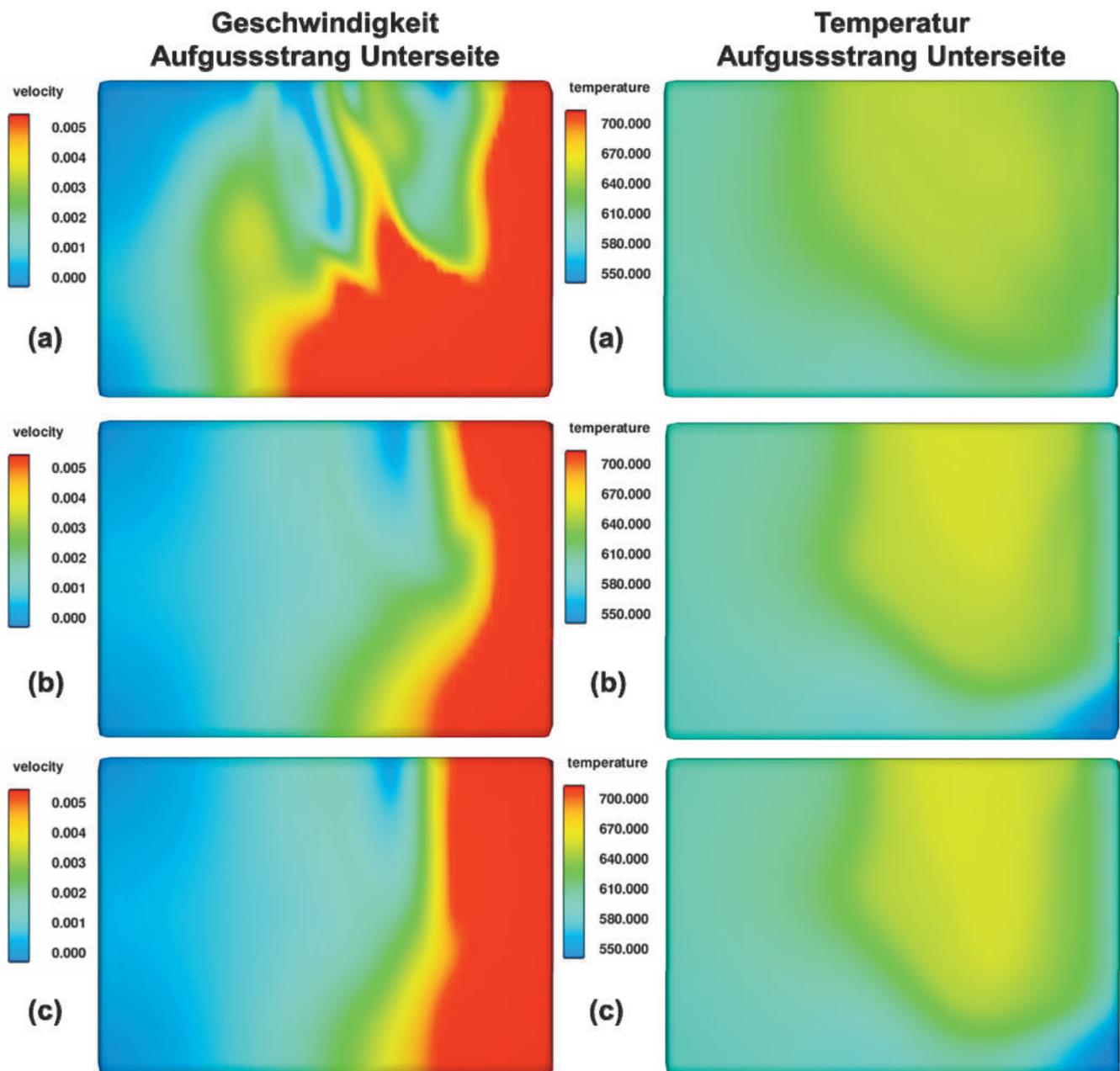


Abb. 5: Variation des Viskositätswertes der erstarrten Schmelze  
 (a)  $\eta=0,1$  Pa s / (b)  $\eta=5$  Pa s / (c)  $\eta=20$  Pa s  
 (Geschwindigkeit in m/s; Temperatur in °C)

wertes der Schmelze im flüssigen Zustand entspricht. Erste Versuche mit der neuesten Version 11 der verwendeten Simulationssoftware zeigen bei Verwendung des viskositätsbasierten Erstarrungsmodells erfreulicherweise eine deutliche Beschleunigung der Berechnung.

### 3.3 Abgleich mit gemessenen Temperaturen

Um das Modell möglichst genau an den realen Gießprozess anzunähern, war ein Abgleich mit gemessenen Temperaturen erforderlich. Hierfür wurden 16 Temperaturmesspositionen an der Gießeinheit festgelegt. 13 Messpositionen befinden sich im Kupferblock in verschiedenen Abständen von der Oberseite der Kupferplatte (0 mm bis 20 mm). Zwei Messpositionen sind in

der Gusseisenplatte sowie eine Messposition in der Gießbox, um die Schmelzetemperatur vor und während des Gießvorganges aufzuzeichnen. Für die Messung werden kalibrierte Typ-K Mantelthermoelemente mit einem Durchmesser von 1,5 mm verwendet. Um die schnellen Temperaturänderungen während des Gießprozesses im Kupferblock messbar zu machen, werden die Messdaten mit einer Speicherrate von 10 Hz aufgezeichnet. Da alle relevanten thermophysikalischen Daten der Substrat- und Aufgusslegierung aus Labormessungen am Österreichischen Gießerei-Institut bekannt sind, erfolgt der Abgleich zwischen dem realen Prozess und der Simulation durch die Anpassung der Wärmeübergangskoeffizienten zwischen der Schmelze und den Komponenten sowie zwischen den einzelnen Komponenten im Simulationsmodell.

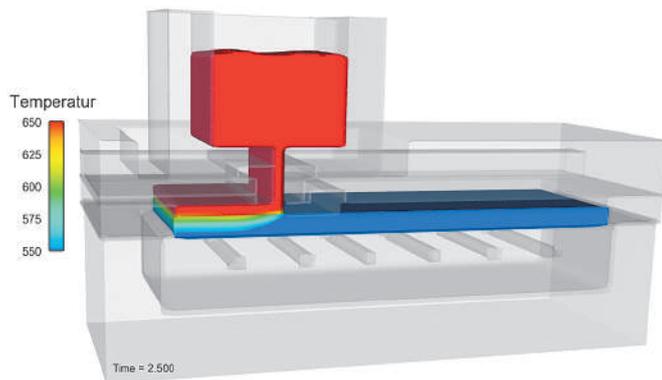


Abb. 6: Temperatur 2,5 s nach Gießstart

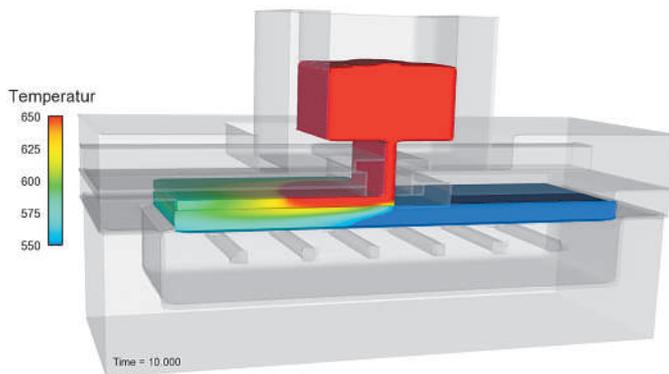


Abb. 7: Temperatur 10,0 s nach Gießstart

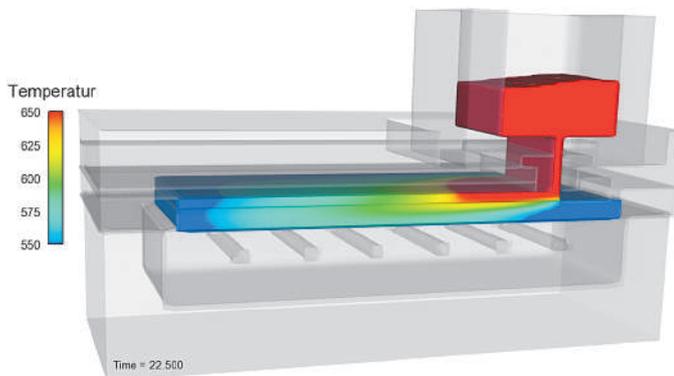


Abb. 8: Temperatur zu Gießende

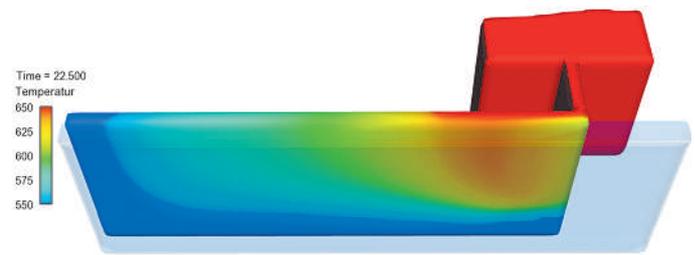


Abb. 9: Temperatur an der Unterseite der Aufgusslegierung zu Gießende



Abb. 10: Festanteil der Schmelze an der Unterseite der Aufgusslegierung zu Gießende

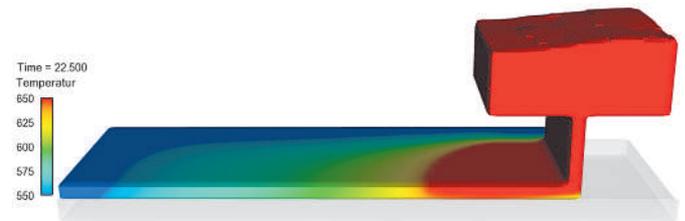


Abb. 11: Temperatur an der Oberseite der Aufgusslegierung zu Gießende



Abb. 12: Festanteil der Schmelze an der Oberseite der Aufgusslegierung zu Gießende

## 4. Ergebnisse

### 4.1 Simulation

Die **Abb. 6, 7 und 8** zeigen den simulierten Gießprozess bei 2,5 s, 10 s und zu Gießende bei 22,5 s. Die heiße Schmelze der Gießbox trifft auf die Oberfläche der Substratplatte, wobei sofort eine dünne Schmelzeschicht aufgrund der deutlich geringeren Plattentemperatur erstarrt. Da der Wärmeübergang zwischen Schmelze und Substratplatte als nahezu ideal angenommen wird, erwärmt sich die Platte relativ schnell und gleicht sich in der Verbundzone der Schmelztemperatur an [9].

Die **Abb. 9 und 10** zeigen die Temperatur sowie den Festanteil der Schmelze im Erstarrungsintervall, die Substratplatte ist transparent dargestellt. In dieser Ansicht ist gut zu erkennen, dass sofort bei Auftreffen der Schmelze auf die Substratplatte aufgrund der niedrigeren Plattentemperatur eine dünne Schmelzeschicht in der Verbundzone erstarrt.

Aufgrund der konstruktiven Gestaltung der Gießlippe, mit einer minimal möglichen Höhe des Gießspaltes sowie des Vorwärmens von Gießbox und Gießlippe und des gut isolierenden Fasermaterials ist während des gesamten Gießprozesses keine Gefahr der Rückerstarrung der Schmelze in die Gießlippe gegeben. Dies ist in den **Abb. 11 und 12** dargestellt.

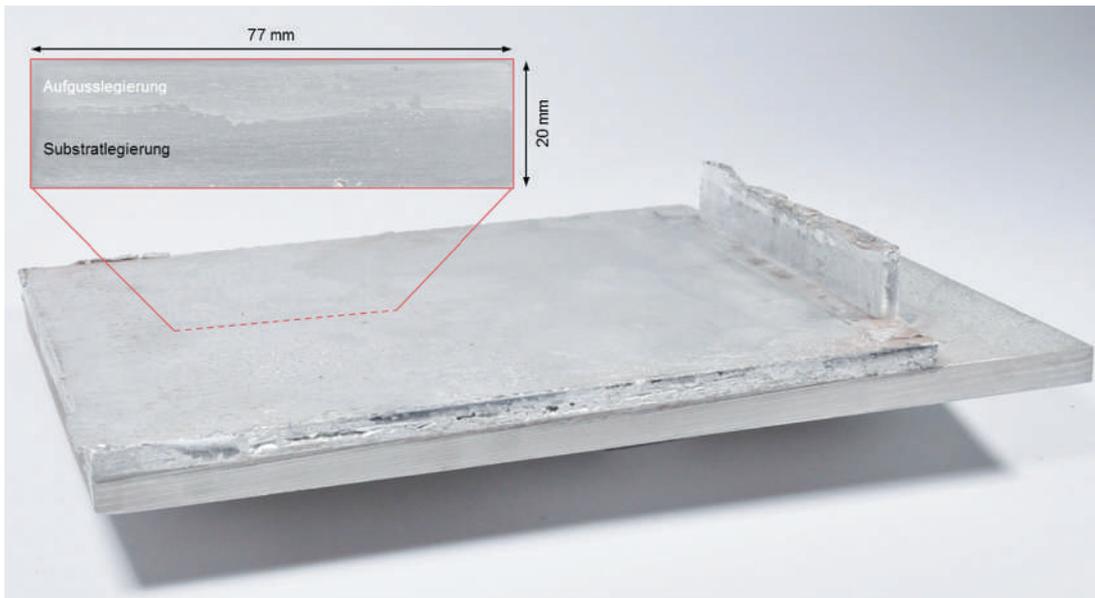


Abb. 13: Verbundgussplatte nach dem Abguss

## 4.2 Verbundplatten und metallographische Untersuchungen

Eine Verbundgussplatte nach dem Abguss ist in **Abb. 13** abgebildet. Zu sehen ist die Substratplatte mit einer Dicke von 12 mm und der Aufguss mit einer Dicke von 8 mm. Am makroskopischen Schlibbild, ein Ausschnitt der horizontalen Schnittfläche durch die Symmetrieachse der Platte, lassen sich Substrat- und Aufgusslegierung aufgrund ihrer unterschiedlichen Helligkeit gut voneinander unterscheiden. Es gibt nur wenige Bereiche, in denen sich die beiden Legierungen sichtbar vermischen. Nicht verbundene oder poröse Bereiche in der Verbundzone sind nicht erkennbar, die Qualität der Verbundzone lässt sich jedoch nur an mikroskopischen Schlibbildern beurteilen.

Wesentlich für eine gute Verbundbildung zwischen der Substratlegierung und der Aufgusslegierung ist die lokale Temperatur, die sich während des Gießvorganges zwischen den Verbundpartnern einstellt. **Abb. 14** zeigt in mikroskopischen Schlibbildern der Verbundschicht, wie sich unterschiedliche Temperaturen in der Verbundzone auf die Verbundbildung auswirken. Wenn die Temperatur zu niedrig ist, kommt es zu keinem oberflächlich lokalen Anschmelzen der Substratplatte und es bildet sich nur eine ungenügende Bindung aus (**Abb. 14 (a)**). Ist die Temperatur zu hoch,

kommt es zu einem starken Aufschmelzen der Substratlegierung und dadurch zu einem starken Durchmischen und Verwirbeln zwischen Substrat- und Aufgusslegierung (**Abb. 14 (c)**). Unter geeigneten Bedingungen wird die Substratlegierung oberflächlich lokal aufgeschmolzen und vermischt sich geringfügig auch mit der Aufgusslegierung, ohne dass es zu einem starken Verwirbeln der einzelnen Legierungen kommt (**Abb. 14 (b)**).

Das relativ kleine, jedoch stabile Prozessfenster für eine gute Verbundbildung wird wesentlich durch die Parameter der Gießgeschwindigkeit, Substratplattentemperatur und Schmelztemperatur der Aufgusslegierung bestimmt.

## 5. Zusammenfassung und Ausblick

Mit der Versuchsgießanlage ist es möglich, Verbundgussplatten unter Variation von Gießparametern herzustellen. Wie sich bestimmte Gießparameter auf die Verbundzone auswirken, lässt sich über metallographische Schlibbe beurteilen. Um jedoch einen tieferen Einblick in die thermischen Verhältnisse der Verbundzone zu erhalten, wurde ein vollständiges 3D Finite Elemente Modell mit der Simulationssoftware FLOW-3D entwickelt, mit dem das Verbundgießen möglichst nahe am realen Prozess simuliert werden kann.

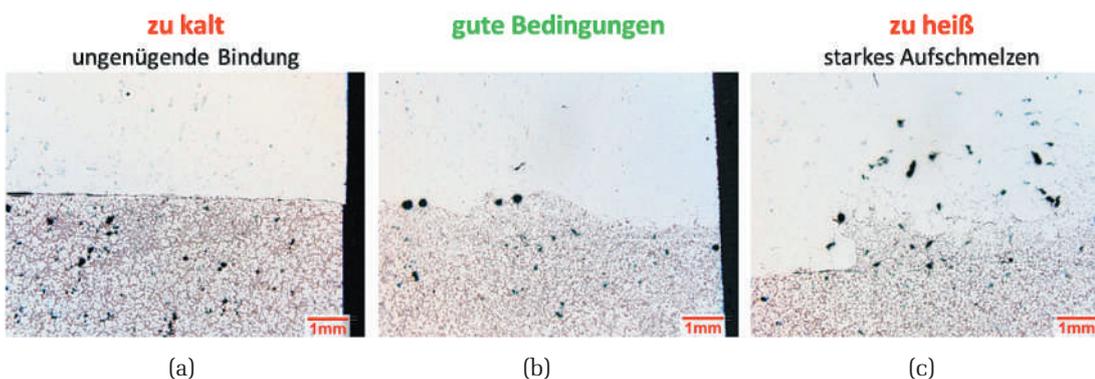


Abb. 14: mikroskopische Schlibbilder der Verbundzone (unten: Substratlegierung/oben: Aufgusslegierung)

Zurzeit steht die weitere Kalibrierung des Simulationsmodelles mit Messdaten im Fokus. Durch die Variation von Gießparametern im realen Prozess wie Substrattemperatur, Schmelztemperatur oder Gießgeschwindigkeit werden immer mehr Messdatensätze zum Abgleich des Simulationsmodelles gewonnen, die die Genauigkeit der oben gezeigten Simulation stetig verbessern.

### 6. Danksagung

Diese Arbeit wird von der Österreichischen Forschungsfördergesellschaft, Wien, im Rahmen des Projektes Nr. 838821 unterstützt.

### 7. Literatur

- [1] M. Poková, M. Cieslar, and J. Lacaze, in *WDS2011 Proceedings of Contributed Papers*, Band 3, J. Šafránková, J. Pavl (Hrsg.), Matfyzpress, Prag, S. 141–146, 2011.
- [2] J. S. Yoon, S. H. Lee, and M. S. Kim, *Fabrication and brazeability of a three-layer 4343/3003/4343 aluminum clad sheet by rolling*, Journal of Materials Processing Technology, Band 111 (1–3), S. 85–89, 2001.
- [3] J. C. Williams and E. A. Starke, *Progress in structural materials for aerospace systems*, Acta Materialia, Band 51 (19), S. 5775–5799, 2003.

- [4] D. Manesh and K. Taheri, *An investigation of deformation behavior and bonding strength of bimetal strip during rolling*, Mechanics of Materials, Band 37 (5), S. 531–542, 2005.
- [5] Z. Zhan, Y. He, D. Wang, and W. Gao, *Cladding inner surface of steel tubes with Al foils by ball attrition and heat treatment*, Surface and Coatings Technology, Band 201 (6), S. 2684–2689, 2006.
- [6] X. P. Zhang, T. H. Yang, S. Castagne, C. F. Gu, and J. T. Wang, *Proposal of bond criterion for hot roll bonding and its application*, Materials & Design, Band 32 (4), S. 2239–2245, 2011.
- [7] K. J. M. Papis, J. F. Loeffler, and P. J. Uggowitzer, *Light metal compound casting*, Science in China Series E: Technological Sciences, Band 52 (1), S. 46–51, 2009.
- [8] *FLOW-3D Documentation Release 10.1.0.*, Flow Science Inc., Santa Fe, New Mexico, USA, 2012.
- [9] C. Nerl, M. Wimmer, H. Hoffmann, E. Kaschnitz, F. Langbein und W. Volk, *Development of a continuous composite casting process for the production of bilayer aluminium strips*, Journal of Materials Processing Technology, Band 214 (7), S. 1445–1455, 2014.

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

**Komprimiertes Wissen**

**Jederzeit verfügbar!**



**Komprimiertes Wissen**

**Jederzeit verfügbar!**

### Das elektronische Archiv der Giesserei Rundschau 2001 bis 2011

Vollversion mit den kompletten 66 Heften der Jahrgänge 2001 bis 2011 einschließlich Jahrgangsindex und alphabetischem Autorenregister auf einer CD-ROM für Windows.

**Zu bestellen bei:** Verlag Strohmayer KG | Weitmoserstraße 30 | A-1100 Wien | Tel./Fax: +43 (0)1 6172635 | giesserei@verlag-strohmayer.at  
**Preis (inkl. MwSt zuzgl. Versand):** € 35,00 für VÖG-Mitglieder | € 82,00 für Nichtmitglieder

# Untersuchung der Wirkung der Hauptlegierungselemente bei konventionellen Druckgusslegierungen

*A Focus on the Mayor Elements of HPDC-Alloys*



**Dipl.-Ing. Klaus-Peter Tucan,**  
Studium der Metallurgie mit Fachschwerpunkt Gießereitechnik an der Montanuniversität Leoben; seit 2010 wissenschaftlicher Mitarbeiter am ÖGI, Arbeitsgruppe Druckguss, Schwerpunkte im Bereich Gießtechnologie, Schadensanalytik und Nichteisenmetallurgie

**Dipl.-Ing. Dr. mont. Peter Hofer,**  
studierte Metallurgie an der Montanuniversität Leoben; seit 2005 wissenschaftlicher Mitarbeiter am ÖGI, Arbeitsgruppe Physik und Thermophysikalisches Labor.



**Dipl.-Ing. Gerhard Schindelbacher**  
Absolvent der Montanuniversität Leoben, Fachgebiet Metallurgie. Seit 1985 Leiter der Abteilung NE-Metall-Gusswerkstoffe am Österreichischen Gießerei-Institut (ÖGI) Leoben, seit 1998 Institutsleiter und seit 2007 auch Geschäftsführer des Vereins für praktische Gießereiforschung (ÖGI).

**Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. phil. Peter Schumacher,**  
Vorstand des Lehrstuhls für Gießereikunde, Department Metallurgie, Montanuniversität Leoben und Geschäftsführer des Vereins f. praktische Gießereiforschung – Österreichisches Gießerei-Institut, Leoben.



**Ing. Reinhold Gschwandtner**  
Nach Abschluss der HTBL Kapfenberg, Fachbereich Mess- und Regelungstechnik, arbeitete er für die Gesteinshüttenkunde an der Montanuniversität Leoben im Bereich Hochtemperaturofenbau, Mess- und Prüftechnik. Seit 2005 Mitarbeiter am Österreichischen Gießerei-Institut im Bereich Druckguss.

## Einleitung

Durch die ständige Leistungssteigerung in Kombination mit Gewichtsreduktion rückt der Gießprozess immer stärker ins Blickfeld von Automobilisten, Gussanwendern, jedoch auch von Herstellern von Alltagsgerätschaften und Unterhaltungsprodukten. Gussteilen, insbesondere jenen, die in hoch produktiven Verfahren wie dem Druckgussprozess hergestellt werden. Es werden immer größere Anforderungsspektren und dadurch auch metallurgisch immer bessere Leistungsfähigkeiten abverlangt. Auf der einen Seite stehen optimierte Prozesse, welche in kürzest möglichen Taktzeiten jene optimale Gussqualität liefern sollen, die dem Endverbraucher die geforderten Eigenschaften zur Verfügung stellt. Die Erreichung von mechanischen Mindestwerten, optimalen Oberflächen- und Bauteilqualitäten sowie eine Optimierung von Prozessen zur Reduktion von Kreislaufmaterialien und unnötigen Prozessbypässen stehen im Vordergrund. Hierbei wird meist ein großes Augenmerk auf den Prozess als solches (Anlage, Form und Peripherie), die Mitarbeiterqualifikation sowie die Nutzung der betriebswirtschaftlichen zur Verfügung stehenden Modelle und Systeme gelegt. Gussmaterialien, also die Legierungen, sind in der Praxis meist in die Bereiche Standard-Legierungen oder hochentwickelte Versuchs-Legierungen eingeteilt. Mit Standard-Legierungen sind jene Legierungen gemeint, deren Zusammensetzung in der Norm DIN EN 1706 wiederzufinden ist.

Diese Arbeit beschäftigt sich mit den Legierungen AlSi9Cu3(Fe) (VDS 226) und Al Si12Cu1(Fe) (VDS 231) und ihren normgerechten Standard-Zusammensetzungen. Aufgrund ihrer guten Fließ- und Formfüllungseigenschaften, bei gleichzeitig guten mechanischen Eigenschaften, zählen diese beiden Legierungen zu den meistverwendeten Druckguss-Legierungen. In dieser Arbeit werden die technologischen Eigenschaften, insbesondere in Hinblick auf die metallurgischen und mechanischen Eigenschaften, in Abhängigkeit von der Zusammensetzung der Legierungen, untersucht. Hierbei soll bewusst ein Hauptaugenmerk auf die normgerechte Zusammensetzung, das Legieren an Unter- und Obergrenzen und auf die Wechselwirkung der Standard-Legierungselemente gelegt werden.

## Legierungstypen

Die normgerechten Zusammensetzungen der Legierungen AlSi9Cu3(Fe) (VDS 226) und Al Si12Cu1(Fe) (VDS 231) sind in **Tabelle 1** dargestellt [1]. Die Elemente, auf die bei den Untersuchungen der Fokus gelegt wurde, sind hervorgehoben. Es handelt sich hierbei um die Legierungselemente Silizium (Si), Eisen

**Schlüsselwörter:** Druckgusslegierung, AlSi9Cu3(Fe) (VDS 226), AlSi12Cu1(Fe)(VDS 231), Legierungseinfluss (Si, Fe, Cu), Erstarrungsverhalten, Thermische Analyse, Gefügeausbildung, Mechanische Eigenschaften

Normzusammensetzung		Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	Pb	Sn	Ti
EN AC-46000	AlSi9Cu3(Fe)	8,0-11,0	1,30	2,0-4,0	0,55	0,05-0,55	0,15	0,55	1,20	0,35	0,25	0,25
EN AC-47100	AlSi12Cu1(Fe)	10,5-13,5	1,30	0,7-1,2	0,55	0,35	0,10	0,30	0,55	0,20	0,10	0,20

Tabelle 1: Normzusammensetzung AlSi9Cu3(Fe) und AlSi12Cu1(Fe) [1]

(Fe), Kupfer (Cu) und Mangan (Mn). Die Beeinflussung des Gefüges und die Wirkung dieser Legierungselemente auf die Gussqualität werden im Folgenden kurz erläutert.

