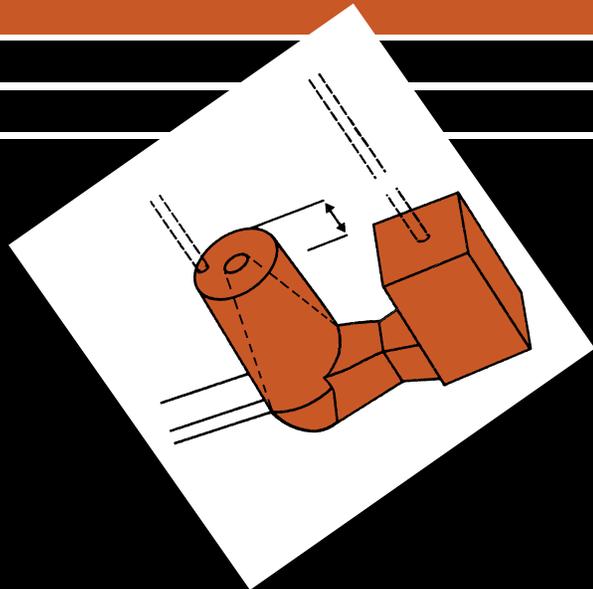


RIO TINTO IRON & TITANIUM

SORELMETAL[®]



GUSSEISEN MIT KUGELGRAPHIT

Das Wichtigste über Ansnitt-
und Speisertechnik

Auflage 2002

GUSSEISEN MIT KUGELGRAPHIT

Das Wichtigste über Anschnitt- und Speisertechnik

Autoren: P. M. Cabannes, Paris, France
R. Forrest, London, UK
G. Muratore, Chicago, USA
H. Rödter, Frankfurt, Germany
M. Gagné, Montreal, Kanada

Herausgegeben:
Rio Tinto iron & Titanium Inc.
Technical Services
770 Sherbrooke St. West
Suite 1800
Montreal, Quebec,
H3A 1G1,
Kanada

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	4	2.2 Die wichtigsten Teile	21
1.0 Gestaltung des Gieß- und Anschnittsystems ..	6	2.3 Erkenntnisse aus der Forschung und Bestätigungen in der Praxis	21
1.1 Anforderungen	6	2.4 Typische Volumenänderungskurve	23
1.2 Wichtige Teile	6	2.5 Planung	23
1.3 Planung	6	2.6 Erstarrungsgeschwindigkeit	23
1.4 Aufgabe des kleinsten Querschnitts	6	2.7 Form-/Sandeigenschaften	24
1.5 Auswahl des richtigen Gießsystems	7	2.8 Metallurgische Einflüsse	25
1.6 Reibungsverluste	7	2.9 Auswahl des richtigen Speisungsverfahrens ..	26
1.7 Gießzeit	8	2.10 Druckkontrolliertes Speisungssystem	27
1.8 Berechnung des kleinsten Querschnitts	8	2.11 Flaschenspeiser	32
1.9 Querschnittsbetrachtung und – erklärung	9	2.12 Speiserloses Gießen	33
1.10 Gestaltung des Eingusses	11	2.13 Speisungsverfahren – Kompensierung der Primärschwindung	34
1.11 Schlackenlauf	12	2.14 Auswahl der Gießtemperatur	36
1.12 Verbindung der Anschnitte	12	2.15 Druckkontrolliertes Speisungssystem	37
1.13 Gießtümpel und Eingusstrichter	13	2.16 Kontrolle der metallurgischen Qualität	42
1.14 Allgem. Fehler, die auf ein schlechtes oder falsches Gießsystem zurückzuführen sind ..	14	2.17 Verfahren zum Messen der metallurgischen Qualität	42
1.15 Beispiele	15	2.18 Weitere Hilfsmittel beim Speisen	43
1.16 Einsatz von Filtern	17	2.19 Kokillen	44
2.0 Gestaltung des Speisersystems	20	Schrifttum	49
2.1 Ziele	21		

Vorwort

Die Erzeuger von hochreinem Roheisen in der RIT-Gruppe QIT - Fer et Titane Inc., (QIT) und Richards Bay Iron and Titanium (Pty) Limited (RBIT) haben schon vor Jahren die Bedeutung des Gieß- und Speisersystems bei der wirtschaftlichen Herstellung von fehlerfreien und dichten Gussteilen erkannt. Man könnte auch sagen, dass sich RIT schon immer sehr intensiv mit diesem Thema beschäftigt hat. Den Anfang machte Dr. Karsay, und sein Buch mit dem Titel „Anschnitt- und Speisertechnik III“ stellt auch die Grundlagen für dieses neue Buch dar.

Zusätzlich zu Karsay's Grundlagenveröffentlichungen haben auch RIT's technische Beratungsingenieure wichtige Beiträge über das Thema der Anschnitt- und Speisertechnik geschrieben. Auch die Arbeiten anderer Spezialisten wurden verfolgt, geprüft und in die Broschüre aufgenommen.

Die Aufgabe dieses Seminarbuches ist es, die Vorträge in den „Casting Clinics“ zu unterstützen, die weltweit für die Gießer von RIT und seinen Vertretern oder in Zusammenarbeit mit Gießereiorganisationen zu Fragen der Anschnitt- und Speisertechnik veranstaltet werden

Die Broschüre soll keine ausführliche Darstellung des Themas sein, sondern enthält in Kurzform die wichtigsten Erkenntnisse und Ansichten von RIT über die Anschnitt- und Speisertechnik und ist auch möglichst leicht verständlich verfasst. Diejenigen, die sich eingehender über dieses Thema informieren wollen, finden im Anhang Schrifttumshinweise über weitere wichtige Veröffentlichungen.

RIT dankt allen Gießereien und Gießereifachleuten, die über viele Jahre zur Klärung und Erforschung der Anschnitt- und Speisertechnik beigetragen haben. Ohne diese Unterstützung wäre es nicht möglich gewesen, der Gießereiindustrie so viele Informationen zu dem wichtigen Thema „Anschnitt- und Speisertechnik“ zu geben.

Mit dieser Broschüre gibt RIT dem Gießereifachmann für seine tägliche Arbeit bei der Anschnitt- und Speisertechnik ein Konzept. Mit diesen Angaben sollte es möglich sein, wirtschaftlich gute, fehlerfreie und dichte Gussteile aus Gusseisen mit Kugelgraphit herzustellen.

Es wäre falsch verstanden, wenn man glauben würde, RIT habe mit diesem Buch alle Probleme der Anschnitt- und Speisertechnik vollständig erforscht und geklärt.

RIT ist mit großer Sorgfalt vorgegangen, um sicher zu stellen, dass die Darstellung die in den ausgewerteten Quellen enthaltenen Informationen korrekt wiedergibt. In den Fällen, wo verschiedene Quellen widersprüchliche Aussagen enthalten, wurde versucht, sie mit einander vereinbar zu machen. RIT ist daher der Meinung, dass die vorgestellten Informationen richtig sind und in gutem Glauben mitgeteilt werden, aber irgendeine Haftung für fehlerhafte Angaben und deren Folgen kann weder direkt noch stillschweigend übernommen werden.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Ohne ausdrückliche schriftliche Genehmigung von Rio Tinto Iron & Titanium Inc. ist jede Art von Vervielfältigung, Mikroverfilmung, Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen des Buches oder von Teilen daraus nicht gestattet.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Buch berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutzgesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Urheberrecht 2002 Rio Tinto Iron & Titanium Inc.

Teil 1

Gestaltung des Gießsystems

Anmerkung:

Der Leser sollte daran denken, dass das Speisersystem eines Gussstücks festgelegt werden muss, ehe mit der Gestaltung des Gießsystems oder entsprechenden Berechnungen begonnen wird.

1.0 Gestaltung des Gießsystems

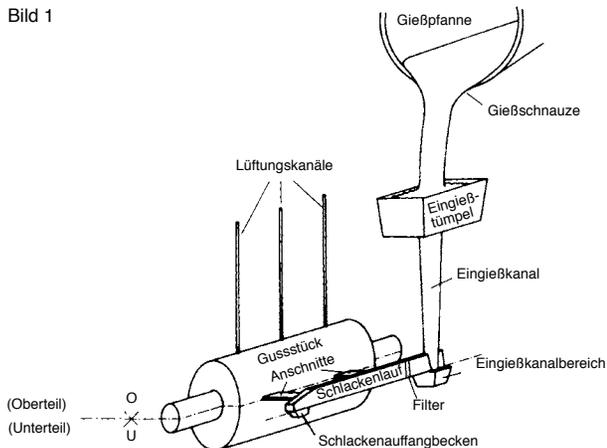
1.1 Anforderungen

- Schnell gießen um:
 - die Temperaturverluste niedrig zu halten,
 - die metallurgische Qualitätsveränderung niedrig zu halten,
 - die Schlackenbildung (Oxidierung) gering zu halten,
 - Turbulenzen zu vermeiden.
- Sauber gießen um:
 - eine Schlackenbildung während des Gießens zu verhindern
 - Schlacke vor dem Gießen von der Schmelze sauber abnehmen.
- Ökonomische Gestaltung um:
 - ein maximales Gussausbringen zu erreichen.

1.2 Wichtige Teile:

Alle im Bild gezeigten Teile des Gießsystems sind wichtig, um Schlackenfehler im Gussteil zu vermeiden.

Bild 1



1.3 Planung

Beginne mit einer einfachen Formplattenbelegung unter Berücksichtigung folgender Punkte:

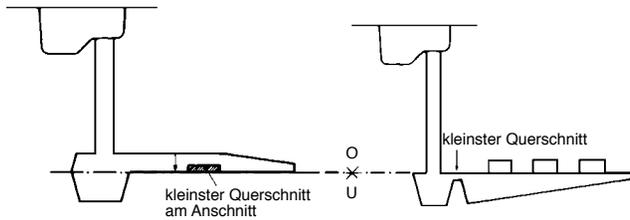
- die größte Gussstückanzahl auf die Formplatte bringen,
- auf der Formplatte genügend Raum für das Ansnitt- und Speisersystem lassen,
- Formteilung so wählen, dass keine zusätzlichen Kerne notwendig sind,
- Gussteile möglichst in das Formoberteil legen,
- turbulenzfreie Formfüllung,
- einfache, symmetrische Systeme wählen,
- gleiches Gieß- und Speisersystem für gleiche Teile,
- einen Speiser für mehrere Gussteile nehmen.

