

# Giesserei Rundschau

Organ des Vereines Österreichischer Gießereifachleute,  
des Fachverbandes der Gießereiindustrie und des Österreichischen Gießerei-Institutes

48. Jahrgang

September/Oktober 2001

Heft 9/10

A S H

## ASHLAND SÜDCHEMIE HANTOS GmbH.

LIEFER- UND ERZEUGUNGSPROGRAMM:

- COLD-BOX-BINDER FÜR AL, GG, GS
- PER-SET-BINDER FÜR AL, GG, GS
- NOVA-CURE UND NOVA-SET-BINDER
- HOT-BOX-BINDER FÜR JEDE GUSSART
- FURAN-HARZE UND SCHNELHÄRTER
- WASSERGLASBINDER u. ESTERHÄRTER
- NOVANOL 132-140
- ALKOHOL- UND WASSER-SCHLICHTEN  
SPEZ.-VERDÜNNUNG f. ALKO-SCHLICHTEN  
ADDITIVE; EISENOXYD
- BENTONITE-GEKO-VOLCLAY
- GLANZKOHLENSTOFFBILDNER
- ECOSIL – ECOSIL 30

IHR VERLÄSSLICHER PARTNER FÜR GIESSEREIPRODUKTE!

**ASHLAND SÜDCHEMIE-HANTOS GES.M.B.H.**  
MEMBER OF THE ASHLAND-SÜDCHEMIE GROUP

ERZEUGUNG CHEMISCH-TECHNISCHER ARTIKEL FÜR GIESSEREIEN

1222 WIEN, HIRSCHSTETTNER STRASSE 15-17

TELEFON 01/203 63 77

TELEFAX 01/203 63 77/85

E-MAIL: ASHLAND.SUEDCHEMIE@NET4YOU.AT



# FUNKTIONELLE LÖSUNGEN ZU IHREM VORTEIL

## zentriert

- sicheres Aufstecken der THERMO-Speiser auf die Aufformdorne
- schneller, wirtschaftlicher

## fluorarm

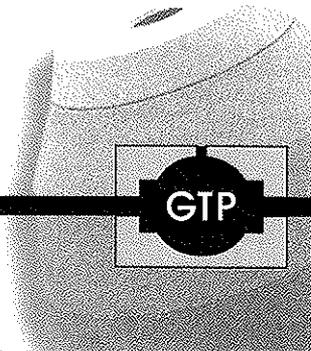
- Fluor-Gehalt bis zu 50% reduziert
- verringerte Fluor-Anreicherung im Formsand
- verbesserte Gussoberfläche
- kostenneutral

## punktuell

- PUNKT-Speiser für kleinste Aufsatzflächen
- keine Sonderbrechkerne

## fluorfrei

- fehlerfreie Gussoberfläche
- keine Fluor-Anreicherung im Formsand
- verbesserte Deponiefähigkeit des Formsandes



**GTP SCHÄFER**

GIESTECHNISCHE PRODUKTE GMBH

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

## In eigener Sache:

### Wechsel im Verlag Lorenz

Nach 20-jähriger Tätigkeit im Verlag Lorenz, davon 15 Jahre in der Geschäftsführung, beendet Gertraud Kosicek mit 1. Dezember ihre berufliche Laufbahn und tritt in den sogenannten Ruhestand ein. Wer Gertraud Kosicek kennt, weiß allerdings, dass „Ruhestand“ in ihrer Lebensführung schon bisher keinen Platz hatte und, angesichts zahlreicher Pläne und Aufgaben im Kreis ihrer Großfamilie, auch weiterhin nicht haben wird.

Welche Aufgaben auch immer die „Traude“ in den vielen Jahren im Verlag Lorenz übernommen hat, ein „geht nicht“ oder „schaff‘ ich nicht“ war von ihr so gut wie nie zu hören. Sie war immer mit Herz und Hirn dabei, strahlte Selbstvertrauen und Zuversicht aus, zeigte aber auch die nötige Gelassenheit im hektischen Verlagsgeschäft.

Gertraud Kosicek hat nicht nur „ihre“ Zeitschrift die „Keramische Rundschau“ mit großem Engagement gelenkt und geleitet, sondern sich auch laufend um alle anderen 12 Medien des Verlags gekümmert. Wo und wann immer es notwendig war, hat sie zugepackt, sei es in der Redaktion, im Anzeigengeschäft, in Verwaltung und Vertrieb oder in der EDV, welche sich unter ihrer Führung aus bescheidenen Anfängen zu einem Hochleistungsnetzwerk entwickelt hat.

Der Dank des Verlegers gilt nicht nur einer Mitarbeiterin, die immer für alle Probleme da war, sondern auch einer Mit-Unternehmerin, die ihr wirtschaftliches Denken immer wieder erfolgreich und gewinnbringend eingebracht hat. Er gilt aber vor allem auch einer langjährigen menschlichen und freundschaftlichen Verbindung, die man ruhig als „blindes Verstehen“ bezeichnen kann.

Mit 1. Dezember wird Mag. Regina Hersey nach fast dreijähriger Einarbeitung Aufgaben der Geschäftsführung von Gertraud Kosicek übernehmen. Damit ist nach Überzeugung des Verlegers eine kontinuierliche Entwicklung und ein gut vorbereiteter Übergang gewährleistet.

Christian Lorenz

Kompetent  
Flexibel  
Schnell

**ÖGI**  Österreichisches  
Gießerei-Institut

## Ihr Ansprechpartner zur Lösung gießtechnischer Problemstellungen

### F & E, Engineering, Beratung

- Metallurgie und Gießtechnik
- Sand-, Kokillen-, Druck-, Sondergießverfahren
- Gußfehlerbeurteilungen und Schadensanalysen
- Anlagen- und Ausrüstungsberatung
- Formstoffentwicklung

### Versuchsgießerei

- Induktionsschmelzanlage (5/50/150/400 kg Eisen)
- Al- sowie Mg-Schmelz- und Dosierofen (200 kg)
- Druckgießmaschine BÜHLER SC/D 53
- Luftstromimpulsformanlage
- Kernschießmaschine
- Thermisch-mechanische Formstoffregenerieranlage

### Simulation, Rapid Prototyping

- Formfüllungs- und Erstarrungssimulation
- Eigenspannungs- und Verzugsanalysen
- CAD-Datenerstellung und -aufbereitung
- LOM Modellherstellung für Ansichts- und Funktionsmodelle, Prototypenabguß

### Materialprüfungen

- Chemische Analysen
- Deponiebeurteilungen von Gießereiabfällen
- Bestimmung von Festigkeitskennwerten
- Messung thermophysikalischer Materialwerte
- Gefügebeurteilungen und -untersuchungen
- Formstoffuntersuchungen



Österreichisches Gießerei-Institut  
Verein für praktische Gießereiforschung  
Parkstraße 21, A-8700 Leoben  
Tel.: +43 3842/43101-0, Fax: +43 3842/43101-1  
E-mail: office.ogi@unileoben.ac.at  
<http://www.ogi.at>



# GIESSEREI-RUNDSCHAU

Herausgeber:

Verein Österreichischer Gießereifachleute  
Österreichisches Gießerei-Institut  
Fachverband der Gießereiindustrie

Chefredakteur:  
Direktor Komm.-Rat Dkfm. Ing. Dr. Franz Sigut  
Verlag Lorenz/Wien

# RUNDSCHAU

heute, des Fachverbandes der Gießereiindustrie  
ten Gießerei-Institutes

hr, Ausland S 764,- inkl. Porto pro Jahr – Das Abonnement  
tellung für das folgende Jahr weiter – Redaktion und Verwaltung:  
29, Telefax (01) 406 86 93, e-mail: giesserei@verlag-lorenz.at  
erlangt eingesandte Manuskripte werden nicht an den Autor  
ort: Wien, Verlagspostamt: 1010 Wien

48. Jahrgang Sept./Okt. 2001 Heft 9/10

tober 2001

Heft 9/10

## des Schließzylinders bei on Druckgießmaschinen

Inhaltsverzeichnis:

ritzin, Berlin

Artikel	Seite
Boris Nogowitzin <b>Kraft und der Kolbenhub des Schließzylinders bei der Formschließenheit von Druckgießmaschinen</b> .....	3
E. Pokora, F. Klein <b>ForCasts – Software zur Prozessentwicklung für Zink- und Aluminiumdruckguss</b> .....	9
<b>Verein Österreichischer Gießereifachleute</b> .....	17
<b>Personalialia</b> .....	18
<b>Neue Patente</b> .....	19
<b>ÖGI – Österreichisches Gießerei-Institut, Leoben</b> .....	19
<b>Impressum</b> .....	19

eine Voraussetzung zur Erzielung guter Gußqualität  
und minimaler Kraft des Schließzylinders.

Die Vorhersage und rechnerische Simulation von  
Parametern der Formschließenheit kann heute mit  
einem leistungsfähigen Computerprogramm durch-  
geführt werden. In der vorliegenden Arbeit wird eine  
Methode entwickelt, die auf der Basis des  
mathematischen Modells der Formschließenheit unter  
Berücksichtigung von Reibungsmomenten in den  
Gelenken und der gesamten Steifigkeit des  
Schließsystems verfaßt. Außerdem wurden eine Art  
und Weise für die experimentelle Bestimmung der  
gesamten Steifigkeit der Formschließenheit und  
Versuchsergebnisse für eine Druckgießmaschine mit  
6300 kN Schließkraft dargestellt.

## 2 Koordinaten von Gelenken, die Drehwinkel der Hebel und der Kolbenhub des Schließzylinders

Die feste Aufspanplatte und die Gelenkplatte der  
Formschließenheit bilden mit den vier Führungssäulen  
einen starren Rahmen, der auf einer massiven  
Maschinengrundplatte montiert ist. Die Führungssäulen  
werden von den Säulenmuttern festgehalten. Der  
Antrieb der Formschließenheit erfolgt durch einen  
hydraulischen Schließzylinder, der auf der Gelenkplatte  
fixiert wird, und seine Kolbenstange ist mit einem  
Gleitstück festgeschraubt. Die bewegliche Auf-  
spanplatte wird vom Kolben des Schließzylinders und  
vom Hebelgelenksystem angetrieben und beim  
Schließen der Druckgießform vorwärtsgefahren, bis sich  
beide Formhälften berühren. Die Kraft des  
Schließzylinders wirkt auf das Hebelgelenksystem  
weiter und bringt die Hebel in die Strecklage, bei der  
eine maximale Formschließkraft der Druckgieß-

# GIESSEREI - RUNDSCHAU

Organ des Vereines Österreichischer Gießereifachleute, des Fachverbandes der Gießereiindustrie und des Österreichischen Gießerei-Institutes

Erscheint 6mal jährlich – Bezugspreis Inland S 624,- pro Jahr, Ausland S 764,- inkl. Porto pro Jahr – Das Abonnement ist jeweils einen Monat vor Jahresende kündbar, sonst gilt die Bestellung für das folgende Jahr weiter – Redaktion und Verwaltung: 1010 Wien 1, Ebendorferstraße 10, Tel. (01) 405 66 95, 402 51 29, Telefax (01) 406 86 93, e-mail: giesserei@verlag-lorenz.at  
Nachdruck nur mit Bewilligung des Verlages gestattet. Unverlangt eingesandte Manuskripte werden nicht an den Autor zurückgeschickt. P.b.b. – Erscheinungsort: Wien, Verlagspostamt: 1010 Wien

48. Jahrgang

September/Oktober 2001

Heft 9/10

## Kraft und der Kolbenhub des Schließzylinders bei der Formschließereinheit von Druckgießmaschinen

Boris Nogowitzin, Berlin

*Koordinaten von Gelenken, die Drehwinkel der Hebel und der Kolbenhub des Schließzylinders. Kraft des Schließzylinders und die Reaktionskräfte an den Gelenken. Berechnung von Parametern der Formschließereinheit. Versuchsergebnisse der gesamten Steifigkeit der Formschließereinheit.*

### 1 Einleitung

Mit dem Wunsch nach geringeren Fertigungstoleranzen und kürzeren Fertigungszeiten des Gußstücks steigen die Anforderungen an Präzision und Ausrüstung der modernen Druckgießmaschine. Ein wichtiger Mechanismus der Druckgießmaschine ist die Formschließereinheit, die wesentlich dazu beiträgt, eine gleichmäßige Gußqualität zu gewährleisten.

Die Formschließereinheit dient zur Verschiebung der beweglichen Formhälfte beim Öffnen und Schließen der Druckgießform und zur Erzeugung der Zuhaltkraft während des Gießens. Die gebräuchliche formschlüssige Zuhaltung ist auf dem Doppelkniehebel-Gelenksystem aufgebaut. Dieses System ist seit langer Zeit bekannt, gilt überall als bestes Schließsystem und wird heute bei den meisten Druckgießmaschinen angewandt.

Bei der Projektierung der Formschließereinheit ist es nötig, eine Schließkraft der Druckgießmaschine, einen extrem großen Hub der beweglichen Aufspannplatte, einen lichten Abstand zwischen den Führungssäulen und eine größte und kleinste Formhöhe zu garantieren. Von diesen wichtigsten technischen Daten hängen die Größe des Hebelgelenksystems, die Kolben- und Kolbenstangendurchmesser und der Kolbenhub des Schließzylinders ab. Die hohe Steifigkeit der kraftübertragenden Bauteile des gesamten Schließsystems ist außerdem

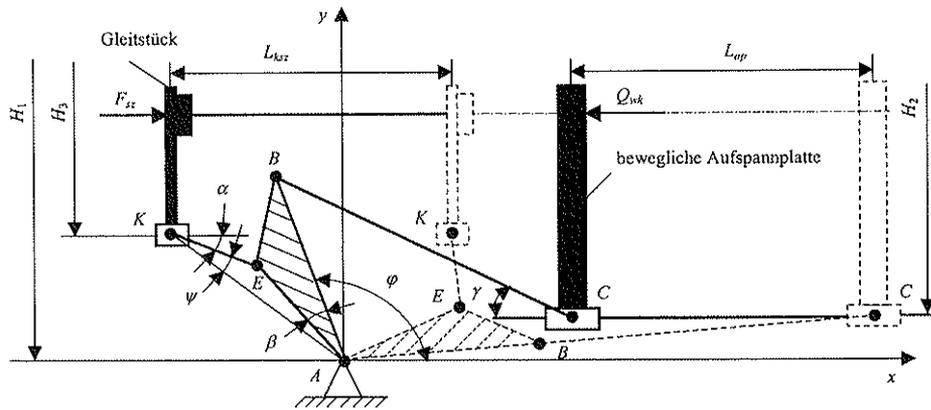
eine Voraussetzung zur Erzielung guter Gußqualität und minimaler Kraft des Schließzylinders.