### Silizium

Silizium ist als Hauptlegierungselement der hier untersuchten Druckgusslegierungen sowohl für ein gutes Formfüllungs- und Speisungsvermögen, als auch für eine Senkung der notwendigen Schmelztemperatur (bis ca. 12,5 % Si) notwendig [2]. Silizium hat weiters den Effekt einer Härtesteigerung, was jedoch bei höheren Si-Gehalten mit einer Verschlechterung der Spanbarkeit und Duktilität einhergeht. Beim Eloxieren führt ein erhöhter Si-Gehalt zu einer Graufärbung des Gussteils [3].

### Eisen

Im Druckgießverfahren wirkt sich die Zugabe von Eisen positiv auf die Klebneigung, sprich das Anhaften des Gussteils an der Form, aus [3]. Innerhalb der Toleranzgrenzen, bei den hier untersuchten Legierungen max. 1,3 %, sollte Eisen keine besonderen negativen Einflüsse auf die Gießeigenschaften haben. Aufgrund von unsachgemäßer Schmelz- und/oder Arbeitsweise in der Gießerei kann es zu einem Anstieg des Eisengehaltes, z. B. aufgrund eines Auflegierens durch Verunreinigungen kommen. Versprödungen der Gussteile sowie unerwünschte Lunker-, Warmriss- oder Einfallstellenbildung sind die Folge überhöhter Eisengehalte. Des Weiteren können sich bei niedrigen Warmhalte- und Gießtemperaturen oftmals Schwereseigerungen bilden. Diese sammeln sich im Sumpf der Schmelze am Ofenboden. Diese Seigerungsprodukte bestehen aus Eisen, Mangan und Silicium, weisen eine hohe Härte auf und können bei Umler- und Dosiervorgängen in den Gießzyklus und somit ins Bauteil eingebracht werden.

### Kupfer

Durch Zugabe von Kupfer werden Al-Legierungen warmaushärtbar, es können also Festigkeit und Härte durch einen Wärmebehandlungsvorgang gesteigert werden. Mit steigendem Kupfergehalt nehmen Wärmeinhalt und elektrische Leitfähigkeit zu. Als negative Eigenschaften können die Verminderung der Korrosionsbeständigkeit sowie die Verschlechterung der Gießbarkeit mit steigendem Kupfer-Gehalt festgehalten werden [3].

### Mangan

Mangan wird Al-Legierungen in erster Linie zur Verminderung der negativen Wirkung des Eisens auf Dehnung und Schlagfestigkeit zulegiert [4]. Mangan bildet mit dem Eisen Phasen (z. B. Al<sub>15</sub>(Fe,Mn)<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>), wodurch die ungünstige nadelförmige Entartung des Eisens vermindert wird. Bei ungünstigen Schmelzbedingungen, z. B. durch niedrige Warmhaltetemperaturen, kann es bei erhöhten Eisen- und Mangan-Gehalten zu harten Seigerungen kommen [5].

### Legierungsauswahl und -eigenschaften

Die bereits erwähnten, in **Tabelle 1** dargestellten Legierungen sollen innerhalb ihrer normgerechten Zusammensetzung untersucht werden. Hierbei werden die Legierungselemente Silizium, Eisen und Kupfer jeweils an die obere und untere Normgrenze legiert, Silizium wird des Weiteren auch im Mittelbereich untersucht. Da der steigende Eisengehalt nicht nur aus der Vorlegierung, sondern auch aufgrund von Verunreinigungen in die Schmelze gelangen kann, wird das Eisen-Mangan-Verhältnis nicht an den steigenden Eisengehalt angepasst, sondern der Mangangehalt in allen Versuchen konstant gehalten. Die Bandbreite der möglichen Variationen ist in **Tabelle 2** dargestellt. Es können somit bei normgerechten Legierungszusammensetzungen Unterschiede bei Silizium von 3 %, bei Eisen von 1,3 % und von 2 % Kupfer bei AlSi9Cu3(Fe) bzw. 0,5 % Kupfer bei AlSi12Cu1(Fe) eingestellt werden [1]. Magnesium und Mangan seien lediglich als Ergänzung hier erwähnt. Die Tragkraft der Wirkung der Element-Variationen wird ersichtlich, betrachtet man vorerst nur den Si-Gehalt. In **Abb. 1** ist das binäre Aluminium-Silizium-Phasendiagramm dargestellt [2]. Es

		Si	Fe	Cu	Mn	Mg
<b>EN AC-46000</b>	<i>AlSi9Cu3(Fe)</i>	8,0 - 11,0	1,30	2,0 - 4,0	0,55	0,05-0,55
<b>Si:</b>	3 %	<b>Mn:</b>	0,55 %			
<b>Fe:</b>	1,3 %	<b>Mg:</b>	0,50 %			
<b>Cu:</b>	2 %					
<b>EN AC-47100</b>	<i>AlSi12Cu1(Fe)</i>	10,5 - 13,5	1,30	0,7 - 1,2	0,55	0,35
<b>Si:</b>	3 %	<b>Mn:</b>	0,55 %			
<b>Fe:</b>	1,3 %	<b>Mg:</b>	0,35 %			
<b>Cu:</b>	0,5 %					

Tabelle 2: Legierungsbandbreite der untersuchten Legierungen [1]

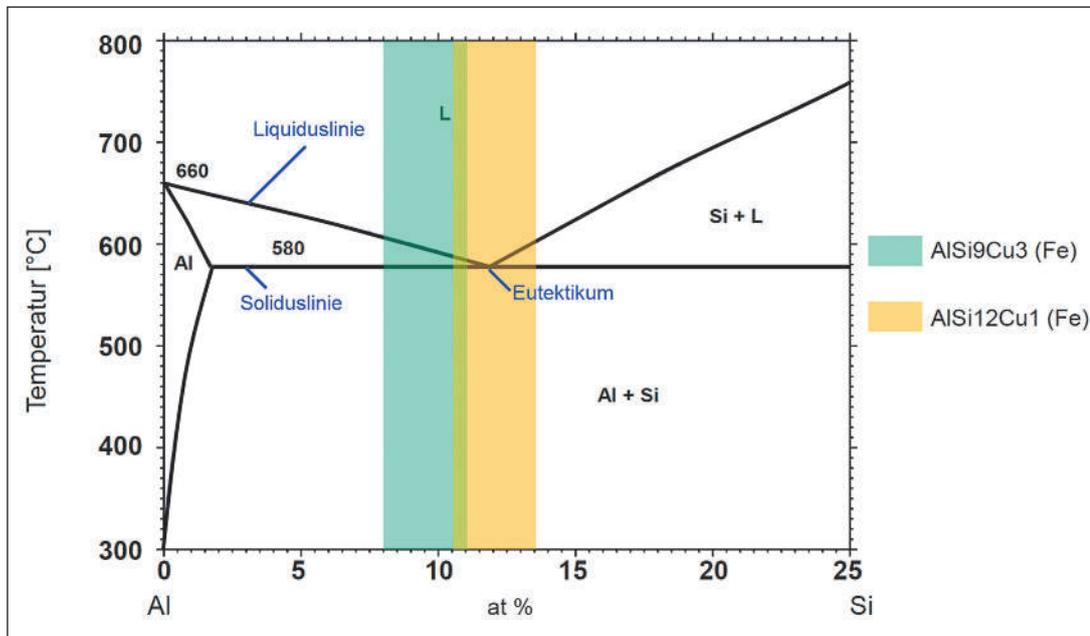
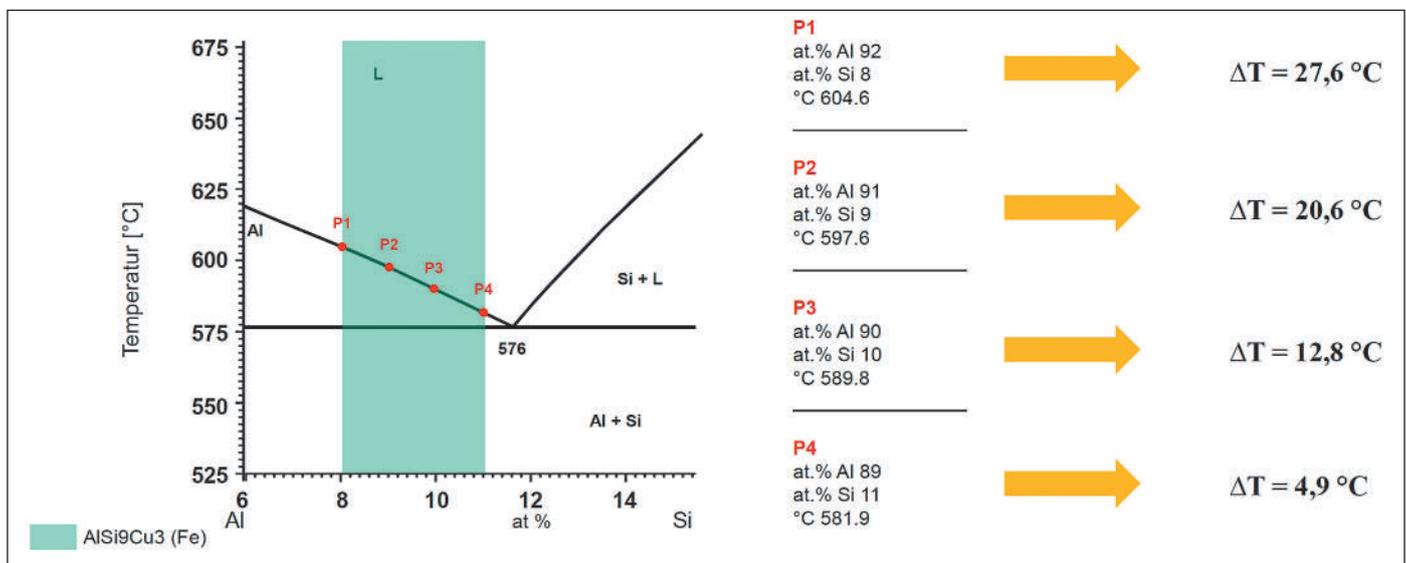


Abb. 1 (links):  
Binäres Phasendiagramm mit Bereichen der Legierungen [2]

Abb. 2 (unten):  
Theoretische Messung des Erstarrungsintervalls von AlSi9Cu3(Fe) [2]



wurden hierbei die Normbereiche von AlSi9Cu3(Fe) und AlSi12Cu1(Fe) in Hinblick auf den Si-Gehalt eingezeichnet. Man kann erkennen, dass es einen Bereich gibt, in dem sich diese beiden Legierungen aufgrund der überlappenden Si-Gehalte überschneiden. Aufgrund der Ähnlichkeit der restlichen Zusammensetzung könnten je nach Lage der Legierungselemente zwei identische Legierungen gemischt werden, die sich lediglich durch den maximalen Cu-Gehalt unterscheiden. Ein weiterer Effekt des variierenden Si-Gehaltes ist die unterschiedliche Ausprägung des Erstarrungsintervalls, also des Bereiches zwischen Liquidus- und Soliduslinie. Betrachtet man die Legierung AlSi9Cu3(Fe), dargestellt in **Abb. 2**, so kann dieses Intervall, das auch ein Indiz für die Erstarrungsschrumpfung bzw. die Zeit wie lange sich eine Legierung im thixotropen, also teilflüssigen Bereich befindet, stark variieren. Wie aus den vier Messpunkten ersichtlich ist, kann das Erstarrungsintervall theoretisch zwischen 4,9 °C und 27,6 °C liegen und somit stark die erstarrungsbedingte Schrumpfung beeinflussen. Diese Wirkung des Erstarrungsintervalls auf die Erstarrungs-

schrumpfung lässt sich mittels Volumen-Temperaturkurven genauer beschreiben. Mit der in **Abb. 3** dargestellten V-T-Kurve soll die Darstellung anhand von Rein-Aluminium erläutert werden [6]. Mit sinkender Temperatur und fortschreitender Erstarrung steigt die Dichte der Legierung, analog dazu sinkt das spezifische Volumen, welches als Reziprokwert der Dichte gesehen werden kann. Im flüssigen Bereich findet hierbei die Flüssigkeitskontraktion, also die Volumenschrumpfung der Schmelze, statt. Unterschreitet die Schmelztemperatur die Liquiduslinie, so beginnt die Schmelze zu erstarren. Die Erstarrung verläuft solange isotherm, bis das letzte Restschmelzeteilchen vollständig erstarrt ist. In diesem Bereich findet die Erstarrungsschrumpfung statt. Erst dann, bei Unterschreiten der Soliduslinie, sinkt die Temperatur weiter, es findet ab dann nur noch Festkörperkontraktion, bzw. Schwindung statt.

Mischt man zum Rein-Aluminium ein Element wie Silizium dazu, bildet sich bei 12,5 % Si ein Eutektikum aus, und es entstehen aufgrund der Löslichkeit Bereiche zwischen Solidus- und Liquiduslinie, in de-

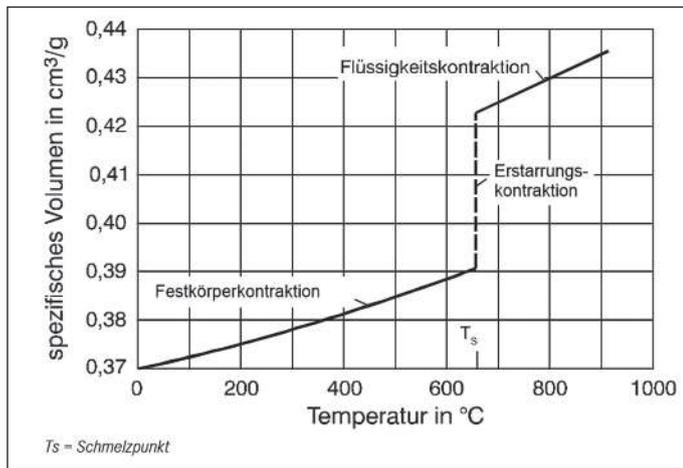


Abb. 3: Volumenverlauf von Rein-Al [6]

(b) Erstarrungsintervall dargestellt [7]. Verringert sich, z. B. aufgrund der Abnahme des Si-Gehaltes das Erstarrungsintervall von  $\Delta T_{E1}$  auf  $\Delta T_{E2}$ , so verringert sich auch der Faktor  $\alpha$  für die erstarrungsbedingte Schrumpfung, es kann somit auch mit einer geringeren Lunkerneigung von  $b$  gegenüber  $a$  gerechnet werden.

Ein weiterer Aspekt eines geringeren Erstarrungsintervalls ist die Verringerung der für den Abguss benötigten Überhitzung der Schmelze über den Liquiduspunkt. Nicht nur, dass eine Al-Legierung mit 11 % Si ein mehr als 5-fach geringeres Erstarrungsintervall als jene mit 8 % Si aufweist, sie könnte auch im Ofen etwas niedriger warmgehalten werden, ohne der Gefahr von Vorerstarrungen zu begegnen. Auf die negativen Eigenschaften eines erhöhten Si-Gehaltes wird bei der Versuchsauswertung noch eingegangen.

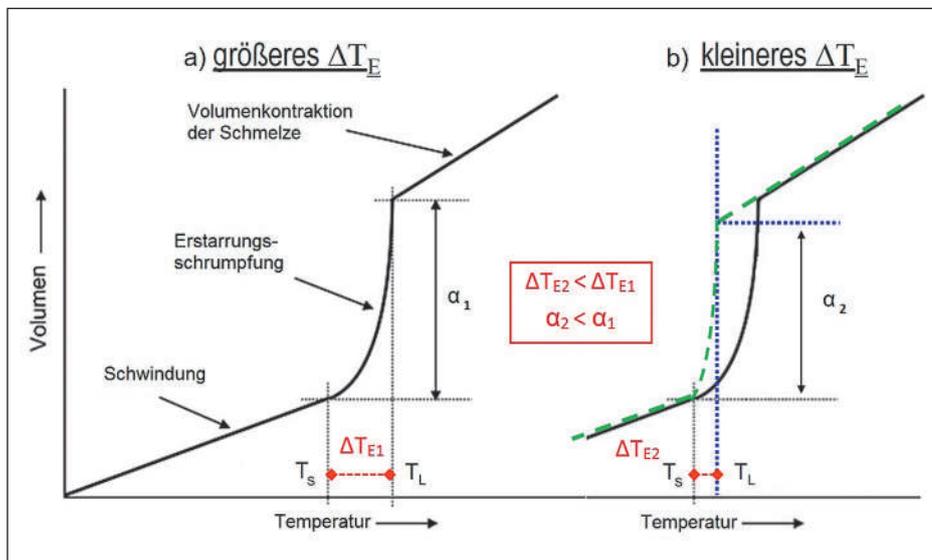


Abb. 4: Wirkung des Erstarrungsintervalls auf die Erstarrungsschrumpfung [7]

### Versuchsabgüsse

Aufgrund der Vielzahl der Parameter (Nachdruck, Geschwindigkeiten, Zuhaltezeit, ...) im Druckgießverfahren wurden die Grundlagenversuche zur Evaluierung der metallurgischen und technologischen Eigenschaften im Kokillengießverfahren durchgeführt.

Zur Untersuchung der mechanischen Kennwerte wurden alle Legierungen in eine temperierte Probestabkockille vergossen. Je Probestababguss wurden im Anschluss zwei Zugproben, ein Schliff und eine Probe zur Ermittlung der thermophysikalischen Daten entnommen.

Analog zu den Versuchsabgüssen wurde das Erstarrungsverhalten der Legierungen mittels thermischer Analyse untersucht. In **Abb. 5** findet sich eine Auswertung der Liquidustemperaturen von AlSi9Cu3(Fe), in **Abb. 6** jene von AlSi12Cu1(Fe). Aus den Ergebnissen der thermischen Analyse lässt sich ableiten, dass die Liquidustemperatur, analog zu den theoretischen, binären Al-Si-Phasendiagrammen, mit steigendem Siliziumgehalt sinkt, bzw. beim übereutektischen System ab 12,5 % Silizium steigt. Des Weiteren senkt ein steigender Kupfergehalt beim Legierungssystem AlSi9Cu3(Fe) die Liquidustemperatur. Diese Effekte konnten in den thermophysikalischen Messreihen bestätigt werden.

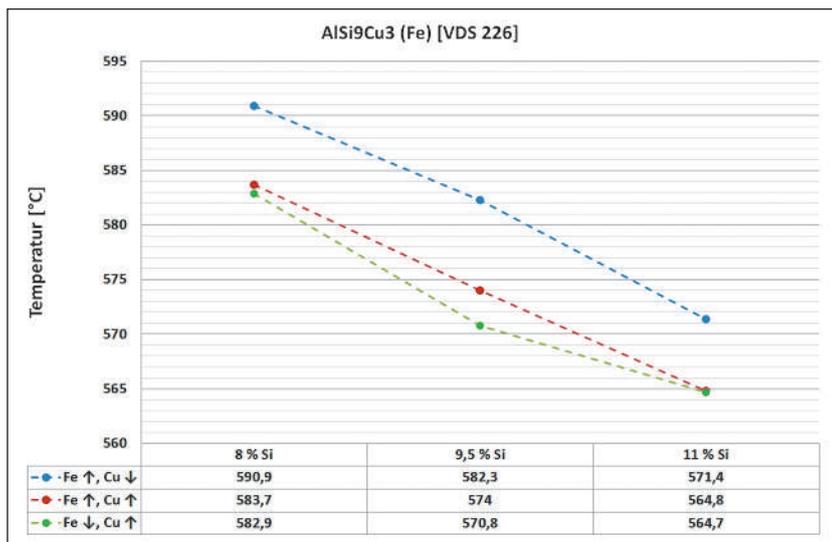


Abb. 5: Liquidustemperaturen von AlSi9Cu3(Fe) aus thermischer Analyse

nen ein Mischkristall und die Schmelze koexistieren, auch Erstarrungsintervall genannt. In **Abb. 4** sind analog zum Rein-Aluminium die V-T-Diagramme für eutektische Legierungen mit großem (a) und kleinem

### Thermophysikalische Messung der Legierungen

Aus den Probestäben wurden zur Bestimmung der Solidus- und Liquidustemperaturen sowie der eutek-

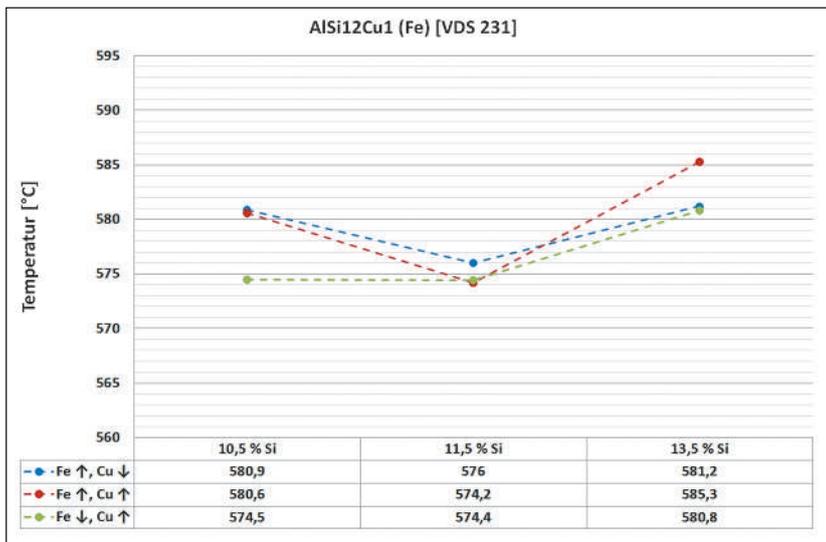


Abb. 6: Liquidustemperaturen von AlSi9Cu3(Fe) aus thermischer Analyse

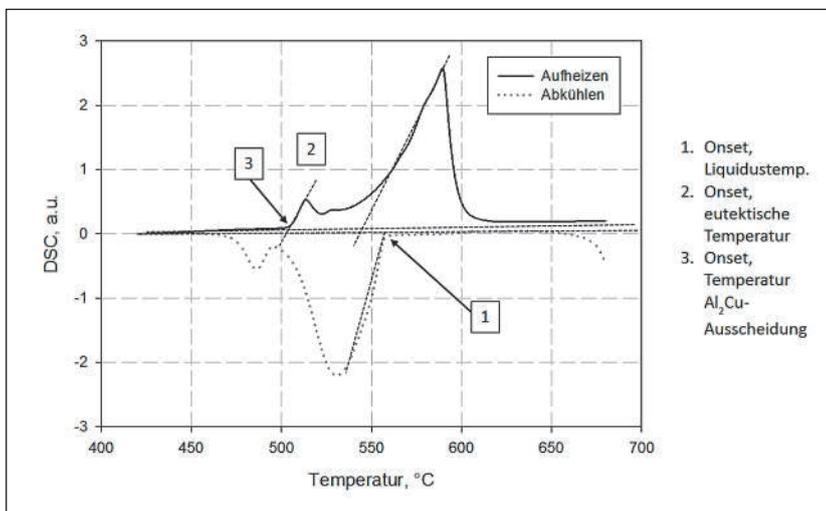


Abb. 7: Beispiel des Tangentenschnittverfahrens an DSC-Kurven

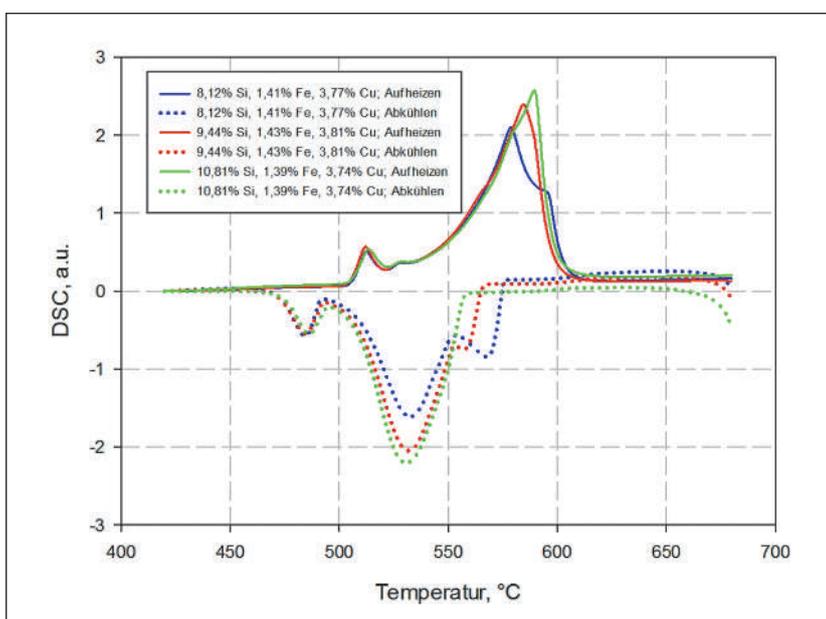


Abb. 8: Vergleich dreier Kurven mit konstanten Fe- und Cu-Gehalten bei unterschiedlichem Si-Gehalt für das Legierungssystem AlSi9Cu3(Fe)

tischen Temperatur und der Temperaturen der Cu- und Fe-Ausscheidung Proben entnommen. Diese wurden mittels Differential-Scanning-Kalorimetrie (DSC) untersucht. Insgesamt wurden 18 Legierungen untersucht. Die Aufheiz- bzw. Abkühlraten betragen für die im Folgenden dargestellten DSC-Kurven  $20 \text{ Kmin}^{-1}$ . Die charakteristischen Umwandlungstemperaturen wurden aus den DSC-Kurven mittels Tangentenschnitt-Verfahren bestimmt. Bei dieser Methode wird an die Basislinie und an die jeweilige Peakflanke (im Wendepunkt) eine Tangente angelegt. Der Schnittpunkt dieser beiden Tangenten zeigt die Starttemperatur (Onset) der jeweiligen Reaktion. Dies ist beispielhaft in **Abb. 7** dargestellt. **Abb. 8** zeigt den Vergleich dreier Kurven mit konstanten Fe- und Cu-Gehalten bei unterschiedlichem Si-Gehalt für drei Legierungstypen der Reihe AlSi9Cu3(Fe). Ergebnisse für drei Legierungen der Reihe AlSi12Cu1(Fe) sind in **Abb. 9** dargestellt. Die Primärausscheidung ist bei den AlSi9Cu3(Fe)-Varianten deutlich zu erkennen, bei den Si-reichen Varianten der Legierung AlSi12Cu1(Fe) die Ausscheidung des Primärsiliziums. Für die Cu-reichen Legierungen der Reihe AlSi9Cu3(Fe) ist die Ausscheidung der Cu-reichen Phasen im Bereich um  $505 \text{ °C}$  deutlich zu sehen, dieser Peak ist bei den Legierungen der Reihe AlSi12Cu1(Fe) nur sehr schwach ausgeprägt. Die Ausscheidung der Fe-reichen Phasen erfolgt vermutlich ko-eutektisch, sodass der jeweilige Peak von der wesentlich stärker ausgeprägten Wärmetönung der eutektischen Umwandlung verschluckt wird.