1.4 Aufgabe des kleinsten Querschnitts im Gießsystem

Der kleinste Querschnitt im Gießsystem ist als der Querschnitt definiert, der die Formfüllzeit (Gießzeit) bestimmt.

Es gibt zwei Möglichkeiten, um den kleinsten Querschnitt zu plazieren. Die Unterscheidungsmerkmale sind durch die beiden unterschiedlichen Gießsysteme gegeben (Bild 2)

Bild 2. Die beiden unterschiedlichen Gießsysteme und Lage des kleinsten Querschnitts



- a) Druckbeaufschlagtes System, kleinster Querschnitt am Übergang vom Lauf zum Anschnitt.
- b) nicht druckbeaufschlagtes System, der kleinste Querschnitt befindet sich vor den Anschnitten am Übergang vom Gießtrichter zum Lauf, die Anschnitte liegen oben an/oder auf dem Gießlauf.

1.5 Wahl des richtigen Gießsystems

- Beim druckbeaufschlagten System wird die Gießgeschwindigkeit an den Anschnitten kontrolliert. Beim nicht druckbeaufschlagten System kann man einen Anschnitt auch für mehrere Gussstücke verwenden.
- Das nicht druckbeaufschlagte Gießsystem wird für Formplatten verwendet, auf denen sehr viele Gussteile platziert sind, so dass die Füllzeit des einzelnen Gussstücks nicht über den Anschnitt reguliert werden kann.
- Das gebräuchlichste Gießsystem ist das druckbeaufschlagte System.
- Beide Systeme können kombiniert werden. Ein derartiges Hybridsystem wird gewöhnlich verwendet, wenn zur Formfüllung ein kompliziertes Laufsystem erforderlich ist.

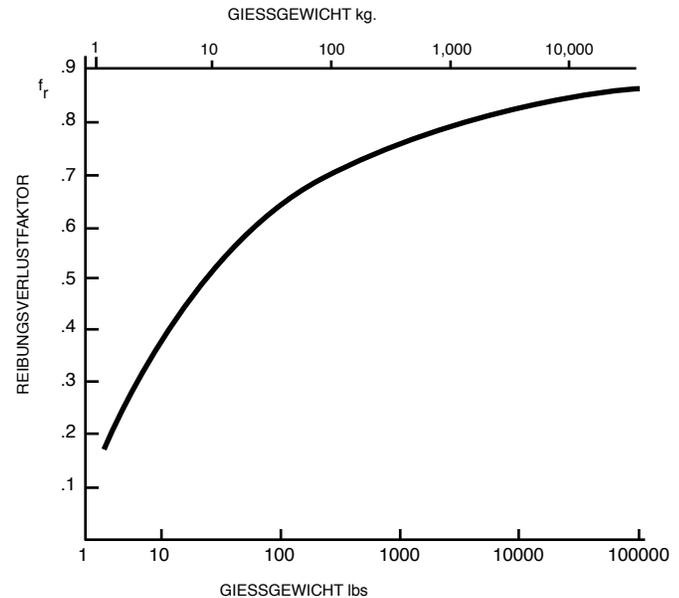
1.6 Reibungsverluste

- Es bleibt nicht die gesamte kinetische Energie, die die Schmelze am Einguss enthält bis zum Formhohlraum

erhalten. Ein Teil der Energie geht durch Reibungsvorgänge an der Formwand und auch in der Schmelze selbst verloren. Die Energieverluste bedeuten eine Verlängerung des Gießvorganges. Bei der Berechnung des Gießsystems müssen die Reibungsverluste berücksichtigt werden.

- Die Energieverluste werden durch einen Reibungsverlustfaktor (f_r) bei der Berechnung kompensiert. (Bild 3)
- für dünne Platten ist der Reibungsverlustfaktor $f_r \rightarrow 0,2$.
- für große Würfel ist der Reibungsverlustfaktor $f_r \rightarrow 0,8$

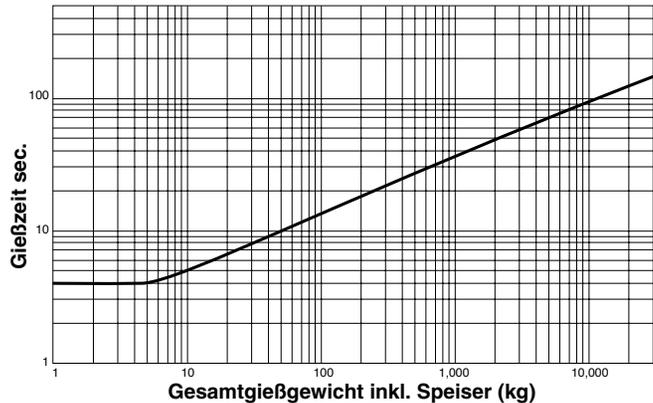
Bild 3: Abhängigkeit des Reibungsverlustfaktors vom Gießgewicht



1.7 Gießzeit

- Die Form sollte so schnell wie möglich gefüllt werden.

Bild 4. Empfohlene Gießzeit in Abhängigkeit vom Gießgewicht



- Für die Gießzeit gilt als sehr vereinfachte Formel:
 $t \text{ (sec)} = \sqrt{2 G \text{ (kg)}}$

G = Gewicht von Speiser + Gießsystem (kg)

t = Gießzeit (sec)

1.8 Querschnittsberechnung des kleinsten Querschnitts (F_A)

- Berechnung der kürzesten Gießzeit (t) für die gesamte Gießmenge (G) (siehe 1.7)
- Wahl des Reibungsfaktors (f_r) (siehe 1.6)
- Berechnung des Volumens des Gießmetalls (V) (cm^3). Das Volumen V beinhaltet das Gesamtvolumen aus Gussstück, Gießsystem und Speiser; Volumen = Gesamtgussstückgewicht / Dichte, die Dichte von flüssigem Eisen beträgt 0.007 kg/cm^3 .

- Bestimmung der ferrostatischen Höhe des Gießsystems (H) (cm)
- Bestimmung der Höhe des Gussstücks im Formoberteil (b) (cm)
- Nach der Formel von Torricelli kann die Ausfließgeschwindigkeit (V_A) an der engsten Stelle berechnet werden

$$V_A = f_r \sqrt{2gH}$$

- Befindet sich das Gussteil nur im Formunterkasten, dann gilt die folgende Formel:

$$F_A = \frac{V_u}{t \cdot f_r \sqrt{2g \cdot H}}$$

$$g = \text{Erdbeschleunigung} = 981 \text{ cm/sec}^2$$

- Wenn sich das Gussteil nur im Oberkasten befindet

$$\frac{1.5 (b) V_o}{f_r \cdot t \cdot \sqrt{2g} [\sqrt{H^3} - \sqrt{(H-b)^3}]}$$

- Befindet sich das Gussteil im Oberkasten und Unterkasten:

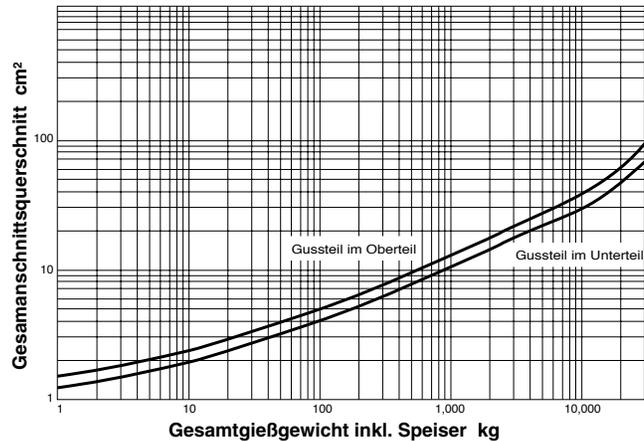
$$F_A = \frac{1}{f_r \cdot t \cdot \sqrt{2g}} \left[\frac{V_u}{\sqrt{H}} + 1.5 (b) \frac{V_o}{\sqrt{H^3} - \sqrt{(H-b)^3}} \right]$$

V_o = Volumen im Oberkasten

V_u = Volumen im Unterkasten

Bild 5 enthält für die Praxis genügend genaue Werte für den Anschnittsquerschnitt (F_A). Die Werte gelten für durchschnittliche Höhen des Oberkastens. Diese sind zwar in den meisten Gießereien unterschiedlich, jedoch ergeben diese geringen Unterschiede in der Praxis nur kleine Unterschiede im Anschnittsquerschnitt.

Bild 5. Anhaltswerte für den Anschnittsquerschnitt (F_A) in Abhängigkeit vom Gesamtgießgewicht.



- Die Gießzeit sollte immer gemessen werden. Sollte die Gießzeit zu lange dauern, so müssen die Querschnitte des Gießsystems korrigiert werden.

Vereinfachte Formel, $t \text{ sec} = \sqrt{2G}$
 ($G = \text{Gesamtgussgewicht} + \text{Speiser}$)

1.9 Ermittlung der Anschnittsquerschnitte

Druckbeaufschlagtes System: Der Anschnittsquerschnitt beim druckbeaufschlagten System errechnet sich aus der Summe aller Anschnittsquerschnitte:

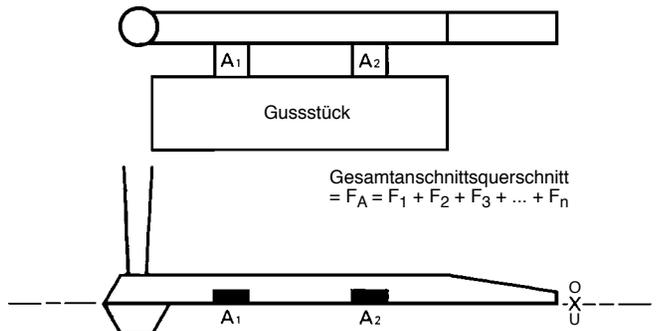
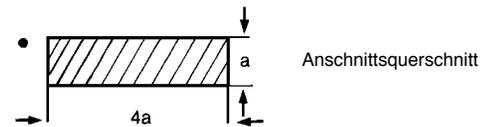
$$\text{Gesamtanschnittsquerschnitt} = F_A = F_1 + F_2 + F_3 + \dots + F_n$$

- Die Berechnung der Anschnittsquerschnitte erfolgt nach dem Gewicht der Gussteile. Jedes einzelne Gussteil in einer Form sollte die gleiche Füllzeit haben. Es ergibt sich die folgende Formel für Gussteile mit unterschiedlichen Anschnitten:

$$\frac{\text{Gussstückgewicht} + \text{Speisergewicht}}{\text{Gießzeit}}$$

(Anschnittsquerschnitt aus Bild 5 entnehmen)