Die Vorhersage und rechnerische Simulation von Parametern der Formschließereinheit kann heute mit einem leistungsfähigen Computerprogramm durchgeführt werden. In der vorliegenden Arbeit wird eine Methode entwickelt, die auf der Basis des mathematischen Modells der Formschließereinheit unter Berücksichtigung von Reibungsmomenten in den Gelenken und der gesamten Steifigkeit des Schließsystems verfaßt. Außerdem wurden eine Art und Weise für die experimentelle Bestimmung der gesamten Steifigkeit der Formschließereinheit und Versuchsergebnisse für eine Druckgießmaschine mit 6300 kN Schließkraft dargestellt.

### 2 Koordinaten von Gelenken, die Drehwinkel der Hebel und der Kolbenhub des Schließzylinders

Die feste Aufspannplatte und die Gelenkplatte der Formschließereinheit bilden mit den vier Führungssäulen einen starren Rahmen, der auf einer massiven Maschinengrundplatte montiert ist. Die Führungssäulen werden von den Säulenmuttern festgehalten. Der Antrieb der Formschließereinheit erfolgt durch einen hydraulischen Schließzylinder, der auf der Gelenkplatte fixiert wird, und seine Kolbenstange ist mit einem Gleitstück festgeschraubt. Die bewegliche Aufspannplatte wird vom Kolben des Schließzylinders und vom Hebelgelenksystem angetrieben und beim Schließen der Druckgießform vorwärtsgefahren, bis sich beide Formhälften berühren. Die Kraft des Schließzylinders wirkt auf das Hebelgelenksystem weiter und bringt die Hebel in die Strecklage, bei der eine maximale Formschließkraft der Druckgieß-

\* Prof. Dr.-Ing. B. Nogowitzin, Berlin, D-10557



**Bild 1:** Schema der Formschließereinheit mit dem Kniehebel – Gelenksystem in der Anfangs- und Endlage

maschine erzeugt. Zu diesem Zeitpunkt werden die Führungssäulen auf Zug und die Hebel auf den Druck beansprucht. Die automatische Regulierung der Formschließkraft erfolgt nach Maßgabe der gemessenen Dehnung oder Spannung der Führungssäulen.

Der Kolben im Schließzylinder läuft meist mit einer zweistufigen Geschwindigkeitssteuerung, bei der die bewegliche Aufspannplatte mit der Formhälfte zunächst rasch bis auf einen geringen Spalt zwischen den Formhälften zufährt, und dann aber am Ende der Bewegung der Aufspannplatte schließt die Druckgießform sich mit langsamer Geschwindigkeit. Diese Steuerung gestattet die Schlagbeanspruchung am Ende des Formschließens zu vermeiden und die Zykluszeit zu verkleinern. Durch eine Differentialschaltung des Schließzylinders kann man relativ geringen Flüssigkeitsstrom im Antrieb für größeren Teil des Kolbenhubes sichern.

**Bild 1** zeigt die schematische Anordnung der Formschließereinheit mit dem Hebelgelenksystem einer Druckgießmaschine in der Anfangs- und Endlage, auf dem mit den Buchstaben A, B, C die großen Gelenke und mit den Buchstaben E, K die kleinen Gelenke der Hebel bezeichnet wurden. Der Anfang des orthogonalen Koordinatensystems fällt mit dem Gelenk A des Kniehebels ABE und der Gelenkplatte zusammen, und die Koordinatenachse x ist parallel zur Symmetrieachse der Formschließereinheit gezogen. Das gleiche mechanische Aufbau ist unabhängig von der Druckgießmaschinegröße und nach dem Ähnlichkeitsprinzip ausgeführt, das eine optimale Lösung anstreben.

In der Regel soll der Hebel EK senkrecht auf der Linie AC stehen, wenn sich das Hebelgelenksystem in der Endlage befindet, um die maximale Schließkraft der Druckgießmaschine zu erzeugen. Unter dieser Voraussetzung ergibt sich für den Hebel EK der Gelenkabstand  $l_{EK}$  [1]:

$$l_{EK} = \frac{H_1 - H_3}{2 \cdot \cos \varphi_e} - l_{AE} \cdot (\sin \beta + \cos \beta \cdot \tan \varphi_e) \quad (1)$$

mit

$$\varphi_e = \arcsin \frac{H_1 - H_2}{2 \cdot (l_{AB} + l_{BC})}$$

$$\beta = \arccos \frac{l_{AB}^2 + l_{AE}^2 - l_{BE}^2}{2 \cdot l_{AB} \cdot l_{AE}}$$

wobei  $H_1$ ,  $H_2$  und  $H_3$  der Gelenkabstand der Führungssäulen, der beweglichen Aufspannplatte und des Gleitstückes,  $l_{AB}$ ,  $l_{AE}$  und  $l_{BE}$  die Gelenkabstände des Kniehebels ABE und  $l_{BC}$  der Gelenkabstand des Hebels BC sind. Der Gelenkabstand  $l_{EK}$  des Hebels EK kann größer aufgenommen werden als der nach Gleichung (1) berechnet wird. In diesem Fall steht der Hebel EK nicht senkrecht auf der Linie AC.

Ausgehend von gewähltem Koordinatensystem in **Bild 1**, werden die Koordinaten von Gelenken und die Drehwinkel der Hebel in Abhängigkeit von dem Hub  $x_{op}$  der beweglichen Aufspannplatte berechnet:

$$x_B = l_{AB} \cdot \cos \varphi$$

$$y_B = l_{AB} \cdot \sin \varphi$$

$$x_C = (l_{AB} + l_{BC}) \cdot \cos \varphi_e + x_{op} - L_{op}$$

$$y_C = \frac{1}{2} \cdot (H_1 - H_2)$$

$$x_E = l_{AE} \cdot \cos(\varphi + \beta)$$

$$y_E = l_{AE} \cdot \sin(\varphi + \beta)$$

$$x_K = x_E - \sqrt{l_{EK}^2 - (y_K - y_E)^2}$$

$$y_K = \frac{1}{2} \cdot (H_1 - H_3)$$

$$\alpha = \arcsin \frac{y_K - y_E}{l_{EK}}$$

$$\gamma = \arcsin \frac{y_B - y_C}{l_{BC}}$$

$$\varphi = \arctan \frac{y_C}{x_C} + \arccos \frac{l_{AB}^2 + x_C^2 + y_C^2 - l_{BC}^2}{2 \cdot l_{AB} \cdot \sqrt{x_C^2 + y_C^2}}$$

wobei x und y die Koordinaten von Gelenken,  $x_{op}$  und  $L_{op}$  der laufende Hub und der maximale Hub der beweglichen Aufspannplatte,  $\alpha$ ,  $\gamma$  und  $\varphi$  der Drehwinkel des Hebels EK, des Hebels BC und des Kniehebels ABE sind.

Außerdem soll der Winkel  $\psi$  zwischen der Linie AK und dem Hebel EK für die Anfangslage der Formschließereinheit größer als ein zulässiger Minimalwinkel  $[\psi_{\min}]$  sein, um die Bewegung des Hebelgelenksystems einzuleiten (**Bild 1**). Wenn dieser Winkel Null ist, so nehmen die Hebel ABE und EK

eine Totlage an, und die Formschließeinheit darf man nicht in Gang bringen. Der Winkel  $\psi$  wirkt auf die Schließzylinderkraft bei der Anfangslage des Schließsystems und kann mit Rücksicht auf einen minimalen Wert ausgedrückt werden:

$$\psi = \arcsin \frac{y_K}{\sqrt{x_{Ka}^2 + y_K^2}} - \alpha_a \geq [\psi_{\min}]$$

wobei  $\alpha_a$  der Wert des Drehwinkels  $\alpha$  bei der Anfangslage des Hebels  $EK$  ist. Üblicherweise beträgt ein zulässiger Minimalwinkel  $[\psi_{\min}]$  von 15 bis 20° [1].

Ausgehend von diesen Gleichungen für das Hebelgelenksystem, errechnen sich ein maximaler Hub  $L_{ksz}$  des Kolbens im Schließzylinder oder maximalen Hub des Gleitstückes, der sich aus der Differenz zwischen den Koordinaten  $x_{Ka}$  und  $x_{Kc}$  bei der Anfangs- und Endlage des Gelenks  $K$  ergibt:

$$L_{ksz} = x_{Kc} - x_{Ka} \quad (2)$$

alle Koordinaten von Gelenken und die Drehwinkel der Hebel in Abhängigkeit vom Hub  $x_{ap}$  der beweglichen Aufspannplatte, der in den Grenzen von 0 bis  $L_{ap}$  verändert wird.

### 3 Kraft des Schließzylinders und die Reaktionskräfte an den Gelenken

Die Schließzylinderkraft beim Schließen der Druckgießform ist ein wichtigster Parameter bei der Projektierung der Formschließeinheit. Bei der Bewegung der Formschließeinheit treten infolge der Gelenkkräfte die Reibungsmomente in den Gelenken auf, die bei einem großen Achsdurchmesser und der Gleitreibung bedeutende Werte erreicht werden können. Die Berechnung dieses Parameters wird

daher unter Berücksichtigung von Reibungsmomenten in den Gelenken und der gesamten Steifigkeit der Formschließeinheit bei den bekannten Größen der Hebel und der Schließkraft der Druckgießmaschine durchgeführt. In Bild 2 sind die Aktions- und Reaktionskräfte und die Reibungsmomente an den Gelenken von Hebeln dargestellt. Alle Hebel, aus denen das Hebelgelenksystem besteht, werden getrennt gezeichnet. Die jede Reaktionskraft  $R$  am Gelenk wird zweckmäßig in die  $x$  und  $y$ -Richtung der Koordinatenachsen zerlegt. Jede Komponente der Reaktionskraft erhält zwei Indizes. Erster Index (Buchstabe) bezeichnet das Gelenk, und zweiter Index (Ziffer 1 oder 2) zeigt die Richtung der Komponente. Das Reibungsmoment  $M$  im Gelenk wird mit dem Index des Gelenkbuchstaben bezeichnet.

Die Berechnung der Schließzylinderkraft  $F_{sz}$  und der Reaktionskräfte  $R$  an den Gelenken erfolgt über die drei Gleichgewichtsbedingungen der ebenen Statik, die für jeden Hebel gelten. Aus diesen Bedingungen kann man ein nichtlineares algebraisches Gleichungssystem erhalten, das endgültig nach mathematischen Operationen in einer geeigneten Weise für das Programmieren in folgender Form aufgestellt wird:

$$\begin{cases} R_{B2} = R_{B1} \cdot \tan \gamma + \frac{1-k_1}{l_{BC} \cdot \cos \gamma} \cdot M_B \\ F_{sz} = \frac{2 \cdot (R_{B1} \cdot y_B + R_{B2} \cdot x_B + M)}{y_E + x_E \cdot \tan \alpha} \\ R_{E2} = \frac{F_{sz} \cdot \tan \alpha}{2} + \frac{k_2 + k_3}{l_{EK} \cdot \cos \alpha} \cdot M_K \quad (3) \\ R_{A1} = R_{B1} - \frac{F_{sz}}{2} \\ R_{A2} = R_{E2} - R_{B2} \end{cases}$$

mit

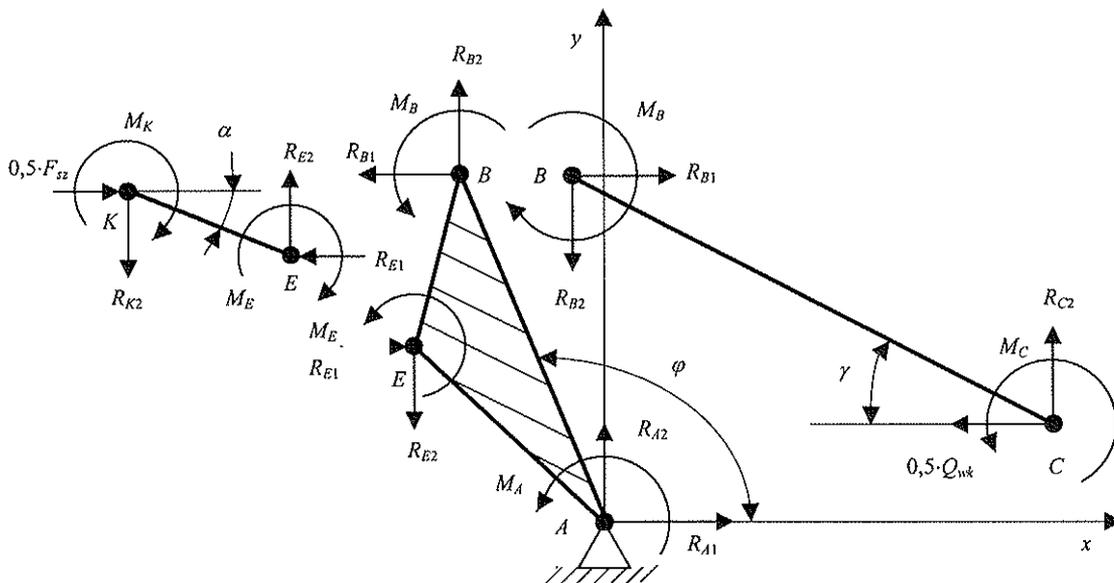


Bild 2: Aktions- und Reaktionskräfte und die Reibungsmomente an den Gelenken der Kniehebel

wobei  $F_s$  die Schließzylinderkraft,  $Q_{nk}$  die Widerstandskraft an der beweglichen Aufspannplatte,  $D$  und  $d$  der Achsdurchmesser der großen und kleinen Gelenke,  $f$  die Reibungszahl für das Gelenk sind.