## Metallografische Untersuchungen

Aus den Probestababgüssen wurden, wie bereits erwähnt, Abschnitte zur Erstellung metallurgischer Schlitze extrahiert. Als Basis für die Vergleiche wurden Standardgefüge, die im Mittenbereich der Legierungsnorm liegen, herangezogen, dargestellt in den **Abbn. 10** (AlSi9Cu3(Fe)) **und 11** (AlSi12Cu1(Fe)). Aufgrund der Feinheit des Gefüges von AlSi9Cu3(Fe) wurde für die Übersichtsaufnahme eine andere Vergrößerung gewählt. Die Hauptbestandteile der normgerechten Legierung AlSi9Cu3(Fe) sind dargestellt in **Abb. 12** [8]. Die Variation der Legierungselemente resultiert in einer Veränderung der Entartung der Gefügebestandteile. So führt zum Beispiel die Zugabe von Eisen zur Bildung der intermetallischen Phasen

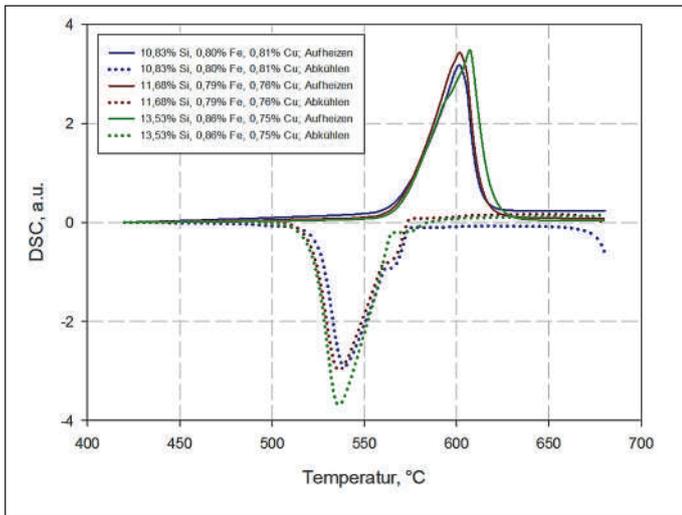


Abb. 9: Vergleich dreier Kurven mit konstanten Fe- und Cu-Gehalten bei unterschiedlichem Si-Gehalt für das Legierungssystem AlSi12Cu1(Fe)

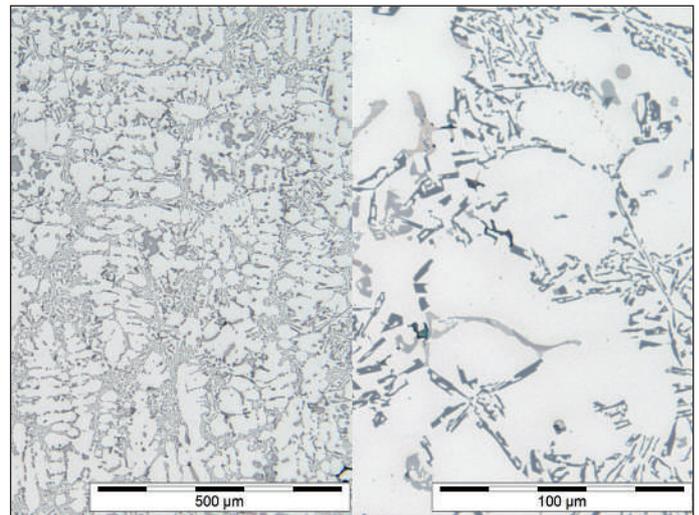


Abb. 10: Charakteristisches Gefüge des Legierungssystems AlSi9Cu3(Fe) im metallographischen Schliff

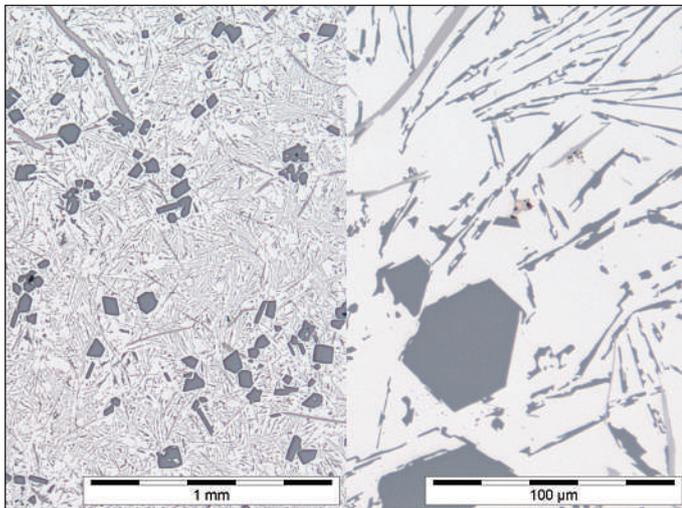


Abb. 11: Charakteristisches Gefüge des Legierungssystems AlSi12Cu1(Fe) im metallographischen Schliff

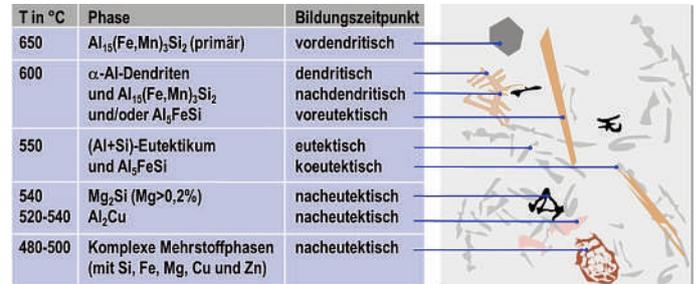


Abb. 12: Legierungsbestandteile der Al-Si Legierungen [8]

somit mit einer vermehrten nadeligen Ausscheidung der Legierung mit steigendem Siliziumgehalt zu rechnen. Ebenfalls ist in **Abb. 13** der kritische Eisengehalt der Legierungssysteme markiert, der ebenfalls analog ansteigt. Der kritische Eisengehalt ist nach Taylor wie folgt definiert:

$$Fe_{crit} \approx 0,075 \cdot [wt \% Si] - 0,05 \quad [9]$$

Das dreidimensionale Erscheinungsbild dieser Eisenphasen wurde von Dinnis et al. genauer untersucht. Es wurden unzählige metallographische Schliffe erstellt, welche dreidimensional rekonstruiert und die Eisenphasen ausgewertet wurden. In **Abb. 14** sind beide Eisenformen in allen drei Raumrichtungen dargestellt [10].

Al<sub>15</sub>(Fe,Mn)<sub>3</sub>Si<sub>2</sub> (α-Fe-Phase) und Al<sub>5</sub>FeSi (β-Fe-Phase) welche sich stark in ihrem Erscheinungsbild unterscheiden. Liegt die α-AlFeMnSi-Phase eher in einer abgerundeten, verzweigten, einem chinesischen Schriftzeichen ähnelnden Form vor, so findet man die β-Al<sub>5</sub>FeMnSi-Phase eher in der weitaus ungünstigeren nadeligen bzw. (dreidimensional gesehen) plattenförmigen Form. Die Abhängigkeit der Eisentartung vom Siliziumgehalt wurde von Taylor et al. untersucht. In **Abb. 13** ist eine vereinfachte Darstellung eines Schnittes durch das ternäre Al-Si-Fe System innerhalb der Normlegierungsbereiche der beiden genannten Legierungssysteme aufgezeigt [9]. Die Siliziumgehaltbereiche der beiden Legierungssysteme in diesem Diagramm wurden farblich markiert, grün für AlSi9Cu3(Fe) (VDS 226) und gelb für AlSi12Cu1(Fe) (VDS 231). Taylor et al. und Dinnis et al. haben festgestellt, dass die Eisenausscheidung und die Bildungsart der Eisenphase, also α-Fe- oder β-Fe-Phase, stark vom Siliziumgehalt abhängt. Mit steigendem Si-Gehalt werden die Bereiche von α-Eisen und auch vom Al-Mischkristall geringer, zugunsten der β-Fe-Phase. Es ist

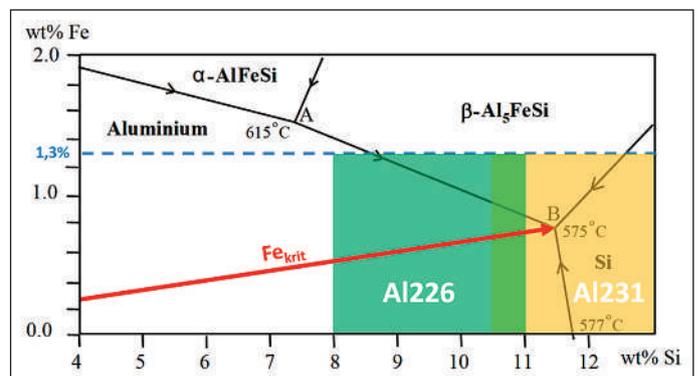


Abb. 13: Auszug aus ternärem Al-Fe-Si-System mit kritischem Eisengehalt [9]

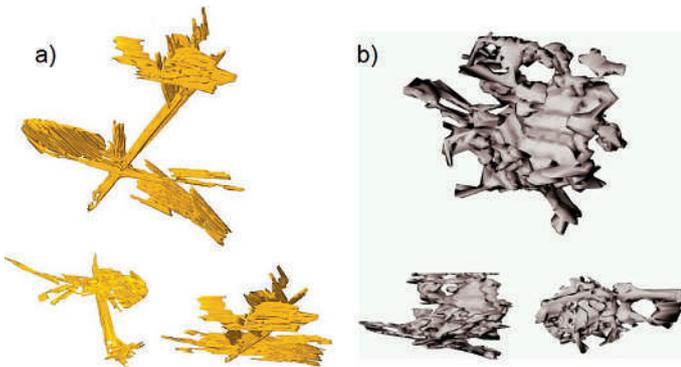


Abb. 14: Dreidimensionale Darstellung der Form von a)  $\text{Al}_{15}(\text{Fe},\text{Mn})_3\text{Si}_2$  ( $\alpha$ -Fe-Phase) und b)  $\text{Al}_5\text{FeSi}$  ( $\beta$ -Fe-Phase) [10]

Die unterschiedlichen Entartungen beider Gefügeausprägungen sind hierbei gut erkennbar, die goldfarbene dargestellte  $\text{Al}_5\text{FeSi}$  ( $\beta$ -Fe-Phase), welche als aneinandergewachsene Platten bzw. im Schliff als Nadeln charakterisiert ist, bzw. die  $\text{Al}_{15}(\text{Fe},\text{Mn})_3\text{Si}_2$  ( $\alpha$ -Fe-Phase), die im Schliff eine schriftartige Erscheinung hat, und dreidimensional einem kugelförmigen Knäuel ähnelt.

Im Zuge der metallografischen Untersuchungen konnten bei den Proben aus den Versuchsabgüssen analoge Schlüsse wie in der Literatur gezogen werden. Durch eine Anhebung des Siliziumgehaltes bei gleichbleibendem Eisengehalt steigt der Anteil an Eisennadeln im Schliff, das Eisen-Mangan-Verhältnis wurde, wie bereits erwähnt, ebenfalls konstant gehalten. Die Proben, deren Schlitze in **Abb. 15** dargestellt sind, haben einen Eisengehalt von 1,3 %, also die Norm-Obergrenze. Bei 8 Prozent Silizium findet man bereits vereinzelt feine Eisennadeln, der Hauptanteil liegt jedoch in der  $\alpha$ -Fe-Phase vor. Mit steigendem Siliziumgehalt nehmen analog zur Literatur der  $\alpha$ -Fe-Anteil ab und der  $\beta$ -Fe-Phasenanteil zu [10]. Dies wird deutlich, wenn man das Schliffbild mit 11 % Silizium betrachtet. Hier sind kaum noch  $\alpha$ -Fe-Phasenanteile vorhanden, der Hauptanteil des Eisens wurde in groben, langgewachsenen Eisennadeln (-platten) abgebunden, mit Längen im Millimeterbereich.

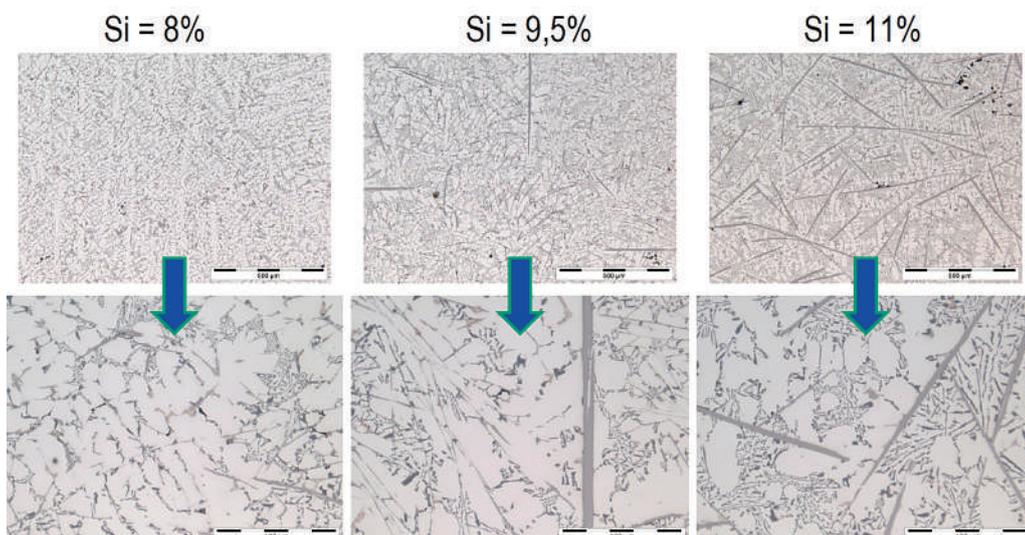


Abb. 15: Veränderung der Fe-Nadeligkeit mit steigendem Si-Gehalt bei gleichbleibendem Fe-Gehalt

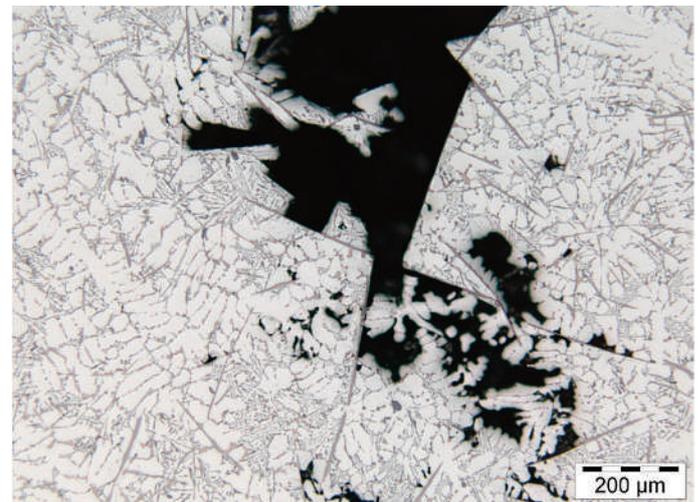


Abb. 16: Speisungsbehinderung durch Fe-Platten

Einer der Hauptnachteile von solch großen Eisenplatten zeigt sich, wenn man jene Legierung in einer lunkerbildenden Probe vergießt. Das in **Abb. 16** dargestellte Schliffbild zeigt eine in eine Lunkerprobe vergossene Legierung (VDS 226) mit 11 % Silizium. Die Ausbildung der Eisenplatten, welche im Schliff als Nadeln erkennbar sind, verhindert während der Erstarrung die Speisung und unterteilt das Gefüge in unterschiedlich nachgespeiste Bereiche. Die Ausbildung eines Lunkers ist hier unvermeidbar.

## Zugversuch

Zur Untersuchung der mechanischen Eigenschaften wurden im Kokillengießverfahren Probestäbe abgegossen und aus diesen jeweils zwei Zugstäbe entnommen. Zur Erlangung einer statistischen Grundgröße wurden pro Legierungsvariante 10 Zugproben geprüft. Die Ergebnisse der Legierungsvarianten der Basis  $\text{AlSi9Cu3}(\text{Fe})$  sind in **Abb. 17** dargestellt, jene auf Basis  $\text{AlSi12Cu1}(\text{Fe})$  in **Abb. 18**. In beiden Diagrammen wurden jeweils die Zugfestigkeiten in Abhängigkeit vom Siliziumgehalt für die jeweiligen Legierungsvarianten sowie die Standardabweichungen aufgetragen. Alle Legierungen zeigen eine starke Abhängigkeit von

den jeweiligen Zusammensetzungen, insbesondere vom Eisengehalt. Betrachtet man das Legierungssystem  $\text{AlSi9Cu3}(\text{Fe})$ , so ist eine deutliche Abnahme der Zugfestigkeit mit steigendem Siliziumgehalt festzustellen. Dies kann mit dem Auftreten von primären Si-Ausscheidungen mit steigendem Siliziumge-

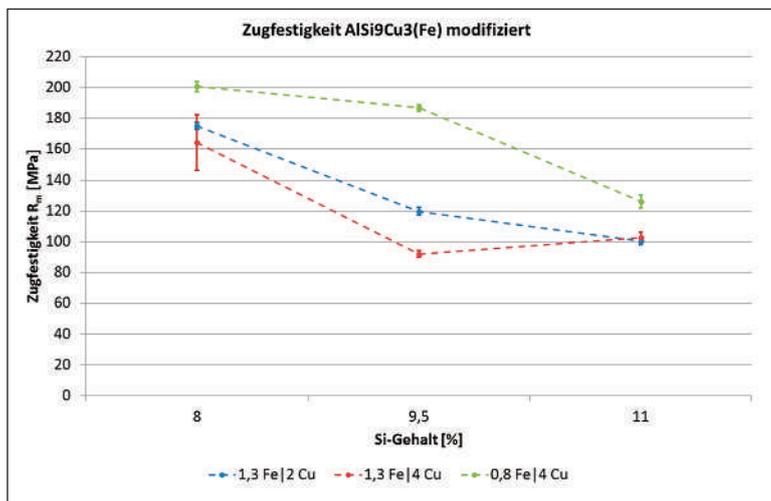
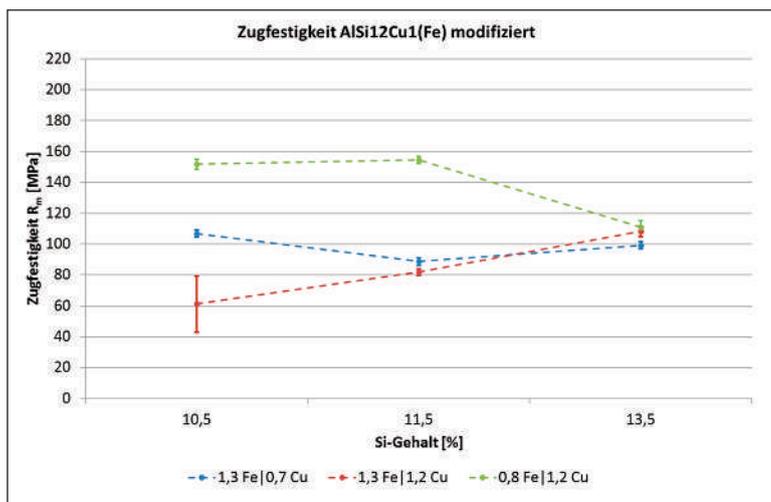


Abb. 17: Vergleich der Zugfestigkeiten bei AlSi9Cu3(Fe)

Abb. 18: Vergleich der Zugfestigkeiten bei AlSi12Cu1(Fe)



sowie Zugfestigkeit. Ein steigender Eisengehalt wirkt sich ebenfalls in einer Absenkung der Zugfestigkeit aus. Analog zur Literatur wurden auch die unterschiedlichen Entartungen des Eisens im Gefüge in Abhängigkeit vom Eisengehalt untersucht. Es verändert sich durch die Anhebung des Si-Gehaltes die Menge der Bildung der intermetallischen Phasen  $Al_{15}(Fe,Mn)_3Si_2$  ( $\alpha$ -Fe-Phase) und  $Al_5FeSi$  ( $\beta$ -Fe-Phase), welche sich stark in ihrem Erscheinungsbild unterscheiden. Insbesondere die nadelförmige, bzw. dreidimensional betrachtet plattenförmige  $\beta$ -Fe-Phase führt zu einer Absenkung der Zugfestigkeit, gepaart mit einer Erhöhung der Lunkenneigung aufgrund der Behinderung der Nachspeisung im Guss. Die Veränderung von Liquidustemperatur und Eutektikale wurden im Versuch sowie auch mittels thermophysikalischer Messreihen untersucht bzw. bestätigt.

**Verwendete Literatur**

[1] DIN EN 1706, Aluminium und Aluminiumlegierungen – Gussstücke – Chemische Zusammensetzung und mechanische Eigenschaften (2010)  
 [2] Landolt-Börnstein, Binary Systems, Part 1 – Elements and Binary Systems from Ag-Al to Au-Tl, Group IV Physical Chemistry Volume 19B1 (2002) 198-200  
 [3] Aleris, Aluminium-Gusslegierungen, www.aleris.com (2012) 18  
 [4] Hwang et al., The effects of Mn additions on the microstructure and mechanical properties of Al-Si-Cu casting alloys, Materials Science and Engineering A 488 (2008) 496–504  
 [5] Hilbrans, Nichteisenmetalle, Werkstoffkunde, Springer-Lehrbuch (2012), 309-355  
 [6] VDG-Merkblatt P202, Volumendefizite von Gussstücken aus Aluminium-, Magnesium- und Zinkgusslegierungen (2010) 3  
 [7] nach www.giessereilexikon.com, Temperaturabhängigkeit der Schrumpfung bei der Erstarrung einer Gusslegierung, Stand August 2014  
 [8] Rockenschaub, FT&E, Phasen in untereutektischen AlSiCuFe-Systemen, deren Bildungszeitpunkt und Bildungstemperatur und Morphologie, www.giessereilexikon.com, Stand August 2014  
 [9] Taylor J., Iron-containing intermetallic phases in Al-Si based casting alloys, Procedia Materials Science 1 (2012) 19 – 33  
 [10] Dinnis et al., Iron-related porosity in Al–Si–(Cu) foundry alloys, Materials Science and Engineering A 425 (2006) 286–296

halt, welche eine Versprödung der Proben mit sich bringen, erklärt werden. Des Weiteren liegt die Zugfestigkeit bei den Proben mit erhöhtem Eisengehalt deutlich unterhalb jener mit niedrigem Eisengehalt, die Kurven sind sozusagen annähernd parallel nach unten verschoben. Besonders auffällig ist dieser Effekt bei einem Siliziumgehalt von 9,5 %. Vergleicht man hier die beiden Extremwerte, so ist eine Differenz von ca. 100 MPa messbar. Dies ist ein deutlicher Hinweis dafür, dass der Eisengehalt und auch die Abhängigkeit des Eisens vom Siliziumgehalt einen starken Einfluss auf die Zugfestigkeit haben. Ein ähnliches Bild zeichnet sich bei der Legierung AlSi12Cu1(Fe) ab, deren Ergebnisse analog dargestellt sind. Ein deutlicher Unterschied zeigt sich erst bei der übereutektischen Variante, also über 12,5 % Silizium, wobei der große Anteil an spröden primären Siliziumphasen den Effekt der Eisennadeln überstrahlt, zu sehen bei den Ergebnissen der Legierung mit 13,5 % Silizium.

**Ergebnisse und Diskussion**

In den hier vorgestellten Untersuchungen wurden die metallurgischen und technologischen Eigenschaften der Legierungen AlSi9Cu3(Fe) (VDS 226) und AlSi12Cu1(Fe) (VDS 231) beurteilt. Es zeigt sich hierbei ein starker Einfluss auf die Gussqualität, insbesondere in Hinblick auf den Silizium- und Eisengehalt. Mit steigendem Siliziumgehalt sinken Liquidustemperatur

**Kontaktadresse:**

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

# Deutscher Gießereitag 2014

Hamburg 15.–16. Mai 2014

Veranstaltungsort:  
CCH Congress Center Hamburg

## Tagungsrückblick, Teil 2

Teil 1, Vortragsreihe Wissenschaft, siehe GIESSEREI RUNDSCHAU Heft 7/8-2014, S. 242/252.

### Kurzfassungen der Vortragsreihe Wirtschaft

#### Ziel Null Unfälle

*Markus Beike, Ziel Null! Das Beratungsangebot, BGHM Berufsgenossenschaft Holz u. Metall, Hannover/D*

Das betriebliche Unfallgeschehen hat sich in den letzten Jahren stark gewandelt. Statt der früher häufig technischen Ursachen sind heute verhaltensbedingte Arbeitsunfälle beachtenswert in den Vordergrund getreten. Das heißt, meist sind Beschäftigte unzureichend informiert, besitzen ein zu geringes Gefahrenbewusstsein oder sind schlicht unachtsam. Ist in diesem Zusammenhang das Ziel „Null Unfälle“

überhaupt erreichbar oder bleibt es eine Vision? Wie können Unternehmen dem Fehlverhalten von Beschäftigten stärker entgegenwirken? Die Antwort lautet: Strategisch!

Zunächst muss sich die Führung eines Betriebes zu diesem Ziel klar bekennen. Anregungen, wie dieses Bekenntnis dann im gesamten Betriebsumfeld in die Praxis umgesetzt werden kann, soll der Beitrag

„Null Unfälle in der Schwerindustrie. Eine Vision?“ geben.