- Abmessungen der Anschnitte (Bild 6):
- Höhe = a , Breite = $4a$, Anschnittsquerschnitt = $4a^2$
- Gesamtanschnittsquerschnitt = $F_{A1} + F_{A2}$
- $F_{A1} = F_1 + F_4$; $F_{A2} = F_2 + F_3$
- F_1, F_2, F_3, F_4 gewählt in Abhängigkeit des Gussgewichts (siehe Bild 5)



- Einzelbetrachtung der Anschnittsquerschnitte:

$$F_1 = F_2 = F_3 = F_4 = 4a \text{ (a), wie oben}$$

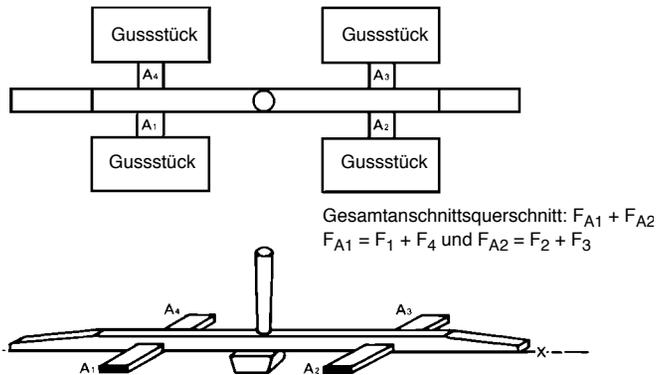


Bild 6. Kenngrößen der Anschnitte und Anordnung der Gussstücke in der Form

Anmerkung: Beim Einsatz von Filtern kann der Laufquerschnitt und die Anschnitte verändert werden (verkleinert), da der kleinste Querschnitt des Eingussystems am Filter ist.

- *Nicht druckbeaufschlagtes System:*
Die Gesamtfläche des kleinsten Querschnitts berechnet sich aus dem Gesamtgießgewicht und der Gießzeit.
- F_A gewählt nach dem gesamten Gießgewicht (siehe 1.8)
- Gesamtanschnittsquerschnitt, $F_A = 4a$ (a)
- a = Höhe des Anschnitts; $4a =$ Länge des Anschnitts

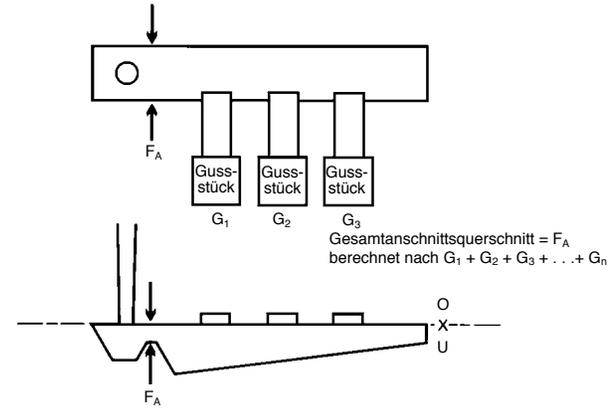


Bild 6b

- F_{A1} berechnet aus $G_1 + G_2 + G_3 + G_4 + G_5 + G_6$
- F_{A2} berechnet aus $G_7 + G_8 + G_9 + G_{10} + G_{11} + G_{12} + G_{13}$
- $F_{A1} = 4a$ (a) = F_{A2} deshalb a, 4a

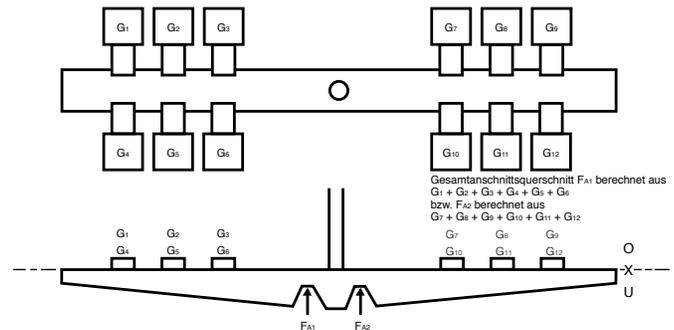


Bild 6c

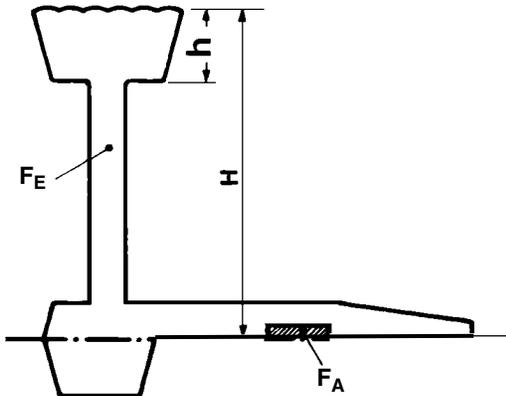
1.10 Gestaltung des Eingusskanals

- Der Eingusskanal darf nicht den kleinsten Querschnitt haben.
- Die Querschnittsfläche des Eingusskanals wird nach folgender Formel berechnet:

$$F_E \geq F_A \sqrt{\frac{H}{h}}$$

- F_A = Summe aller kleinsten Querschnitte
- Diese Berechnung kann verwendet werden für Eingusskanäle, die parallel oder nach oben bzw. unten konisch sind. F_E ist der kleinste Querschnitt in einem konischen Eingusskanal. Im Fall eines nach unten konischen Eingusskanals wird die Höhe „H“ vom kleinsten Querschnitt, der gewöhnlich am Übergang zum Lauf liegt, bis zur Gießtumpel-Oberkante gemessen. (In den meisten Fällen ist „H“ gleich der Oberkastenhöhe.

Bild 9. Schema des Eingusskanals



Die Verwendung von standardisierten Eingusskanaldurchmessern sollte vermieden werden.

Wenn sich die Verwendung von standardisierten Eingusskanaldurchmessern nicht umgehen lässt, sollten sie nach folgender Formel berechnet werden:

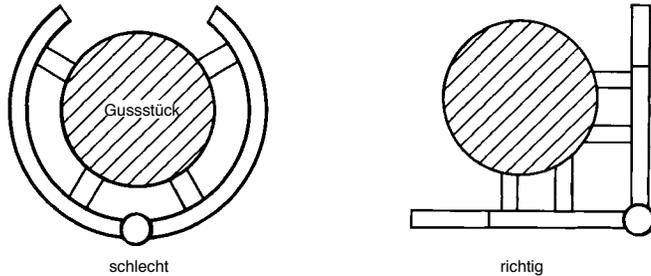
$$F_E \geq F_A \sqrt{\frac{H}{h}} \quad d_E \geq \sqrt{\frac{4F_E}{\pi}}$$

Dies verlangsamt unvermeidlich die Formfüllung mit der Folge stärkerer Temperaturverluste und höherem Risiko von Gussfehlern.

1.11 Gießlauf

Die Aufgabe des Gießlaufs (Bild 10) ist es, die Fließgeschwindigkeit der Schmelze zu senken und gleichzeitig den Schlackenteilchen in der Schmelze die Zeit zum Aufschwimmen zu geben.

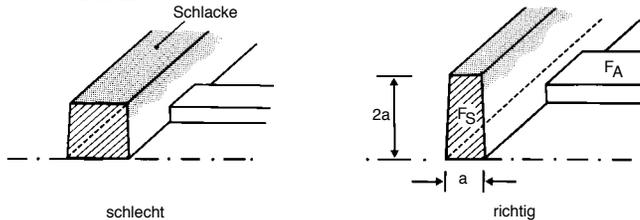
Bild 10. Schlechte und gute Ausführung des Gießlaufs



- Gebogene, gekrümmte Gießläufe sollen vermieden werden.
- Abgesetzte Gießläufe sollen vermieden werden.

Übergang Gießlauf-Anschnitt

Bild 11. Schlechte und gute Ausführung des Übergangs vom Gießlauf zum Anschnitt



$$F_S = 2a \times a = 3 \times F_A$$

- Es sollen schmale und hohe Gießläufe (Bild 11) verwendet werden. Der Gießlaufquerschnitt F_S sollte 2 bis 4 mal Gesamtanschnittsquerschnitt F_A sein.

- Am Ende des Gießlaufs sollen sich abgeflachte Ausläufe oder bei Platzmangel Schlackenauffangbehälter im Unterkasten befinden (Bild 12).

Bild 12. Ausführungen des Gießlaufs

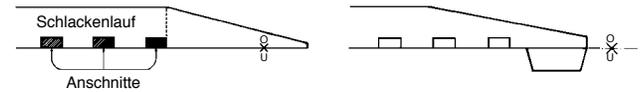
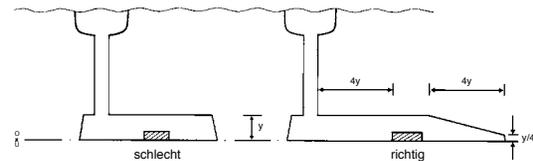


Bild 13 Schlechte und gute Anordnung der Anschnitte

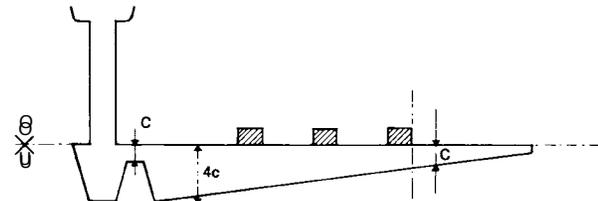


- Anschnitte dürfen nicht zu nah am Eingusskanal bzw. am Gießlaufende angebracht sein.
- Anschnitte sollen im Winkel von 90° an den Schlackenlauf ansetzen.

Nicht druckbeaufschlagtes System

- Der Gießlauf (Bild 14) hat einen konischen Querschnitt. Der Querschnitt ist am Übergang vom kleinsten Laufquerschnitt quadratisch und rechteckig im weiteren Verlauf.