Die Hebel  $BC$  und  $EK$  machen während des Schließens der Druckgießform um den Gelenken  $C$  und  $K$  die schwankenden Drehungen, die die Richtung von Reibungsmomenten in den Gelenken verändern, da die Reibungsmomente der Drehungsrichtung entgegenwirken. Deshalb sollen im Gleichungssystem (3) die folgende Werte von Koeffizienten  $k_1$ ,  $k_2$  und  $k_3$  in Abhängigkeit von dem Drehwinkel  $\varphi$  des Kniehebels  $ABE$  angenommen werden:

$$k_1 = \begin{cases} +1 & \text{für } \varphi \geq 0,5 \cdot \pi \\ -1 & \text{für } \varphi < 0,5 \cdot \pi \end{cases}$$

$$k_2 = \begin{cases} +1 & \text{für } \varphi \geq 0,5 \cdot \pi - \beta \\ -1 & \text{für } \varphi < 0,5 \cdot \pi - \beta \end{cases}$$

$$k_3 = \begin{cases} +1 & \text{für } \varphi \geq \xi_1 \\ -1 & \text{für } \varphi < \xi_1 \end{cases} \quad \text{für } y_K < l_{AE}$$

$$k_3 = \begin{cases} +1 & \text{für } \varphi \geq \xi_2 \\ -1 & \text{für } \varphi < \xi_2 \end{cases} \quad \text{für } y_K > l_{AE}$$

mit

$$\xi_1 = \arcsin \frac{y_K}{l_{AE}} - \beta$$

$$\xi_2 = \pi - \beta - \arcsin \frac{l_{EK}}{\sqrt{l_{AE}^2 + l_{EK}^2}} - \arcsin \frac{y_K}{\sqrt{l_{AE}^2 + l_{EK}^2}}$$

Beim Schließen der Druckgießform, bis sich beide Formhälften noch nicht berühren, ist die Widerstandskraft  $Q_{nk}$  an der beweglichen Aufspannplatte gleich der Reibungskraft  $Q_r$

$$Q_{nk} = Q_r = \mu \cdot m_{op} \quad (4)$$

und der Hub  $x_{op}$  der beweglichen Aufspannplatte liegt im Bereich:

$$0 \leq x_{op} \leq L_{op} - \delta$$

mit

$$\delta = \frac{Q}{c}$$

wobei  $Q_r$  die Reibungskraft an der beweglichen Aufspannplatte,  $m_{op}$  die Masse der beweglichen Aufspannplatte einschließlich der Formhälfte,  $\mu$  die Reibungszahl für bewegliche Aufspannplatte,  $\delta$  die maximale Verformung der Formschließeinheit,  $Q$  die Schließkraft der Druckgießmaschine,  $c$  die gesamte Steifigkeit (Federkonstante) der Formschließeinheit sind. Die Reibungskraft  $Q_r$  und die Reibungsmomente  $M$  in den Gelenken müssen zunächst bei den Haftreibungszahlen  $\mu$  und  $f$  berechnet werden, wenn die Formschließeinheit aus der Ruhe in die Bewegung setzt. Bei einsetzender Bewegung werden diese Reibungszahlen durch die Gleitreibungszahlen ersetzt.

Nach dem Aufeinandertreffen beider Formhälften werden alle mechanischen Bauteile der Formschließeinheit deformiert und die Widerstandskraft  $Q_{nk}$  an der beweglichen Aufspannplatte wird gestiegen. In diesem

Fall errechnen sich die Widerstandskraft und der Hub  $x_{op}$  der beweglichen Aufspannplatte aus den Beziehungen:

$$Q_{nk} = Q_r + c \cdot \Delta x \quad (5)$$

$$x_{op} = L_{op} + \Delta x - \delta \quad (6)$$

wobei  $\Delta x$  die Verschiebung der beweglichen Aufspannplatte bei der Verformung, die im Bereich von 0 bis  $\delta$  liegt, ist.

## 4 Berechnung von Parametern der Formschließeinheit

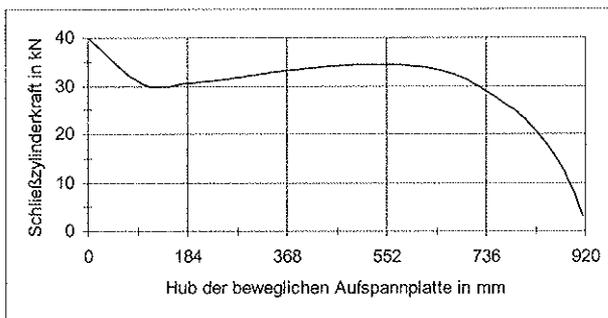
Mit Hilfe des umgeschriebenen Algorithmus wurde ein Computerprogramm verfaßt, das die Schließzylinderkraft, alle Reaktionskräfte, Koordinaten von Gelenken und Drehwinkel von Hebeln in Abhängigkeit vom Hub der beweglichen Aufspannplatte berechnen kann. Das Programm arbeitet folgendermaßen. Zuerst werden die Anfangsdaten eingeführt, zu der die Schließkraft  $Q$  der Druckgießmaschine, der maximale Hub  $L_{op}$  der beweglichen Aufspannplatte, die Gelenkabstände  $H_1$ ,  $H_2$ ,  $H_3$ ,  $l_{AB}$ ,  $l_{AE}$ ,  $l_{BE}$ ,  $l_{BC}$  des Schließsystems, der große und kleine Achsdurchmesser  $D$  und  $d$  der Gelenke, die Masse  $m_{op}$  der beweglichen Aufspannplatte einschließlich der Formhälfte und die gesamte Steifigkeit  $c$  der Formschließeinheit gehören. Danach werden die Gelenkabstand  $l_{EK}$  des Hebels  $EK$ , die Koordinaten  $y_C$  und  $y_K$  der Gelenke  $C$  und  $K$ , die maximale Verformung  $\delta$  der Formschließeinheit berechnet.

Beim Schließen der Druckgießform lassen sich zuerst die Koordinaten von Gelenken, die Drehwinkel der Hebel und die Widerstandskraft  $Q_{nk}$  an der beweglichen Aufspannplatte nach Gleichung (4) im Verschiebungsbereich der beweglichen Aufspannplatte vom Anfang bis zum Aufeinandertreffen der Formhälften bestimmen. Ausgehend davon, werden die Kraft  $F_s$  des Schließzylinders und die Reaktionskräfte  $R$  aus dem Gleichungssystem (3) berechnet. Die Lösung dieses Systems von nichtlinearen algebraischen Gleichungen kann mit Hilfe der Methode der schrittweisen Näherung (Iterationsverfahren) ausgeführt werden. Diese Methode besteht darin, daß zuerst die Anfangswerte der Reaktionskräfte und der Schließzylinderkraft berechnet werden, wenn die Reibungsmomente  $M_A$ ,  $M_B$ ,  $M_K$  in den Gelenken  $A$ ,  $B$  und  $K$  gleich Null sind. Dann werden die Reibungsmomente mit Hilfe von erhaltenden Kräften bestimmt und in das Gleichungssystem (3) eingesetzt. Wieder werden die neuen Werte von Kräften berechnet, die dann mit den vorausgehenden Werten verglichen müssen sein. Falls die Differenz zwischen ihnen kleiner als ein vorzuschreibender positiver Wert im Rahmen der erwünschten Rechengenauigkeit ist, so wird das Iterationsverfahren abgebrochen.

Nach dem Aufeinandertreffen der Formhälften werden die Widerstandskraft  $Q_{nk}$  nach Gleichung (5) und der Hub der beweglichen Aufspannplatte bei der Deformation der Formschließeinheit nach Gleichung

(6) bestimmt, und der Berechnungsprozeß läuft weiter als der schon beschrieben wurde.

Als Beispiel für eine Illustration der Arbeit dieses Computerprogramms werden die Kraft des Schließzylinders und der Kolbenhub im Schließzylinder für eine Druckgießmaschine mit horizontaler Kaltkammer berechnet. Für die Berechnung wurden folgende Ausgangsangaben zugrundegelegt: die Schließkraft  $Q = 8000$  kN der Druckgießmaschine, der maximale Hub  $L_{op} = 920$  mm der beweglichen Aufspannplatte, die Gelenkabstände  $H_1 = 1410$  mm,  $H_2 = 1160$  mm und  $H_3 = 674$  mm der Gelenkplatte, der beweglichen Aufspannplatte und des Gleitstücks, die Gelenkabstände  $l_{AB} = 580$  mm,  $l_{AE} = 390$  mm,  $l_{BE} = 219$  mm des Kniehebels  $ABE$  und  $l_{BC} = 950$  mm des Hebels  $BC$ , der große und kleine Achsdurchmesser  $D = 140$  mm und  $d = 75$  mm von Gelenken, die Reibungskraft  $Q_r = 20$  kN an der beweglichen Aufspannplatte, die Reibungszahl  $f = 0,07$  für das Gelenk und die gesamte Steifigkeit  $c = 2000$  kN/mm der Formschließereinheit. Der Gelenkabstand  $l_{EK}$  des Hebels  $EK$  beträgt 250 mm nach Gleichung (1).



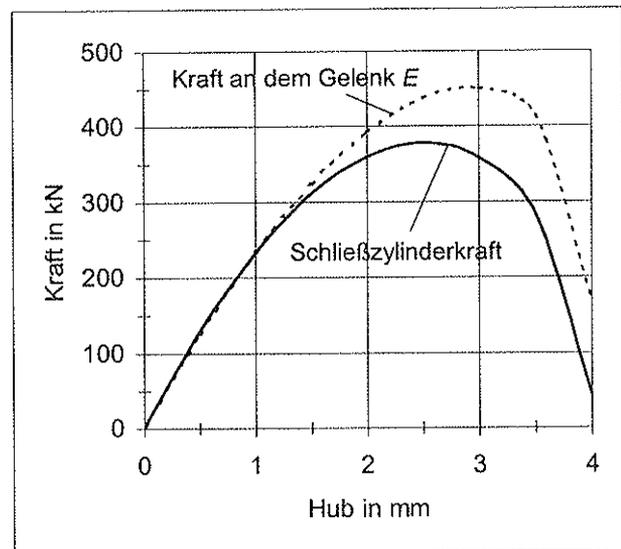
**Bild 3: Schließzylinderkraft in Abhängigkeit von dem Hub der beweglichen Aufspannplatte vor der Berührung der Formhälften**

In **Bild 3** und **Bild 4** ist die Schließzylinderkraft  $F_c$  in Abhängigkeit von dem Hub  $x_{op}$  der beweglichen Aufspannplatte dargestellt. Am Anfang des Formschließens beträgt die Schließzylinderkraft 40 kN und senkt sich ein bißchen bis zu einem Wert von 30 kN, wenn die bewegliche Aufspannplatte vorwärtsfährt. Auf dem größeren Teil des Hubs der beweglichen Aufspannplatte ist die Schließzylinderkraft praktisch eine Konstante, und sie wird am Ende des Schließens vor der Berührung der Formhälften wieder bis zu einem minimalen Wert abgenommen (**Bild 3**).

Nach der Berührung der Formhälften steigt die wirksame Schließzylinderkraft mehr und mehr bis zu einem Maximum an, und dann senkt sie sich (**Bild 4**). Bei der durchgeführten Berechnung betragen eine maximale Schließzylinderkraft 378 kN, ein maximaler Kolbenhub 822 mm im Schließzylinder und der Winkel  $\psi$  von  $21^\circ$ .

Natürlich können außer der Schließzylinderkraft mit umgeschriebenem Algorithmus noch andere Parameter der Formschließereinheit berechnet werden, und als Beispiel dient die Kraft an dem Gelenk  $E$ , die in **Bild 4** dargestellt ist. Bei dieser Kraft wird die Druckspannung im Gelenk bestimmt.

Diese Berechnungsmethode wurde bei der Projektierung von Druckgießmaschinen mit der

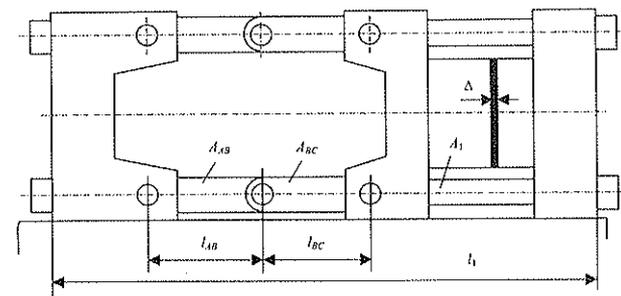


**Bild 4: Schließzylinderkraft und Kraft an dem Gelenk E in Abhängigkeit von dem Hub der beweglichen Aufspannplatte bei der Verformung der Formschließereinheit nach der Berührung der Formhälften**

Schließkraft von 6300 bis 20000 kN angewandt, und die Ergebnisse wurden in [1,2] veröffentlicht.

## 5 Versuchsergebnisse der gesamten Steifigkeit der Formschließereinheit

Die gesamte Steifigkeit  $c$  ist eine wichtigste Charakteristik der Formschließereinheit und wird üblicherweise mit den Methoden der Festigkeitslehre bestimmt. Alle mechanische kraftübertragende Bauteile der Formschließereinheit sind verformbar, und es wird daher immer gewisse Durchbiegungen, Streckungen und sonstige Verformungsbewegungen geben. Eine maßgebliche Bedeutung haben hier die Kontaktverformungen, die zwischen den Kontaktflächen von Bauteilen auftreten werden. Die resultierende gesamte Steifigkeit  $c$  der Formschließereinheit ergibt sich immer aus einer Überlagerung der Einzelsteifigkeiten  $c_i$  der beteiligten Elemente, die hintereinander (in Reihe) geschaltet sind, und kann aus der Summe berechnet werden:



**Bild 5: Anordnung der dünnen Stahlplatte mit der Dicke  $\Delta$  bei der Bestimmung der Steifigkeit der Formschließereinheit**

$$\frac{1}{c} = \frac{1}{c_1} + \frac{1}{c_2} + \dots + \frac{1}{c_n} \quad (7)$$

wobei  $c_i$  die Steifigkeit des Bauteils oder der Baugruppe der Formschließereinheit ist.

Die Steifigkeit  $c_i$  des Bauteils wird sehr leicht für die Führungssäulen der Formschließereinheit oder die Hebel  $ABE$  und  $BC$  bestimmt:

$$c_i = (E \cdot A_i) / l_i$$

mit

$E$  = Elastizitätsmodul des Werkstoffes

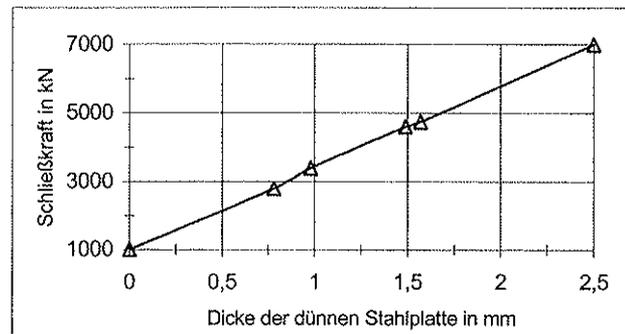
$l_i$  = wirksame Länge der Führungssäulen oder der Hebel

$A_i$  = gesamte Querschnittsfläche der Führungssäulen oder der Hebel.

Was die Steifigkeit der anderen Bauteile der Formschließereinheit (Aufspannplatten, Gelenkplatte, Druckgießform) und die Kontaktsteifigkeit zwischen den Kontaktflächen von Teilen betrifft, so ihre Berechnungen werden heute mit großer Mühe durchgeführt. Es ist deshalb nötig, die zuverlässige gesamte Steifigkeit der Formschließereinheit experimentell festzustellen. Bislang liegen für die gesamte Steifigkeit der Formschließereinheit außerdem [1] kaum Versuchsdaten vor. In dieser Arbeit wurde eine sehr einfache Art und Weise für die Bestimmung der gesamten Steifigkeit der Formschließereinheit beschrieben. Eine Druckgießmaschine mit 6300 kN Schließkraft wurde wie Versuchsanlage benutzt. Bei den Versuchen wird die Druckgießform zuerst mit relativ geringer Schließkraft geschlossen, um die Spiele in der Formschließereinheit auszuschließen. Dann wird die Form jedesmal geöffnet, zwischen den Formhälften dünne Stahlplatten mit den Dicken von 0,78 bis 2,5 mm aufeinanderfolgend aufgestellt, und die Form wieder geschlossen, wie in **Bild 5** dargestellt ist. Die gesamte Verformung der Formschließereinheit ist der Dicke der aufgestellten dünnen Stahlplatte gleich. Bei dieser Dicke entwickelt die Formschließereinheit eine bestimmte Schließkraft, die mit Hilfe von eingebauten Dehnungsmeßeinrichtungen in der Führungssäule registriert wird.