Der Autor bietet nicht nur einen Überblick über Möglichkeiten der Umsetzung von Null-Unfall-Strategien in der Gießereiindustrie. Sein Anliegen ist es auch, über die theoretische Auseinandersetzung und Positionierung zum Thema deutlich zu machen, welcher Paradigmenwechsel notwendig ist, um erfolgreichen Arbeitsschutz im Sinne von Null-Unfall-Strategien zu praktizieren. Das Ziel „Null Unfälle“ erfordert die intensive Auseinandersetzung mit der eigenen betrieblichen Arbeitsschutzkultur und somit eine Reflexion über die

grundlegende Frage nach der Haltung und der Einstellung des gesamten Unternehmens zu dem Anspruch: Jeder Unfall ist vermeidbar.

Eine Grundvoraussetzung, um das Ziel „Null-Unfälle“ in Gießereien zu erreichen, ist die Aufnahme der Arbeitssicherheit in die Unternehmenszielsetzung: Das Ziel „Null Unfälle“ ist Chefsache.

### Am Anfang steht eine Vision

„Ziel Null“, von der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) als „Vision Zero“ bezeichnet, geht dabei von vier Grundsätzen aus, die diese oben erwähnte Haltung und Einstellung umschreiben:

1. Das Leben ist nicht verhandelbar.
2. Der Mensch ist fehlbar.
3. Die tolerierbaren Grenzen liegen in der physischen Belastbarkeit des Menschen.
4. Die Menschen haben ein Recht auf sichere Arbeitsplätze.

Ausgehend von diesen Grundsätzen stellen sich Arbeitsunfälle nicht länger als Folge von Fehlverhalten oder Unachtsamkeit der verunfallten Mitarbeiter dar, sondern eröffnen die Chance Rahmenbedingungen, Handlungsweisen und Interaktionen innerhalb des Unternehmens als unfallbegünstigend zu identifizieren und deren Ursachen wirkungsvoll zu bearbeiten.

### Das Ziel „Null Unfälle“ – realistisch?

Ja, in vielen Unternehmen sind null Unfälle ein realistisches, ein gelebtes, ein nachvollziehbares und messbares Unternehmensziel. Und so unterschiedlich diese Unternehmen auch hinsichtlich Branche, Historie, Besitzverhältnisse und wirtschaftlicher Lage sind, haben sie gemein, dass die Haltung und Einstellung zum Arbeitsschutz definiert ist und gelebt wird. Gleichwohl gibt es kein Patentrezept, keinen Königsweg, der zu beschreiten ist, um dieses Ziel zu erreichen. Jedes dieser Unternehmen hat seine eigene Arbeitsschutzkultur (weiter-)entwickelt und individuelle Handlungsweisen und Problemlösungen etabliert.

### Jeder Unfall ist vermeidbar – auch in Ihrem Unternehmen?

Diese Frage muss und kann jedes Unternehmen für sich selbst beantworten. Ein „Nein“ lässt sich allerdings nicht länger verstecken hinter Argumenten wie Branche, Marktumfeld, wirtschaftliche Faktoren oder der besonderen Struktur der Belegschaft. Vielmehr können die Einstellung der handelnden Personen und ihr Gestaltungswille diese Frage beantworten. Jeder Unfall ist vermeidbar – diese Überzeugung erweist sich als Katalysator für die Prävention.

An einem Eisbergmodell kann man den Unterschied zwischen klassischer Sicherheitsarbeit und modernem integrierten Arbeitsschutzmanagement veranschaulichen: Wie bei einem Eisberg, ist nur ein Achtel des Unfallgeschehens oberhalb der Wasserlinie und damit sichtbar für den Betrachter. Tödliche Arbeitsunfälle und schwerste Verletzungen bilden die



Foto: Fotolia

Spitze des Eisberges. Aber auch meldepflichtige Unfälle und Verbundbucheinträge sind für die Beteiligten in aller Regel erkennbar, werden dokumentiert und bearbeitet.

Wohl wissend, dass da noch etwas unterhalb der Wasseroberflä-

che ist, bemühen sich viele Unternehmen, auch Unfälle ohne Körperschaden, Beinahe-Unfälle und gefährliche Situationen zu erfassen. Die Gefährdungsbeurteilung ist hier ein wirkungsvolles Hilfsmittel.

### Ihre Vision zu leben – dabei unterstützt Sie die BGHM

Doch null Unfälle lassen sich auf diese Weise nicht erreichen. Wie beim Eisberg reicht es nicht, diesen allein oberhalb oder unterhalb der Wasseroberfläche zu bearbeiten. Natürlich wird der Eisberg an den bearbeiteten Stellen kleiner. Ob allerdings sein Gesamtvolumen kleiner wird, ist weitgehend unabhängig davon.

Das Volumen des Eisbergs und damit das Unfallgeschehen im Betrieb ist vielmehr abhängig von der Zufuhr von Wärme oder Kälte in das System. Übersteigt die „Kältezufuhr“ einen bestimmten Rahmen, so wächst der Eisberg trotz redlichster Bemühungen, ihn mit konventionellen Mitteln abzutragen.

Null-Unfall-Unternehmen legen deshalb ein Hauptaugenmerk darauf, das Wasser zu erwärmen. „Ziel Null! Das Beratungsangebot“ der Berufsgenossenschaft Holz und Metall unterstützt interessierte Unternehmen bei der Suche nach ihren individuellen „Erwärmungswerkzeugen“.

Die gesetzliche Unfallversicherung für Holz- und Metallbetriebe (BGHM) hilft bei der Analyse der betrieblichen Ausgangssituation und der Erarbeitung von individuellen Zielen, bietet „Best Practice Beispiele“ und begleitet den gesamten innerbetrieblichen Veränderungsprozess. Die BGHM unterstützt dabei, eine Arbeitsschutzkultur zu entwickeln, Verhaltensänderungen bei Mitarbeitern durch Bewusstseinsförderung zu bewirken sowie Beschäftigte zur Wahrnehmung von Eigen- und Entscheidungsverantwortung zu befähigen. Unabhängig vom methodischen Ansatz und der jeweiligen Vorgehensweise steht die Nachhaltigkeit im Sinne einer „selbst lernenden Organisation“ dabei stets im Mittelpunkt.

## Erfahrungsbericht zur Unfallstrategie und deren Umsetzung

R. Rockenbach, Bosch Rexroth AG, Lohr am Main/D

Folgende Einblicke in den Umgang mit Unfällen und die Unfallprophylaxe wurden im Bericht gezeigt:

- Überblick über die Organisationsstruktur Robert Bosch und Bosch Rexroth AG
- Überblick über die Themen Arbeitsschutz, Umweltschutz und Managementsysteme am Standort Lohr
- Praktische Umsetzung der Themen in der Gießerei z.B.



- Gefährdungsbeurteilung mit Überprüfungen
- Reduzierung Staplergeschwindigkeit

- Verbesserung der Persönlichen Schutzausrüstung
- Unfallentwicklung, -ziele 2010 bis 2020
- Gießereiinterne Projekte zur Vermeidung von Unfällen
  - Lessons Learnt – Maßnahmenumsetzung nach Betrachtung von Unfällen
  - Betrachtung von Beinahe-Unfällen
  - Auditierungen der Bereiche nach verschiedenen Sicherheitskriterien im direkten und indirekten Bereich

## Der Blick über den Tellerrand: Welche Einflussfaktoren wirken auf die Kundenmärkte der Gießereien?

Dipl.-Hdl. H. Lickfett, BDG Bundesverband der Deutschen Gießerei-Industrie, Düsseldorf/D

Die Beobachtung der wirtschaftlichen Entwicklung in den wichtigsten Kundenbranchen der Gießereien ist das tägliche Brot des BDG Referats Volkswirtschaft und Statistik. Das Referat versteht sich gerade mit diesem Aufgabenfeld als Stabstelle der BDG Mitgliedsunternehmen. Die Entwicklung der letzten Jahre hat allerdings gezeigt, dass eine Betrachtung einzelner Branchen allein nicht mehr ausreicht, um als Gießereiunternehmer konjunkturelle Bewegungen bewerten zu können. Vielmehr ist es für die Geschäftsführungen der Gießereien

zwingend notwendig geworden, das unternehmensindividuelle Kundenportfolio genau zu analysieren und die einzelnen Unternehmen kontinuierlich zu beobachten, um sich auf Schwankungen im mittelfristigen Geschäft einstellen zu können.

Darüber hinaus gebietet aber nicht nur die strategische Geschäftsplanung, sich damit auseinander zu setzen, was für Einflussgrößen sich „vor“ dem Kunden bemerkbar machen. Die Frage ist, welche Impulse wirken positiv und negativ auf das Geschäft der wich-

tigsten eigenen Kunden ein? Dies betrifft sowohl die aktuelle Geschäftsentwicklung als auch die Perspektiven. Der „Blick über den Tellerrand“ führt zu konkreten Beispielen aus gussintensiven Industriezweigen anhand derer deutlich wird

- wie und warum sich Unternehmen, die sich auf den ersten Blick in den gleichen Marktsegmenten bewegen, unterschiedlich entwickeln können und damit evtl. indirekt die Absatzmöglichkeiten für zuliefernde Gießereien beeinflussen.
- dass es Trends gibt, die frühzeitig erkennbar sein können und evtl. Marktpotentiale signalisieren bzw. abschwächen
- dass ganze Geschäftsmodelle kippen können, wenn Signale falsch interpretiert werden

## Energie(kosten)senkungspotenziale in Gießereien

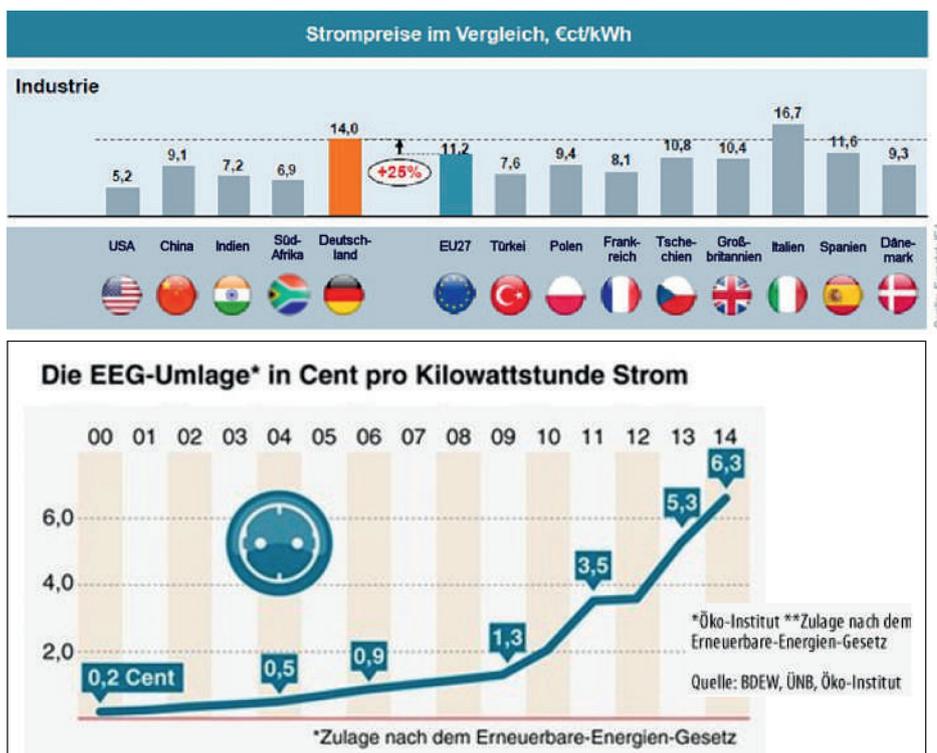
Dipl.-Kfm. Manuel Bosse, IfG - Institut für Gießertechnik gGmbH, Düsseldorf/D

Global wird Deutschland seit dem Jahr 2003 als produktivste Gießereination angesehen (Modern Casting, USA, 12/2013), allerdings hat die deutsche Gießerei-Industrie im Jahr 2012 trotzdem Marktanteile verloren (volumenbasierte Produktion). Mit China, den USA und Indien belegen Nationen mit signifi-

kanten Vorteilen bei den Stromkosten die ersten Ränge. Deutschland ist im Jahr 2012 nach Japan die fünftgrößte Gießerei-Nation der Welt gewesen. In Europa ist die deutsche Gießerei-Industrie die Nummer 1 auf der Eisen- und Stahlguss-Seite, gefolgt von Ländern mit bekannten Stromkosten-

vorteilen wie Frankreich und der Türkei (als EU-Nachbar). Auf der Nichteisenmetall (NE)-Seite ist Deutschland ebenfalls die wichtigste europäische Gießereination, allerdings dicht gefolgt von Italien. Auf den Plätzen dahinter finden sich mit Frankreich und Polen wiederum Nationen mit Vorteilen bei den Stromkosten.

Die nachstehende Grafik verdeutlicht, dass bis auf Italien alle wesentlichen Gießereinationen über signifikante Stromkostenvorteile verfügen:



Schadensersatzkosten, die durch verspäteten Anschluss von Off-shore-Windparks an das Übertragungsnetz an Land oder durch langdauernde Netzunterbrechungen entstehen können, zahlen. Über die Abschaltbare Lasten-Umlage zahlen Gießereien und andere Verbraucher seit dem Jahr 2014 dafür, dass die Versorgungssicherheit im Stromnetz gewährleistet wird, nämlich dadurch, dass große Stromverbraucher bei drohender Instabilität des Stromnetzes ihren Verbrauch herunterfahren oder ganz vom Netz gehen können. Die untenstehende **Tabelle** zeigt die Höhe der Umlagen in verschiedenen Abstufungen je nach Energiebedarf.

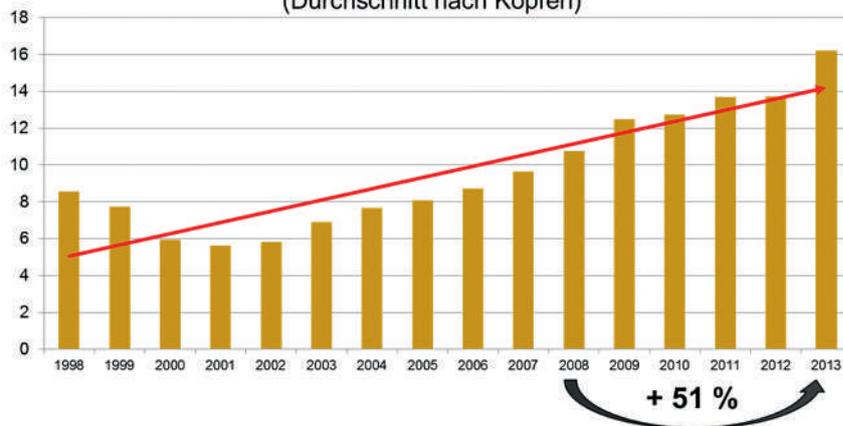
Die folgende Grafik zeigt die daraus resultierenden kontinuierlich steigenden Strompreise für deutsche Gießereien seit dem Jahr 2001:

In der deutschen Gießerei-Industrie entstehen im Durchschnitt bis zu 40 % der Selbstkosten durch Personalkosten. Danach folgen die Rohstoff- und Energiekosten. Gerade die steigenden Stromkosten stellen für deutsche Gießereien eine echte Herausforderung dar, da diese Kosten vor allem aufgrund der höheren Erneuerbare-Energien-Gesetz-Umlage (EEG-Umlage) steigen.

Zusätzlich kommen (fast) jedes Jahr neue Umlagen hinzu, wie z. B. die Offshore-Umlage im Jahr 2013, mit der die Gießereien und andere Verbraucher zu einem großen Teil

### Energiepreise (Gießerei-Industrie) - Strom

BDG-Strompreisumfrage  
kWh-Preis in Cent ohne MwSt., inkl. Stromsteuer, inkl. EEG-Umlage  
(Durchschnitt nach Köpfen)



Angabe in Ct/kWh	2013	2014
<b>EEG-Umlage</b>	5,277	6,240
<b>KWK-Umlage</b> bis 100.000 kWh über 100.000 kWh	0,126 0,060	0,178 0,055
<b>§-19-Umlage</b> bis 100.000 kWh über 100.000 kWh bis 1 Mio. kWh über 1 Mio kWh	0,329 0,050	0,092 0,482 0,050
<b>Offshore-Umlage</b> bis 1 Mio. kWh über 1 Mio kWh	0,250 0,050	0,250 0,050
<b>Abschaltbare Lasten-Umlage</b>	nicht erhoben	0,009

Die zuvor skizzierten Rahmenbedingungen zeigen, dass sich auch kleine und mittlere Gießereien zukünftig noch intensiver mit dem Thema Energiekosten(management) auseinandersetzen müssen. Im Rahmen des Vortrags wurden daher wichtige Energiedaten, welche vom Haus der Gießerei-Industrie in den letzten Jahren erfasst wurden, systematisch analysiert und mögliche Energie(kosten)senkungspotenziale in deutschen Gießereien beschrieben.

## Herausforderungen bei gemeinsamem Stromeinkauf branchenverschiedener Unternehmen

H. Klingemann, Gießerei Heunisch GmbH, Bad Windsheim/D

Zwei Basisfaktoren neben dem bilateralen Vertrag des Mitglieds zum Dienstleister = Versorger

*Vertragsgrundlage:*

**Korridorverzicht, Verkaufsmöglichkeiten, Kostentransparenz** wegen Dienstleistungspauschale

*Innere Einstellung:*

**Planbare Kosten** und Vermeidung „Gier frisst Hirn“

### Organisatorische Planung:

- Beobachtung und Beurteilung der Korrelation (Öl, Gas, CO<sub>2</sub> und Kohle)
- Festlegung des Beschaffungsjahres (2015, 2016, 2017)
- Festlegung der Tranchengröße (20%, 30% usw.)
- Festlegung des Preismodells

### Vorteile im Frankenpool-Stromverbund

- Bessere individuelle Preise durch das Summenlastprofil

und die große Gesamtmenge des Pools

- Korridorverzicht des Lieferanten = Mehrmengen und Mindestabnahme sind kein kostenpflichtiges Thema
- Großabnehmereigenschaft jedes Mitgliedes beim Versorger
- Firmenangestellte Koordinatoren mit mehr als 15-jähriger Erfahrung statt erfolgsabhängiger Berater
- Branchendiversifikation des Pools hat in der Vergangenheit immer die Gesamtnachfrage des Pools stabilisiert (Berechenbarkeit für Versorger)
- Einzelstimmrecht mit demokratischen Ergebnissen im Frankenpool

## Investitionen in der Gießereiindustrie – Notwendigkeit – Kapitalbindung – Rentabilität

Dr. Norbert Wichtmann, BDG Bundesverband der Deutschen Gießerei-Industrie, Düsseldorf/D

Zur Produktion von Guss sind Sachanlagen erforderlich. Diese halten nicht ewig. Sie unterliegen dem Verschleiß und müssen abgeschrieben werden. Für unsere Branche belaufen sich diese Abschreibungen im Durchschnitt der letzten 10 Jahre auf jährlich 459 Mio. Euro.

Soll der Betrieb dauerhaft fortgeführt werden, gilt: Was abgeschrieben wird, muss durch Investitionen wieder ersetzt werden. 459 Mio. Euro sind also gewissermaßen die „Untergrenze“. Sie sind allein schon zur Substanzerhaltung zwingend notwendig. Doch nur mit einem Ersatz ist es nicht getan. Irgendwann muss man modernisieren, rationalisieren oder auch erweitern. Dann muss man über den reinen „Ersatz“ hinaus zusätzliche Mittel bereitstellen.

Das Erfreuliche: Gemäß StBA wurden im Durchschnitt der letzten 10 Jahre 534 Mio. Euro pro Jahr investiert. Damit liegen die Investitionen um rund 16 % über den Abschreibungen.

Bezieht man Abschreibungen und Investitionen auf den Umsatz, dann ergeben sich daraus die folgenden Kennziffern:

Abschreibungen:

4,1 % vom Umsatz

Investitionen:

4,7 % vom Umsatz

Vor dem Hintergrund der stark gestiegenen und vor allen Dingen stark schwankenden Rohstoff- und Energiepreise haben Kennziffern, die sich auf den Umsatz beziehen, nicht mehr in allen Fällen die gewünschte Aussagekraft.

Bezogen auf die Anzahl der Beschäftigten, lauten die beiden Kennzahlen:

Abschreibungen:

6.400 Euro/Beschäftigtem

Investitionen:

7.400 Euro/Beschäftigtem

Das sind die Durchschnittswerte der Branche. Sie werden vom StBA ermittelt. Die Werte sind (nahezu) deckungsgleich mit den Ergebnissen der Umfragen, die der BDG alle zwei Jahre zu den Bilanz- und Ertrags-Kennzahlen durchführt. Daraus lassen sich weitere Kennzahlen ableiten. Insbesondere kann man zunächst festhalten: Wird mehr investiert als abgeschrieben, dann steigen

- das Sachanlagevermögen pro Beschäftigtem (von 96 auf 115 TEuro) und
- der Zeitwert des Sachanlagevermögens (von 24 % in 2002 auf 28 % in 2012)

Bezogen auf die Beschäftigten hat also die Kapitalbindung zugenommen. Gleichzeitig ist das Sachanlagevermögen neuwertiger. Es ist noch nicht so weit abgeschrieben, wie noch 10 Jahre zuvor. Durchschnittswerte beziehen sich jedoch auch auf:

- Betriebe, deren Ende absehbar ist, die nichts mehr investieren und mit alten Anlagen produzieren,
- Werte von Betriebsgesellschaften,
- Werte von Unternehmen mit einem Bruch in der Geschichte (Insolvenzen),
- Betriebe, die viele Anlagen geleast haben.

Durchschnittswerte geben damit keine Antwort auf die Frage:

„Welche Investitionen sind für die Sicherung der zukünftigen Wettbewerbsfähigkeit notwendig?“

Hier können Sonderauswertungen aus den Umfragen zu den Bilanz- und Ertragskennzahlen eine Antwort geben. Eliminiert man die Betriebsgesellschaften und die Unternehmen, die mit (weitestgehend) abgeschriebenen Anlagen produzieren, dann kommt man für das Jahr 2012 zu folgenden Werten:

<b>Zeitwert</b>	42 % (der Anschaffungs- und Herstellungskosten)
<b>Sachanlagen pro Beschäftigtem</b>	168 TEuro (Anschaffungswert)
<b>Abschreibungen</b>	5,3 % (der Gesamtleistung)
<b>Leistungsrendite</b>	3,7 % (bezogen auf die Gesamtleistung)
<b>EbitDA</b>	9,2 % (bezogen auf die Gesamtleistung)
Diese Werte sind deutlich besser als in der Vergleichsgruppe:	
<b>Abschreibungen</b>	2,7 %
<b>Leistungsrendite</b>	1,5 %
<b>EbitDA</b>	4,7 %

Obwohl die Abschreibungen, bezogen auf die Gesamtleistung, fast doppelt so hoch sind, sind die Leistungsrendite fast 2,5-mal und der EbitDA-Wert fast doppelt so hoch.

Bei einer Gesamtleistung von 192 TEuro pro Beschäftigtem errechnen sich hieraus Abschreibungen in Höhe von 10,2 TEuro pro Beschäftigtem. Das dürfte gleichzeitig auch die Untergrenze für die jährlichen Ersatzinvestitionen zur Substanzerhaltung sein. Die durchschnittliche Gesamtnutzungsdauer des Sachanlagevermögens liegt dann bei 16,5 Jahren.

Die meisten Gießereien sind schon „alt“. Das gilt auch für Teile des Sachanlagevermögens (insbes.

Grundstücke und Gebäude). Die Frage: Was kostet ein Arbeitsplatz in der Gießerei-Industrie bei einer Neu-Investition „auf der grünen Wiese“ bleibt insofern noch unbeantwortet. Da derartige Neu-Investitionen nicht so oft vorkommen, muss man diesbezüglich auf Pressemeldungen von Unternehmen zurückgreifen, die solche Großinvestitionen durchgeführt haben. Daraus lässt sich ein Aufwand pro Arbeitsplatz von 1,2 Mio. Euro ableiten, wenn dieser nur einschichtig genutzt wird. Wird dieser Arbeitsplatz zweischichtig genutzt, sind es noch 0,6 Mio. Euro. Bei drei und vier Schichten reduziert sich der Aufwand auf 0,4 und 0,3 Mio. Euro.

Daraus wird deutlich:

- allein wegen der hohen Kapitalbindung besteht ein Zwang zum Mehrschichtbetrieb
- „Einsparungen“ von der zweiten zur dritten oder vierten Schicht werden immer kleiner
- irgendwann werden auch Abschreibungen variabel, die betriebliche Nutzungsdauer wird kürzer, die Abschreibungssätze steigen!
- Auch andere Kosten, wie z.B. für Schichtzuschläge, evtl. auch für Reparaturen, steigen!

Wichtige Ergebnisse sind auf jeden Fall:

- Ohne Investitionen geht (langfristig) gar nichts!
- Mit abgeschrieben Anlagen kann man auf Dauer weder produktiv arbeiten noch Geld verdienen!
- Die gestiegene Kapitalintensität führt zwingend zu einer mehrschichtigen Nutzung!
- Das Wichtigste vielleicht überhaupt: Es lohnt sich, in eine Gießerei zu investieren!
- Wer mit neuen Anlagen produziert, hat die besten Margen!



## Zurückbehaltungsrechte bei unberechtigten Belastungsanzeigen

*RA S. Regula, Dr. Helmig & Regula, Rechtsanwälte, Wiesbaden/D*

### 1. Wann ist eine Belastungsanzeige berechtigt?

Insbesondere in der Automobilindustrie ist es üblich, dass der Kunde bei Reklamationen jeglicher Art, dem Lieferanten eine Belastungsanzeige schickt.

Damit wird der Lieferant vom Kunden informiert, dass der Kunde wegen einer reklamierten Vertragsverletzung das vom Kunden geführte Lieferantenkonto mit einem bestimmten Betrag belastet. Die Belastung führt dazu, dass der Lieferant die vom Kunden für die getätigten Lieferungen erhaltenen Kaufpreisgutschriften nicht ausgezahlt bekommt. Berechtigt sind Belastungsanzeigen, wenn der Kunde entweder einen vertraglichen oder einen gesetzlichen Anspruch auf den von ihm belasteten Betrag hat.