Bild 14. Gießlauf und Anschnitte beim nicht druckbeaufschlagten System



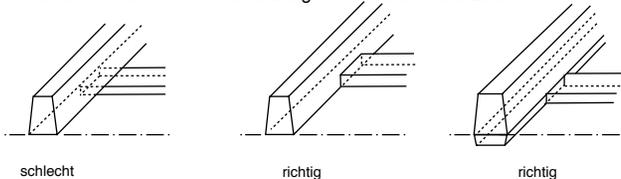
- Die Maße für den Gießlauf sollten so gewählt sein, dass nach dem letzten Anschnitt die Fläche des kleinsten Querschnitts C noch erhalten bleibt.

1.12 Anbindung der Anschnitte

Druckbeaufschlagtes System

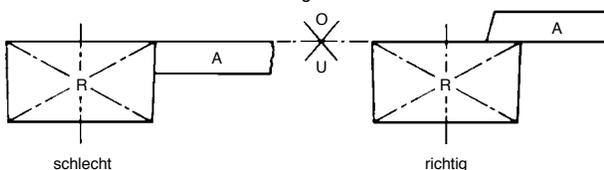
- Die Anschnitte sollen mit dem Gießlauf nur von der Seite verbunden werden.

Bild 15. Gute und schlechte Anbindung der Anschnitte am Lauf



- Die Unterseite des Gießlaufs und die Anschnittunterseite sollen auf gleicher Höhe liegen (Bild 15).
- Nicht druckbeaufschlagtes System Einguss - Lauf

Bild 16. Gute und schlechte Anbindung der Anschnitte



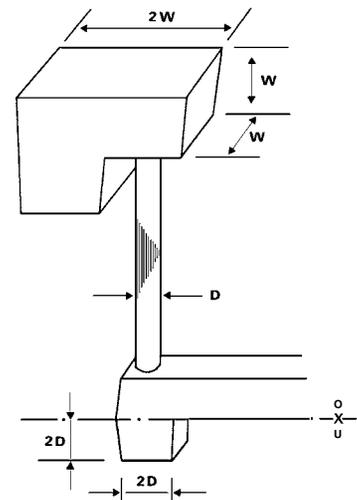
- Der Gießlauf soll in das Formerteil und die Anschnitte in das Formerteil gelegt werden (Bild 16).
- Die Überlappungsfläche der Anschnitte am Gießlauf sollte etwa 10 % größer als der kleinste Querschnitt im System sein.
- Die Überlappungslänge der Anschnitte auf dem Gießlauf sollte etwas länger als die Höhe der Anschnitte sein.

- Die Anschnitte sollen mit dem Schlackenlauf immer so verbunden sein, dass die Anschnitte auf dem Schlackenlauf sitzen.

1.13 Eingussbecken und Eingusstrichter

- Die schlechteste Ausführung des Gießtumpels ist die konische Form, da das Angießen schwierig ist und viel Eisen verspritzt wird.
- Die beste Form ist ein Gießtumpel oder Gießbecken mit der Länge = 2 x Tiefe bzw. Breite.
- Der Übergang vom Gießbecken zum Gießlauf muss so ausgebildet sein, dass keine Luft angesaugt werden kann. Das Gießbecken sollte eine rechteckige Form haben mit einem flachen Boden am Übergang zum Gießlauf.
- Für Großguss sollte das Gießbecken 20 - 30 % vom Gießvolumen aufnehmen können

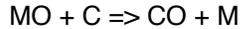
Bild 17. Schema des Eingussbeckens und des Eingusstrichters



1.14 Häufige Fehler infolge eines schlechten oder falschen Gießsystems

Gasblasen an der Gussoberfläche.

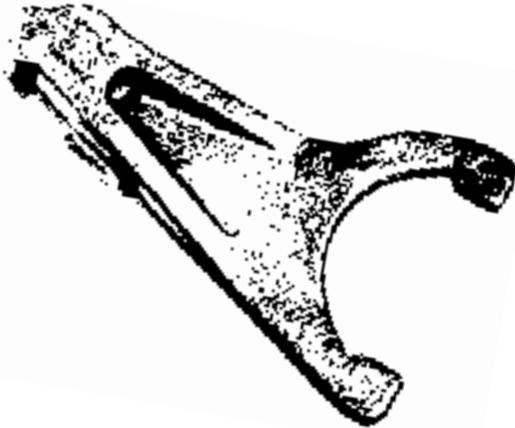
Bei einem schlechten Gießsystem kann Schlacke, deren Hauptbestandteil Metalloxide MO sind, mit in die Form fließen. Die Oxide reagieren mit dem gelösten Kohlenstoff in der Schmelze:



Die CO-Blasen steigen an die Oberfläche oder werden unter Kernen festgehalten.

Diese Fehler können einfach dadurch vermieden werden, indem man das Gießsystem nach den vorher genannten Regeln auslegt.

Bild 18. Gussstück mit Gasblasen an der Oberfläche.



Einschlüsse von Magnesium-Silikaten (Dross)

Einschlüsse von Magnesium-Silikaten können wie Anrisse wirken, wenn sie an oder dicht unter der Oberfläche liegen. Dadurch werden die dynamischen Eigenschaften (Kerb-schlagzähigkeit, Dauerfestigkeit, Bruchzähigkeit) erheblich herabgesetzt.

Die häufigste Fehlerursache ist ein Eingusskanal, der für den gewählten kleinsten Querschnitt zu klein bemessen wurde (siehe 1.10).

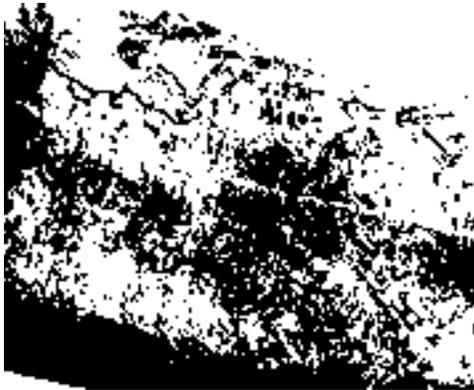
Eine niedrige Gießtemperatur kann das Auftreten solcher Einschlüsse verstärken.

Bild 19. Einschlüsse von Magnesium-Silikaten



Überlappungen und Elefantenhaut-Fehler

Bild 20. Elefantenhaut-Fehler



Bei Überlappungen und Elefantenhaut-Fehlern (Oxidhäute) handelt es sich um eine extreme Erscheinungsform von Magnesium-Silikaten. Sie entstehen, wenn mehrere Metallströme, die mit Oxidhäuten überzogen sind, sich an ungünstigen Lagen, besonders an der Gussstückoberfläche, treffen. In diesen Fällen können sich die Metallströme infolge der Oberflächenhäute nicht vollständig verbinden.

Abhilfemaßnahmen sind:

- Überprüfen des Eingusskanalquerschnitts (siehe 1.10).
- Überprüfen des Gießsystems auf Bereiche, an denen sich Turbulenzen bilden können.

Echte Kaltschweißen treten bei Gussstücken aus Gusseisen mit Kugelgraphit oder aus Grauguss relativ selten auf.

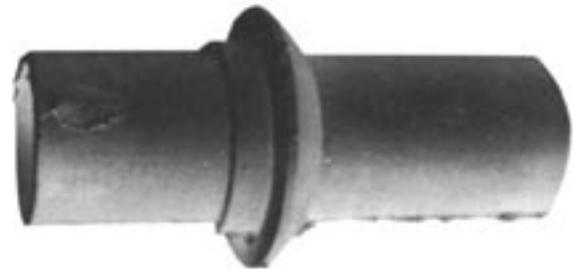
Glanzkohlenstoff-Fehler

Diese Fehler zeigen sich an der Gussoberfläche als Einfallstellen oder in Form von Federn aus dünnen Metallplatten. Diese Fehler werden verursacht von zuviel Glanzkohlenstoff im Formsand. Die Bildung wird durch langsames Gießen unterstützt.

- Die Fehler können durch Verkürzen der Gießzeit (siehe 1.7) und richtige Formsandzusammensetzung vermieden werden.

1.15 Fallbeispiel

Bild 21. Gussstück aus Gusseisen mit Kugelgraphit mit Überlappungen und Ablösungen an der im Oberkasten liegenden Oberfläche



Bei der Produktion des Gussstücks aus Gusseisen mit Kugelgraphit in Bild 21 gab es einen sehr hohen Ausschussanteil aufgrund von Überlappungen und Ablösungen an der im Oberkasten liegenden Oberfläche.

Die Gefügeuntersuchung zeigte, dass in den Fehlerbereichen ein Magnesium-Silikatfilm zu finden war. Die Fehler an der Oberfläche deuten jedoch auf typische Glanzkohlenstoff-Fehler hin.

Bei der Prüfung des Gießsystems (Bild 22) musste festgestellt werden, dass das Anschnittsystem nicht fehlerfrei war.

- Folgerung: Das erste Eisen beim Angießen enthält relativ viel Schlacke. Dies ist trotz der Sorgfalt beim Umgießen, Abschlacken usw. nicht zu vermeiden. Da der Lauf ohne Anschnitt direkt in den Speiser führte, fließt das zuerst abgegossene, mit Schlacke verschmutzte Eisen, direkt in den Speiser und von da aus in die Form.
- Folgerung: Bei der Nachprüfung hat sich gezeigt, dass der „kleinste Querschnitt“ im Gießsystem der Lauf vom Gießtrichter zum Formhohlraum ist. Dadurch wird die Regel verletzt:

$$F_s \geq F_A \sqrt{\frac{H}{h}} \quad (\text{in diesem Beispiel } F_E = F_s)$$

F_s = Querschnittsfläche des Schlackenlaufs

Als Folge kommt es zu verstärkter Bildung von Magnesium-Silikatschlacke im Anschnittsystem, verlängerter Gießzeit und hohem Temperaturverlust.

- Das Gesamtvolumen des Gussteils beträgt $V = 1300 \text{ cm}^3$, davon sind 50 % im Formoberkasten $V_O = 650 \text{ cm}^3$ und Formunterkasten $V_U = 650 \text{ cm}^3$
- Der gesamte kleinste Querschnitt F_A (Gesamtanschnittsquerschnitt) für Gussteile, die im Formober- und Formunterkasten liegen, kann nach den Angaben in Teil 1.8 berechnet werden oder aus Bild 6 entnommen werden und ergibt sich zu $F_A = 2,38 \text{ cm}^2$.

$$F_A = \frac{1}{0,8 \cdot 4 \sqrt{19,62}} \left[\frac{650}{\sqrt{20}} + 1,5 (5) \left(\frac{650}{\sqrt{20^3} - \sqrt{(20-5)^3}} \right) \right]$$

$$F_A = 0,00705 \cdot 300,89$$

$$F_A = 2,12 \text{ cm}^2$$

- Berechnung des kleinsten Durchmessers des Eingusskanals (s. 1.10)

$$F_E \geq F_A \sqrt{\frac{H}{h}} = 2,2 \cdot \sqrt{\frac{20}{7}} = 3,7 \text{ cm}$$

Daraus ergibt sich der kleinste Durchmesser des Eingusskanals D_E zu 2,24 cm, gewählt wurden 2,5 cm.