In **Bild 6** ist die experimentelle Ergebnisse aufgetragen, die eine lineare Abhängigkeit der Schließkraft von der gesamten Verformung der Formschließereinheit gibt [1]. Aus **Bild 6** läßt sich die resultierende gesamte Steifigkeit  $c = 2400$  kN/mm bestimmen. Wenn die Berechnung nach Gleichung (7) bei wirksamer Länge  $l_i = 2860$  mm der Führungssäulen,  $l_{AB} = 430$  mm des Kniehebels  $ABE$ ,  $l_{BC} = 510$  mm des Hebels  $BC$  und die Querschnittsflächen  $A_i = 800$  cm<sup>2</sup>,  $A_{AB} = 900$  cm<sup>2</sup> und  $A_{BC} = 760$  cm<sup>2</sup>, die gegebene Druckgießmaschine besitzt, aufgenommen wird, so sich die gesamte Steifigkeit zu  $c = 4500$  kN/mm ergibt. Auf diese Weise ist effektive gesamte Steifigkeit  $c = 2400$  kN/mm der Formschließereinheit um 1,9-fache kleiner als sie berechnet wurde.

Bei den durchgeführten Versuchen wurde ein Ersatz anstatt der Druckgießform benutzt, der praktisch eine unbegrenzte Steifigkeit hat. Das wurde gemacht, um nur eine effektive Steifigkeit der Formschließereinheit zu erhalten. Die wirkliche Druckgießform hat eine begrenzte Steifigkeit, die die gesamte Steifigkeit der



**Bild 6:** Abhängigkeit der Schließkraft der Druckgießmaschine von der Dicke  $\Delta$  der dünnen Stahlplatte

Formschließereinheit verkleinert. Die verkleinerte gesamte Steifigkeit der Formschließereinheit vergrößert die maximale Schließzylinderkraft und deshalb kann in der Praxis ein Fall eintreten, daß die Druckgießmaschine die benötigte Schließkraft nicht erreicht. Diese Tatsache muß bei der Projektierung der Druckgießform berücksichtigt werden.

Eine ähnliche Methode kann man für die Berechnung der Formschließereinheit beim Öffnen der Druckgießform schaffen. In der ersten Näherung kann angenommen werden, daß die maximale Schließzylinderkraft beim Öffnen der Druckgießform auf 30% kleiner als die maximale Schließzylinderkraft beim Schließen der Druckgießform ist [2]. Aus diesen Schließzylinderkräften und dem Hydraulikdruck unter Berücksichtigung der Reibungskräfte der Dichtungen lassen sich die Kolben- und Kolbenstangendurchmesser des Schließzylinder berechnen.

## 6 Zusammenfassung

Es wurde die Entwicklung und die Anwendung eines mathematischen Modells, eines Computerprogramms für die Berechnung von Parametern und eine Art für die experimentelle Bestimmung der gesamten Steifigkeit der Formschließereinheit beschrieben. Die Ergebnisse der Berechnung bestätigen die experimentellen Befunde. Das Modell gestattet die Kraft und der Kolbenhub des Schließzylinders in Abhängigkeit von Hauptparametern (Schließkraft und der Hub der beweglichen Aufspannplatte) der Druckgießmaschine und von Größen des Hebelgelenksystems zu errechnen. Die Auswahl von Größen des Hebelgelenksystems ist aber eine vielvariantige Aufgabe. Um eine günstige Lösung aus den Vielzahlen von möglichen Varianten der Formschließereinheit zu finden, können die Schließzylinderkraft und der Kolbenhub im Schließzylinder für die Optimierungskriterien angenommen werden.

## Schrifttum

- [1] Nogowizin, B.: Mathematische Modellierung beim Projektieren von Druckgießmaschinen, Nowosibirsk, Rußland, 1991.
- [2] Nogowizin, B.: Grundlagen der Berechnung und Projektierung von Druckgießmaschinen, Irkutsk, Rußland, 1987.

# ForCasts – Software zur Prozessentwicklung für Zink- und Aluminiumdruckguss

Pokora, E.; Klein, F.\*

## 1 Einleitung

Die Qualität der im Druckgießverfahren hergestellten Bauteile ist in hohem Maße von den Formfüllbedingungen und von den thermischen Bedingungen im System Gussteil-Form abhängig. Gussfehler wie Lufteinschlüsse, unvollständige Formfüllung, Kaltfließstellen und Fließlinien können auf die Strömungs- und Erstarrungsvorgänge während der Formfüllung zurückgeführt werden. Durch eine zweckmäßige Gestaltung des Gießsystems und Einstellung der Prozessparameter wie Formfüllzeit, Gießtemperatur und Formtemperatur können solche Fehler weitgehend vermieden werden. Nach der Formfüllung, während der Erstarrung und Abkühlung des Gussteils können weitere Fehler entstehen. Dies sind vor allem schwindungsbedingte Hohlräume (Lunker), Deformation und Verzug. Diese Gussfehler können durch geeignete Formtemperierung oft erheblich reduziert werden. Die Formtemperierung ist auch ausschlaggebend für die Produktivität und Lebensdauer der Form. In der letzten Dekade hat die Bedeutung der numerischen Simulation als Werkzeug zur strömungs- und wärmetechnischen Optimierung von Druckgießformen stark zugenommen. Damit eine Strömungs- oder Erstarrungssimulation durchgeführt werden kann, muss jedoch eine Konstruktion des Gieß- und Temperiersystems bereits vorliegen und die Gießbedingungen bzw. Prozessparameter wie Zykluszeit, Zuhaltezeit, Temperatur der Wärmeträgermedien, Wärmeübergangszahlen in den Temperierkanälen, Gießkolbengeschwindigkeit oder Strömungsgeschwindigkeit der Schmelze im Anschnitt müssen bekannt sein. Um dem Formkonstrukteur bzw. dem Gießer bei der Entwicklung der Gieß- und Temperiersysteme sowie bei der Festlegung der Prozessparameter eine Hilfe zu bieten, ist bei der Arbeitsgemeinschaft Metallguss das Softwarepaket "ForCasts" entwickelt worden. Mit diesem Programm können relativ schnell die wichtigsten, zur Konstruktion eines Gieß- bzw. Temperiersystems erforderlichen Parameter ermittelt werden. Die Software kann zur Prozessentwicklung im Zink- und Aluminiumdruckguss eingesetzt werden.

## 2 Berechnungsgrundlagen

### 2.1 Wärmehaushalt einer Druckgießform

#### 2.1.1 Über die Gusslegierung eingebrachte Wärme

Die während eines Gießzyklus der Form zugeführte Wärmemenge beträgt

$$Q_{\text{zugeführt}} = m \cdot (L + c_p \Delta T)$$

mit

$m$  Abgussmasse,

$c_p$  spezifische Wärmekapazität der Gusslegierung,  $\Delta T$  Differenz zwischen der Gießtemperatur und der Entnahmetemperatur des Gussteiles,

$L$  spezifische Schmelzwärme der Gusslegierung.

Oft ist es bequemer, statt der Wärmemengen die mittleren Wärmeströme, d. h. die pro Zeiteinheit ausgetauschten Wärmemengen, zu betrachten.

Der mittlere von der Gusslegierung an die Form zugeführte Wärmestrom beträgt

$$\phi_{\text{zugeführt}} = Q_{\text{zugeführt}} / \Delta t_{\text{Zyklus}}$$

Hierbei ist  $\Delta t_{\text{Zyklus}}$  die Zykluszeit.

#### 2.1.2 Von der Form an die Umgebung abgeführte Wärme

Ein Teil der in der Form eingebrachten Wärme wird über Strahlung ( $\phi_{\text{Str}}$ ) und natürliche Konvektion ( $\phi_{\text{Konv}}$ ) an die Umgebung abgeführt. Für die entsprechenden mittleren Wärmeströme gelten näherungsweise die folgenden Beziehungen.

$$\phi_{\text{Str}} = \epsilon \cdot \sigma \cdot A \cdot (T_F^4 - T_U^4),$$

$$\phi_{\text{Konv}} = \alpha \cdot A \cdot (T_F - T_U).$$

Hierin bedeuten

$\sigma$  Stefan-Boltzmann Konstante:

$$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4,$$

Gießtechnische Berechnung - allgemeine Daten			
<b>Allgemeine Angaben</b>			
Datum	2. April 2001	h	Tabbezeichnung
Auftraggeber	Arge Metallguss	Teilnummer	Gehäuse
Auftragsnummer		Sachbearbeiter	
<input type="checkbox"/> Soll-Analyse <input type="checkbox"/> Ist-Analyse			
Gusslegierung	Z410	Formwerkstoff	1.2343
		Machine	<input type="checkbox"/> Kaltkammer <input checked="" type="checkbox"/> Warmkammer
<b>Anforderungen an die Teile</b>			
<input type="checkbox"/> druckdicht <input type="checkbox"/> maßhaltig <input type="checkbox"/> gute Oberflächigkeit <input type="checkbox"/> hohe Festigkeit			
<b>Abgussdaten</b>			
Anzahl der Formnester	1	Gießvolumen (cm³)	113,02
Rohstückmasse (kg)	0,4489	Rohstückvolumen (cm³)	68,0
Überlaufmasse (kg)	0,0792	Überlaufvolumen (cm³)	12,0
Abgussmasse (kg)	0,726	Abgussvolumen (cm³)	110,0
<b>Gussteilgeometrie</b>			
Kleinste Wanddicke (mm)	2,0	Max. Fließweg (mm)	250,0
Größte Wanddicke (mm)	2,0	Springfläche (Abguss) (cm²)	180,0
<input type="button" value="Weiter &gt;&gt;"/> <input type="button" value="Schließen"/> <input type="button" value="Abbrechen"/>			

Bild 1. Gießtechnische Berechnung – Dialogfenster zur Eingabe der Abgussdaten.

\*) Dipl.-Phys. E. Pokora, Prof. Dr. F. Klein, Arbeitsgemeinschaft Metallguss, an der FH Aalen/D.

- $\epsilon$  Emissionskoeffizient der strahlenden Oberfläche,  
 $A$  Flächeninhalt der wärmeaustauschenden Formoberfläche,  
 $T_F$  absolute Temperatur der Formoberfläche,  
 $T_U$  absolute Temperatur der Umgebung.

Ein Teil der Wärme wird über Wärmeleitung von der Form an die Druckgießmaschine abgeführt. Ein weiterer Teil wird der Form beim Aufsprühen wasserlöslicher Trennstoffe durch Verdampfung des Wassers entzogen. Diese Wärmeströme sollten jedoch bei zweckmäßiger Auslegung des Temperiersystems gering sein.

### 2.1.3 Erforderliche Kühlleistung

Im Zustand des thermischen Gleichgewichts, d. h. wenn das Temperaturfeld in der Form in jedem Gießzyklus gleich ist, müssen der mittlere zugeführte und der mittlere abgeführte Wärmestrom gleich sein. Aus dieser Bedingung kann die erforderliche Gesamtkühlleistung des Temperiersystems ermittelt werden. Sie beträgt

$$P = \Phi_{\text{zugeführt}} - \Phi_{\text{Str}} - \Phi_{\text{Kontv}}$$

## 2.2 Berechnung der Kühlkanäle

### 2.2.1 Temperaturverhältnisse in einer Druckgießform

Während des Gießbetriebs finden in der Form zyklische Temperaturwechsel statt. Während des Füllvorgangs erwärmt sich die Formhohlraumoberfläche auf eine sogenannte Kontakttemperatur, die zwischen der Anfangstemperatur der Schmelze und der Form liegt. Während der Erstarrung des Gussstückes nimmt die Temperatur der Formhohlraumoberfläche nur relativ langsam ab, abhängig von der Gussteilwanddicke. Nach abge-

schlossener Erstarrung erfolgt ein schnellerer Temperaturabfall, der näherungsweise exponentiell verläuft. Im Inneren der Form nehmen die Geschwindigkeit und Amplitude der Temperaturschwankungen mit wachsendem Abstand von der Formkontur rasch ab. Für einfache Berechnungen kann angenommen werden, dass in einer Entfernung von der Formhohlraumoberfläche, die der üblichen Lage der Temperierkanäle entspricht ( $\geq 15$  mm), die Temperatur zeitlich nahezu konstant ist. Die Temperatur der Formkontur kann durch einen Mittelwert approximiert werden, der u. a. von der Zykluszeit, Zuhaltezeit, Gieß-, Ausform- und Anfangstemperatur der Form abhängig ist.

### 2.2.2 Wärmebilanz auf der Ebene der Temperierkanäle

Der Wärmestrom von der Formkontur zum Kühlmedium kann in zwei Komponenten aufgeteilt werden:

- $\Phi_F$  der Wärmestrom von der Formkontur zur Kühlkanalwand,
- $\Phi_K$  der Wärmestrom von der Kühlkanalwand zum Kühlmedium.

Im ersten Fall erfolgt der Wärmetransport über Wärmeleitung, im zweiten über erzwungene Konvektion. Beide Wärmeströme sind zeitabhängig und nicht gleich. Die über einen Gießzyklus gebildeten Mittelwerte der einzelnen Wärmeströme müssen jedoch gleich sein, wenn sich die Form im thermischen Gleichgewicht befindet, d. h. wenn das Temperaturfeld periodisch ist.

Für die Mittelwerte der Wärmeströme gelten die folgenden Beziehungen.

$$\bar{\Phi}_F = \lambda \cdot S \cdot (T_{FM} - T_{KW}),$$

$$\bar{\Phi}_K = \alpha \cdot A \cdot (T_{KW} - T_M).$$

Hierin bedeuten

- $\lambda$  Wärmeleitfähigkeit des Formwerkstoffes.
- $S$  Geometriefaktor (Formfaktor) – eine Größe mit der Dimension der Länge, die von der Geometrie der Form und der Temperierkanäle abhängt.
- $\alpha$  Wärmeübergangszahl für den Wärmeübergang von der Kühlkanalwand zum Kühlmedium. Sie ist von der Temperatur, der Strömungsgeschwindigkeit und den Stoffgrößen des Kühlmediums abhängig.
- $A$  Wirksame Oberfläche der Kühlkanäle.
- $T_{FM}$  Mittlere Temperatur der Formhohlraumoberfläche während eines Gießzyklus.
- $T_{KW}$  Mittlere Temperatur der Kühlkanalwand.
- $T_M$  Mittlere Temperatur des Kühlmediums.