Hinsichtlich der gesetzlichen Ansprüche kommen für Belastungsanzeigen insbesondere Sachmängelhaftungsansprüche und Ansprüche wegen Verzuges in Betracht. Als vertragliche Ansprüche kommen in erster Linie Gewährleistungsvereinbarungen und Vertragsstraferegelungen in Betracht.

Berechtigt ist eine Belastungsanzeige nur dann, wenn sämtliche gesetzlichen bzw. vertraglichen Voraussetzungen für die Anspruchsbegründung erfüllt sind.

### 2. Beispiele für unberechtigte Belastungsanzeigen

a) Macht der Kunde z.B. einen gesetzlichen Sachmängelhaftungsanspruch geltend, so muss er aufgrund von § 434 Abs. 1 Satz 1 BGB darlegen und beweisen,

dass der reklamierte Mangel bereits zum Zeitpunkt des Gefahrübergangs vorgelegen hat. Es genügt deshalb in der Regel nicht, darzulegen, dass die Funktionalität eines Teils nicht mehr gegeben ist. Vielmehr muss der Kunde nachweisen, dass die Ursache, die zum Ausfall der Funktionalität geführt hat, zum Zeitpunkt der Übergabe der Sache bereits vorhanden war.

- b) Reklamiert der Kunde einen Verzugschaden, darf diesem Schadensersatzanspruch nicht der Einwand entgegenstehen, der Kunde habe seine Mitwirkungspflichten nicht erbracht.
- c) Bei Ansprüchen aus Gewährleistungsvereinbarungen muss der Kunde z.B. darlegen und beweisen, dass er das Verfahren zur Ermittlung der geltend gemachten Kosten tatsächlich eingehalten hat. Die Erfahrung zeigt aber, dass die Sachbearbeiter der Kunden in vielen Fällen die in den Gewährleistungsvereinba-

rungen festgelegten Verfahren selbst nicht kennen.

d) Bei der Geltendmachung von Vertragsstrafen ist seitens des Kunden zu beachten, dass er in der Regel einen Vorbehalt zur Geltendmachung der Vertragsstrafe erklärt haben muss und dass eine Vertragsstrafe in der Regel nur geltend gemacht werden kann, wenn der Lieferant schuldhaft gehandelt hat.

### 3. Zurückbehaltungsrechte bei unberechtigten Belastungsanzeigen

Gemäß § 273 BGB kann der Lieferant, wenn er gegen den eigenen Kunden aus demselben rechtlichen Verhältnis einen fälligen Anspruch hat, die Lieferung weiterer Teile verweigern, bis die ihm gebührende Leistung bewirkt ist. Diesem Zurückbehaltungsrecht halten Kunden z.T. entgegen, dass unberechtigte Belastungsanzeigen nicht dasselbe rechtliche Verhältnis betreffen. Während die Verpflichtung zur Lieferung nämlich auf dem Lie-

fervertrag basiere, beträfe die unberechtigte Belastungsanzeige die Kontokorrentabrede und damit ein anderes Rechtsverhältnis. Der Liefervertrag selbst sei im Übrigen voll erfüllt, denn die erfolgten Lieferungen seien alle ordnungsgemäß gutgeschrieben. Diese Auffassung verkennt aber, dass das Tatbestandsmerkmal „aus demselben rechtlichen Verhältnis“ im weitesten Sinne zu verstehen ist. Deshalb wird bei ständigen Geschäftsverbindungen ein Zurückbehaltungsrecht z.B. auch dann angenommen, wenn die Ansprüche aus verschiedenen Verträgen herrühren, sofern diese aufgrund ihres zeitlichen und sachlichen Zusammenhangs als natürliche Einheit erscheinen. In einem Urteil vom 13.07.1970 (AZ.: VII ZR 176/68) hat der VII. Zivilsenat des Bundesgerichtshofes wie folgt entschieden:

„Daraus, daß der Beklagte den Kläger mehrmals mit solchen Arbeiten beauftragt und der Kläger für den Beklagten ein Kundenkon-

to geführt hat, das nicht nach den einzelnen Bauvorhaben untergliedert war, muß nicht auf eine dauernde Geschäftsverbindung geschlossen werden, wie sie in der Rechtsprechung (RGZ 68, 32, 34; RG Recht 1917, Nr. 1585; auch RGZ 78, 334, 336) zur Annahme eines einheitlichen Rechtsverhältnisses im Sinne des § 273 Abs. 1 BGB vorausgesetzt wird. Für eine natürliche, gewollte oder als gewollt vorauszusetzende Einheitlichkeit des faktischen Verhältnisses (RGZ 68, 32) sprechende Umstände sind nicht dargetan.“

Vor der Geltendmachung eines Zurückbehaltungsrechts sollte jedoch der gesamte Vertrag daraufhin geprüft werden, ob die Geltendmachung eines solchen Zurückbehaltungsrechts ggf. vertraglich auf solche Fälle beschränkt ist, in denen der Anspruch, aufgrund dessen das Zurückbehaltungsrecht geltend gemacht wird (hier der unberechtigte Belastungsanspruch), unbestritten oder rechtskräftig festgestellt ist.



## Factoring als wesentliches Element der Unternehmensfinanzierung

Thomas Braun, MWK Renningen GmbH, Renningen/D

Factoring ist ein sinnvolles Element im Rahmen der Gesamtgestaltung der Unternehmensfinanzierung. Allerdings gilt es, einige wesentliche Punkte bei der Umsetzung zu beachten, um so bestehende Fallstricke zu vermeiden.

### 1. Grundsätzliche Gestaltungsalternativen

Je nachdem, ob die Kunden über den Forderungsverkauf informiert werden oder nicht, unterscheidet man das **offene** und das **stille Verfahren**.

Der Forderungskäufer (Factor) hat eher ein Interesse am offenen Verfahren, denn damit kann mit schuldbefreiender Wirkung nur noch auf das angegebene Konto – meist beim Factor – bezahlt werden, was für diesen einen wesentlichen Sicherheitsaspekt darstellt.

Dagegen hat das Unternehmen tendenziell das Interesse am stillen

Verfahren, denn obwohl das Factoring seinen Ruf als „Finanzierungsinstrument für Schmuttelkinder“ längst abgelegt hat, bestehen nach wie vor (inzwischen eigentlich unbegründete) Bedenken, wie die Kunden auf einen Verkauf von Forderungen im Rahmen von Factoring reagieren könnten.

Insofern ist die Wahl des Verfahrens v.a. eine Frage von Bonität und Vertrauenswürdigkeit.

Je nachdem, ob das Forderungsmanagement im eigenen Hause verbleibt oder nach außen gegeben wird, spricht man vom **Inhouse-** oder vom **externen Factoring**.

Die Wahl für eine dieser beiden Alternativen hängt im wesentlichen von den eigenen Ressourcen ab: Sind sie vorhanden, dann ist die (billigere) Inhouse-Variante vorzuziehen. Sind die Ressourcen nicht vorhanden und müssten erst geschaffen werden, dann ist das ex-

terne Factoring sinnvoller, da es zwar aufgrund der zusätzlichen Dienstleistung etwas teurer ist, aber den Aufbau eines Fixkostenblocks im Unternehmen vermeidet.

In Abhängigkeit von der Regressmöglichkeit im Falle eines Forderungsausfalls spricht man vom **echten** (ohne) oder **unechten** (mit Regressmöglichkeit auf den Forderungsverkäufer) **Factoring**.

Das unechte Factoring hat damit reine Finanzierungsfunktion, während die Vorteile eines Schutzes vor Forderungsausfällen natürlich nur beim echten Factoring („true sale“) gegeben sind. Gleiches gilt auch für die bilanziellen Vorteile (s.u.).

### 2. Vorteile des Instruments Factoring

**Bilanzielle Vorteile:** Hervorzuheben ist insbesondere die Verkürzung der Bilanzsumme und damit einhergehend – sofern mit dem Erlös aus dem Forderungsverkauf Bankverbindlichkeiten zurückgeführt werden – die Erhöhung der Eigenkapitalquote und die Senkung der Verschuldungsgrade. Auch das

working capital wird reduziert und somit alle damit zusammenhängenden Kennzahlen verbessert.

Die Aufnahme eines Factors trägt zur **Risikodiversifizierung** bei: Durch eine Verbreiterung der Basis an Finanzdienstleistern vermindert man eine entsprechende Abhängigkeit.

Ein weiterer Vorteil ist – beim echten Factoring – die **vollständige Vermeidung** eines **Forderungsausfallrisikos**. Durch eine Warenkreditversicherung (WKV) erreicht man dies nicht, denn bei einem Forderungsausfall verbleibt der Selbstbehalt, der je nach Risiko des Debtors normalerweise zwischen 10% und immerhin 25% beträgt.

Ein möglicher Vorteil kann auch eine zusätzliche **Kostenersparnis** sein. Je nachdem, welche bestehende Finanzierung abgelöst werden soll oder welche alternative Finanzierung für ein anstehendes Projekt zur Debatte steht, kann das Factoring auf Basis eines kurzfristigen Geldmarktzinssatzes (ggf. in Verbindung mit einem Derivat zur mittel- bis langfristigen Zinssicherung) eine kostengünstigere Alternative sein.

### 3. Wichtige zu beachtende Punkte bei den Vertragsverhandlungen

Um eine mittelfristige Planbarkeit hinsichtlich des Finanzierungsvolumens zu erreichen, ist es sinnvoll, einen **Rahmenvertrag mit mehrjähriger Laufzeit** (z.B. 5 Jahre) abzuschließen. Innerhalb dieses Zeitraums sollte er – vorbehaltlich der Einhaltung vereinbarter Covenants, auf die der Factor bei mehrjährigen Verträgen nicht verzichten wird – ordentlich nicht kündbar sein. Unter dieser Voraussetzung können sogar Investitionsvorhaben mittels Factoring finanziert werden.

Die Vereinbarung eines **Rückkaufrechts** (nicht zu verwechseln mit der erwähnten Regressmöglichkeit<sup>1</sup>) ist vor allem beim stillen Verfahren anzuraten und hat folgenden Hintergrund:

Gerade in der Gießereibranche kann es – z.B. im Zusammenhang

mit der Lieferung von Werkzeugen oder Formen – dazu kommen, dass aufgrund von fehlenden (endgültigen) Freigaben oder technischen Differenzen Forderungen nicht innerhalb der Zahlungs- inklusive Nachfrist bezahlt werden. Dieser Nichtzahlungstatbestand, der nichts mit fehlender Bonität des Abnehmers zu tun hat, würde ohne Rückkauf zu einem Inkassoverfahren durch den Factor führen, was selbstverständlich nicht im Interesse des Unternehmens liegt. Unabhängig davon würde damit auch der Forderungsverkauf an sich bekannt gemacht werden, was möglicherweise ebenfalls nicht im Interesse des Unternehmens ist.

Für solche Fälle bietet sich ein Rückkaufsrecht durch den Forderungsverkäufer an, das heißt, der Factor muss vor Einleitung des Inkassoverfahrens dem Unternehmen zwingend die Forderung zum Rückkauf anbieten – und dieses z.B. innerhalb von 3 Werktagen entscheiden, ob es das Angebot annimmt.

Regelmäßig wird eine **Andienungspflicht** des Forderungsverkäufers vereinbart, das heißt, das Unternehmen muss *alle* Forderungen verkaufen. Dies liegt im Interesse des Factors, denn ohne eine solche Pflicht bestünde das Risiko, dass der Forderungsverkäufer dem Factor nur Forderungen gegen bonitätsschwache Kunden verkauft, die restlichen – z.B. um Gebühren zu sparen – dagegen behält. Somit entstünde beim Factor ein überproportionales Ausfallrisiko. Vor diesem Hintergrund ist gegen eine Andienungspflicht nichts einzuwenden.

Dagegen sollte eine **Ziehungspflicht** durch das Unternehmen vermieden werden: Wenn die durch den Forderungsverkauf zur Verfügung stehende Liquidität nicht vollständig benötigt wird, dann sollte das Unternehmen die Möglichkeit haben, auch nur den notwendigen Betrag zu ziehen – und natürlich auch nur auf den gezogenen Betrag Zinsen zu zahlen. Alles andere wäre betriebs- und finanzwirtschaftlich nicht sinnvoll.

Hinsichtlich der **Konditionengestaltung** einige grundsätzliche Anmerkungen:

- **Factoringgebühr:** Hier ist große Vorsicht geboten, denn diese wird auf Basis des eingeräumten Finanzierungsrahmens berechnet – unabhängig von dem tatsächlich in Anspruch genommenen Betrag. Damit ergibt sich ein Hebeleffekt, der umso größer ist, je geringer der gezogene Betrag in Relation zum Finanzierungsrahmen ist. So können optisch geringe Promillesätze zu hohen Prozentsätzen per annum werden.
- Vorteilhaft sind (*Roll-over-*) **Zinsvereinbarungen** auf Basis eines kurzfristigen Geldmarktzinssatzes (z.B. 1-M-Euribor). Dies hat zum einen den Vorteil, dass man den Spread zwischen kurz- und langfristigen Zinsniveau (sofern die Zinsstrukturkurve nicht invers ist) ausnutzen kann. Zum anderen kann man auf dieser Basis auch Derivate („Payer-Swap“) zur Zinssicherung abschließen, die eine mittelfristig sichere Kalkulationsgrundlage ermöglichen.
- Durch die **Kombination mit einer WKV** kann eine weitere Margenverbesserung erreicht werden: Werden die Ansprüche aus dieser WKV an den Factor abgetreten, so hat dieser als Ausfallrisiko nur noch den Selbstbehalt zu tragen. Diese Verbesserung der Sicherheitenposition macht sich natürlich in der berechneten Marge bemerkbar.

### Von den Plenarvorträgen

- „Anforderungen an die Deutsche Gießerei-Industrie im internationalen Wettbewerb“ von BDG-Präsident Dr.-Ing. Erwin Flender,
- „BDG-Imagekampagne und GET-IN-FORM Hand in Hand“ von RA M. Schumacher, BDG Düsseldorf u. Dr.-Ing. C. Kuhl-gatz, Hüttenes-Albertus Chemische Werke GmbH, Hannover und
- „Was haben Unternehmen mit dem Automobil-Rennsport gemeinsam?“ von Ellen Lohr, Rennfahrerin u. Motorsportexpertin

liegen keine Kurzauszüge vor.

<sup>1</sup> Das Rückkaufrecht ist vergleichbar mit einer Kaufoption („Call“) des Unternehmens, während die Regressmöglichkeit einer Verkaufsoption („Put“) des Factors entspricht

# Veranstaltungskalender

## Weiterbildung – Seminare – Tagungen – Kongresse – Messen

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

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

### 2014

04.11.	Düsseldorf	Gefügebildung und Gefügeanalyse der Al-Gusswerkstoffe
04./05.11.	Kassel	Softwarelösungen für Gießereien
05./06.11.	Goslar	Formfüllung, Erstarrung, Anschnitt- und Speisertechnik bei Stahlguss
06./07.11.	Düsseldorf	Werkstoffkunde der Gusseisenwerkstoffe
13./15.11.	Stuttgart	Grundlagen der Gießereitechnik
18./19.11.	Düsseldorf	Konstruieren mit Gusswerkstoffen im Fahrzeugbau
19./21.11.	Düsseldorf	Grundlagen der Gießereitechnik für Al-Gusslegierungen
25.11.	Düsseldorf	FMEA in Gießereien
26./27.11.	Düsseldorf	Formstoffbedingte Gussfehler
03./05.12.	Goslar	Formfüllung, Erstarrung, Anschnitt- und Speisertechnik bei Gusseisenwerkstoffen
03./05.12.	Düsseldorf	Führungskompetenz für die betriebliche Praxis
04./05.12.	Kassel	Gesundheitsmanager/in in Gießereien – Modul 4
09.12.	Düsseldorf	Qualitätsüberwachung von Eisenschmelzen d. Thermische Analyse
10./11.12.	Düsseldorf	Metallurgie d. Gusseisenwerkstoffe
10./12.12.	Düsseldorf	Grundlagen der Gießereitechnik

### Änderungen von Inhalten, Terminen u. Veranstaltungsorten vorbehalten!

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

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

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

### Weitere (internationale) Veranstaltungen:

#### 2014

23./24.10.	Freiberg/Sa.	24. Ledebur-Kolloquium (www.gi.tu-freiberg.de)
04./05.11.	Aachen	MAGMA-Seminar „Methodischer Druckguss – von der Machbarkeitsstudie zum robusten Serienprozess“ (www.magma-soft.de)
04./06.11.	Ranshofen/Geinberg	8. Ranshofener Leichtmetalltage mit Hausmesse (www.lkr.at)
10.11.	Braunschweig	GOM Inspect Einführungsseminar (www.gom.com/de/events)
11./12.11.	Brno (CZ)	51. Tschechische Gießereitagung (www.slevarenska.cz)
12.11.	Hardheim	Seminar Mischtechnik – Mischen, Granulieren, Kneten, Dispergieren (infotage@eirich.de)
13.11.	Darmstadt	GOM Testing Workshop „3D-Meßtechnik für statistische und dynamische Bauteilprüfung“ (www.gom.com/de/events)
18./19.11.	Stuttgart	Massiver Leichtbau im Automobil (www.massiverleichtbau.de)

18./19.11.	Stuttgart	Bruchmechanischer Festigkeitsnachweis für Maschinenbauteile (www.vdi-wissensforum.de)
18./19.11.	Aachen	Innovation u. Wettbewerbsfähigkeit – die Kosteneffizienz prozesstechnischer Simulation (www.magmasoft.de)
20./21.11.	Bielefeld	2. Int. Fachtagung CastTec 2014 (www.casttec2014.de)
20./21.11.	Wien	Metal Additive Manufacturing Conference MAMC 2014 (www.additivemanufacturing2014.org)
21.11.	Steyr	13. CIS Controlling Insights Steyr (http://www.controllerverein.com/CIS.147100.html)
25./28.11.	Frankfurt/M.	Euromold 2014 (www.euromold.com)
26./27.11.	Erlangen	Wärmefluss-Thermographie als zerstörungsfreies Prüfverfahren für die Qualitätssicherung in der Produktion (www.vision.fraunhofer.de)
26./27.11.	Ratingen	Konstruieren mit Hochleistungswerkstoffen (www.vdi-wissensforum.de)
02./03.12.	Aachen	Simulation von Gusseisen – Grundlagen, Metallurgie, Gussfehler (www.magmasoft.de)
03./04.12.	Karlsruhe	Inspektion u. Charakterisierung von Oberflächen mit Bildverarbeitung (www.vision.fraunhofer.de)
04.12.	Aachen	AGIFA-Symposium zu Ehren von Prof. Dr.Dr. e.h. Peter R. Sahn
04./06.12.	Bangalore (IN)	ALUCAST 2014 (www.alucast.co.in)
<b>2015</b>		
10./13.01.	Dubai	Metal Middle East (www.messe-duesseldorf.de)
04.02.	Bochum	15. Internationales CAR-Symposium (www.car-symposium.de)
27.02./01.03.	Greater Noida (IN)	63 <sup>rd</sup> Indian Foundry Congress “Synchronizing Growth” (www.ifcindia.net)
04./05.03.	Bad Homburg	15. Int. Deutscher Druckgusstag (www.bdguss.de)
19./20.03.	Aachen	Aachener Gießerei-Kolloquium (www.gi.rwth-aachen.de)
24./25.03.	Düsseldorf	Bruchmechanischer Festigkeitsnachweis für Maschinenbauteile (www.vdi-wissensforum.de)
25./26.03.	Frankfurt/M	Konstruieren mit Hochleistungswerkstoffen (www.vdi-wissensforum.de)
21./23.04.	Columbus (USA)	119 <sup>th</sup> Metalcasting Congress (www.afsinc.org)
<b>23./24.04.</b>	<b>Leoben</b>	<b>59. Österreichische Gießerei-Tagung</b>
28./30.04.	Graz	8 <sup>th</sup> European Stainless Steel Conference ESSC 2015 (www.stainlesssteel2015)
05./08.05.	Stuttgart	Moulding-Expo – Int. Fachmesse Werkzeug-, Modell- und Formenbau (www.moulding-expo.de)
12./16.05.	Florenz	Aluminium Two Thousand (www.aluminium2000.com)
09./11.06.	Stuttgart	parts2clean – Internationale Leitmesse für industrielle Teile- und Oberflächenreinigung (www.parts2clean.de)
10./11.06.	Erfurt	RapidTech – Int. Messe und Anwendertagung (www.rapidtech.de)
17./18.06.	Siegen	wfb – Fachmesse für Werkzeug- und Formenbau (www.wfb-messe.de)
<b>15./20.06.</b>	<b>Düsseldorf</b>	<b>GIFA, METEC. THERMPROCESS, NEWCAST (www.gifa.de) mit WFO-Techn. Forum und NEWCAST-Forum</b>
01./03.07.	Wien	20. Symposium Verbundwerkstoffe u. Werkstoffverbunde
14./17.09.	Dresden	DGM-Werkstoffwoche (www.dgm.de/dgm-info/newsletter)
20./23.09.	Leoben	Liquid Metal Processing a. Casting Conference 2015 (www.lmpc2015.org)
<b>2016</b>		
12./14.01.	Nürnberg	EUROGUSS 2016
16./19.04.	Minneapolis (USA)	CastExpo '16 (www.afsinc.org)
<b>22./25.05.</b>	<b>Nagoya (J)</b>	<b>72<sup>th</sup> World Foundry Congress 2016 (www.thewfo.com)</b>
<b><i>Für die Angaben übernimmt die Redaktion keine Gewähr!</i></b>		



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

## Tätigkeitsbericht 2013

Die anhaltende erfolgreiche Entwicklung des ÖGI in der Abwicklung von Forschungs- und Entwicklungsprojekten für die Gießerei-Industrie trug auch im Berichtsjahr 2013 zu einem positiven wirtschaftlichen Abschluss bei. Neben den F&E-Aktivitäten von Schlüsselkunden in der Automobilindustrie und der zuliefernden Gießerei-Industrie wurden vermehrt internationale Projekte erfolgreich durchgeführt.

Über die Forschungsschwerpunkte in den Bereichen der Sandprüfung, Simulation, Druckguss und prozessoptimierten Legierungsentwicklungen, die unter Projektbeteiligung der österreichischen Gießerei-Industrie abgehalten wurden, wird im Weiteren berichtet. Insgesamt gestatten es diese F&E-Tätigkeiten dem ÖGI, das FEI\*)-Potential der österreichischen Gießerei-Industrie weiter auszubauen und in Zusammenarbeit mit den österreichischen Gießereien deren individuelle F&E-Problemstellung zielgerichtet zu bearbeiten. Besonders hervorzuheben sind die mehrfachen Preise und Auszeichnungen, die das ÖGI im Berichtsjahr erhalten hat und die von der hohen Qualität der Forschungsarbeiten zeugen.

In der vielfältigen Aus- und Weiterbildungstätigkeit im Bereich von Druckgusschulungen, Radioskopie-Ausbildungen und dem Weiterbildungsseminar zum Gießereitechnologen wurden spezielle Schulungen für das vierte Ausbildungsjahr der Lehrlingsausbildung zum Gießereitechniker am ÖGI abgehalten. Damit hat sich das ÖGI in Leoben als Zentrum der Bildungsaktivitäten für die österreichische Gießerei-Industrie etabliert.

Als richtungsweisende Investition wurde ein Zubau für das mechanische Prüflabor errichtet. Dies erfolgte zum einen, um den tätig-

ten Neuanschaffungen an Geräten eine angemessene Infrastruktur zu geben und zum anderen, um räumliche Möglichkeiten für Geräteinvestitionen für weitere Forschungstätigkeiten zu eröffnen.

Gesamt betrachtet ermöglichen die zukunftsweisende Infrastruktur und das FEI-Potential des ÖGI, die österreichische Gießerei-Industrie und auch die metallverarbeitende Industrie bei ihren innovativen Produktentwicklungen höchst effizient zu unterstützen.

### Weiterbildungsaktivitäten Schulungen und Seminare

Insgesamt wurden im Berichtsjahr 2013 Schulungen im Gesamtausmaß von 43 Schulungstagen durchgeführt. Die Schulungen und Seminare wurden zu folgenden Themenschwerpunkten abgehalten:

- Allgemeine Schulungen (AI-Technologie, Gusseisentechnologie, Werkstoffprüfung)
- Druckguss-Technologie (3-tägiges Seminar)
- Radioskopieausbildung (5-tägiger Fachkurs mit Personenzertifizierung)
- Lehrlingsausbildung

Abb. 1:  
Teilnehmer  
der Druck-  
guss-  
schulung  
im Mai  
2013



Im abgelaufenen Jahr wurden fünf In-house-Schulungen mit 41 Teilnehmern in österreichischen Gießereien und bei Gussanwendern durchgeführt. Seit dem Jahr 2004 besuchten über 1500 Personen die Weiterbildungsveranstaltungen des ÖGI.

Im Jahr 2013 wurde aufgrund der hohen Nachfrage aus der Industrie ein am ÖGI neuartiger Kurs im Fachbereich Druckguss ins Leben gerufen. In Rücksprache mit der Industrie und erfahrenen Druckgusstechnologen wurde auf den Bedarf an neuen Qualifizierungsmöglichkeiten im Bereich Druckguss für die Meister- oder Vorarbeiterebene, sowie Konstrukteure und Einkäufer eingegangen. Das dreitägige Seminar bietet einerseits Neulingen eine Grundlage und Weiterbildung, andererseits auch erfahrenen Gießern und Technologen eine Auffrischungs- und Fortbildungsmaßnahme. Im Mai und September konnten die ersten beiden Druckguss-Schulungen mit einer Gesamtteilnehmerzahl von 24 Personen mit äußerst erfolgreichen Theorie-Abschlussprüfungen abgeschlossen werden.

Das ÖGI ist die einzige Ausbildungsstelle in Österreich, die Fach-

\*) FEI – Forschung/Entwicklung/Innovation

kurse nach ÖNORM M3041 und 3042 für RT (Radioskopie) der Stufen 1 und 2 anbietet. Die Ausbildung umfasst sowohl Theorie als auch praktische Übungen und beinhaltet zusätzlich eine Vertiefung für Gussprodukte. Im Berichtsjahr wurden 4 Fachkurse für Stufe 1 und einer für Stufe 2 mit insgesamt 38 Teilnehmern durchgeführt, denen, nach erfolgreicher Prüfung, ein Personenzertifikat nach EN ISO 9712 (vormals EN 473) überreicht werden konnte.