- Berechnung des Anschnittsquerschnitts (s. 1.9):
Der gesamte kleinste Querschnitt ist $F_A = 2,38 \text{ cm}^2$
Abmessung des Anschnitts (da nur 1 Anschnitt):
 $4a$ (a) = 2,38 cm², $a = 7,1 \text{ cm}$, $4a = 3,1 \text{ cm}$
Gewählt wurden 3,0 cm x 0,7 cm ?
- Berechnung des Gießlaufs (siehe 1.11)
 $2a^2 = 3 \times 2,38 \text{ cm} = 7,14 \text{ cm}^2$, $a = 1,91 \text{ cm}$, $2a = 3,78 \text{ cm}$

Im vorliegenden Fall musste wegen Platzmangel auf der Formplatte der Speiser auf die andere Formseite gelegt werden, da Gießlauf, Anschnitt und Speiser nicht gemeinsam auf einer Seite untergebracht werden konnten.

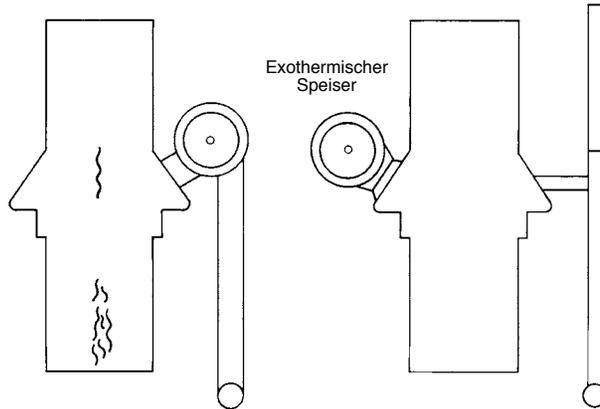
Bei der Neukonstruktion ist der Speiser „kalt“ und hat einen exothermen Mantel, während die frühere Auslegung einen „heißen“ Speiser hatte. Dies hat jedoch offenbar keine ungünstigen Auswirkungen auf die Dichtheit des Gussstücks. Wahrscheinlich infolge der Neukonstruktion des Gießsystems wird die Form schneller gefüllt, was einen geringeren Temperaturverlust verursacht.

- Durch diese Neubestimmung des Gieß- und Speisersystems konnte das Ausbringen an gutem Guss einschließlich der Ausschussverringerung von 16 % auf 67 % erhöht werden

$$\text{Ausbringen} = \frac{\text{Gute Gussteile}}{\text{Vergossene Schmelze}} \times 100 \%$$

Bei anderen Gieß- und Speisersystemen können Filter oder andere Speisertypen verwendet werden, um das Ausbringen weiter zu verbessern.

Bild 22. Ursprüngliches Gießsystem (links) des Gussstücks in Bild 21 und neu konstruiertes rechts



55 % Ausschuss aufgrund von Schlacke und Glanzkohlenstoff
72 % Ausbringung

vorher

<math>< 5\%</math> Ausschuss
70 % Ausbringung

nachher

Das ursprüngliche Gießsystem ergab 55 % Ausschuss durch Schlacken- und Glanzkohlenstoff-Fehler und 72 % Ausbringen, das neue <math>< 5\%</math> Ausschuss und ein Ausbringen von 70 %.

Neukonstruktion – Korrektur des Gießsystems

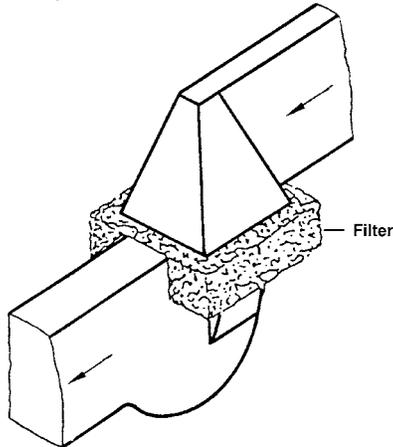
- Gesamtgießgewicht = Gussgewicht + Speisergewicht = 6,8 kg + 0,9 kg = 7,7 kg
- Es wird ein druckbeaufschlagtes System mit Lauf und Anschnitt benutzt (s. 1.12).

- 50 % des Gussteils befinden sich im Formoberkasten und 50 % im Unterkasten.
- Der Reibungsverlustfaktor ist $fr = 0,4$ (s.1.6).
- Die empfohlene Gießzeit beträgt $t = 4$ s (siehe 1.7)
- Die ferrostatische Drucksäule, etwa entsprechend der Höhe des Oberkastens ist $H = 20$ cm.
- Die Tiefe des Gießtumpels ist $h = 7,6$ cm.
- Die Höhe des Gussteils im Formoberkasten ist $b = 5,1$ cm.

1.16 Einsatz von Filtern

Filtern der Schmelze setzt sich in Gießereien immer mehr durch, um die Qualität, Ausbringen, Bearbeitbarkeit und Eigenschaften der Gussstücke zu verbessern. Mit der zunehmenden Anwendung steigt auch der Bedarf an Kenntnissen über die Filtertechnologie im Allgemeinen. Es reicht nicht mehr aus, dass ein Filter einen guten Wirkungsgrad hat. Er muß auch eine hohe und gleichmäßige Durchflußrate, hohe Festigkeit, hohe Kapazität und gute Maßgenauigkeit zu niedrigen Kosten bieten. Einige dieser Forderungen schließen sich gegenseitig aus. Wenn z. B. ein Filter eine hohe Kapazität hat, geht dies auf Kosten des Wirkungsgrades. Die besten Filter sind daher solche, die so konstruiert sind, dass sie eine optimale Leistung bei all diesen Kenngrößen erreichen.

Bild 23. Filter im Gießsystem



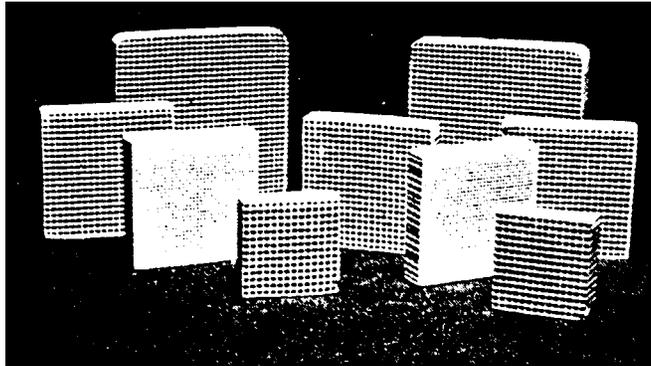
Auf dem Markt werden verschiedene bewährte Filtertypen angeboten. Sie umfassen Siebkerne, Gewebefilter und keramische Filter. Keramische Filter werden allgemein als die wirksamsten angesehen und werden für kleinere Formen und Gießmengen verwendet. Am weitesten verbreitet unter ihnen sind gepresste oder extrudierte Zellkeramikfilter sowie Filter mit Schaumstruktur. Die Zellquerschnitte von gepressten Zellkeramikfiltern sind allgemein rund, die von extrudierten quadratisch, während Schaumfilter eine ungleichmäßige zwölfseitige Zellstruktur haben.

- Der Filterwirkungsgrad ist wichtig, um Schlacke und Dross zu entfernen und am Eintritt in den Formhohlraum zu hindern.
- Die Kapazität muß für das jeweilige Gussstück ausreichen und soll gleichmäßig sein. Sie darf nicht von Filter zu Filter unterschiedlich sein, da dies in einigen Fällen zu Verstopfungen führen kann.

- Die Durchflussrate muß hoch und gleichmäßig sein. Große Streuungen der Durchflussrate können in manchen Fällen zu Problemen bei der Formfüllung führen, oder den Einsatz größerer Filter erfordern, wodurch die Kosten erhöht und das Gussausbringen vermindert werden.
- Die Maßgenauigkeit ist wichtig, damit der Filter jedesmal genau in die Kernmarke passt.
- Die Festigkeit im kalten und heißen Zustand ist wichtig beim Versand und bei der Handhabung, und sorgt dafür, dass der Filter während des Gießvorganges intakt bleibt.

Filter halten Einschlüsse nach verschiedenen Mechanismen sehr wirksam zurück. Einige Typen sind bei einem Mechanismus günstiger als bei einem anderen. Filter fangen Dross- und andere Teilchen wie ein Sieb auf, wenn diese größer als die Löcher oder Poren auf der angeströmten Seite des Filters sind. Diese Teilchen können wegen ihrer Größe nicht in das Gussstück gelangen. Ein zweiter Mechanismus ist die Bildung eines sog. Filterkuchens, der sich aus großen Drossteilchen auf der angeströmten Seite des Filters bildet. Dieser Filterkuchen wirkt als ein sehr gutes Filtermedium. Auf diese Weise können auch Teilchen zurückgehalten werden, die kleiner als die Porengröße des Filters sind. Bei Gusseisen mit Kugelgraphit besteht die Möglichkeit, dass Mikroeingusspartikel, die kleiner als 1 % der Porengröße sind, durch die Bildung von Einschlussbrücken aufgefangen werden. Beim Auftreffen der Schmelze auf den Filter entstehen kleine Wirbel, die die nichtmetallischen Einschlüsse an die Wände der Zelle drücken. Im weiteren Verlauf des Gießvorganges kleben diese Teilchen aneinander und bilden Einschlussbrücken.

Die Anwendung von Filtern hat in den letzten Jahren erheblich zugenommen, da die spezifischen Kosten gesunken sind, während zugleich die Wanddicken der Gussstücke kleiner und die Qualitätsanforderungen erhöht wurden. Wie in anderen Fällen müssen auch beim Einsatz von Filtern in der Gießerei einige Vorversuche vorgenommen werden, um die günstigste Filtergröße, die Abschlackpraxis der Pfannen und den Bereich der Gießtemperatur festzulegen, bei denen ein hohes Gussausbringen erreicht wird.