Wenn sich die Form im thermischen Gleichgewicht befindet, gelten die folgenden Beziehungen.

$$\bar{\Phi}_F = \bar{\Phi}_K,$$

$$\bar{\Phi}_F = P.$$

Aus diesem Gleichungssystem kann z. B., ausgehend von einer vorgegebenen Kühlleistung  $P$ , der erforderliche Geometriefaktor  $S$  berechnet werden und daraus der Abstand der Kühlbohrungen zur Formkontur.

Formfüllzeit			
Max. erstarrter Anteil (%)	30	Schmelztemperatur (°C)	420,0
Max. Formfüllzeit (ms)	32,2	Formtemperatur (°C)	220,0
Gewicht Formfüllzeit (ms)	27,0	Volumenstrom/Teil (l/s)	2,963

Formenfüllung bei druckreichen Teilen			
☑ Entlüftungsschritt pro Formnest (mm)	Kernvorfällung		13,0
☐ Vakuum (Zwangsfüllung)	Vorfällung zum Anschnitt		8,0

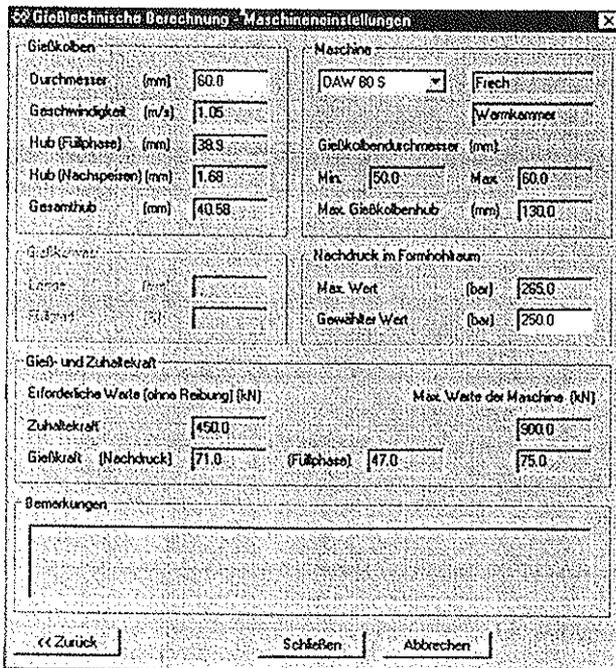
  

Anschnitt (pro Formnest)			
Abmessungen (mm)	Querschnitt (mm)	Schneidgeschwindigkeit (m/s)	
Länge	Min. 32,92	Min.	23,15
Dicke	Max. 127,99	Max.	90,0
	aktueller Wert: 40,0	aktueller Wert:	74,09

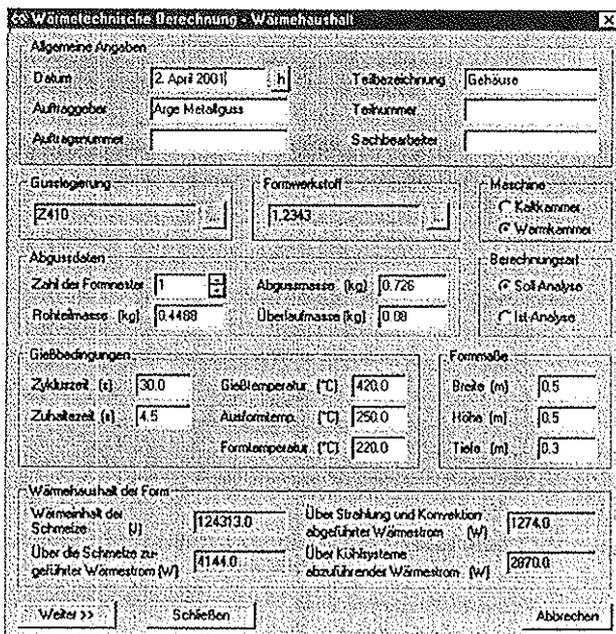
  

Gießlauf und Prestest			
Querschnitt pro Teil (mm)	100,0	Laufdicke (mm)	8,0
Gesamtquerschnitt (mm)	100,0	Laubrate pro Teil (mm)	125
Geschw. im Lauf (m/s)	29,63	Preis pro kg	

Bild 2. Gießtechnische Berechnung – Ermittlung der Formfüllzeit und der Anschnittmaße.



**Bild 3. Gießtechnische Berechnung – Auswahl der Druckgießmaschine und der Einstellparameter für die Maschine.**

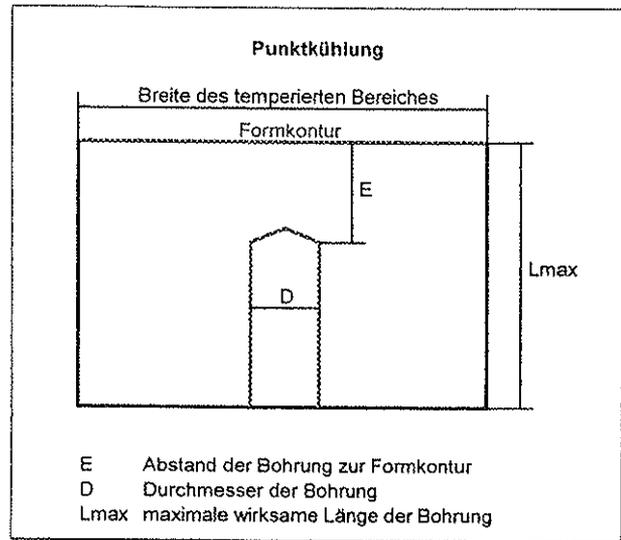


**Bild 4. Wärmetechnische Berechnung – Dialogfenster zur Eingabe der Abgussdaten und Gießbedingungen sowie zur Berechnung des Wärmehaushaltes der Druckgießform.**

**2.3 Gießtechnische Auslegung**

**2.3.1 Formfüllzeit**

Die Formfüllzeit ist die Zeit in der die Schmelze den Formhohlraum, der die Gussteile und Überläufe abbildet, über den Anschnitt vollständig füllt. Zur Ermittlung der Formfüllzeit wird die Erstarrung der Schmelze im Formhohlraum während des Füllvorgangs betrachtet. Damit der Formhohlraum



**Bild 5. Wärmetechnische Berechnung – StICKKÜHLUNG.**

vollständig gefüllt werden kann, muss die Schmelze während des Füllvorgangs fließfähig bleiben, d. h. der während der Formfüllung gebildete Festanteil der Legierung darf einen bestimmten Grenzwert nicht überschreiten. Ausschlaggebend ist hierbei der Erstarrungsfortschritt im dünnsten Querschnitt auf dem Fließweg der Schmelze. Die Abhängigkeit des Festanteils der Legierung von der Gießzeit kann aus der Lösung der Wärmeleitungsgleichung ermittelt werden. Im Programm wird hierzu die eindimensionale Wärmeleitungsgleichung

$$\rho c_p \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left( \lambda \frac{\partial T}{\partial x} \right) - L \frac{dg_f}{\partial t}$$

gelöst. Hierin ist  $g_f = g_f(T)$  der Flüssiganteil der Legierung. Er ist abhängig von der Temperatur und kann im Programm entweder vom Benutzer als Tabelle eingegeben werden, oder automatisch aus dem Scheil-Modell berechnet werden. Die Form- und Schmelztemperatur gehen als Anfangsbedingungen in die Lösung der Gleichung ein. Der Festanteil der Legierung am Ende der Formfüllung sollte nicht über ca. 35% liegen bzw. nicht über 20%, wenn eine gute Oberflächenqualität der Teile gefordert wird.

**2.3.2 Dimensionierung des Anschnittes**

Nach der Festlegung der Formfüllzeit  $t_G$  kann der Volumenstrom der Schmelze während der Formfüllung (Gießleistung) bestimmt werden:

$$\dot{V} = V_G / t_G$$

Hier ist  $V_G$  das Volumen des Gussteils und der Überläufe (pro Formnest).

Die Qualität der Gussteile wird von der Formfüllzeit und Geschwindigkeit der Schmelze im Anschnitt beeinflusst. Abhängig von den Qualitätsanforderungen an die Teile wird vom Programm der Geschwindigkeitsbereich  $[v_{A'}^{min}, v_{A'}^{max}]$  vorgeschlagen. Die Auswahl erfolgt nach der folgenden Regel.

Qualitätsanforderung	Geschwindigkeit der Schmelze im Anschnitt
Druckdichtheit	niedrig
Festigkeit	mittel
Oberflächengüte	hoch

Eine zusätzliche Bedingung für die minimale Geschwindigkeit im Anschnitt ( $v_A^{min}$ ) ist:

$$v_A^{min} \geq l_{max} / t_G,$$

d. h.  $v_A^{min}$  muss mindestens so hoch sein, dass der maximale Fließweg  $l_{max}$  der Schmelze im Formhohlraum während der Füllzeit  $t_G$  zurückgelegt werden kann.

Als maximale Geschwindigkeit  $v_A^{max}$  wird im Programm 80 m/s für Al-Legierungen bzw. 90 m/s für Zn- und Cu-Legierungen angenommen.

Zwischen dem Anschnittquerschnitt  $A_A$  und der Schmelzgeschwindigkeit im Anschnitt  $v_A$  besteht die Beziehung

$$A_A \cdot v_A = \dot{V},$$

aus der sich der zulässige Anschnittquerschnittbereich ergibt:

$$A_A^{min} = \dot{V} / v_A^{max},$$

$$A_A^{max} = \dot{V} / v_A^{min}.$$

Die Anschnittdicke  $d_A$  und -länge  $L_A$  müssen so gewählt werden, dass

$$A_A^{min} \leq d_A \cdot L_A \leq A_A^{max}.$$

### 2.3.3 Maschinenparameter

Die Gießkolbengeschwindigkeit während der Formfüllphase beträgt

$$v_K = \dot{V} / A_K,$$

wobei  $A_K$  die Gießkolbenfläche ist,  $A_K = \pi \cdot d_K^2 / 4$ .

Der Strömungsdruck im Anschnitt während der Formfüllphase beträgt

$$\rho_G = \rho v_A^2 / 2,$$

mit  $\rho$ -Dichte der Schmelze. Die zum Füllen der Form erforderliche Gießkraft beträgt

$$F_{G, Formfüllen} = \rho_G \cdot A_K.$$

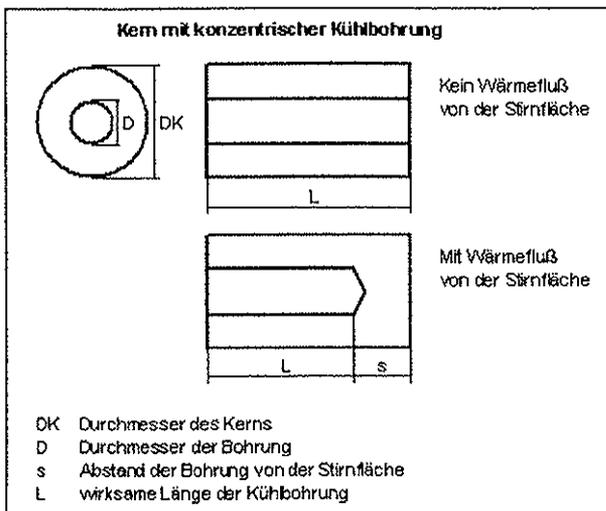


Bild 6. Wärmetechnische Berechnung – Kern mit konzentrischer Kühlbohrung.

In der Nachdruckphase, um einen Druck  $p_N$  in der Schmelze zu erreichen, ist eine Kraft von

$$F_{G, Nachdruck} = \rho_N \cdot A_K$$

erforderlich. Auf Grund von Reibungsverlusten sind die tatsächlich benötigten Kräfte höher. Die minimale erforderliche Zuhaltkraft der Druckgießmaschine beträgt

$$F_{Zu} = \rho_N \cdot A_s.$$

Hierin ist  $A_s$  die Sprengfläche des gesamten Abgusses. Der maximale, in der Nachdruckphase erreichbare Druck in der Schmelze beträgt

$$P_N^{max} = \min(F_G^{max} / A_K, F_{Zu}^{max} (A_s)).$$

$F_G^{max}$ ,  $F_{Zu}^{max}$  bedeuten hier die maximale Gieß- bzw. Zuhaltkraft der Druckgießmaschine.

## 3 Aufbau und Funktionen der Software

Die Software besteht aus zwei Hauptmodulen für die gieß- und wärmetechnische Berechnung von Druckgießformen sowie aus mehreren Hilfs-

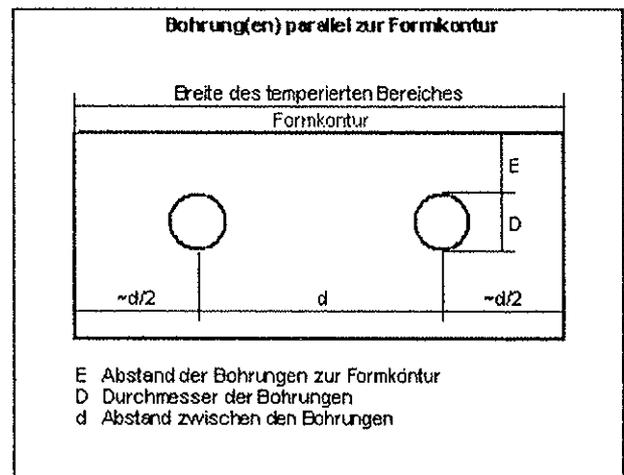


Bild 7. Wärmetechnische Berechnung – Bohrungen parallel zur Formkontur.

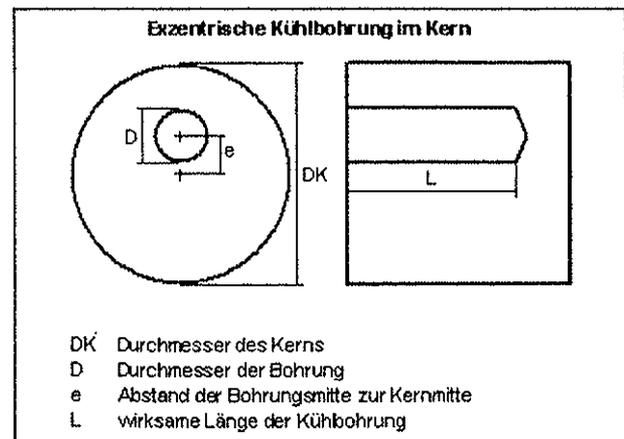


Bild 8. Wärmetechnische Berechnung – Kern mit exzentrisch liegender Kühlbohrung.

programmen und einer Datenbank mit Gusslegierungen (Aluminium-, Zink- und Kupferlegierungen), Formwerkstoffen und Druckgießmaschinen. Die Datenbank kann vom Benutzer erweitert oder verändert werden. Nachfolgend werden die wichtigsten Funktionen der Software kurz dargestellt.