Aufgrund des veränderten industriellen Umfelds und des erhöhten Spezialisierungsgrades von Gießereien wurde die Lehrlingsausbildung auf Initiative des Fachverbands im Jahr 2010 neu ausgerichtet. Die neuen Lehrberufe des dreijährigen Metallgießers und des vierjährigen Gießereitechnikers umfassen für den Gießereitechniker auch Zusatzausbildung am ÖGI in den Bereichen Simulation, Computertomographie und Guss-Metallurgie. Für den ersten Jahrgang der Gießereitechniker konnten nun im vierten Ausbildungsjahr die ersten 12 Gießereitechnik-Lehrlinge im Frühjahr 2013 ihre Zusatzausbildung im Zuge eines dreitägigen Workshops am ÖGI durchlaufen.

## Forschung und Entwicklung

Für Forschungsprojekte im allgemeinen Interesse wurden Leistungs- und Investitionsförderungen durch projektgebundene Förderbeiträge (EFRE- und FFG-Mittel) der Forschungsförderungsgesellschaft (FFG) von rund € 1.189.000,- genehmigt und abgearbeitet. Diese Projekte wurden auch vom Land Steiermark durch die SFG – Steirische Wirtschaftsförderungsgesellschaft – sowie von den Landeskammern kofinanziert und unterstützt.

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

- Alternative Formstoffe in der Gießerei
- Entwicklung einer duktilen Al-Mg-Si-Gusslegierung (FFG/SFG)
- HP Druckguss (FFG-COIN)
- OptiMatStruct (FFG-COIN)
- ESi-Cast (FFG)

Weiters wurden die folgenden Forschungsvorhaben mit Firmenbeteiligungen durchgeführt:

- Cars Ultra-Light Technologies, CULT (Magna Steyr Eng. AG)
- High Performance Aluminium Based Bearings (MIBA-Laakirchen)
- Einflussgrößen auf ein homogenes Al-Gussgefüge (FFG-Borbet)

Auf europäischer Ebene wurden mehrere Projektanträge als Mittragssteller oder innerhalb des EU-Förderprogramms „Kooperative Netzwerke“ erfolgreich eingereicht:

- SIRON (CorNet) (High Silicon Ductile Iron)
- NEMO (CorNet) (New Method of enhanced Quality Assessment by Computer Tomography for Castings)
- Ultragassing (EU FP7) (Ultrasound Degassing of Al-Melts)
- Dorshomat (Prototype Development of a Ultrasound Degasser)
- Ablamod (Thermal Properties of re-entry Materials)
- Evaluation of Ti6AlV2 Materials (ESA/ESTEC)

Das ÖGI ist damit nicht nur bei Eigenprojekten, sondern auch zunehmend als zentraler Hauptpartner in von Firmen beantragten FFG-Projekten sowie darüber hinaus als nationaler und internationaler Partner in EU-Netzwerkprojekten vertreten. Hervorzuheben ist, dass die F&E-Tätigkeiten auch in 20 Vorträgen und 20 Veröffentlichungen in renommierten Zeitschriften und bei Tagungen Niederschlag gefunden haben.

## FFG-Collective Research-Projekt ESiCast – Gusseisen mit verbesserten Eigenschaften durch hohe Si-Gehalte

Mit erweiterten und optimierten werkstoff- und fertigungstechnischen Grundlagen der Herstellung und Anwendung von hochsiliziumhaltigem Gusseisen mit Kugelgraphit befasst sich das Forschungsprojekt ESiCast, das im Rahmen des FFG-Förderprogramms „Collective Research“ in Kooperation mit 7 Industriepartnern der europäischen Giessereibranche bzw. Gussanwendern durchgeführt wird und auf eine Projektlaufzeit von 36 Monaten angelegt ist. Das Projekt startete mit 1. 10. 2013 und hat zunächst gemäß Projektplan im 1. Jahr in Fortführung der Ergebnisse des Cornet-Projektes SIRON die systematische und detaillierte Charakterisierung von GJS-Normsorten mit überwiegend ferritischer Matrix mit Mischkristallaushärtung im Fokus. In den jeweiligen Arbeitspaketen werden zunächst detaillierte Vergleichsuntersuchungen der statischen Kennwerte bei Raumtemperatur und erhöhten Prüftemperaturen sowie der zyklischen Kennwerte an voll bearbeiteten Proben bei Raumtemperatur und unterschiedlichen Lastverhältnissen gemessen. In einem gleichzeitig gestarteten weiteren Arbeitspaket werden am Zentrum für Elektronenmikroskopie Felmi-ZFE Graz hochauflösende Untersuchungen mit atomarer Auflösung im durchstrahlenden Rasterelektronenmikroskop STEM durchgeführt. Hierfür werden anhand von am ÖGI voruntersuchten Schlißproben dünne Probensegmente mittels fo-

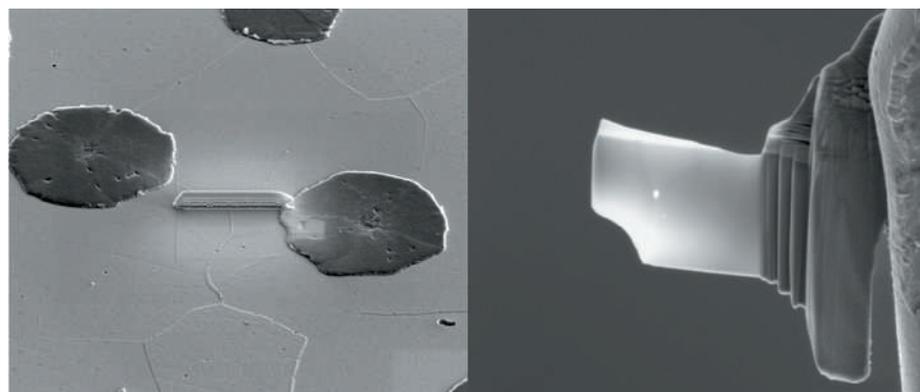


Abb. 2: Gusseisen mit Kugelgraphit und Ionenstrahlschnitt zur Durchstrahlungsmikroskopie.

kussiertem Ionenstrahl herausgetrennt und anschließend in Hochauflösung am STEM (FEI Titan 60-300) untersucht, um die Grenzen der Mischkristallhärtung aufzuzeigen.

### COIN – HPDC – High Pressure Die Casting

Im letzten Projektjahr des im Rahmen der COIN-Förderschleife der Forschungs-Förderungs-Gesellschaft (FFG) abgewickelten Projektes „HP-Druckguss“ lag der Schwerpunkt der Forschungstätigkeiten im Bereich der Legierungsentwicklung und -optimierung. Ziel war es, das Verhalten und die Eigenschaften der gängigsten Druckgusslegierungen, der sogenannten 226er (EN1706 AlSi9Cu3(Fe)) und der 231er (EN1706 AlSi12Cu1(Fe)) innerhalb ihres normgerechten Legierungsspektrums zu untersuchen. Hauptaugenmerk wurde hierbei auf die Variation der für das Speisungs- und Lunkerverhalten wichtigen Elemente, wie Silizium, Eisen und Kupfer, und deren Beeinflussung der mechanischen Eigenschaften und ihren Einfluss auf die Gießbarkeit hinsichtlich Erstarrung und Schrumpfung gelegt. Im Zuge zahlreicher Gießversuche wurden Basiszusammensetzungen der beiden Legierungen, jeweils an ihre Unter- und Obergrenze der drei Hauptlegierungselemente Si, Cu, Fe aufgelegt und untersucht. Diese Legierungen wurden mittels Probeabgüssen hergestellt, um sowohl Gefügeunterschiede als auch die Lunkerneigungen miteinander vergleichen zu können. Begleitend wurden mittels thermischer Analyse und Simulation im Programm „Thermo-Calc“ die Erstarrungs-

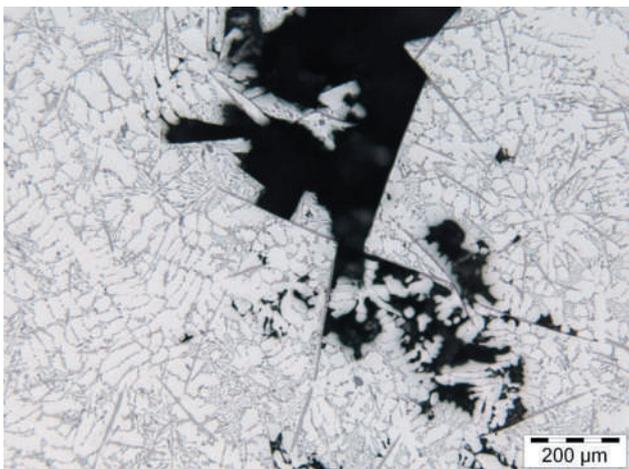


Abb. 3: Speisungsbehinderung durch Eisen-Nadeln in der Legierung AlSi9Cu3(Fe).

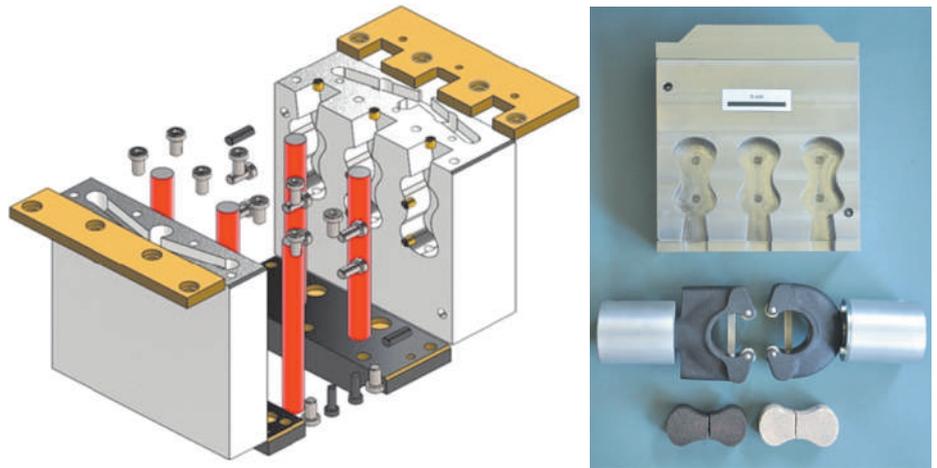


Abb. 4: Knochenprobenform zur Zugprüfung von Kernen.

bedingungen überprüft bzw. nachgestellt. Insbesondere die Speisungsbehinderung durch Eisenplattchen ( $\text{Al}_{15}(\text{Fe}, \text{Mn})_3\text{Si}_2$  und/oder  $\text{Al}_5\text{FeSi}$ -Phase) und die Beeinflussung der Erstarrungsmorphologie des Eisens als  $\alpha$ - oder  $\beta$ -Phase durch die alleinige Variation des Silizium-Gehaltes zeigten sich als wesentliche Erkenntnisse der Untersuchungen.

### Alternative Formstoffe und Formstoffprüfung für die Gießerei

Der derzeitige Projektabschnitt war im wesentlichen auf die Prüfung von organisch- und anorganisch gebundenen Kernsandproben ausgerichtet. Die dazu geschaffenen prüftechnischen Voraussetzungen sind beheizbare Dreifach-Kernschießformen für Biege-, Zug-, Druck- und Wärmeleitfähigkeits-Probekörper.

Geschossen wurden die Kernsandproben mit der einfachen, jedoch bewährten Kernschießmaschine der ÖGI-Versuchsgießerei mit 5 l Fassungsvermögen. Die Kernschießformen wurden in Zusammenarbeit mit der Fa. Nematik in Linz entwickelt und mit

zwei bis drei Heizpatronen je Formhälfte ausgestattet und mit rationalen Steckersystemen für die Kraftstromanschlüsse und Thermoelementen zur Temperaturregelung bestückt.

In umfangreichen Prüfserien wurden die Eigenschaften von Hot-box, Warm-box und Cold-box Kernsandproben auf der Basis von Quarzsand H32 ermittelt und verglichen sowie durch Variation der Prozessparameter (Temperatur, Zeit) optimiert.

Zug-, Druck- und Biegeprüfkurven mit unterschiedlichen Bindersystemen wurden aufgenommen, um die geringen Messstreuungen der Serienprüfungen und die Festigkeits- und Steifigkeitsentwicklung der Kernsandproben von der Sofortprüfung bis zur Prüfung nach 24 Stunden Lagerzeit aufzuzeigen.

### Highly Innovative Production of Efficient Radial BEARings – HIPERBEAR 2.0

Ziel des 2013 gestarteten, von der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft FFG geförderten dreijährigen Projektes ist die Entwicklung eines Prozesses zum Verbundstranggießen von Aluminium-Werkstoffen.

Im Zuge dieses Projektes wurde eine Kleinanlage zur Durchführung von Verbundgussversuchen aufgebaut. Die Anlage ist so ausgelegt, dass sie die Erprobung von unterschiedlichen Materialpaarungen bei definierten Temperaturen und unter definierten Gießgeschwindigkeiten ermöglicht und somit auch

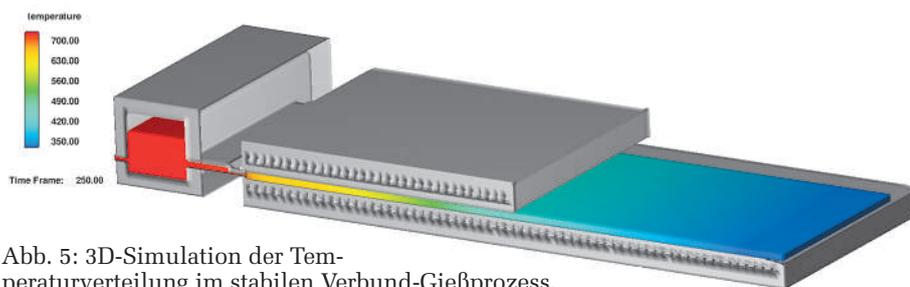


Abb. 5: 3D-Simulation der Temperaturverteilung im stabilen Verbund-Gießprozess.

einen simulatorischen Vergleich erlaubt. Für die Entwicklung der Verbundgießanlage wurde ein konventioneller Bandgießprozess mit der Simulationssoftware Flow3D (der Fa. Flow Science Inc., Santa Fe, New Mexico, USA) numerisch nachgebildet, um sowohl Daten für die konstruktive Gestaltung als auch für den Einfluss von Prozessparametern zu erhalten. Reale Messdaten für den Abgleich zwischen der numerischen Simulation und dem kontinuierlichen Gießvorgang konnten von einer, in der Produktion eingesetzten Bandgießanlage gewonnen werden. Mit den vorhandenen Messdaten lässt sich der Prozess ausreichend genau beschreiben und die wesentlichen Prozessparameter, wie z. B. die Gießgeschwindigkeit oder die Kühlsituation, konnten für den gegebenen Bandgießprozess erfolgreich variiert werden.

### Projekt NEMO – Neue Methode zur erweiterten Qualitätsbeurteilung von Aluminiumgussstücken mittels Computertomographie

Das im Jahr 2011 in Kooperation mit dem Institut für Gießereitechnik in Düsseldorf gestartete Projekt hat eine neue Bewertungsmethode von typischen Gussfehlern, wie Lunkern oder Gasporen in Aluminiumgussbauteilen zum Ziel. Gängige Untersuchungsmethoden, wie z. B. Radioskopie oder Metallographie, die diese Volumendefekte nur zweidimensional darstellen, werden in Zukunft vermehrt durch die Röntgen-Computertomographie abgelöst werden. Nach wie vor fehlen aber Untersuchungen und Normen über den Zusammenhang zwischen 3D-Defektverteilungen und den mechanischen Eigenschaften von Gussteilen. Zugproben aus

Al-226 wurden im Druckguss hergestellt und zeigen im Zugversuch eindeutige Zusammenhänge zwischen Porosität und bestimmten mechanischen Eigenschaften. Ein exponentieller Abfall der Zugfestigkeit  $R_m$  bzw. der Bruchdehnung  $A$  in Abhängigkeit von der lokalen Volumenporosität  $\Phi_{ROI}$  ist deutlich zu erkennen. Eine weiterführende Analyse zieht für diese funktionellen Zusammenhänge zusätzlich auch die Porenform und den Abstand der Porositäten zur Probenoberfläche in Betracht. Die Einbeziehung der Form der jeweils größten Porosität verbessert die Korrelation noch weiter; ihr Abstand zur Probenoberfläche hat hingegen kaum Einfluss.

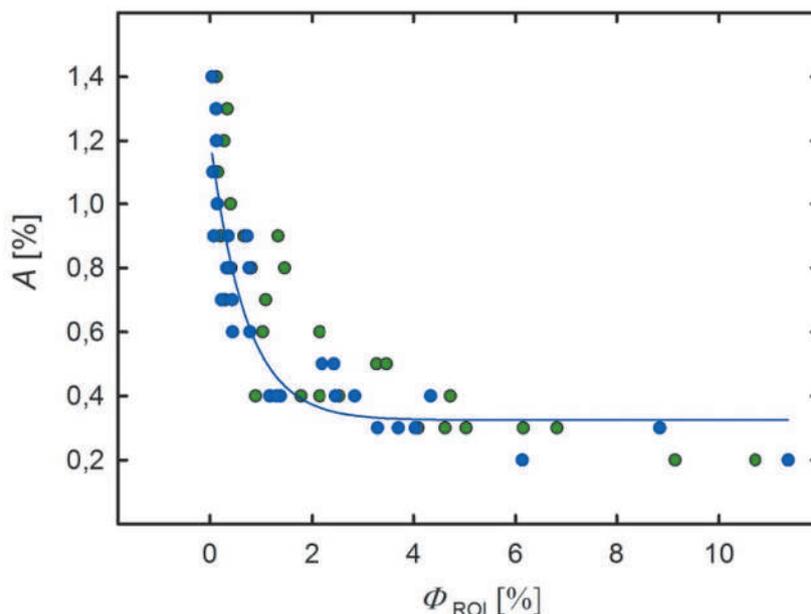


Bild 6: Bruchdehnung in Abhängigkeit von der lokalen Volumensporosität.

### Preise & Auszeichnungen Staatspreis Mobilität für CULT

Am 12. September verlieh Innovationsministerin Doris Bures den „Staatspreis Mobilität 2013“. Ge-

winner in der Kategorie „Forschen. Entwickeln. Neue Wege weisen.“: das Projekt „CULT“ von Magna Steyr Fahrzeugtechnik.

„CULT“ steht für „Cars‘ Ultralight Technologies“ und bezeichnet einen neu entwickelten Kleinwagen, der sich durch folgende Parameter auszeichnet: eine richtungsweisende Bauweise, einen neuartigen Erdgasmotor, eine ultraleichte Konstruktion und innovative Werkstoffe aus Multimaterialverbindungen.

Ergebnis ist ein mit Erdgas betriebener Kleinwagen, der um ein Drittel leichter ist als ein übliches A-Segment-Fahrzeug. Leichtbauweise und Erdgasmotor erreichen, dass das Auto um ein Viertel weniger CO<sub>2</sub> ausstößt als ein Benzinmotor. Der Prototyp ist fahrbereit. Magna rechnet damit, dass Automobilhersteller Bestandteile des Konzepts für die Serienproduktion verwerten werden.

Bei der Entwicklung und Produktion wurde großer Wert auf Nachhaltigkeit und die Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen gelegt. Zur Erreichung dieser Ziele arbeitete Magna mit Kooperationspartnern zusammen, darunter mehrere mit

Sitz in Leoben (Steiermark): die Montanuniversität Leoben, das Österreichische Gießerei-Institut und das Polymer Competence Center Leoben (PCCL). Auch die Technische Universität Wien und andere Partner waren an der Entwick-



Abb. 7: CULT-Konzeptabbildung.

lung des ganzheitlichen Fahrzeugkonzeptes beteiligt.

Mit einem ganzheitlichen Ansatz mit den drei Säulen Funktionsintegration, Materialsubstitution und Downsizing/Sekundäreffektnutzung wurde ein Leichtbaukonzept mit Gussteilen realisiert. Eine besondere Herausforderung war die geringe Wandstärke für die großflächigen Gussteile, die für die ultraleichte Bauweise notwendig ist. Die Herstellung dieser hochkomplexen Aluminium-Strukturbauteile wurde vom ÖGI mit Hilfe der numerischen Simulation entwickelt, wobei neue Produktionswege beschränkt wurden.

### ACR Kooperationspreis

Austrian Cooperative Research (ACR), die Dachorganisation von 18 außeruniversitären kooperativen Forschungsinstituten, vergibt jährlich einen Kooperationspreis für herausragende F&E-Projekte von ACR-Instituten mit KMUs. Die Verleihung des Preises, der mit € 2.000,- dotiert ist, erfolgte durch Sektionschef Dr. Michael Losch vom BMWFJ und ACR-Präsident Martin Leitl im Rahmen der ACR-Enquete 2013 am 15. Oktober in der Sky Lounge der Wirtschaftskammer Österreich in Wien.

Die Fa. LTC GmbH, mit Sitz in Lebring, beschäftigt sich mit Magnesium-Thixomolding. Die im Thixomolding hergestellten Gussteile zeichnen sich insbesondere durch hohe Maßgenauigkeit und geringe Porosität aus.

Bei diesem Prozess wird Magnesiumgranulat in einem sog. Extruder, bestehend aus einem elektrisch beheizten Zylinder (auch Barrel genannt) mit einer innenliegenden Schnecke verdichtet und teilaufgeschmolzen und in diesem Zustand (thixotroper Zustand) anschließend mit Hochdruck in die

metallische Form gegossen. In einem gemeinsamen Projekt wurde in mehreren Schritten ein alternativer temperatur- und verschleißfester Werkstoff für das Barrel entwickelt und erprobt.

Die Ergebnisse können sich sehen lassen: Dank der Fertigung in Österreich konnte die Lieferzeit von 8 Monaten auf 8 Wochen verkürzt werden, der Preis hat sich halbiert und durch die verbesserte Werkstoffwahl im Zusammenwirken mit konstruktiven Änderungen hat sich die Standzeit vervierfacht.

Qualität der Vorträge und ein umfassendes und interessantes Rahmenprogramm gesetzt wurde. Dadurch hat die Österreichische Gießerei-Tagung im deutschsprachigen Raum einen ausgezeichneten Ruf erlangt.

In den mehr als 20 Plenar- und Fachvorträgen, die dem Motto der Tagung „Energieeffizienz bei der Herstellung und dem Einsatz von Gussteilen“ sehr gut Rechnung getragen haben, wurde über neueste Forschungsergebnisse aus den Bereichen Metallurgie, Gießtechno-



Abb. 8: ACR-Kooperationspreisverleihung.

### Österreichische Gießerei-Tagung am 11./12. April 2013 in Leoben

Knapp 300 Teilnehmer aus 6 Ländern haben sich am 11./12. April 2013 in Leoben zur Österreichischen Gießerei-Tagung eingefunden, um fachspezifische Themen zu diskutieren und sich über neueste Entwicklungen auf dem Gießereisektor bei der begleitenden Zulieferausstellung zu informieren. Damit zählt die Tagung, die bereits zum siebenundfünfzigsten Mal stattfand, zu einer der größeren internationalen Tagungen in den Räumlichkeiten der Montanuniversität Leoben.

Die Organisatoren, DI Gerhard Schindelbacher vom Österreichischen Gießerei-Institut und Prof. Peter Schumacher vom Lehrstuhl für Gießereikunde der Montanuniversität Leoben, führten das große Interesse und die hohe Beteiligung auch darauf zurück, dass in den letzten Jahren bei der Tagungsausrichtung konsequent auf eine hohe

logie sowie moderne und zukunftsweisende Optimierungsverfahren für Gießverfahren und Gussteile berichtet sowie auch Ausblicke in künftige Entwicklungen und Anforderungen an Gießer und Gussprodukte gegeben.

Sehr erfreulich war auch, dass zusätzlich zu den knapp 300 Tagungsteilnehmern noch 60 Schüler der HTL Leoben an den Vorträgen teilgenommen haben. Den Schülern wurde damit die Möglichkeit geboten, sich bei den Fachvorträgen über das interessante Themengebiet der Gießerei sowie auch über berufliche Chancen in der Industrie zu informieren.

Neben den hervorragenden fachlichen Vorträgen, wofür den Referenten herzlicher Dank gilt, sind vor allem das Ambiente und die hervorragende Ausstattung in den Tagungsräumlichkeiten der Montanuniversität sowie die gute Stimmung und Atmosphäre unter der die Tagung abgewickelt wurde, hervorzuheben. Insbesondere der traditionelle Gießerabend am Don-



Abb. 9: Plenarvorträge im Erzherzog Johann Hörsaal.

nerstag, der kulinarisch aber auch unterhaltungsmäßig keine Wünsche offen ließ, hat wesentlich zu einem ungezwungenen Erfahrungsaustausch unter den Fachkollegen beigetragen.

### Zubau für das mechanische Prüflabor

Infolge des kontinuierlichen Wachstums des ÖGI wurden Pläne für eine räumliche Erweiterung erstellt, die zum einen Engpässe in den Labors vermeiden helfen und zum anderen eine Erhöhung des hochqualifizierten F&E Personals zukünftig ermöglichen. Hierfür wurde in zwei Phasen zunächst ein Zubau für das mechanische Labor von 250 m<sup>2</sup> und in weiterer Folge eine Erweiterung des Bürogebäudes um 250 m<sup>2</sup> vorgesehen. Die Finanzierung der Bauvorhaben von rund 1,4 Mio. Euro konnte gegenüber dem Vorstand dargestellt werden und die Investitionen wurden in der 135. Vorstandssitzung genehmigt.

Im Rahmen des Tagungsausklanges der Österreichischen Gießerei-Tagung wurde eine Spatenstichfeier für den geplanten Labor- und Bürozubau durchgeführt. Rund 200 Tagungsteilnehmer sind der Einladung gefolgt, dazu konnten noch zahlreiche Ehrengäste und Vertreter aus Politik, Wirtschaft und Wissenschaft begrüßt werden.

Durch die gute Planung und konsequente Kontrolle konnte der Zubau sowohl termingerecht als auch

ohne Kostenüberschreitung mit Ende des Jahres fertiggestellt werden. Mit großem Einsatz der Mitarbeiter wurde bereits vor Weihnachten die Übersiedelung der bis zu 3 Tonnen schweren Prüfmaschinen durchgeführt. Der 1. Bauabschnitt wurde somit sehr erfolgreich in der geplanten Zeit und mit den dafür vorgesehenen finanziellen Mitteln umgesetzt.