Zellenfilter

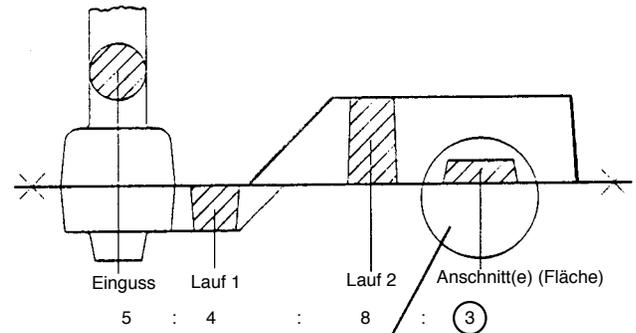


Schwammfilter

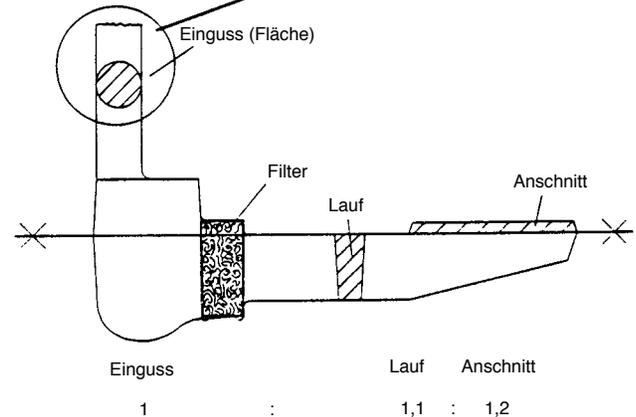
Giessystem mit und ohne Filter

Querschnittsverhältnisse im Giessystem

A) ohne Filter



B) mit Filter



Teil 2

Speiserberechnung und Speisergestaltung

Anmerkung:

Das Speisersystem muß vor der Berechnung des Anschnittsystems festgelegt werden. Flaschenspeiser werden heute in den meisten Speisersystemen bevorzugt.

2.0 Speiserberechnung und Speisergestaltung

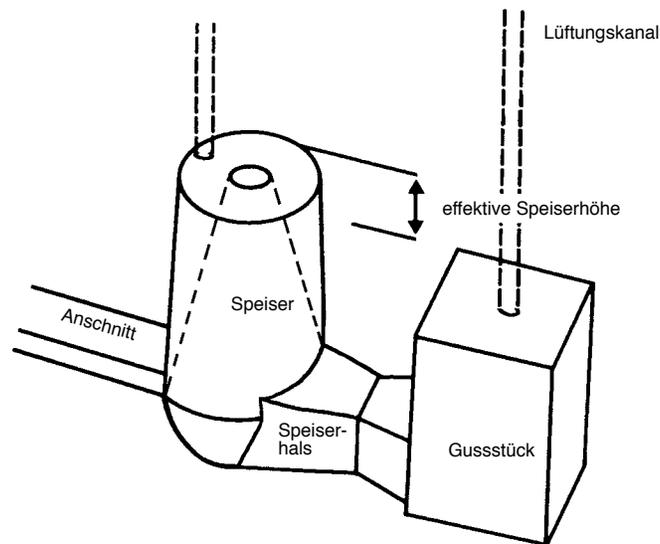
2.1 Ziele

Die Ziele sind:

- Herstellung von Gussteilen ohne Schwindungsfehler (Lunker, Porositäten)
- Wirtschaftliche Herstellung von Gussteilen (hohes Ausbringen)

2.2 Die wichtigsten Teile des Speisersystems

Bild 24. Schematische Darstellung des Speisersystems



- Als Speiser sollen immer „blinde“ (nach oben geschlossene), heiße oder exotherme Speiser verwendet werden.)
- Der Speiserhals soll so kurz wie möglich sein. Der berechnete Querschnitt wird immer an der Brechkante gemessen.
- Die Anschnitte sollen dünn und lang sein, um eine schnelle Erstarrung zu erreichen
- Die Entlüftungskanäle sollen eine kurze Formfüllzeit ermöglichen.

2.3 Erkenntnisse aus Forschung und Praxis

Erkenntnisse aus der Forschung, die sich in der Praxis bestätigt haben, zeigen einige für das Speisungsverhalten von Gusseisen wichtige Besonderheiten.

- Grauguss und Gusseisen mit Kugelgraphit erfahren bei der Erstarrung während der Graphitbildung eine Volumenzunahme.
- Diese Volumenerweiterung ruft einen Druckaufbau hervor, der mehr als 200 N/cm² betragen kann. Dieser Druck überschreitet stets die Druckfestigkeit der Form. Dadurch wird die Sandform deformiert und der Abguss wird größer als das Modell bzw. ungleich dem Modell. Durch diese Erscheinung werden häufig Lunker und Porositäten gebildet.
- Nassgussformen werden in diesem Zusammenhang nicht als feste Formen angesehen.
- Die Speiser und der Speisungsablauf reagieren sehr empfindlich auf unterschiedliche Gießtemperaturen und Gießzeiten.

- Der Ablauf der Volumenveränderung ist nicht konstant, sondern abhängig von der Abkühlgeschwindigkeit des Gussstücks und dem Herstellverfahren der Schmelze, wie Gattierung, Schmelzverfahren und -verlauf, Überhitzung, Impfbehandlung, usw.
- Um den hohen Expansionsdruck für die Selbstspeisung verwenden zu können, müssen die Formkästen fest miteinander verschraubt werden. Das Beschweren der Formen nur mit Lasteisen reicht nicht aus.

2.4 Typische Volumenänderungskurven

Der Verlauf der Volumenänderung in Abhängigkeit der Temperatur für Stahl, weiße Gusseisen und NE-Metalle einerseits und für graphitische Gusseisen andererseits unterscheidet sich deutlich. Bild 25 zeigt die Volumenänderung in Abhängigkeit der Temperatur für Stahl, Temperguss und NE-Metalle. In Bild 26 ist die Volumenänderung für Grauguss und Gusseisen mit Kugelgraphit dargestellt.

Bild 25. Temperaturabhängigkeit der Volumenänderung für Stahl, Temperguss, Bronze, Aluminium usw.

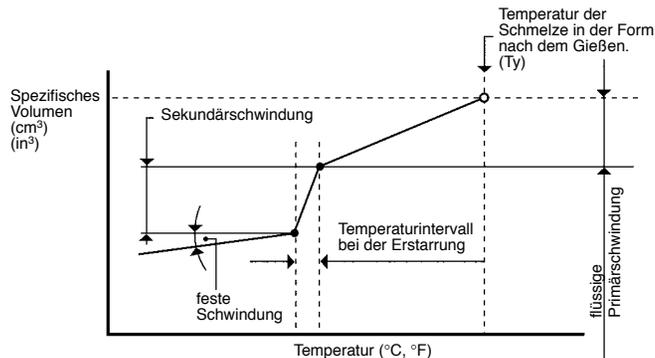
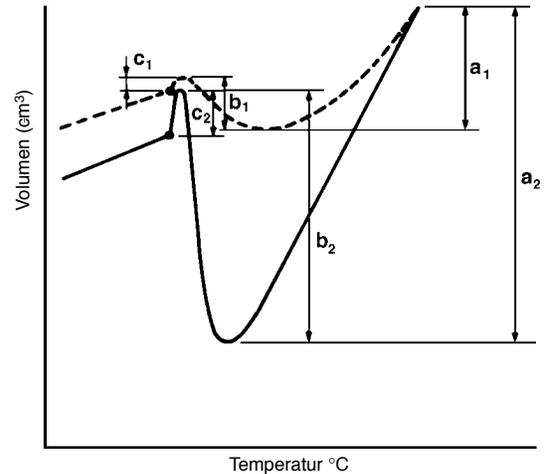


Bild 26. Volumenänderung in Abhängigkeit der Temperatur für Grauguss und Gusseisen mit Kugelgraphit



- Bei Gusseisen wird nach der Formfüllung das Volumen der Schmelze geringer (flüssige Schwindung). Auch zu Beginn der Erstarrung, während der Austenitausscheidung, schwindet das Eisen. Diese beiden Schwindungsphasen werden als Primärschwindung bezeichnet. Wenn die Graphitbildung einsetzt, wird die Austenitschwindung überkompensiert und das Eisen expandiert. Am Ende der Erstarrung scheidet sich aus der verbleibenden Schmelze nur noch wenig oder kein Graphit aus und es tritt die Sekundärschwindung ein.
- Die Form der Abkühlungskurve ist von der Erstarrungsgeschwindigkeit und der „metallurgischen Qualität“ der Schmelze abhängig. Expansion und Schwindung werden davon direkt beeinflusst.

2.5 Planung

Die Konstruktion des Speisersystems erfolgt nach folgendem Ablauf:

- Es wird der „Signifikante Modul“ M_S des Gussteils berechnet. (größter Modul)
- Es wird die Form- und Eisenqualität ermittelt. Danach wird das geeignete Speiserverfahren festgelegt.
- Es werden der Speiserhals-Modul M_{SpH} und die für jedes Gußstück erforderliche Anzahl von Speisern berechnet.
- Es werden der Speisertyp gewählt und sein Modul M_{Sp} und seine Maße berechnet.
- Es werden die Art des Speiserhalses gewählt und seine Maße berechnet.
- Es wird geprüft, ob das Schmelzevolumen in den Speisern für das Gussstück ausreicht.
- Es wird die Gießtemperatur in Abhängigkeit des gewählten Speisungsverfahrens festgelegt.