### 3.1 Gießtechnische Berechnung

Die wesentlichen Funktionen dieses Programmteils sind:

- Ermittlung der Formfüllzeit  $t_G$ , abhängig von der Wanddicke des Gussteils, von den Anforderungen an die Gussteile sowie von der Form- und Schmelzetemperatur;
- Berechnen der optimalen Bereiche für den Anschnittquerschnitt und die Geschwindigkeit der Schmelze im Anschnitt, abhängig von der Formfüllzeit, vom Fließweg der Schmelze und von den Anforderungen an die Gussteile;
- Ermittlung der erforderlichen Maschinenparameter und Einstelldaten, wie Gießkolbendurchmesser und Geschwindigkeit, Gieß- und Zuhaltkraft, Gießkolbenhub.

Die wichtigsten Eingabedaten für diese Berechnungen sind:

- Die Gusslegierung und der Formwerkstoff;
- Anforderungen an Qualität der Gussteile, wie Druckdichtheit, Maßhaltigkeit, gute Oberflächenqualität, hohe Festigkeit;
- Masse bzw. Volumen der Gussteile, der Überläufe und des Abgusses sowie die Anzahl der Formnester;
- Geometrische Größen: die kleinste Wanddicke des Gussteils, längster Fließweg der Schmelze im Formhohlraum, Sprengfläche des Abgusses;
- Form- und Schmelzetemperatur vor Beginn der Formfüllung.

Die Ein- und Ausgaben des Programms erfolgen in drei nacheinander aufrufbaren Dialogfenstern, s. Abbildungen 1, 2, 3.

### 3.2 Wärmetechnische Berechnung

Die Funktionen dieses Programm-Moduls sind:

- Berechnung der erforderlichen Kühlleistung, d. h. des über interne Kühlsysteme abzuführenden Wärmestromes. Hierbei wird von der gewünschten Produktivität und den Gießbedingungen ausgegangen, s. Bild 4.
- Ermittlung der Parameter der einzelnen Kühlkanäle bzw. Kühlkreisläufe, wie z. B. Abstand der Kühlbohrung zur Formkontur, Temperatur und Volumenstrom des Kühlmediums.

Um das Kühlsystem zu entwerfen, werden die Druckgießform und der Abguss in Segmente unterteilt, so dass jedem der Segmente eine geeignete, einfache geometrische Kühlkanalkonfiguration zugeordnet werden kann. Für die einzelnen Bereiche der Form können dann, ausgehend von den Gießbedingungen und der Masse bzw. Wanddicke der Gussteilsegmente, die erforderlichen Parameter des Kühlsystems ermittelt werden. Die folgenden Kühlkanalkonfigurationen sind verfügbar:

- Parallel zur Formkontur verlaufende Kühlbohrungen, s. Bild 7;

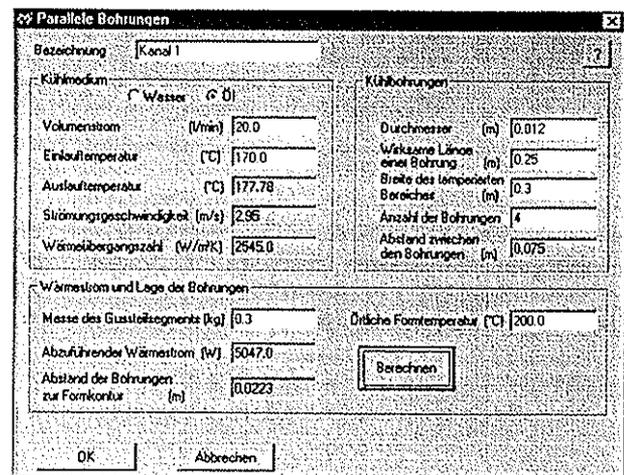


Bild 9. Dialogfenster zur Berechnung paralleler Bohrungen.

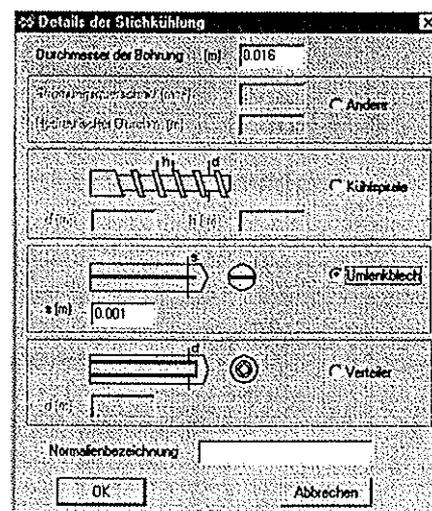


Bild 10. Wärmetechnische Berechnung – Details einer Stichkühlung.

- Stichkühlung, d. h. eine senkrecht zur Formkontur ausgeführte Kühlbohrung, s. Bild 5;
- Konzentrische Kühlbohrung in einem Kern, s. Bild 6;
- Exzentrische Kühlbohrung in einem Kern, s. Bild 8.

Als Kühlmedium kann Wasser oder Wärmeträgeröl gewählt werden. Bei einer Stichkühlung bzw. einer Kühlbohrung im Kern kann der Benutzer das Element zur Strömungslenkung in der Bohrung festlegen (Spirale, Umlenkblech oder Rohr), s. Bild 10. Das Dialogfenster zur Berechnung von parallelen Bohrungen ist in Bild 9 dargestellt. Die Dialogfenster für andere Kühlkanalanordnungen sind ähnlich aufgebaut.

### 3.3 Hilfsprogramme

Mit den Hilfsprogrammen können weitere, für die Prozessentwicklung relevante Größen bzw. Parameter ermittelt werden. Hilfsprogramme für die folgenden Berechnungen sind verfügbar.

- Abkühlung und Erstarrung der Schmelze in der Gießkammer. Bei Kaltkammermaschinen erfolgt

bereits in der Gießkammer eine Abkühlung und Teilerstarrung der Schmelze. Die Temperatur der in den Formhohlraum einströmenden Schmelze kann, trotz hoher Gießtemperatur, unter dem Liquiduspunkt der Legierung liegen. Mit diesem Programm können die thermischen Verhältnisse in der Gießkammer abgeschätzt werden.

- Wärmeabfuhr und Temperaturabfall beim Sprühen der Form. Hier können der an der Formhohlraumoberfläche beim Sprühen von Wasser entstehende Temperaturabfall und die abgeführte Wärmemenge berechnet werden.
- Erstarrungszeit eines Gussteils oder Gussteilbereichs. Ausgehend von der Wanddicke bzw. vom Erstarrungsmodul eines Gussteilbereichs sowie von der Form- und der Schmelzetemperatur wird hier die Erstarrungszeit berechnet.
- Temperatur in der Grenzfläche zwischen Schmelze und Form unmittelbar nach der Formfüllung.
- Abkühlung der Schmelze während der Formfüllung. Ausgehend von der Formfüllzeit, der Schmelze und Formtemperatur, der Formhohlraumoberfläche und der Gussteilmasse werden hier der Temperaturabfall und der Festanteil der Legierung nach beendeter Formfüllung näherungsweise berechnet.
- Vorheizdauer einer Druckgießform. Bei der Berechnung wird vorausgesetzt, dass die Form mit Öl aufgeheizt wird, alle Heizkanäle den gleichen Durchmesser haben, und der Volumenstrom sowie die Vorlauftemperatur des Öls in allen Kanälen gleich sind.
- Wärmeübergangszahl in Temperierkanälen. Bei einer numerischen Simulation des Temperaturfeldes in der Form müssen in der Regel in den Randbedingungen die Wärmeübergangszahlen für Temperierkanäle angegeben werden. Mit diesem Programm können die Wärmeübergangszahlen aus dem Kanaldurchmesser, Volumenstrom und der Temperatur des Wärmeträgermediums berechnet werden.
- Druckdifferenz in Temperierkreisläufen. Auf Grund der durch Reibung bedingten Energieverluste ist zum Aufrechterhalten der Strömung in einem Temperierkreislauf eine Druckdifferenz zwischen Ein- und Auslauf erforderlich. Die Druckdifferenz ist von der Strömungsgeschwindigkeit, von der Fluidichte und vom Widerstandsbeiwert abhängig. Mit diesem Programm kann die am Temperiergerät erforderliche Druckdifferenz näherungsweise berechnet werden.

## 4 Berechnungsbeispiele

Als Beispiel wird ein Gehäuse aus der Zinklegierung Z410 betrachtet, s. Bild 11. Dieses Teil wurde im Rahmen eines Untersuchungsprogramms auf einer Warmkammerdruckgießmaschine im Gießereilabor der FH Aalen gegossen. Das Gehäuse hat eine Masse von 450 g und eine konstante Wanddicke von 2 mm. Die äußeren Maße des Teils betragen 153 mm x 104 mm x 50 mm.

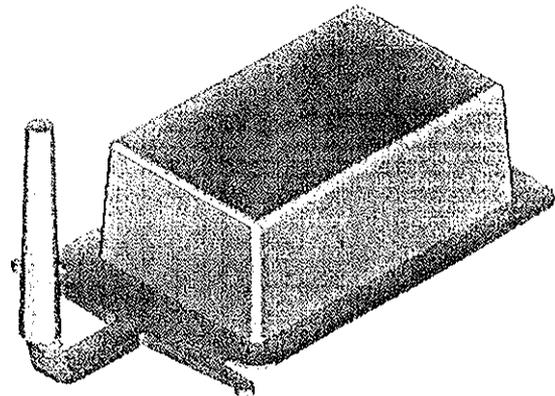


Bild 11. Gehäuse mit Gießsystem (CAD-Modell).

### 4.1 Gießtechnische Berechnung

Der Anschnittberechnung werden zusätzlich u. a. noch die folgenden Daten bzw. Annahmen zugrundegelegt.

- Der Anschnitt soll sich an der kürzeren Seite des Gussteils befinden. Somit beträgt der maximale Fließweg der Schmelze während der Formfüllung ca. 250 mm. Der Fließweg wird ab dem Anschnitt gemessen.
  - Die Gießtemperatur soll 420° C und die Temperatur der Formhohlraumoberfläche vor Beginn der Formfüllung soll 220° C betragen.
  - Während der Formfüllung darf nicht mehr als 30% der Schmelze erstarren.
- Aus diesen Angaben wird vom Programm die maximale zulässige Formfüllzeit ermittelt. Sie beträgt hier 32 ms. Die tatsächliche Füllzeit sollte unter diesem Wert liegen. Es wird eine Füllzeit von 27 ms gewählt, s. Bild 2. Nach der Eingabe der Formfüllzeit berechnet das Programm u. a. die folgenden Größen.
- Volumenstrom der Schmelze bei der Formfüllung (Gießleistung). Er beträgt ca. 3 l/s.
  - Minimaler und maximaler zulässiger Anschnittquerschnitt. Der zulässige Bereich liegt in diesem Beispiel zwischen ca. 33 mm<sup>2</sup> und 128 mm<sup>2</sup>.
  - Minimale und maximale zulässige Geschwindigkeit der Schmelze im Anschnitt. In diesem Beispiel betragen die Grenzwerte 23 m/s und 90 m/s.

Die Anschnittmaße müssen so gewählt werden, dass der tatsächliche Querschnitt im vorgeschlagenen Bereich liegt. In der vorliegenden Berechnung ist eine Anschnittdicke von 0,5 mm und eine Länge von 80 mm festgelegt worden. Der Anschnitt umfasst den gesamten geraden Abschnitt der Gussteilkante, s. Bild 11. Die Anschnittquerschnittsfläche beträgt 40 mm<sup>2</sup>. Für eine Formfüllzeit von 27 ms ist eine Geschwindigkeit der Schmelze im Anschnitt von 74 m/s erforderlich. Im nächsten Schritt können der Querschnitt, die Länge und die Dicke des Gießlaufs festgelegt werden. Um Luft einschließen zu vermeiden, sollte der Laufquerschnitt wesentlich größer als der Anschnittquerschnitt sein, und zum Anschnitt hin abnehmen. Bei Warmkammermaschinen wird vom Programm noch der minimale Mundstückdurchmesser berechnet, er beträgt hier 11,5 mm, s. Bild 14.

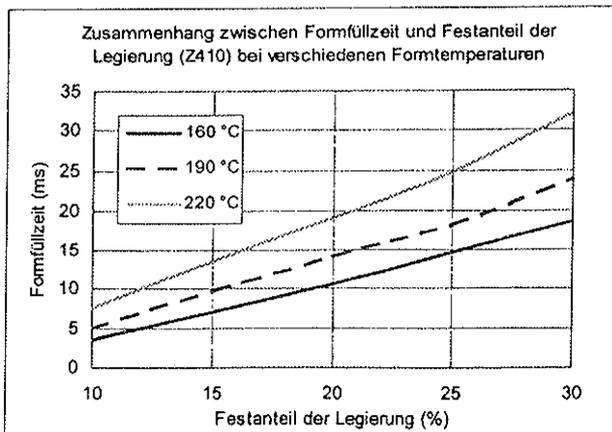
Im letzten Schritt können eine geeignete Druckgießmaschine, der Gießkolbendurchmesser und einige Einstellparameter der Maschine ermittelt werden, s. Bild 3. Nach der Auswahl eines Maschinenmodells und der Eingabe des Gießkolbendurchmessers sowie des gewünschten Wertes für den Nachdruck werden die folgenden Größen berechnet und angezeigt.

- Geschwindigkeit des Gießkolbens in der Formfüllphase (zweiten Phase),
- Gießkolbenweg in der Formfüllphase,
- maximaler Gießkolbenweg in der Nachdruckphase, d. h. beim Nachspeisen,
- maximaler möglicher Wert des Druckes im Formhohlraum in der Nachdruckphase,
- erforderliche Zuhalte- und Gießkraft der Maschine.

Gleichzeitig werden die Zuhalte- und Gießkraft der gewählten Maschine angezeigt, so dass ein geeignetes Maschinenmodell bzw. ein geeigneter Gießkolbendurchmesser leicht ermittelt werden können. Im vorliegenden Beispiel kann eine kleine Maschine mit 900 kN Zuhaltkraft und 75 kN Gießkraft eingesetzt werden (DAW 80 S). Bei einem Gießkolbendurchmesser von 60 mm betragen die erforderliche Zuhalte- und Gießkraft 450 kN bzw. 71 kN. Die beim Formfüllen erforderliche Gießkolbengeschwindigkeit beträgt 1,05 m/s.

Um Kaltfließstellen im Gussteil zu vermeiden, sollte die Formfüllzeit so kurz wie möglich sein, damit der während der Formfüllung erstarrende Anteil der Legierung niedrig ist. In Bild 12 ist die Abhängigkeit der maximalen Formfüllzeit vom zulässigen Festanteil der Legierung und von der Formtemperatur dargestellt. Das Diagramm ist mit dem Programm „ForCasts“ berechnet worden und gilt für die Legierung Z410, eine Gussteilwanddicke von 2 mm und eine Gießtemperatur von 420° C. Bei gegebener Form- und Gießtemperatur ist die maximale Formfüllzeit proportional zum Quadrat der kleinsten Wanddicke des Gussteils.