Das neue Labor besticht durch seine freundliche und helle Atmosphäre mit Blick in den zum Institut gehörenden Park. Die Prüfmaschinen sind entsprechend großzügig und flexibel angeordnet, sodass auch noch Platz für eventuelle Erweiterungen ist. Mit der Anbindung an das Bürogebäude und die Nähe zur mechanischen Werkstätte ist das Labor hinsichtlich der Lage sehr günstig angeordnet.

### Erlöse & Aufwendungen

Die anhaltend gute Konjunkturlage in der Automobilindustrie und damit auch in hohem Maße bei den österreichischen Gießereien sowie die breitaufgestellten F&E-Tätigkeiten des ÖGI erlaubten im Jahr 2013 die Erlöse von € 3.925.997,- gegenüber dem Vorjahr leicht zu steigern. Im Jahr 2013 konnte ausgeglichen bilanziert und eine Dotierung in Höhe von € 100.000,- zur bestehenden Gebäudeinvestitionsrücklage getätigt werden. Die verbleibende positive Entwicklung der Erlöse im Jahr 2013 resultierte überwiegend aus Fakturerenerlösen für direkte und indirekte Dienstleistungen aus der Automobilindus-



Abb. 10: Außenansicht des mechanischen Prüflabors.

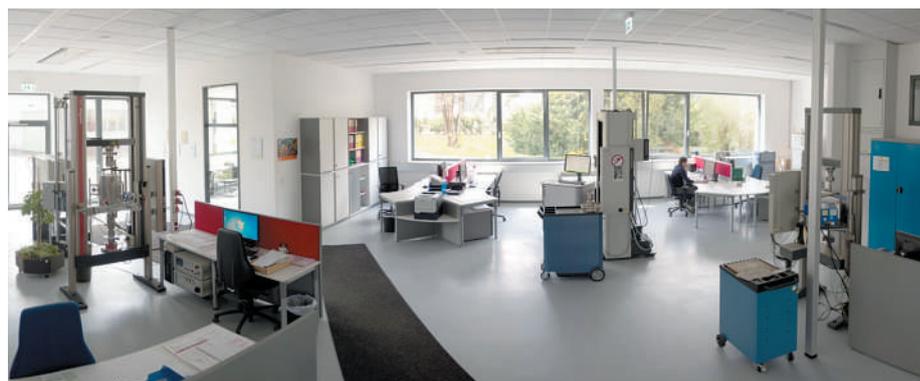


Abb. 11: Innenansicht des mechanischen Prüflabors.

## Erlösaufteilung 2013

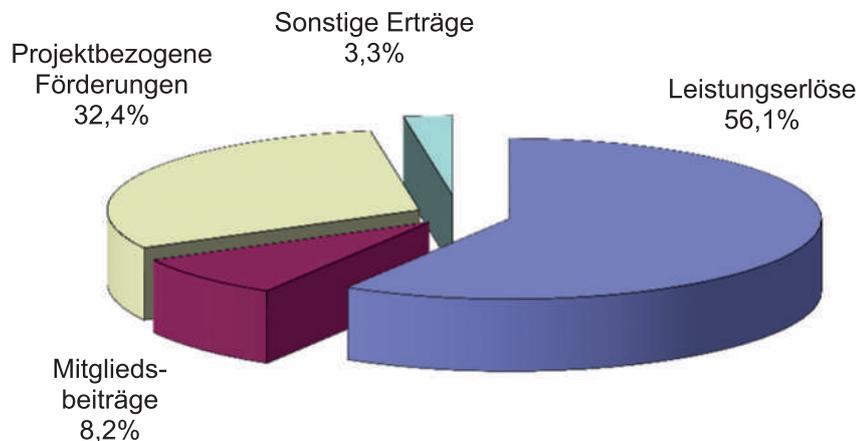


Bild 12: Erlösaufteilung 2013.

trie, die zusätzlich zu dem hohen Umfang in Projektstätigkeit innerhalb von national (FFG, BMWFW) und international geförderten F&E-Projekten (EU) stattfand. Dem gegenüber stand auf der Aufwandseite ein unverändert hoher Personalkostenanteil, der nötig ist, um qualifiziertes Personal für F&E-Dienstleistungen zu gewährleisten.

Aus direkt an die Auftraggeber fakturierten Dienstleistungen erzielte das Österreichische Gießerei-Institut im Berichtsjahr Leistungserlöse von € 2.304.026,-. Die rd. 875 Aufträge kamen von 236 Auftragspartnern, davon waren 51 ausländische Auftraggeber aus 13 Ländern. Hervorzuheben sind der signifikante Anteil der direkt fakturierten Aufträge und die vielfältigen Projektbeteiligungen. Insbesondere sind die Projektbeteiligungen der Mitgliedsfirmen an den kooperativen F&E-Projekten anzumerken, die sowohl in Cash als auch In-Kind erfolgten und damit den hohen Praxisbezug des ÖGI zu österreichischen Gießereien verdeutlichen.

Die vom Fachverband für 44 Gießereien eingebrachten sowie von 23 außerordentlichen Mitgliedern bezahlten Mitgliedsbeiträge haben im Verhältnis zum Umsatz über die

Jahre abgenommen und verblieben bei rund 8 %. Betrachtet man die Gesamtfinanzierung, so arbeitete das Institut zu rund 70 % mit Eigenfinanzierung (Dienstleistungserlöse und Mitgliedsbeiträge) und zu 30 % mit projektgebundenen Förderungen. Der Eigenfinanzierungsanteil ist im Vergleich mit ähnlichen Forschungseinrichtungen als sehr hoch zu bewerten.

Wertmäßig konnten im Berichtsjahr rund 77 % der Gesamterlöse dem Bereich F&E zugeordnet werden, wobei 64 % der Industrieaufträge aus F&E-Projekten stammen.

Abschließend sei an dieser Stelle noch den Förderstellen (FFG, BMWFW, SFG, Land Steiermark und Wirtschaftskammern), den ordentlichen und außerordentlichen Mitgliedsfirmen sowie den Kunden des ÖGI gedankt.

### Kontaktadresse:

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

## Aufwandsaufteilung 2013

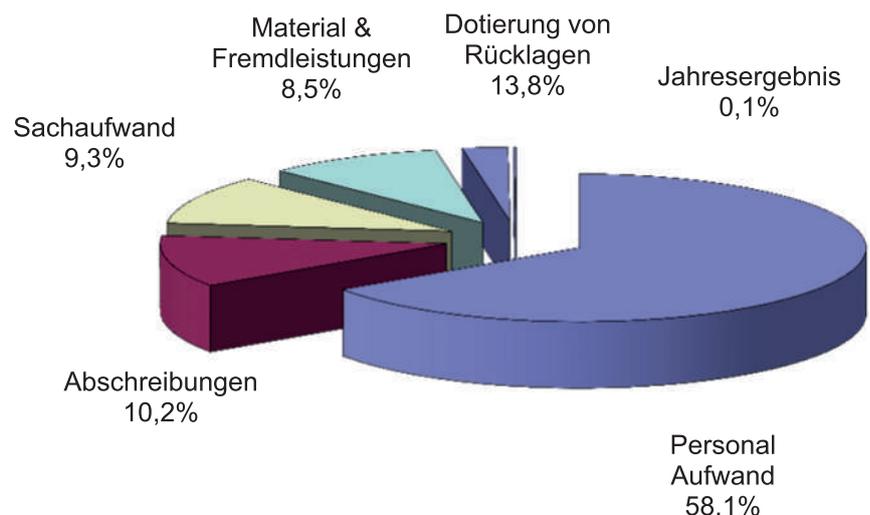


Bild 13: Aufwandsaufteilung 2013.



# Aus dem Fachverband der Gießereiindustrie

## Die Gießereiindustrie Österreichs im Jahr 2013

### Allgemeine wirtschaftliche Daten

Die weltweite Erholung der Konjunktur schritt voran, wobei die Impulse für die weltwirtschaftliche Entwicklung zunehmend von den Industrieländern ausgingen. Unterstützt auf die Konjunktur wirkten die expansive Geldpolitik und die wesentlich reduzierten Systemrisiken in der Eurozone.

Gegen Jahresende 2013 belebte sich die österreichische Konjunktur, dennoch fiel das reale BIP-Wachstum für das Gesamtjahr 2013 nur sehr verhalten aus (+0,4 % gegenüber dem Vorjahr). Für die Jahre 2014 und 2015 erwartet das Österreichische Wirtschaftsforschungsinstitut (WIFO) eine sich fortsetzende Erholung und einen Anstieg des realen BIP-Wachstums für Österreich von jeweils 1,7 %. Es zeichnet sich jedoch ab, dass die Erholung nicht so dynamisch verläuft wie in vergangenen Aufschwungphasen.

Das Finanzierungsumfeld ist weiterhin günstig und die Zinsen befinden sich auf historisch niedrigem Niveau.

Am Arbeitsmarkt zeigen sich zwei Entwicklungen: Einerseits steigt die Beschäftigung weiter an und die Zahl der unselbständig Beschäftigten wird in den Jahren 2014 und 2015 laut WIFO jeweils um 1,0 % steigen. Andererseits

Werkstoffsparte	2012		2013	
	t	€	t	€
Eisen- und Stahlguss	161.485	438.693.495	170.801	465.042.397
Nichteisenmetallguss	144.993	893.918.203	145.994	875.992.468
<b>Summe</b>	<b>306.478</b>	<b>1.332.611.698</b>	<b>316.795</b>	<b>1.341.034.865</b>

steigt durch das steigende Arbeitskräfteangebot – insbesondere durch Sondereffekte: strengere Regeln für den Pensionszugang und Zustrom von ausländischen Arbeitskräften – die Arbeitslosigkeit weiter an. Das Wachstum reicht über den Prognosezeitraum nicht aus, um die Arbeitslosigkeit zu reduzieren. Im europäischen Vergleich weist Österreich weiterhin die geringste Arbeitslosigkeit über den Prognosezeitraum auf.

In Summe ist der Wachstumspfad, auf den die österreichische Wirtschaft eingeschwenkt ist, nach wie vor sehr flach. In den letzten 12 Jahren (2002–2013) wies Österreich mit Ausnahme des Jahres 2010 in jedem Jahr einen Wachstumsvorsprung gegenüber der Eurozone auf. Gemäß den Prognosen des Internationalen Währungsfonds (IWF) droht Österreich im Jahr 2017 diesen Wachstumsvorsprung zu verlieren.

### Produktion

Die Gesamtproduktion im Jahre 2013 beträgt rund 316.795 t und ist

gegenüber 2012 um 3,4% gestiegen. Der gesamte Umsatz der Branche wuchs gegenüber 2012 um 0,6% und beträgt rund 1,34 Mrd. Euro.

Der **Eisenguss** weist für 2013 eine Gesamtproduktion von 170.801 t auf und hat gegenüber 2012 um 5,8 % zugelegt. Der Umsatz hat sich um 6,0%, auf 465 Mio. € erhöht.

Die Produktion beim **Duktilen Gusseisen** beträgt 116.966 t, das entspricht einem Anstieg von 11,9% gegenüber 2012.

Im Bereich **Grauguss** ist die Produktion gegenüber 2012 um 2,6% gestiegen und weist somit 40.751 t auf.

Beim **Stahlguss** ist ein Rückgang von 24,2% auf 13.084 t zu verzeichnen.

Im **Nichteisenguss** ist die Produktion um 0,7 % gestiegen und der Umsatz um 2,0 % gesunken.

### Auftragseingänge

Die Auftragslage und Auslastung sind je nach Bereich sehr unterschiedlich und teilweise deutlich zurückgegangen. Aufträge wurden immer kurzfristiger vergeben und die Produktion wurde dadurch immer weniger planbar. Der Preisdruck und die Verhandlungen mit den Kunden gestalteten sich immer schwieriger.

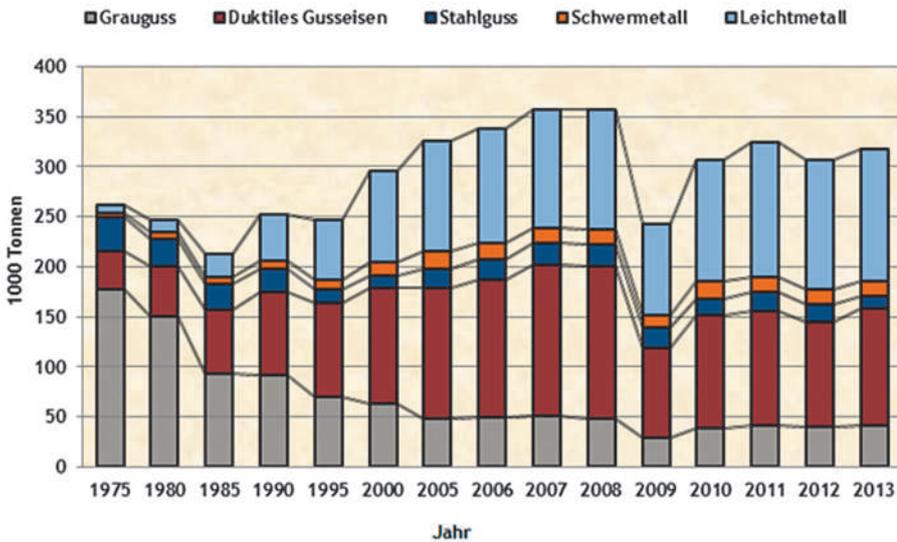
Die Auftragseingänge aus dem Automobilsektor waren bei einigen Unternehmen deutlich besser, jedoch handelt es sich hierbei um mehrjährige Rahmenaufträge, die

### WIFO Prognose März 2014 – Hauptergebnisse für Österreich Veränderung gegenüber dem Vorjahr in %

	2013	2014	2015
Bruttoinlandsprodukt (real)	+0,4	+1,7	+1,7
Bruttoanlageninvestitionen (real)	-0,9	+3,0	+2,1
Warenexporte (real) lt. Statistik Austria	+2,7	+5,5	+6,5
Private Konsumausgaben (real)	-0,2	+0,8	+1,0
Verbraucherpreise in %	+2,0	+1,9	+1,9
Unselbständige aktiv Beschäftigte	+0,6	+1,0	+1,0
Defizit lt. Maastricht-Definition (in % des BIP)	-1,9	-3,0	-1,2

Quelle: WIFO

## Entwicklung der Produktionsmenge der Österreichischen Gießereiindustrie unterteilt nach Gussarten



## Gussproduktion unterteilt nach Werkstoffen und Gießverfahren

	t		t Veränderung
	2012	2013	in %
Grauguss	39.700	40.751	2,6
Duktiles Gusseisen	104.527	116.966	11,9
Stahlguss	17.258	13.084	-24,2
Eisenguss	161.485	170.801	5,8
Zink-Druckguss und Schwermetallguss gesamt	15.441	14.408	-6,7
Leichtmetallguss	129.552	131.586	1,6
davon Al-Druckguss	58.293	61.548	5,6
davon Al-Kokillenguss	64.566	63.046	-2,4
davon Al-Sandguss	1.006	1.174	16,7
davon Mg-Guss (überwiegend Druckguss)	5.687	5.818	2,3
Metallguss	144.993	145.994	0,7
<b>Total</b>	<b>306.478</b>	<b>316.795</b>	<b>3,4</b>

nur bedingt 2013 schlagend wurden.

Gesamtheitlich betrachtet wiesen einige Unternehmen Auftragsrückgänge auf und vereinzelt wurde sogar Kurzarbeit angemeldet. Die Situation in der Branche war somit 2013 sehr uneinheitlich.

## Gießereibetriebe und Beschäftigte

Die Struktur der im Jahr 2013 vom Fachverband der Gießereiindustrie betreuten Mitgliedsunternehmen gliedert sich – bezogen auf ihre Produktion – folgendermaßen auf:

Reine Eisengießereien	16
Reine NE-Metallgießereien	23
Gießereien, die Eisen- und NE-Metallguss erzeugen	4
<b>Gesamt</b>	<b>43</b>

Ende des Jahres 2013 gab es in Österreich 43 industrielle Gießereibetriebe.

Nachstehende Tabelle zeigt die regionale Verteilung der Gießereibetriebe und die Beschäftigtenzahlen:

Bundesland	Anzahl Betriebe	Anzahl Beschäftigte
Wien	3	24
Niederösterreich	12	2.265
Oberösterreich	12	2.685
Steiermark	7	1.390
Salzburg	2	254
Kärnten + Tirol	3	321
Vorarlberg	4	215
<b>Österreich</b>	<b>43</b>	<b>7.154</b>

Insgesamt gab es 2013 in der Gießereiindustrie Österreichs 7.154 Beschäftigte.

Die ausgeprägte klein- und mittelbetriebliche Struktur der österreichischen Gießereiindustrie ist nach wie vor unverändert: 23 Betriebe – das sind mehr als 50 % der zum Fachverband gehörenden Unternehmen – beschäftigen weniger als 100 Mitarbeiter. Der Anteil der Gießereien mit mehr als 500 Mitarbeitern im Unternehmen ist gegenüber 2012 gleich geblieben.

### Kontaktadresse:

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

# Aus den Betrieben



## Turbinenleitungen von TRM als tragende Säule in der Kleinwasserkraft\*)

Seit mehr als 60 Jahren werden im Alpenraum Rohrsysteme von TRM aus duktilem Gusseisen eingesetzt. Sie wurden zu einem integralen Baustein des Kleinwasserkraftausbaus und Teil einer echten Erfolgsgeschichte. Mittlerweile summiert sich die installierte Leitungslänge auf mehr als 1.000 Kilometer, was etwa der Entfernung Florenz – Berlin entspricht. Gerade in schwierigem Gelände sind duktile Gussrohre nicht mehr wegzudenken. Sie stehen für Sicherheit, einfachen Einbau sowie für unvergleichliche Langlebigkeit.

Nicht nur die überragenden Materialeigenschaften, sondern auch die einzigartige Verbindungstechnik machen TRM Gussrohre zur ersten Wahl bei Turbinenleitungen: Die Steckmuffen-Verbindung ermöglicht eine sichere und schnelle Montage. Es werden verschiedene Arten von Formstücken und Rohrkrümmern angeboten. Zudem können größere Trassenradien auch alleine durch die Abwinkelbarkeit in den Muffen vollzogen werden. Ein großer Vorteil liegt darin, dass diese Verbindungstechnik die so genannte „Auf-Zu-Verlegemethode“ zulässt. Das bedeutet, dass das Bauteam die Künette für nur ein Rohr öffnet und danach sofort schließt. Dadurch kann auch bei schlechter Witterung und beengten Platzverhältnissen verlegt werden. Auch in ökologischer Hinsicht bietet diese Verlegemethode Vorteile, da der Mutterboden rasch wieder aufgetragen wird, was dem schnellen Anwachsen der Vegetation zuträglich ist.

### Wirtschaftlichkeit punktet

Ein Aufsehen erregendes Projekt konnte 2011 am Fuße des Stilsferjochs realisiert werden.

Das Spannende am Bau der Druckrohrleitung für das Kraftwerk Furkelbach war jedoch nicht etwa die Rohrdimension DN 400, sondern vielmehr die spektakuläre Verlegung im hochalpinen Gelände bei Neigungen bis zu 65 Grad. Die zahlreichen Richtungsänderungen in der 1,2 Kilometer langen Leitung wurden größtenteils über die Abwinkelbarkeit in den Muffen bewerkstelligt.

In der Steiermark, und zwar in der Gaal, in den Niederen Tauern, wurde 2012 für das Kraftwerk Vorwitzbach eine rund 4 km lange Druckrohrleitung DN500 aus TRM-Gussrohren verlegt. Die gesamte Rohrleitung wurde ohne Fixpunkt realisiert.

Im Falle des Kraftwerks Strickeralmbach, 2012 in Betrieb genommen, spielte die Außenbeschichtung eine wesentliche Rolle. Auf rund 350 Meter der insgesamt 1.7 km langen Druckrohrleitung DN 500 kamen Zementmörtel umhüllte Rohre zum Einsatz, um maximalen Schutz vor dem sauren Boden zu gewährleisten.

Eines der größten Projekte in Nordtirol in 2014 ist das Wasserkraftwerk Kanzingbach (siehe untenstehende **Abb.**). Da bei diesem DN 600-Projekt besonders weiches Triebwasser vorhanden ist, setzen die Betreiber auf eine Rohrauskleidung aus Tonerdeschmelzement. Außerdem konnten nur vom Hersteller TRM die besonderen Projektanforderungen des Bauherrn in Punkto bruchmechanische Werkstoffeigenschaften erfüllt werden.

Einfache Verlegung, höchste Sicherheit im Turbinenbetrieb und maximale Lebensdauer: Diese drei Punkte sprechen mehr als alles andere für die duktilen Gussrohre aus Haller Erzeugung. Und diese drei Argumente tragen drei Buchstaben: TRM.

**Kontaktadresse:**  
TIROLER ROHRE GmbH  
A-6060 Hall in Tirol  
Innsbrucker Straße 51  
Tel.: +43 (0)5223 503 0  
Fax: +43 (0)5223 436 19  
E-Mail: office@trm.at | www.trm.at



Bau der Druckrohrleitung für das Kraftwerk Kanzingbach

\*) Nach ZEK Hydro 04/2014 mit Ergänzungen und neuen Projekten durch TRM.

## Firmennachrichten



### Fill baut Innovations- und Kundencenter für Mechatronik Spatenstich für die nächste Ausbaustufe am Firmenstandort in Gurten. 16 Millionen Euro werden aus eigener Kraft investiert.

Fill Maschinenbau setzt seine Investitionsoffensive im Innviertel fort. Am 31. Juli erfolgte der Spatenstich für das Innovations- und Kundencenter in Gurten. Mit einem Investitionsvolumen von rund 16 Millionen Euro werden in den nächsten zwei Jahren ein globaler Meetingpoint für die Welt der Mechatronik und 150 neue Arbeitsplätze bei Fill geschaffen. Ein klares Bekenntnis zur Region Innviertel und zum Firmenstandort Gurten.

Das Innviertler Familienunternehmen Fill Maschinenbau investiert 16 Millionen Euro in die Errichtung eines hochmodernen Innovations- und Kundencenters. Finanziert wird vollständig aus eigener Kraft. Der Spatenstich erfolgte am 31. Juli. Die Bauarbeiten sollen bis zum 50. Gründungsjubiläum im Juni 2016 vollständig abgeschlossen sein. Dadurch werden in den nächsten Jahren 150 neue Arbeitsplätze bei Fill entstehen. Die Errichtung des innovativen Meetingpoints der internationalen Welt der Mechatronik stellt einen weiteren Meilenstein in der Firmengeschichte dar.

#### Wachstum absichern

„Um den ständig wachsenden Qualitätsanforderungen unserer Kunden weltweit gerecht zu werden und unsere führende Rolle als innovatives Maschinenbau-Unter-



nehmen weiter auszubauen, investieren wir kontinuierlich in die Infrastruktur unseres Stammwerkes in Gurten“, sagt Geschäftsführer und Eigentümer Andreas Fill. Im neuen Innovations- und Kundencenter werden Innovation, Meinungsaustausch und Vernetzung im Mittelpunkt stehen.

Neben 150 modernsten Arbeitsplätzen wird das Fill Innovations- und Kundencenter mit mehreren Schulungs- und Konferenzräumen mit neuester Medien- und Kommunikationstechnologie ausgestattet sein. Ein sich über zwei Etagen erstreckendes Auditorium wird als Treffpunkt der internationalen Fachwelt verschiedenster Industriebereiche dienen. Vorträge, Schulungen und Veranstaltungen werden dort abgehalten werden.

Die Bruttogrundfläche des neuen Innovations- und Kundencenters beträgt rund 4.500 m<sup>2</sup>. Das moderne, lichtdurchflutete Gebäude wird über 1.100 m<sup>2</sup> Glasflächen verfügen und eine angenehme, offene Atmosphäre ausstrahlen. Überwiegend Unternehmen aus der Region werden die Bauarbeiten ausführen. Die Beheizung erfolgt umweltfreundlich durch das sich in unmittelbarer Nähe befindliche Biomasseheizwerk.

Fertigstellungstermin ist Juni 2016, anlässlich des 50-jährigen Bestehens von Fill Maschinenbau.

Quelle: Fill Mediaservice  
v. 6. August 2014

Mehr Informationen unter:  
[www.fill.co.at](http://www.fill.co.at)



### Robuste Kernbüchsen durch Simulation

Wie kein anderer Fertigungsprozess in der Gießerei ist die erfolgreiche Kernfertigung auf das Fachwissen der Kernmacher und Werkzeugbauer angewiesen. Kernbüchsen werden nach gängiger Praxis aufgrund von Erfahrungen ausgelegt. Es gibt daher kaum feste Re-

geln. Die anschließende Kernherstellung wird von der Funktionsweise des Werkzeugs, von der Arbeitsweise der Maschine und deren Einstellparameter sowie von den Sandeigenschaften geprägt.

Der reale Prozess mit seinen vielfältigen Einflussgrößen erlaubt we-

nig Einblick und ist messtechnisch nahezu unzugänglich. Typische Freiheitsgrade im Werkzeug sind die Kernanordnung, die Positionierung von Schieß- und Entlüftungsdüsen, aber auch die Dichtheit des Werkzeugs in der Teilungsebene. Maschinenparameter wie Druck-

aufbau im Schießkopf sowie die Eigenschaften der Sandmischung beeinflussen die Kernherstellung erheblich. Bei Fertigungsproblemen erproben die Fachleute Abhilfemaßnahmen nach bestem Wissen.

Aus diesem Grund ist die Bewertung von Fehlerursachen schwierig. Bei Prozessänderungen kann der Erfolg erst nach erneutem Versuch bewertet werden. Mögliche Ände-

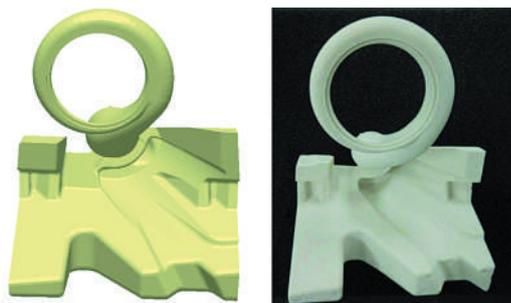
rungen erfolgen dann am Werkzeug, an den Maschineneinstellungen und der Sandaufbereitung.