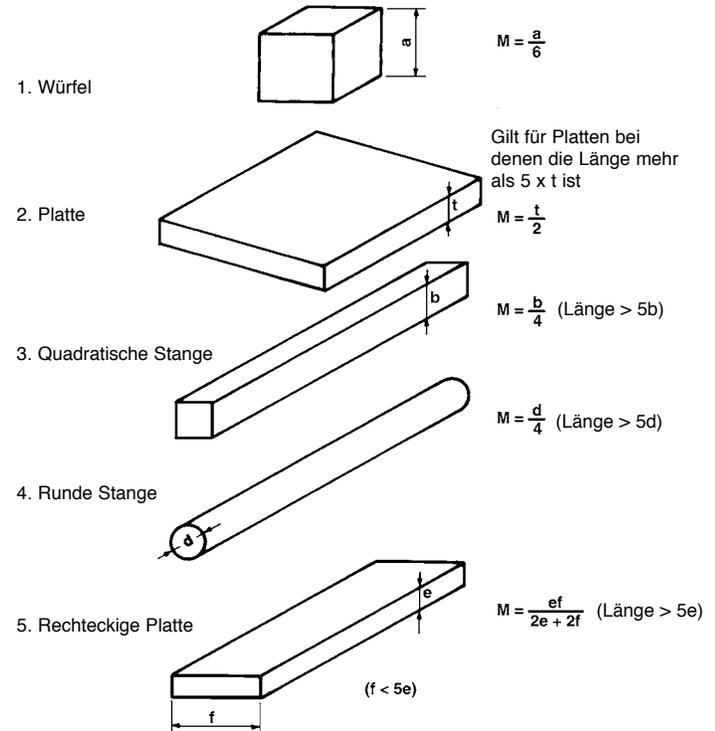
2.6 Abkühlgeschwindigkeit

Das Gussstückgewicht und die Wanddicke reichen nicht aus, um die Abkühlgeschwindigkeit bestimmen zu können. Einfache Formen (Bild 27) mit den gleichen Abmessungen wie Würfel, Platte, Stange, haben zwar die gleiche Dicke, z. B. 25 mm, kühlen aber unterschiedlich schnell ab.

- Zur Bestimmung der Abkühlgeschwindigkeit dient der Modul (M) eines Gussteils: Bild 27

$$\text{Module} = \frac{\text{Volumen}}{\text{Gesamte Kühl-Oberfläche}}$$

Bild 27. Formel zur Berechnung des Moduls von geometrisch einfachen Körpern.



- Komplexere Gussteile (Bild 28) müssen in einfache geometrische Teile aufgegliedert werden, deren Moduln dann gesondert berechnet werden.

Bild 28. Komplexes Gussteil mit Lunker, das in Teilbereiche aufgeteilt werden muß

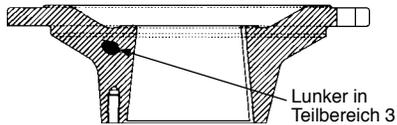
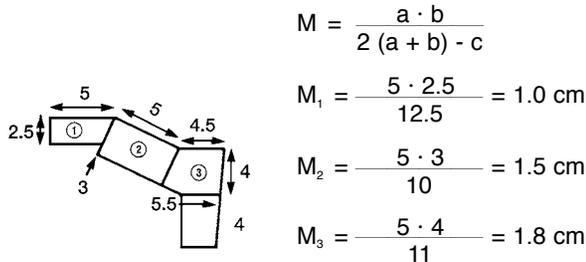


Bild 29. Maße des Gussteils in Bild 28 und Beispiel für die Modulberechnung nach Aufteilung in Teilbereiche

$$\text{Modul} = \frac{\text{Volumen}}{\text{Wirkende Kühlfläche GKO}}$$

V = Gesamt-Gussteilvolumen
 GKO = Gesamtkühlfläche des Gussteils

a = beliebige Fläche
 b = beliebige Fläche
 c = nicht gekühlte Fläche



$$M = \frac{a \cdot b}{2(a + b) - c}$$

$$M_1 = \frac{5 \cdot 2.5}{12.5} = 1.0 \text{ cm}$$

$$M_2 = \frac{5 \cdot 3}{10} = 1.5 \text{ cm}$$

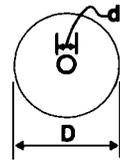
$$M_3 = \frac{5 \cdot 4}{11} = 1.8 \text{ cm}$$

Signifikanter Modul = $M_3 = 1.8 \text{ cm}$

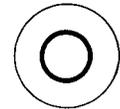
Bei der Berechnung des Moduls ist zu beachten, dass die Verbindungsflächen nicht kühlende Berührungsstellen sind und somit auch bei der Rechnung als solche betrachtet werden müssen (Faktor „c“). Anm. s. Fallbeispiel auf S. 40

Wenn das Gussteil Hohlräume hat, gelten für die abkühlende Oberfläche der Kerne die Näherungsangaben in Bild 30.

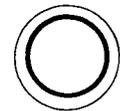
Bild 30. Einfluss eines Kerns auf die Abkühlung



wenn $d < 1/3 D$,
 wird keine Kühlwirkung des Kerns angenommen



wenn $d > 1/3 D$ und $d < 2/3 D$
 wird 50 % Kühlwirkung des Kerns angenommen



wenn $d > 2/3 D$,
 wird 100 % Kühlwirkung des Kerns angenommen

2.7 Formqualität

- Während der Expansionsphase des Eisens darf die Form nicht treiben und muss dem Expansionsdruck bei der Graphitausscheidung widerstehen.
- Grünsandformen und Maskenformen sind nicht stabil genug, um dem Expansionsdruck widerstehen zu können.
- Formen aus chemisch gebundenen Sanden haben eine ausreichende Festigkeit, wenn die Form sachgemäß hergestellt wurde. Der Formstoff muss gut verdichtet und richtig ausgehärtet sein.
- Zementsandformen und Trockengusssandformen sind sehr feste Formen. Die Formstabilität reicht aus, um dem Expansionsdruck zu widerstehen.

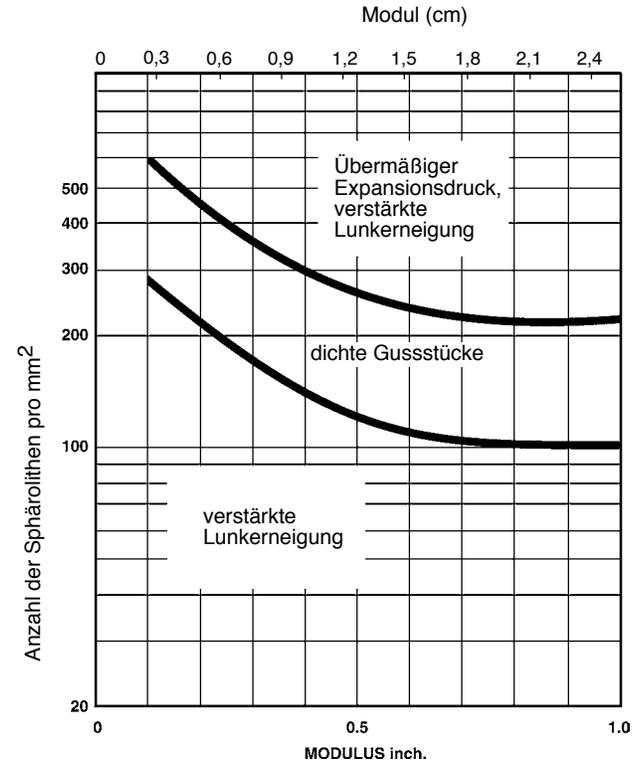
2.8 Metallurgische Einflüsse

Alle Einflussgrößen beim Schmelzprozess wirken sich auf die Höhe der Volumenänderung während der Erstarrung aus und verändern somit auch das Schwindungsverhalten des Eisens. Einige Einflussgrößen, die die Lunker- und Porositätsbildung vergrößern, sind:

- hohes Überhitzen der Schmelze,
- lange Haltezeit der Schmelze im Ofen,
- hoher Anteil an Kreislauf oder Stahlschrott in der Gattierung,
- Gehalte von karbidbildenden Elementen; hierzu gehört auch ein hoher Magnesiumgehalt,
- Streuungen beim Sättigungsgrad,
- schlechte Impfung.
- Die zusammengefassten Auswirkungen von Änderungen der Verfahrensparameter können näherungsweise mit Hilfe der Abkühlungskurve und einer Messung der Anzahl der Sphärolithen verfolgt werden.
- Schmelzen mit geringer Lunkerneigung scheinen auch eine geringe Neigung zur Karbidbildung zu haben. Diese Schmelzen sind sog. „graphitisierende“ Schmelzen von guter metallurgischer Qualität. Sobald Karbide im Gussgefüge eines Gussteils gefunden werden, muss mit einer schlechten „metallurgischen Qualität“ gerechnet werden. Das bedeutet, dass die Gussstücke Lunker und Porositäten aufweisen können.

Bild 31 zeigt den Bereich für gute metallurgische Qualität anhand der Anzahl der Sphärolithen in der Abhängigkeit des Moduls.

Bild 31. Abhängigkeit der Sphärolithenanzahl vom Modul des Gussstücks und Bereich guter metallurgischer Qualität mit geringer Lunkerneigung



Beispiel:

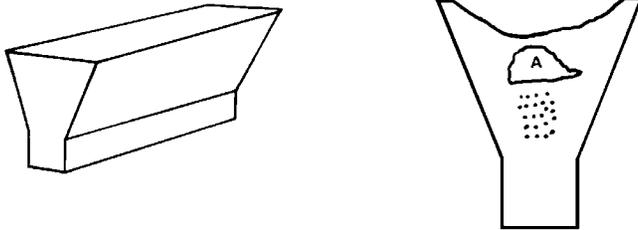
Eine Y-Probe mit 25 mm Wandstärke hat einen Modul von 0,8 cm. Bei der Prüfung der „guten metallurgischen Qualität“ sollte man 100 - 240 Sphärolithen/mm² finden.

2.9 Wahl des geeigneten Speisungsverfahrens

Einfaches Speisungsverfahren

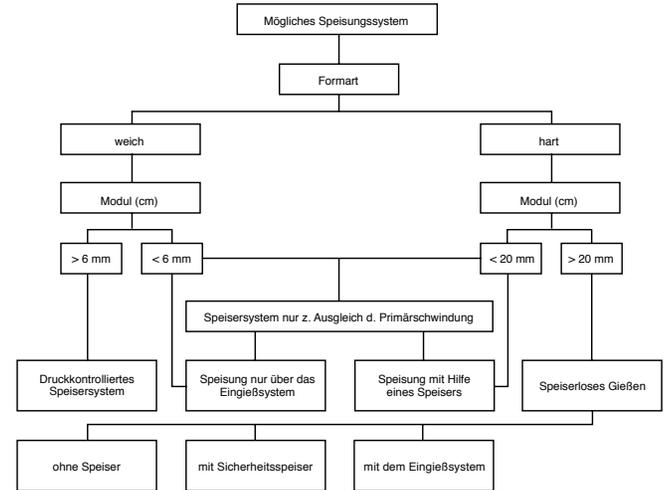
Ein Beispiel für diese Art der Speisung ist die Y-Probe (Bild 32). Hier wird ein großer Speiser auf das Gussstück aufgesetzt, der eine gerichtete Erstarrung erzeugt. Die Fehler werden vom parallelellflächigen Teil der Y-Probe in den Speiser verlagert. Der Nachteil dieses Speisungsverfahrens ist das niedrige Ausbringen von nur etwa 20 - 30 %. Diese Methode ist nicht wirtschaftlich und nicht wettbewerbsfähig.