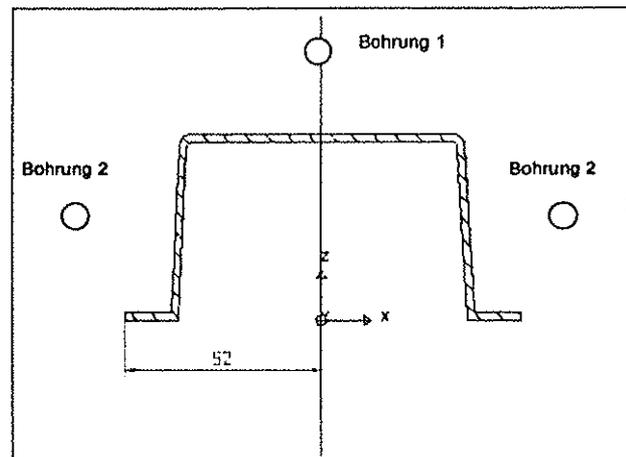
In dem oben diskutierten Beispiel entspricht der gewählten Formfüllzeit von 27 ms ein Festanteil der



**Bild 12. Zusammenhang zwischen Formfüllzeit und Festanteil der Legierung Z410 bei unterschiedlichen Formtemperaturen. Die Gießtemperatur beträgt 420° C, die Wanddicke des Gussteils ist 2 mm.**

Formfüllzeit (ms)	Erforderliche Gießkolbengeschwindigkeit (m/s)	Erforderliche Gießkraft beim Formfüllen (kN)		
		Anschnittdicke 0.5 mm	Anschnittdicke 0.7 mm	Anschnittdicke 1.0 mm
10	2.83	345	176	86
15	1.89	153	78	38
20	1.41	86	44	22
25	1.13	55	28	14
30	0.94	38	20	10

**Tabelle 1: Zusammenhang zwischen Formfüllzeit, Gießkolbengeschwindigkeit und erforderlicher Gießkraft bei unterschiedlichen Anschnittdicken. Gießkolbendurchm.: 60 mm, Anschnittlänge: 80 mm.**



**Bild 13. Skizze der Lage der Temperierbohrungen auf der festen Formseite.**

Legierung von ca. 27%, bei einer Formtemperatur von 220° C. Um den Festanteil, bei gleicher Formtemperatur, auf z. B. 20% zu reduzieren, müsste die Formfüllzeit auf ca. 18 ms verkürzt werden. Hierzu ist eine Gießkolbengeschwindigkeit von 1,57 m/s erforderlich (bei einem Kolbendurchmesser von 60 mm). Bei unveränderter Anschnittquerschnittfläche würde in diesem Fall die Geschwindigkeit der Schmelze im Anschnitt 111 m/s betragen. Die erforderliche Gießkraft würde sich auf 106 kN erhöhen und damit über dem maximalen Wert der Maschine liegen. Um die Teile auf der gleichen Maschine gießen zu können, müsste die Anschnittdicke von 0,5 auf 0,7 mm erhöht werden. Dies entspricht einem Anschnittquerschnitt von 56 mm². In diesem Fall würde die Schmelzgeschwindigkeit im Anschnitt 79 m/s betragen, und in der Formfüllphase wäre eine Gießkraft von nur noch 54 kN erforderlich.

Der Zusammenhang zwischen der Formfüllzeit, der Gießkolbengeschwindigkeit und der erforderlichen Gießkraft der Maschine bei unterschiedlichen Anschnittdicken ist für das diskutierte Gussteil in Tabelle 1 dargestellt. Die Werte gelten für einen Gießkolbendurchmesser von 60 mm und eine Anschnittlänge von 80 mm.

**4.2 Wärmetechnische Berechnung**

Beim Entwerfen der Formtemperierung wird von der gleichen Gieß- und Formtemperatur wie bei der

Gießsystemauslegung ausgegangen, d. h. 420° C bzw. 220° C. Zusätzlich werden noch die folgenden Daten benutzt, s. Bild 4.

- Angestrebte Ausformtemperatur der Gussteile: 250° C,
- Zykluszeit: 30 s,
- Zuhaltezeit: 4,5 s,
- Abmessungen der geschlossenen Form: 500 mm x 500 mm x 300 mm.

Eine Berechnung des Wärmehaushalts der Form ergibt die folgenden Wärmeströme.

- Von der Schmelze zugeführter Wärmestrom: 4,14 kW,
- über Strahlung und Konvektion abgeführter Wärmestrom: 1,27 kW,
- über Kühlsysteme abzuführender Wärmestrom: 2,87 kW.

Im nächsten Schritt müssen vom Konstrukteur die Gestalt und Lage der einzelnen Temperierbohrungen ungefähr festgelegt werden. Die einzelnen Parameter der Bohrungen bzw. Temperierkreisläufe, insbesondere die Temperatur des Temperiermediums und der Abstand der Bohrungen zu Formkontur, können mit Hilfe des Programms ermittelt werden. Der Einfachheit halber wird im Folgenden nur die feste Formseite betrachtet. Die Berechnung ist in Bild 15 dargestellt. Es wird ein aus zwei Bohrungen bestehendes Temperiersystem vorgeschlagen, s. Bild 13. Eine Temperierbohrung liegt über dem Gehäuseboden. Die zweite Bohrung verläuft an den Seitenwänden des Gehäuses und umschließt den Formhohlraum. Der Durchmesser beider Bohrungen soll 10 mm betragen.

Der über das Kühlsystem insgesamt abzuführende Wärmestrom ist mit 2,8 kW relativ niedrig, deshalb wird als Wärmeträger Öl gewählt. Das verfügbare Temperiergerät kann einen Volumenstrom von maximal 15 l/min erzeugen. Um die örtlichen, von den einzelnen Bohrungen abzuführenden Wärmeströme zu bestimmen, muss für jede Bohrung die Masse des durch die Kühlwirkung erfassten Gussteilbereichs angegeben werden. Hierbei muss beachtet werden, dass über die konvexen Gussteil-

## Gießtechnische Berechnung für Druckgießformen

Datum:	2. April 2001	Auftraggeber:	Arge Metallguss
Auftragsnummer:		Gussteil:	Gehäuse
Sachbearbeiter:		Teilnummer:	
Berechnungsart:	Soll-Berechnung	Gusslegierung:	Z410
Qualitätsanforderungen:	keine Angabe	Formwerkstoff:	1.2343
Maschine:	Warmkammer (DAW 80 S Frech)		
<b>Abgussdaten</b>			
Anzahl der Formnester:	1	Gießvolumen:	119,0 cm <sup>3</sup>
Rohteilmasse:	0,449 kg	Rohteilvolumen:	68,0 cm <sup>3</sup>
Überlaufmasse:	0,079 kg	Überlaufvolumen:	12,0 cm <sup>3</sup>
Abgussmasse:	0,726 kg	Abgussvolumen:	110,0 cm <sup>3</sup>
Min. Wanddicke:	2,0 mm	Max. Wanddicke:	2,0 mm
Sprengfläche:	180,0 cm <sup>2</sup>	Max. Fließweg:	250,0 mm
<b>Formfüllung</b>			
Gewählte Formfüllzeit:	27,0 ms	Maximale Formfüllzeit:	32,2 ms
Schmelzetemperatur:	420,0° C	Formtemperatur:	220,0° C
Max. erstarrter Anteil:	30,0%	Volumenstrom pro Teil:	3,0 l/s
<b>Anschnitt (pro Teil)</b>			
Länge:	80,0 mm	Dicke:	0,5 mm
Querschnittsfläche:	40,0 mm <sup>2</sup>	Schmelzegeschwindigkeit:	74,1 m/s
<b>Gießlauf</b>			
Schmelzegeschwindigkeit:	29,6 m/s	Mundstückdurchm. (min.):	11,5 mm
Querschnitt pro Teil:	100,0 mm <sup>2</sup>	Gesamtquerschnitt:	100,0 mm <sup>2</sup>
Breite pro Teil:	12,5 mm	Dicke:	8,0 mm
<b>Gießkolben</b>			
Durchmesser:	60,0 mm	Geschwindigkeit (Füllph.):	1,1 m/s
Hub (Füllphase):	38,9 mm	Hub (Nachspeisen):	1,7 mm
Hub (Teile + Überläufe):	28,3 mm		
<b>Kräfte</b>			
Nachdruck (in der Form):	250,0 bar	Max. möglicher Druck:	265,0 bar
Erforderl. Zuhaltkraft:	450,0 kN	Zuhaltkraft der Maschine:	900,0 kN
Erforderl. Gießkraft:	71,0 kN	Gießkraft der Maschine:	75,0 kN

Bild 14. Gießtechnische Berechnung.

## Wärmetechnische Berechnung für Druckgießformen

Datum:	2. April 2001	Auftraggeber:	Arge Metallguss
Auftragsnummer:		Gussteil:	Gehäuse
Sachbearbeiter:		Teilnummer:	
<b>Abgussdaten</b>		<b>Formdaten</b>	
Gusslegierung:	Z410	Formwerkstoff:	1.2343
Abgussmasse:	0,726 kg	Formmaße (B x H x T):	0,500 x 0,500 x 0,300 m <sup>3</sup>
Masse des Gießsystems:	0,1972 kg		
<b>Gießbedingungen</b>			
Zykluszeit:	30,0 s	Schmelzetemperatur:	420,0° C
Zuhaltezeit:	4,5 s	Ausformtemperatur:	250,0° C
Maschine:	Warmkammer	Formtemperatur:	220,0° C
<b>Wärmebilanz der Form</b>			
Wärmeinhalt der Schmelze:			124 kJ
Von der Schmelze zugeführter Wärmestrom:			4.144 W
Über Strahlung und Konvektion abgeführter Wärmestrom:			1.274 W
Über Kühlsysteme abzuführender Wärmestrom:			2.870 W
<b>Berechnete Kühlkanäle</b>			
Nr.	Bezeichnung	Typ	Kühlmedium
1.	Feste Formseite - Gehäuseboden	Parallele Bohrungen	Öl
2.	Feste Formseite - Seitenwand	Parallele Bohrungen	Öl

## Berechnete Kühlkanäle

### Feste Formseite – Gehäuseboden (Parallele Bohrungen)

Kühlmedium:	Öl
Volumenstrom:	15,0 l/min
Einlauftemperatur:	200,0° C
Auslauftemperatur:	200,6° C
Strömungsgeschwindigkeit:	3,18 m/s
Wärmeübergangszahl:	3.698,0 W/m <sup>2</sup> K
Anzahl der Bohrungen:	1
Durchmesser der Kühlbohrung:	0,010 m
Wirksame Länge einer Kühlbohrung:	0,120 m
Breite des temperierten Bereichs:	0,070 m
Abstand zwischen den Bohrungen:	0,070 m
Masse des Gussteilsegments:	0,075 kg
Örtliche Formtemperatur:	220,0° C
Abzuführender Wärmestrom:	296,0 W
Abstand der Bohrungen zur Formkontur:	0,0256 m

### Feste Formseite – Seitenwand (Parallele Bohrungen)

Kühlmedium:	Öl
Volumenstrom:	15,0 l/min
Einlauftemperatur:	200,0° C
Auslauftemperatur:	201,6° C
Strömungsgeschwindigkeit:	3,18 m/s
Wärmeübergangszahl:	3.698,0 W/m <sup>2</sup> K
Anzahl der Bohrungen:	1
Durchmesser der Kühlbohrung:	0,010 m
Wirksame Länge einer Kühlbohrung:	0,400 m
Breite des temperierten Bereichs:	0,050 m
Abstand zwischen den Bohrungen:	0,050 m
Masse des Gussteilsegments:	0,200 kg
Örtliche Formtemperatur:	220,0° C
Abzuführender Wärmestrom:	791,0 W
Abstand der Bohrungen zur Formkontur:	0,297 mm

**Bild 15. Wärmetechnische Berechnung.**

oberflächen in der Regel mehr Wärme abgeführt werden kann als über die konkaven Flächen. Im vorliegenden Fall betragen die Massen der von Bohrung 1 und 2 gekühlten Gussteilbereiche ca. 75 g bzw. 200 g. Die wirksame Länge der Bohrungen, d. h. die Länge der unmittelbar über die Formkontur liegenden Bohrungsabschnitte, beträgt 120 mm bzw. 400 mm. Es wird beabsichtigt beide Bohrungen zu verbinden, so dass ein Temperierkreislauf entsteht. In diesem Fall muss die Öltemperatur in beiden Bohrungen in etwa gleich sein. Nach einigen Proberechnungen mit unterschiedlichen Öltemperaturen konnte ermittelt werden, dass bei einer Vorlauftemperatur von 200° C die Abstände der einzelnen Bohrungen zur Formkontur ca. 25 mm bzw. 30 mm betragen müssen.

## 5 Zusammenfassung

Es wurde ein interaktives, leicht zu bedienendes Rechnerprogramm zur Prozessentwicklung im Zink- und Aluminiumdruckguss vorgestellt. Die Software kann von Gießern und Formkonstruktoren eingesetzt werden, vor allem beim Entwurf oder zur Überprüfung des Gieß- und Temperiersystems einer Druckgießform, bei der Auswahl der Druckgießmaschine sowie bei der Festlegung der Prozessparameter, wie Formtemperatur, Zykluszeit, Zuhaltezeit, Formfüllzeit.

## Verein Österreichischer Gießereifachleute

### Kurzbericht über das TECHNISCHE FORUM der Welt-Vereinigung der Gießereifachleute WFO in Warschau

Von 19. bis 21. September fand in Kielce (Polen), ca. 200 km südlich von Warschau, die 7. Internationale Gießereifachmesse METAL 2001 statt, auf der über 240 Firmen aus 18 Ländern in 2 Hallen mit über 5000 m<sup>2</sup> Ausstellungsfläche ihre Produkte und Informationen anboten.

In Verbindung mit dieser Fachmesse fand am 22. September im Haus der Technik in Warschau das von der WFO – der World Foundrymen Organization – an die polnische Gießereivereinigung zur Ausrichtung übertragene TECHNISCHE FORUM statt, dessen Teilnehmer am 21. September Gelegenheit zu einem gemeinsamen Messebesuch hatten.

Am Abend des 21. September fand darüber hinaus im Palast für Kultur und Wissenschaft in Warschau ein gut gelungener Gießereabend statt.

Das TECHNISCHE FORUM, das unter dem Motto „New Materials in Casting Engineering“ stand, wurde vom lokalen Organisator, Prof. Dr. Jozef S. Suchy und den Repräsentanten der WFO, Präsident Juan J. Leceta und Generalsekretär Dr. Jürg Gerster, eröffnet und von Frau Dr. Natalia Sobczak, Leiterin der Abteilung, für physikalische Chemie der Metalle und Legierungen am Gießereiforschungsinstitut Krakau und Gastprofessorin an der Universität von Osaka, moderiert. Unter dem Vorsitz der Herren Professoren Dr. Jerzy Sobczak und Dr. Mariusz Holtzer sowie Dr. Marcin Perzyk wurden in 2 Sitzungen nachstehende Themen referiert und diskutiert:

#### Gegossene Composite und neue Werkstoffe - Erstarrung, Gefügeausbildung, Eigenschaften, Anwendung und neuere Entwicklungen.