Die Simulation der einzelnen Fertigungsschritte, Kernschießen und Aushärtung, ermöglicht detaillierte Einblicke in den Prozess und die ablaufenden Vorgänge. Die Konstruktionsqualität von Kernbüchsen und die Fertigungsparameter können frühzeitig bewertet

werden. Das praktische Fachwissen im Werkzeugbau und in der Kernmacherei wird um Prozessverständnis erweitert und ermöglicht schnellere und sichere Entscheidungen. Der Einsatz der Prozesssimulation trägt bereits in der Konstruktionsphase von Gussteil und Kernbüchse wesentlich dazu bei, insbesondere werkzeugbedingte Fehler zielsicher zu vermeiden.



**1**  
Kernfehler, hohe Ausschussrate, schwer beherrschbarer Prozess: Was läuft falsch? Die Simulation ermöglicht die Analyse der Fehlerursache.



**2**  
Qualitätsgerechte Kerne nach simulationsgeführter Werkzeugänderung. Aufwändige und kostenintensive Werkzeugänderungen wurden vermieden.



**3**  
Lokaler Sandanteil in einem Turboladerkern während des Kernschießens.

**Kontaktadresse:**

MAGMA Gießereitechnologie GmbH  
D-52072 Aachen | Kackertstraße 11 | Tel.: +49 (0)241/88901-74  
E-Mail: k.thews@magmasoft.de | www.magmasoft.de

Quelle: Presseaussendung v. 25.06.2014



**Erster Ofen der neuen ZPF GmbH bewährt sich im Metallwerk Friedrich Deutsch in Innsbruck**

Bessere Energiewerte, weniger Chargiervorgänge



Sparsame, umweltfreundliche Aluminiumschmelztechnik war von der Gründung an der Schwerpunkt der ZPFtherm Maschinenbau GmbH. Seit November 2013 werden die erprobten und über die Jahre stetig verbesserten Schmelzöfen jetzt unter dem Dach der ZPF GmbH produziert. Die erste Anlage konnte schon im Februar ausgeliefert werden und ging nicht ganz zufällig an ein Unternehmen, das auch noch immer sechs Öfen der ersten Generation von 1993 nutzt: Die Metallwerk Friedrich Deutsch GmbH, Marktführer für Skikanten und ein bedeutender Zulieferer der Automobilindustrie, hatte sich aufgrund der jahrelangen Erfahrungen und der Zufriedenheit mit der Ofentechnik aus Siegelsbach entschieden, auch mit der neuen ZPF

zusammenzuarbeiten. Inzwischen läuft die Anlage im Vollbetrieb und hat sich bereits als besonders wirtschaftlich erwiesen.

Bekannt ist das Metallwerk Friedrich Deutsch in Innsbruck vor allem für seine teils einbaufertig geformten Stahlkanten für die Ski- und Sportindustrie. Daneben fertigt der Betrieb aber auch Aluminium-Druckgussteile für alle namhaften Autohersteller Europas, pro Jahr werden mehrere Tausend Tonnen Material geschmolzen. Bislang arbeiteten hierfür sechs Schmelz- und Warmhalteöfen von ZPF therm im 24-Stunden-Dauerbetrieb. „Aus Kapazitätsgründen wurde allerdings eine Erweiterung notwendig“, berichtet Hubert Tilg, Bereichsleiter der Abteilung Druckguss. „Da wir mit den bestehenden

Öfen absolut zufrieden waren und sie auch ein sehr gutes Preis-Leistungs-Verhältnis bieten, war klar, dass wir uns wieder für ZPF entschieden.“ Hinzu kam, dass das Metallwerk aufgrund seiner Vertrautheit mit diesen Schmelzanlagen auch bei dem neuen Ofen die Wartungen weiterhin zum Großteil selbst durchführen kann.

Innerhalb von nur drei Monaten wurde die benötigte Anlage im baden-württembergischen Siegelsbach gefertigt und ausgeliefert. Installiert wurden ein Aluminiumschmelzofen mit 1.500 kg/h Schmelzleistung und 5.000 kg Warmhaltebad, eine daran angeschlossene Chargiermaschine sowie ein 17“-Filterofen zum Reinigen des Flüssigmetalls. „Durch seine Größe liefert der neue Schmelz-



Die Schmelzöfen von ZPF sind auf größtmögliche Energieeffizienz ausgelegt, um die Betriebskosten und die Emissionswerte niedrig zu halten. Auch die Anlage bei Deutsch zeichnet sich dank ihrer Größe und ihrer großen Chargiermaschine durch eine hohe Wirtschaftlichkeit aus.

Quelle: ZPF GmbH

„offen noch bessere Energiewerte und ist dadurch noch wirtschaftlicher als die älteren Systeme“, so Tilg. „Zudem muss durch die größere Chargieranlage nicht so häufig beschickt werden, was den Energieverbrauch senkt und die Leistung erhöht.“

### Energiesparend und abgasarm durch spezielle Bauform

Generell ist die Ofentechnik von ZPF auf einen möglichst niedrigen Energieverbrauch ausgelegt und nutzt dazu das Prinzip des umgekehrten Abgasstromes. Dabei werden die heißen Rauchgase aus dem Schmelzprozess nicht sofort ausgeschieden, sondern gezielt so durch das Ofeninnere geführt, dass ihre Hitze zum Warmhalten des erschmolzenen Aluminiums genutzt wird.

Zusätzlich fungiert die Brennkammer aus Spezialbeton nicht nur als Trennschicht zwischen dem aggressiven Flüssialuminium und der Außenhülle, sondern verringert auch als Isolierung die Wärmeabstrahlung nach außen und wirkt als Energiespeicher, wodurch eine konstante Temperierung des Innenraums erleichtert wird. Zusammen mit der Abgasführung wird so ein sehr geringer Brennstoffbedarf erreicht, was den Ofen besonders effizient und umweltfreundlich macht. Gleichzeitig



führt der längere Weg der Gase innerhalb der Schmelzanlage zu niedrigeren Emissionswerten, da nahezu alle Schadstoffe bei über 800 °C gewissermaßen nachverbrannt werden. Dadurch können die ZPF-Anlagen ohne Abgasfilter eingesetzt werden.

Darüber hinaus wirkt sich die Technik aber auch auf Schmelzqualität und Wartungsaufwand aus: Das Verbleiben der Abgase im Ofeninneren erzeugt einen geringfügigen Überdruck, der ein Eindringen von zusätzlichem Sauerstoff verhindert. Somit lässt sich die unerwünschte Reaktion von Sauerstoff und Aluminium auf sehr niedrigem Niveau halten, die zur Korundbildung in der Schmelze und an den Innenwänden führen würde. Auf diese Weise wird sowohl ein hoher Reinheitsgrad des Flüssialuminiums erzielt, als auch Schädigungen der Ofenwände und damit der Aufwand zur Neuzustellung der Anlagen reduziert.

### Auftrag führt langjährige Partnerschaft fort

Seit der Inbetriebnahme im Februar läuft der Schmelzofen ohne Probleme im Vollbetrieb. „Wir hatten schon einen der ersten – wenn nicht den ersten – Ofen der früheren ZPF therm, der übrigens heute noch im Einsatz ist. Und wir werden auch weiterhin sehr eng mit

**Die Metallwerk Friedrich Deutsch GmbH** wurde 1947 mit dem Schwerpunkt Schweißtechnik in Innsbruck gegründet. 1957 begann der Betrieb mit der Produktion von Metallkomponenten für die Ski- und Sportartikelbranche, in der das Unternehmen heute marktführend ist. Daneben wurde das Segment Aluminium-Druckguss aufgebaut, das inzwischen anspruchsvolle Bauteile für die gesamte europäische Automobilindustrie liefert. Das Metallwerk beschäftigt in beiden Bereichen insgesamt rund 250 Mitarbeiter.

**Die ZPF GmbH** ging 2013 aus der 1993 gegründeten ZPF therm Maschinenbau GmbH hervor und legt – wie der Vorgängerbetrieb – seinen Schwerpunkt auf die Entwicklung und Konstruktion hocheffizienter Aluminiumschmelzöfen. Daneben umfasst das Produktspektrum auch Späneschmelz- und Warmhalteöfen. Die Anlagen werden im Werk im baden-württembergischen Siegelsbach produziert und soweit möglich bereits vormontiert an metallverarbeitende Unternehmen weltweit geliefert.

ZPF zusammenarbeiten“, erklärt Michael Deutsch, Geschäftsführer des Metallwerks Friedrich Deutsch. „ZPF ist ein Partner mit wahrer Handschlagsqualität, mit dem man durch alle Höhen und Tiefen gehen kann. Durch die neuen Eigentümer ist dieses Vertrauen sogar noch weiter gestiegen.“ Das Unternehmen denkt bereits darüber nach, mittelfristig zur Erhöhung der Ausfallsicherheit noch einen weiteren Ofen zu ordern.

Quelle: Mitteilung Pressebüro B. Gebhardt-Seele v. 24. Juli 2014

### Kontaktadressen:

Metallwerk Friedrich Deutsch GmbH  
A-6020 Innsbruck  
Archenweg 40 | Postfach 272  
Tel.: +43 (0)512 33515  
Fax: +43 (0)512 33515-55  
E-Mail: office@metalldeutsch.com  
www.metalldeutsch.com

ZPF GmbH  
D-74936 Siegelsbach | Petersäcker 4-6  
Tel.: +49 (0)7264 9597-0  
Fax: +49 (0)7264 9597-19  
E-Mail: info@zpf-gmbh.de  
www.zpf-gmbh.de


**Mitglieder-  
informationen**

## Neue Mitglieder – Ordentliche (persönliche) Mitglieder

Dipl.-WirtschaftsIng. **Florian Piehler**, Technischer Projektleiter, MWS Friedrichshafen GmbH, D-88045 Friedrichshafen, Colmanstraße 25 Privat: D-88045 Friedrichshafen, Margaretenstraße 45

## Personalia – Wir gratulieren zum Geburtstag

Herrn Dipl.-Ing. **Andreas Güll**, Geschäftsführer der Georg Fischer GmbH Mettmann, D-40822 Mettmann, Flurstraße 14–17, **zum 50. Geburtstag** am 15. Oktober 2014.



Herrn **Alois Wagner**, A-5020 Salzburg, Kirchenstraße 46, **zum 85. Geburtstag** am 3. November 2014.

1929 in Salzburg geboren, war Alois Wagner nach seiner schulischen Ausbildung zunächst in einem pharmazeutischen Unternehmen tätig und wechselte im Mai 1957 zur Firma Franz Oberascher & Co., Eisen- und Metallgießerei in Salzburg-Kasern. Er war dort in leitender Position, zuletzt als Prokurist bis zu seiner Pensionierung im Jahre 1992 tätig.

Mitglied des Vereins Österreichischer Gießereifachleute ist Herr Alois Wagner seit 2002.



Herrn Dipl.-Ing. Dr. techn. **Peter Israiloff**, A-1030 Wien, Custozzagasse 8/8, **zum 70. Geburtstag** am 7. November 2014.

Geboren in Wien, absolvierte Peter Israiloff nach Volks- und Hauptschule die Höhere Abteilung für Betriebstechnik am Technologischen Gewerbemuseum in Wien im Jahre 1963 mit Auszeichnung. Nach kurzer Tätigkeit als Arbeitsvorbereiter bei den Siemens-Schuchert Werken in Wien und Ableistung des Präsenzdienstes begann er mit dem Studium der Technischen Physik an der Technischen Hochschule Wien, das er auf Basis einer Diplomarbeit „Über die Ursachen der Kornverfeinerung durch mechanische Beeinflussung erstarrender Metallschmelzen“ 1972 beendete. Die anschließende Dissertation über „Strukturchemische Untersuchungen an Germaniden und Siliciden von Übergangsmetallen“ führte zur Aufklärung der Struktur bislang unbekannter intermetallischer Verbindungen mit Riesenzellen und gipfelte in der Promotion 1974. Während der gesamten Studienzeit war Peter Israiloff berufstätig: zunächst vier Jahre als Assistent am TGM (Abteilung Silikatechnik), aufgrund welcher er die Standsbezeichnung „Ingenieur“ erlangte, danach als Sachbearbeiter und später als Patentanwaltsanwärter in der ehemaligen Patentanwaltskanzlei Dipl.-Ing. Hamburger. Diese Kanzlei hat er nach Ablegung der österreichischen Patentanwaltsprüfung und nach dem Tod von Dipl.-Ing. W. A. Hamburger weitergeführt. Seit 1997 ist er Partner in der Patentanwälte OG Barger, Piso & Partner. Abgesehen von der österreichischen Vertretungsbefugnis auf dem Gebiet des gewerblichen Rechtsschutzes ist er auch zugelassener Vertreter beim Europäischen Patentamt (München) sowie beim Harmonisierungsamt für den Binnenmarkt für Marken, Muster und Modelle (Alicante). Für die Erwirkung einer Grundsatzentscheidung des Europäischen Gerichtshofes (Große Kammer), derzufolge Abzeichen, Embleme etc. von wohlthätigen Vereinen Markenschutz genießen können, wurde ihm 2008 der Großstern des Radetzky Ordens verliehen.

Neben seiner Anwaltstätigkeit begann Dr. Peter Israiloff 1972 auch zu unterrichten: zunächst am Bun-

desgymnasium Schwechat und an der Höheren Technischen Bundeslehranstalt Wien IV (jetzt Wien III, Rennweg), danach ab 1976 an der HTBL Wien 10, Ettenreichgasse 54 (vormals Pernerstorfergasse 81–83), deren Leitung er 1987 übernahm. Für die im Bereich des österreichischen berufsbildenden Schulwesens erbrachten Leistungen wurde Direktor Dr. Peter Israiloff 1995 mit dem Berufstitel Hofrat ausgezeichnet.

Mit Wirksamkeit vom 1. Dezember 2009 trat Dr. Peter Israiloff als Schulleiter der HTBL Wien 10 in den Ruhestand. Für sein langjähriges erfolgreiches Wirken im österr. Schulwesen wurde er 2011 mit dem Großen Ehrenzeichen für Verdienste um die Republik Österreich ausgezeichnet.

Seine Tätigkeit als österreichischer Patentanwalt und European Patent, Trademark und Design Attorney übt er aber weiterhin aus.

PA HR Dir. Dr. Peter Israiloff ist seit 1987 Mitglied des Vereins Österreichischer Gießereifachleute.



Herrn Dr.-Ing. **Rolf Gosch**, A-4600 Thalheim, Amselweg 5, **zum 70. Geburtstag** am 25. November 2014.

Geboren in Eckernförde/D, wuchs Rolf Gosch auch dort auf und schloss das Gymnasium mit dem Abitur ab. Nach zweijähriger Dienstzeit bei der Bundeswehr, Pflichtpraktikum und Gesellenprüfung begann er das Allgemeine Maschinenbaustudium an der TU Braunschweig mit Vertiefungsrichtung Werkstoffkunde, Herstellungsverfahren und Schweißtechnik. Nach dem Diplomabschluss folgten 6 Jahre als wissenschaftlicher Assistent am gleichnamigen Hochschulinstitut. Thema seiner Promotion waren Diffusions- und Lösungsvorgänge von Wasserstoff unter hohem Druck in Reineisen.

Sein Berufseinstieg erfolgte dann in der Räderfertigung der Mannesmann Kronprinz AG, deren Leichtmetallräderproduktion er in verantwortlicher Position auf- und aus-

baute. Von 1987 bis 1990 war Dr. Rolf Gosch als Werksleiter verantwortlich für eine Kundengießerei mit Sand-, Kokillen- und Druckguss der AluTeam/AMAG-Gruppe am Standort Gießen. In seiner Verantwortung lag auch die Entwicklung des PreCoCast-Gegendruckgießverfahrens am Standort Düren. 1990 wechselte er zur Gießerei Mandl&Berger in Linz/Österreich mit damaligem Eigentümer Eisenwerk Brühl, später VAW und Hydro Aluminium. Heute gehört das Unternehmen als Nemak Linz GmbH zu der global operierenden Giessereigruppe Nemak. Dr. Rolf Gosch hat dieses Unternehmen, das auf Zylinderköpfe und Motorblöcke spezialisiert ist, als Geschäftsführer bis zum Jahr 2002 maßgeblich im Hinblick auf Leistungsfähigkeit, Wachstum und moderne Technologien weiterentwickelt. Weiters war er für die Produkt- und Prozessentwicklung der Dauerformverfahren in der Unternehmensgruppe verantwortlich, ebenso wie für die Anbahnung globaler Technologiepartnerschaften. Basierend auf den Erfahrungen dieser vielfältigen Verantwortungen folgten dann Aktivitäten im Advanced Engineering in enger Zusammenarbeit mit den Entwicklungsabteilungen der Kunden. Von 2009 bis Mitte 2012 übernahm er aus einer besonderen Situation heraus noch einmal operative Verantwortung für die Produkt- und Prozessentwicklung. Derzeit konzentrieren sich die Aktivitäten – allerdings bei schon reduziertem Arbeitspensum – auf die Förderung und Umsetzung von Innovationen, um so zur Zukunftssicherung der Unternehmensgruppe beizutragen. Somit schließt sich nun

ein wenig der Kreis, nämlich dass während all der beruflichen Tätigkeiten in operativen Verantwortungen im Hintergrund stets das Interesse an Innovation präsent war und diese bei ihrer Umsetzung tatkräftig unterstützt wurde.

Seit 2001 ist Dr.-Ing. Rolf Gosch Mitglied des Vereins Österreichischer Gießereifachleute; von 2002 bis 2013 war er auch Vorstandsmitglied des VÖG.



Herrn Dipl.-Ing. Dr. mont. **Gerhard Heck**, A-8160 Weiz, Landscha 53, zum **65. Geburtstag** am 26. November 2014.

1949 in Leoben geboren, absolvierte Gerhard Heck seine gesamte schulische Ausbildung in seiner Heimatstadt Leoben. Nach dem Studium an der Montanuniversität Leoben, Fachrichtung Hüttenwesen, war er Universitätsassistent am Institut für Metallkunde und Werkstoffprüfung. Es folgte eine siebenjährige Tätigkeit als Laborleiter bei der Elin-Union in Weiz. 1987 wechselte er als Abteilungsleiter Qualitätswesen zur Andritz AG in Graz. In beiden Firmen konnte er sich neben vielen anderen Aufgaben seinen Lieblingsthemen Werkstoffprüfung und Schadensuntersuchung widmen.

Seit 1994 ist DI Gerhard Heck selbständig als Zivilingenieur und gerichtlich beeideter und zertifizierter Sachverständiger tätig und bietet seine Leistungen im Rahmen seines Ingenieurbüros für Werkstofftechnik an. Ständige Weiterbildung sowie die langjährige Zusam-

menarbeit mit nationalen und internationalen Unternehmen in den Bereichen Zerstörungsfreie Prüfung und Schadensforschung kommen nicht nur seinen Kunden, sondern auch seinen Schülern an der HTBLA in Weiz zugute. Eine positive berufliche Ergänzung bilden die Tätigkeiten als Ausbilder im Rahmen der Prüferausbildung nach EN ISO 9712, als WIFI-Lehrbeauftragter und als Sachverständiger im Akkreditierungswesen für das Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend. Im Jahre 2011 konnte Herr DI Gerhard Heck seine durch berufliche Aktivitäten unterbrochene Dissertation an der Montanuniversität erfolgreich abschließen und promovierte zum Doktor der montanistischen Wissenschaften.

Bis in das Jahr 2003 war Dr. Gerhard Heck fast 20 Jahre lang Lehrbeauftragter für Zerstörungsfreie Werkstoffprüfung an der Montanuniversität Leoben und an der Technischen Universität Graz. Nach einer mehrjährigen Unterbrechung ist er wieder als Lehrbeauftragter an der Montanuniversität tätig. Der Kontakt zu jungen Studierenden der verschiedensten Fachrichtungen war und ist sehr bereichernd und führte zu Begegnungen über die Studienzeit hinaus.

Mitgliedschaften in der Eisenhütte Österreich (ASMET), der Deutschen Gesellschaft für Materialkunde, der Österreichischen Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung, Verein Deutscher Gießereifachleute und im Verein Österreichischer Gießereifachleute sorgen für den immer notwendigen Informationsfluss sowie für fruchtbringende Kontakte und persönliche Freundschaften.

*Den Jubilaren ein herzliches Glückauf!*

**voestalpine**  
GIESSEREI TRAISEN GMBH

[www.voestalpine.com/giesserei\\_traisen](http://www.voestalpine.com/giesserei_traisen)

## Professor Dr.-Ing. Gotthard Wolf – neuer Institutsdirektor am Gießerei-Institut in Freiberg/Sa.



Nach dem Ausscheiden von Prof. Dr.-Ing. Klaus Eigenfeld im Herbst vergangenen Jahres ist die Professur Gießertechnik am Gießerei-Institut der TU Bergakademie Freiberg seit dem 01.08.2014 durch Herrn Prof. Dr.-Ing. Gotthard Wolf neu besetzt.

Gotthard Wolf hat an der RWTH Aachen studiert und arbeitete nach seiner Praxistätigkeit bei der Mahle Ventiltrieb GmbH Stuttgart viele Jahre am Institut für Gießereitechnik in Düsseldorf. Er war Hauptgeschäftsführer des Vereins Deutscher Gießereifachleute sowie Mitglied der Geschäftsführung des Bundesverbandes der

Deutschen Gießerei-Industrie. In den letzten Jahren war er Partner bei Baker Tilly Roelffs, einer international agierenden Unternehmensberatung. Seine bisherige Lehrtätigkeit erstreckte sich auf die Fachhochschule Düsseldorf, die Universität Duisburg-Essen sowie die AGH Krakau.

„Der ausschlaggebende Punkt für die Annahme des Rufes an die Bergakademie Freiberg waren die außergewöhnlich guten Rahmenbedingungen für die Lehre und Forschung auf dem Gebiet der Gießereitechnik“, erklärt Prof. Gotthard Wolf. Auch das Konzept einer engen Vernetzung der einzelnen Forschungsgebiete innerhalb der Fakultät und Universität habe den 56-Jährigen überzeugt. Prof. Wolf freut sich, an der Berg-

akademie auf praxisnahe Spitzenforschung auf dem Gebiet der Gießereitechnik, die dank der vorhandenen Infrastruktur, insbesondere der renovierten und bestens ausgestatteten Instituts- und Laborgebäude und einem sehr guten Versuchstechnikum, beste Voraussetzungen hat.

Prof. Wolfs Forschungsschwerpunkt wird insbesondere auf innovativen Prozesstechniken und auf der Optimierung von Gießereiprozessen liegen; in der Lehre sind es die Gießerei-Prozesstechnik und die Fabrikplanung. Dabei wird es besonders um die Energie- und Materialeffizienz in Gießereien gehen – ein Problem, mit dem die ganze Branche zu kämpfen hat. Eng verknüpft ist damit auch das Thema Prozessautomatisierung.

**Der VÖG gratuliert herzlichst zur ehrenvollen Berufung und wünscht viel Erfolg in Lehre und Forschung!**

## Bücher und Medien



### Feinguss

**Herstellung – Eigenschaften – Anwendung (BDG-Sonderheft)**



Neben einer großen Legierungs- und Werkstoffvielfalt, die kaum mit anderen Fertigungstechniken erzielbar ist, besticht das Feingießen durch seine Verfahrensvielfalt. Neben der herkömmlichen Technik mit Ausschmelzmodellen und keramischen Maskenformen auf hochproduktiven Anlagen kommt eine Vielzahl

moderner Rapid-Prototyping- und Rapid-Manufacturing-Techniken zum Einsatz. Die damit mögliche modelllose Fertigung ermöglicht neue Anwendungsgebiete in bisher nicht wirtschaftlich realisierbaren kleinen Seriengrößen.

Für in kleinen Stückzahlen schnell verfügbare Prototypengussteile wird das Quick-Cast-Verfahren genutzt, wo werkzeuglos gefertigte Stereolithographie-Ausschmelzmodelle zum Einsatz kommen. Im Thermo-Jet-Druckverfahren lassen sich ebenfalls komplizierte Ausschmelzmodelle für das Feingießen ohne Werkzeug herstellen. Einsatz finden aber auch lasergesinterte Modelle und nach anderen generativen Verfahren gefertigte Modelle zum direkten Einsatz als Ausschmelzmodell und als Ausschmelzmodellform, wo auf indirektem Weg im Werkzeug die Modelle gefertigt werden, womit sich vor allem größere Stückzahlen in der Vorserienfertigung wirtschaftlich herstellen lassen. Alle diese Verfahren haben zum Ziel, die Gussfertigung schnellstmöglich und auch im kleinen Stückzahlbereich (bis etwa 50 Gussteile) wirtschaft-

lich und flexibel realisieren zu können.

Feigussteile bestechen durch ihre glatte und homogene Oberfläche, eine hohe Maßgenauigkeit und einen sehr hohen Freiheitsgrad bei der Gestaltgebung. Im Feinguss lassen sich heute Bauteile von wenigen Gramm bis über 100 kg fertigen, die auch unter extremen Bedingungen, wie in der Luft- und Raumfahrt, erfolgreich eingesetzt werden. Die Werkstoffpalette überstreicht alle metallischen Werkstoffe, die technisch genutzt werden, von den Edelmetallen über die Eisenwerkstoffe, Kupfer-, Titan- und Aluminiumlegierungen bis zu den hochlegierten Stählen und sogenannten Superlegierungen.

**Auf der technischen Website des BDG [www.kug.bdguss.de](http://www.kug.bdguss.de) ist unter der Rubrik „Publikationen“ ein kostenfreier Download des Sonderheftes über Feinguss möglich.**

**Bezugsadresse:**

Bundesverband der Deutschen Gießerei-Industrie, Fr. Ursula Sieber  
D-40549 Düsseldorf, Hansaallee 203,  
Tel.: +49 (0)211 6871-223  
E-Mail: [ursula.sieber@bdguss.de](mailto:ursula.sieber@bdguss.de)  
[www.kug.bdguss.de](http://www.kug.bdguss.de)

# ROBUSTE ENTSCHEIDUNGEN !



Gießen ist ein anspruchsvolles und variantenreiches Verfahren. Vom Design bis zur Fertigung sind viele Prozessschritte und Einflussgrößen zu beherrschen und gezielt zu optimieren.

Rechnerische Simulation weist in Verbindung mit Ihrem Know-how den Weg zu robusten, wirtschaftlichen Entscheidungen.

MAGMA GmbH  
Kackertstraße 11  
D-52072 Aachen  
Telefon +49 241 88 901-0  
Fax +49 241 88 901-60  
info@magmasoft.de  
www.magmasoft.de

**MAGMA**  
Committed to Casting Excellence



Eine starke Mannschaft.



Der Weltmarktführer  
im Motorenguss

Effizient.  
Innovativ.  
Nachhaltig.