Von Dr. Rajiv Asthana, Universität Wisconsin-Stout, USA, Dr.

Natalia Sobczak und Prof. Dr. Jerzy Sobczak, Vortragender, Gießereiforschungsinstitut Krakau.

#### Zwischenstufenbehandlung von Eisenlegierungen.

Von Prof. Dr. Jiri Svecar, Universität Brünn

#### Neue und moderne Formstoffe für die Form- und Kernherstellung zur Gussproduktion.

Von Dr.-Ing. Alexander Schrey, Institut für Gießereitechnik, Düsseldorf, Prof. Dr.-Ing. Werner Tilch, TU-Bergakademie Freiberg und Dipl.-Geol. Horst Wolff, Vortragender, VDG Düsseldorf.

#### Computersimulation der Mikrostruktur von Gusslegierungen an Beispielen von Mg-Si-Al- und Superlegierungen.

Von Dr. A. Jacot, Vortragender und M. Rappaz, Laboratorium für physikalische Metallurgie der Ecole Polytechnique, Lausanne.

#### Moderne Metallographie - Quantitative Beschreibung der Mikrostruktur von eutektischen Al-Si-Legierungen im Hinblick auf deren mechanische Eigenschaften.

Von Prof. Dr. K. J. Kurzydowski und Dr. W.L. Spychalski, Universität Warschau.

Es war schade, dass diese außerordentlich interessanten Vorträge nur von rund 50 der 74 registrierten Teilnehmer aus 18 Ländern besucht wurden. Dabei hatte man sich für die Teilnahme am TECHNISCHEM FORUM etwa 300 Interessenten aus 35 Ländern erhofft.

Diese geringe Beteiligung dürfte wohl auch darauf zurückzuführen sein, dass die ausgesandten Programmankündigungen nur die Generalthemen, nicht aber die Vortragenden und deren Vortragsinhalte erkennen ließen.

Nach Ankündigung der Veranstalter wird ab etwa Dezember 2001 eine CD-ROM mit allen Präsentationen des TECHNISCHEM FORUMS zum Preis von US \$ 10,- erhältlich sein. Interessenten wenden sich bitte an den VÖG, Postfach 2, 1193 Wien (Tel/Fax 01-4404963).

Am 20. und 22. September fanden außerdem unter der Präsidentschaft von Juan J. Leceta, Spanien, die Vorstandssitzung sowie die Generalversammlung der WFO statt. Der VÖG ist im WFO-Vorstand durch Dipl.-Ing. Alfred Buberl und in der Generalversammlung durch

Dipl.-Ing. Alfred Buberl und Dipl.-Ing. Erich Nechtelberger vertreten.

Für die Zukunft der WFO wurde ein neues weitreichendes Aktivitätsprogramm verabschiedet, das Anfang 2002 im Internet abrufbar sein wird.

Für das Jahr 2002 wählte die Generalversammlung den nachfolgend zusammengesetzten WFO-Vorstand:

Präsident	Mr. R. Conner WARREN, USA
Vizepräsident	Mr. Michael CLIFFORD, GB
Vertreter der Mitglieder-Organisationen	Dr.-Ing. P.N. BHAGWATI, Indien Mr. Alfred BUBERL, Österreich Prof. Dr. Zin-Hyoung LEE, Korea Prof. Dr. Keisaku OGI, Japan Mr. Per Rolf ROLAND, Norwegen Prof. Dr. Guoxiong SUN, China Dr.-Ing. Gotthard WOLF, Deutschland

Vertreter des Rates der ehemaligen Präsidenten

Prof. Dr. Itsuo OHNAKA, Japan  
Prof. Dr. Leonid KOSLOV, Rußland

Mr. Juan J. LECETA, Spanien

Schatzmeister Prof. Dr. Jozef S. SUCHY, Polen  
Generalsekretär Mr. Andrew TURNER, GB

Nach 35-jähriger erfolgreicher Tätigkeit legte der im Jahre 1965 während des 32. Gießereikongresses in Warschau gewählte bisherige Generalsekretär, Dr. Jürg GERSTER, Zürich, seine Funktion nun wieder in Warschau zurück und in jüngere Hände. Als neuen Generalsekretär bestätigte die Generalversammlung den 41-jährigen Engländer Eur. Ing. Andrew TURNER, Sekretär des ICME-Institute of Cast Metals Engineers in Birmingham, GB.

Dem scheidenden Generalsekretär wurden von Präsident und Generalversammlung Dank und Anerkennung ausgesprochen.

Die Termine für die kommenden Gießereiweltkongresse (WFC) und TECHNISCHE FOREN (TF) wurden wie folgt bekanntgegeben:

- 65. WFC in Kyongju (Südkorea), 20.-24.10.2002  
WFO-TF während GIFA Düsseldorf, 16.-21.6.2003
- 66. WFC in Istanbul (Türkei), 6.-9.9.2004  
WFO-TF mit Ausstellung, USA 2005
- 67. WFC, GB 2006  
WFO-TF während GIFA Düsseldorf, 2007
- 68. WFC, Indien 2008

Die folgenden Länder sind mit ihren Gießereiorganisationen derzeit in der WFO vertreten:

A Österreich, B Belgien, B/H Bosnien-Herzegowina, BY Belorußland, CH Schweiz, CN Volksrep. China, CND Kanada, CRO Kroatien, CZ Tschechien, D Deutschland, DK Dänemark, E Spanien, ET Ägypten, F Frankreich, FIN Finnland, GB Großbritannien, H Ungarn, I Italien, IND Indien, J Japan, KR Südkorea, MEX Mexiko, N Norwegen, NL Niederlande, P Portugal, PL Polen, RO Rumänien, RUS Rußland, S Schweden, SK Slowakei, SLO Slowenien, TR Türkei, UA Ukraine, USA Vereinigte Staaten von Amerika, YU Jugoslawien.

Im Rahmen der WFO-Generalversammlung skizzierte der scheidende Präsident Juan J. Leceta die zukünftigen Aktivitäten der WFO, wobei er die Gussproduktionszahlen des Jahres 2000 vorstellte. Bei einer Weltgusserzeugung von rd. 80 Mio Tonnen entfallen auf die WFO-Mitgliedsländer rd. 90%, das sind 72 Mio Tonnen.

Die wichtigsten gussproduzierenden Länder sind:

1. USA			
2. China			
3. Japan	40,5 Mio ton	50%	
4. Deutschland			
5. Russland			
6. Indien			

7. Frankreich			
8. Italien			
9. Großbritannien			
10. Brasilien			
11. Korea	21,5 Mio ton	25%	
12. Mexiko			
13. Niederlande			
14. Taiwan			
15. Türkei			
16. Spanien			

Eine geographische Zuordnung der Gusserzeugung ergibt etwa folgendes Bild:

Asien	36%
Nordamerika (USA + Kanada)	20%
Mittel- und Südamerika	6%
Europäische Union	19%
Rest-Europa (inkl. Rußland)	10%
Rest der Welt	9%

In einer für den Welthandel offenen Welt sollten professionelle Vereinigungen, insbesondere auf technischem Gebiet, eine aktive Zusammenarbeit anstreben. Wissenschaft und Technologie sollten nicht durch Grenzen behindert werden.

Neben Gießereikongressen und Technischen Foren sollte die WFO weitere Aktivitäten verfolgen, die den Mitgliedern nützen:

- die WFO sollte den Gießereifachleuten weltweit Zugang zur neuesten Technologie verschaffen, um vergleichbare Produktionsbedingungen zu ermöglichen
- die WFO sollte sowohl in weltweit stattfindende gießereispezifische Veranstaltungen eingebunden sein als auch Tagesaktivitäten beobachten

Die WFO sollte sich z.B. besonders auf folgende Aktivitäten konzentrieren:

- Förderung der Weiterbildung auf allen Ebenen unter Verwendung moderner Medien wie Internet
- den Bekanntheitsgrad der Gießertechnologien erhöhen
- häufigen Erfahrungsaustausch mit Konstrukteuren und Gussanwendern zur Diskussion neuer Werkstoffe, Produktionsvorteile, Problemlösungen bei neuen Anforderungen und zur Förderung der Gusserzeugnisse initiieren
- zur Förderung der Zusammenarbeit der Gießereien mit Universitäten, Fachschulen, Kompetenzzentren beitragen
- direkte und indirekte Publikationen in Fachjournals und im Internet anregen
- Austausch von Informationen – Benchmarking – vermitteln
- Verstärkte Aktivitäten zur Erstellung von Spezifikationen und Standards setzen

GLOBALISIERUNG heißt KAUFEN – VERKAUFEN und ZUSAMMENARBEITEN!

Die Zugehörigkeit zur Weltvereinigung der Gießereifachleute WFO sollte abzielen auf persönliches Kennenlernen, Zusammenarbeiten, Bereitschaft zur Teilung des verfügbaren Wissens mit den Kollegen; in Ausübung unseres geliebten Berufes und als unser Beitrag zu einer besseren Welt!

E. N.

## Personalia

### Geburtstage im November und Dezember 2001

60 Jahre	am 13. November	H. Rudolf Warmuza, Leopoldsdorf
60 Jahre	am 2. Dezember	Dipl.-Ing. Hans Peter Mayer, Ansfelden

Der Vorstand des VÖG gratuliert den Jubilaren auf das herzlichste und wünscht ihnen noch viele Jahre bester Gesundheit.

## Neue Patente

Liste über die vom Österreichischen Patentamt aufgegebenen Patentanmeldungen. Die Zahlen und Buchstaben am Beginn jeder Anzeige bedeuten Patentklasse, sodann folgen die Namen des Patentanmelders, Titel der Erfindung, Aktenzeichen der Patentanmeldung.

### Aufgeboten seit 15. September 2001

B 22 D: Allegheny Ludlum Corp., 15222 Pittsburg, PA, USA: „**Verfahren und Vorrichtung zum unmittelbaren Gießen einer Metallschmelze**“.

A 1815/97

B 22 D: VOEST-ALPINE Industrieanlagen, A-4020 Linz: „**Verfahren zum Herstellen eines stranggegossenen Vorprodukts**“.

A 956/2000

B 22 D: VOEST-ALPINE Industrieanlagen, A-4020 Linz: „**Verfahren zum Herstellen eines stranggegossenen Vorprodukts und Stranggießanlage dazu**“.

A 979/2000

B 22 D: Böhler Pneumatik Intern. GmbH, A-8605 Kapfenberg: „**Verfahren und Vorrichtung zur Erbeuerung der Auskleidung einer Abstichöffnung von metallurgischen Gefäßen**“.

A 2040/97

B 22 D: VOEST-ALPINE Industrieanlagen, A-4020 Linz: „**Einrichtung zum Verschließen eines Abstichlochs eines metallurgischen Gefäßes**“.

A 126/2000

C 21 B: „Holderbank“ Financiere, CH-8750 Glarus: „**Einrichtung zum Zerstäuben von flüssigen Medien, insbesondere von flüssigen Schmelzen**“.

A 1409/2000

C 21 B: VOEST-ALPINE Industrieanlagen, A-4020 Linz: „**Verfahren und Anlage zur Herstellung einer Metallschmelze**“.

A 752/2000

C 23 C: Mataplas Ionon Oberflächenveredelungstechnik GmbH, D-52427 Bergisch Gladbach: „**Vorrichtung zur Wärmebehandlung von Werkstücken, insbesondere zum Gasnitrieren, Nitrocarburieren und Oxidieren**“.

### Aufgeboten seit 15. Oktober 2001

C 21 B: Tribovent Verfahrensentwicklung GmbH, A-6700 Lorüns: „**Einrichtung zum Zerstäuben und Zerkleinern von flüssigen Schmelzen**“.

A 878/2000

C 21 B: VOEST-ALPINE Industrieanlagen, A-4020 Linz: „**Verfahren und Vorrichtung zum Betreiben eines Schachtofens**“.

A 1611/2000

C 21 B: VOEST-ALPINE Industrieanlagen, A-4020 Linz: „**Verfahren und Vorrichtung zum Verteilen eines stückigen Schüttgutes**“.

A 1612/2000

C 21 C: VOEST-ALPINE Industrieanlagen, A-4020 Linz: „**Verfahren und Vorrichtung zur Entschwefelung von Roh-eisen**“.

A 1544/2000

F 27 D: Concept Gesellschaft für kreative Produktentwicklung GmbH, A-5020 Salzburg: „**Feuerfester Baustein**“.

A 8030/2000

Die Auflegefrist beträgt vier Monate. Innerhalb dieser Frist kann gegen die Erteilung jeder dieser angemeldeten Patente Einspruch erhoben werden.

## ÖGI – Österreichisches Gießerei-Institut, Leoben

### Erfolgreiche Teilnahme des Österreichischen Gießerei-Instituts an der MATERIALICA 2001 und Materials Week

Das Österreichische Gießerei-Institut hat vom 1. bis 4. Oktober mit großem Erfolg bei der jährlich stattfindenden Werkstofffachmesse MATERIALICA 2001 in München sowie beim Werkstoffkongress Materials Week teilgenommen.

Bereits in der Vorbereitungsphase der Messe war das ÖGI gemeinsam mit der Steirischen Wirtschaftsförderung zu einer Fachpressekonferenz geladen und der Institutsleiter, Herr DI Gerhard Schindelbacher, konnte dabei vor mehr als 30 internationalen Journalisten die Aktivitäten und Forschungsleistungen des Instituts präsentieren.

Bei der Messe MATERIALICA konnten die zur deutschen Automobilindustrie bestehenden intensiven Kontakte weiter vertieft, aber auch viele neue, zum Teil internationale Kontakte aufgebaut werden.

Besonders zu erwähnen ist auch, dass der von der Steirischen Wirtschaftsförderung bestens organisierte Gemeinschaftsstand, auf dem sich zahlreiche steirische Firmen und Institute präsentierten, unter allen Messeständen herausragend war.

Parallel zu dieser Messe fand auch der jährliche Werkstoffkongress „Materials Week“ statt. Die internationale Beteiligung und Fachvorträge zu speziellen Werkstoffthemen trugen dazu bei, dass es zu einem intensiven Erfahrungsaustausch gekommen ist. Im Rahmen dieses Kongresses wurde auch von Herrn DI Horst Rockenschau vom Österreichischen Gießerei-Institut in der Fachveranstaltung „Magnesium alloys and their applications“ ein Vortrag gehalten, der großes Interesse bei den internationalen Zuhörern hervorgerufen hat.

Das ÖGI blickt damit auf eine erfolgreiche Beteiligung sowohl bei der MATERIALICA als auch der Materials Week, wo die Leistungen des Instituts eindrucksvoll zur Schau gestellt werden konnten, zurück.