Bild 32. Speisung einer Y-Probe.



Zur Auswahl des für die jeweiligen Bedingungen am besten geeigneten Speisungsverfahrens kann der „Familienstammbaum“ in Bild 33 verwendet werden. Die Auswahl sollte nach der Formfestigkeit und dem Gussstückmodul erfolgen.

Bild 33. Mögliche und gebräuchliche Verfahren zur Auswahl von Speisungsverfahren



Alle diese Verfahren berücksichtigen den Selbstspeisungseffekt durch die Graphitexpansion während der Erstarrung. Diese Erscheinung gibt es nicht bei Stahlguss, weißem Gusseisen, Temperguss usw.

Weiche Formen sind:

- Grünsandformen, Maskenformen und schlecht verdichtete Formen aus chemisch gebundenem Sand.

Feste Formen sind:

- gut verdichtete chemisch gebundene Sandformen, Zementsandformen, Trockenformen und Kokillen.

Es gibt drei verschiedene Speisungsverfahren:

- druckkontrolliertes Speisersystem (DKS) oder Flaschenspeiser,

- Speisungsverfahren, die zum Ausgleich der Primärschwindung dienen,
- speiserloses Gießen.

Anwendung der verschiedenen Speisungsverfahren

- Bei weichen Formen, Nassguss sandformen und Gussteilen mit einem Modul (Wanddicke) größer 0,4 cm sollte das „druckkontrollierte Speisungssystem“ verwendet werden.
- Bei festen Formen und Modul $< 2,5$ cm (Wandstärken unter 40 mm) oder wenn in weichen Formen der Modul $< 0,4$ cm ist, sollten Speiser zum Ausgleich der Primärschwindung verwendet werden.
- Bei festen Formen und Modul $>$ (Wandstärken) 4 cm sollte „speiserlos“ (bzw. „Speiserarm“) gegossen werden.

2.10 Druckkontrolliertes Speisungssystem

Dieses Verfahren kann für die meisten Gussteile in Grünsandformen und Maskenformen verwendet werden.

Bild 34. Expansionsdruck und Treiben der Form beim druckkontrollierten Speisungssystem

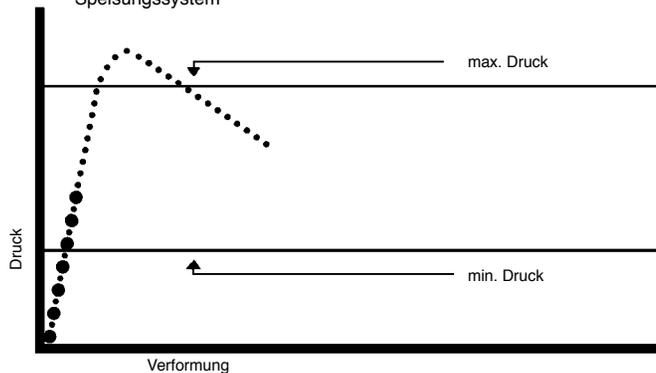
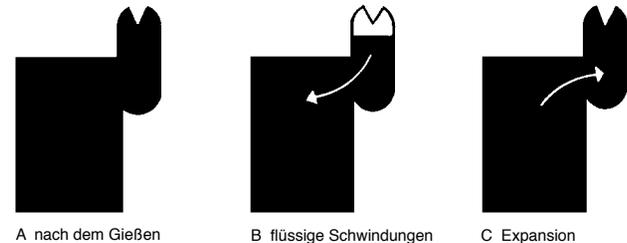


Bild 35. Prinzip des druckkontrollierten Speisungssystems. Die Speiserhalse sind zur Vereinfachung weggelassen.



Beim druckkontrollierten Speisungssystem wird nach Bild 34 der bei der Erstarrung entstehende Druck kontrolliert und reguliert zwischen einem Minimum, das die Sekundärschwindung kompensiert, und einem Maximum, das zu einem Treiben der Form führt.

- Nach der Formfüllung
- Die Schmelze erstarrt und damit ist eine Schwindung verbunden, die vom Speiser ausgeglichen wird.
- Während der Expansionsphase muss der Speiser die zurückgedrückte Schmelze aufnehmen. Sollte nicht genügend Schmelze zurückgeführt werden können, treibt die Form (Deformation).

Im Idealfall werden die maximalen Druckkräfte, die zur Verformung (Treiben) der Form führen, abgebaut, indem Schmelze kurz vor Ende der Expansion in den Speiser zurückgedrückt wird. Dadurch ist bis zum Ende der Erstarrung noch genügend Überdruck zum Ausgleich der Sekundärschwindung vorhanden.

- Gießtemperatur möglichst zwischen 1380°C und 1420°C halten.
- Es muss genügend Platz für die zurückgedrückte Schmelze im Speiser vorhanden sein.

Während der Expansionsphase muss die in der Gussstückform zurückbleibende Schmelze stets unter einem positiven Druck stehen. Sobald ein Vakuum entsteht, bilden sich Lunker und Porositäten.

Die Zusammenhänge zwischen dem signifikanten Gussstückmodul M_S , dem Modul des Speiserhalses (M_{SpH}) und dem Speisermodul M_{Sp} für das druckregulierte Speisersystem zeigt Bild 36 (Karte 3) unter Berücksichtigung des Faktors f (s. S. 28).

Bemessung von Speiser und Speiserhals

- Es wird der signifikante Modul des Gussstücks M_S ($M_S = \text{größter Modul des Gussstücks}$) (siehe 2.6) berechnet.
- Es wird der Modul des Speiserhalses (M_{SpH}) bestimmt.
- Es wird der Modul des Speisers (M_{Sp}) bestimmt.
- Es wird der geschlossene (blinde) Speisertyp (Bild 38) gewählt und seine Abmessungen berechnet.
- siehe auch Abschnitt „Flaschenspeiser“

Bild 36. Schaubild für die Zusammenhänge zwischen dem signifikanten Gussstückmodul M_S , dem Modul des Speiserhalses (M_{SpH}) und dem Speisermodul M_{Sp} für das druckregulierte Speisersystem unter Berücksichtigung des Faktors f (s. Bild 37).

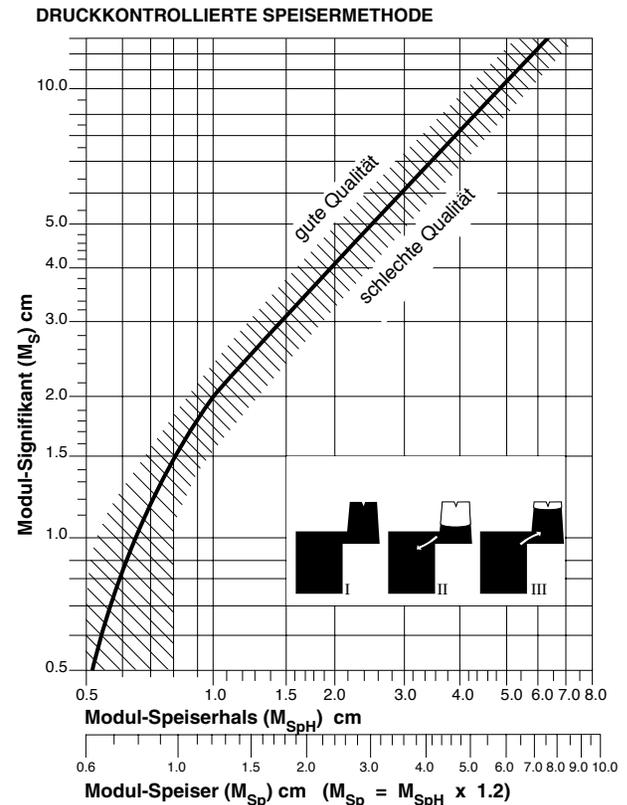
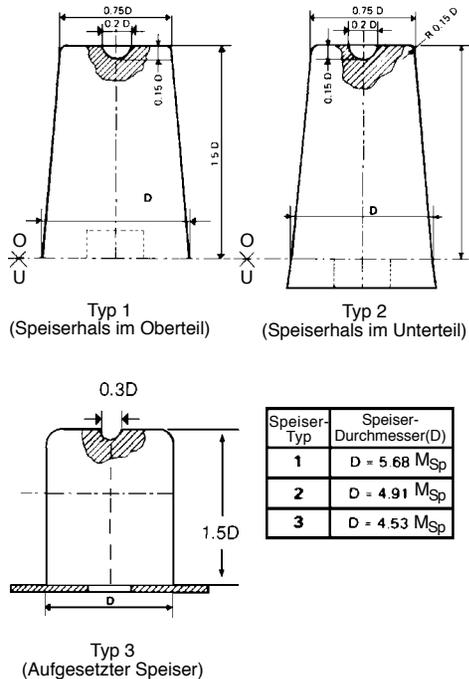
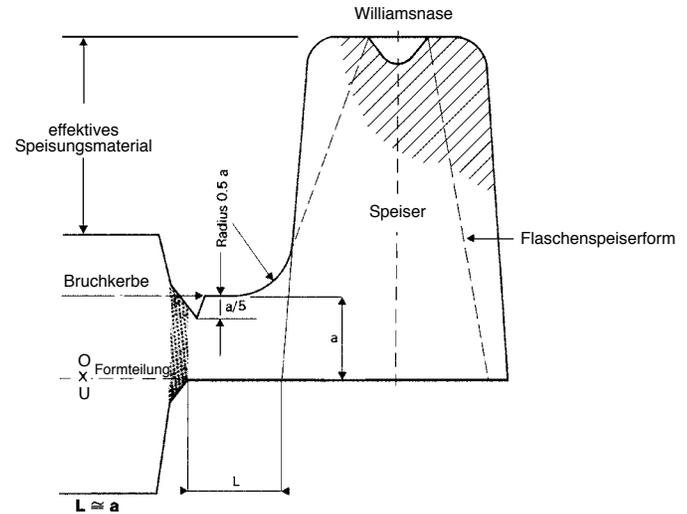


Bild 38. Speisertypen



- Die wichtigsten Maße eines Speisers werden anhand des Durchmessers D angegeben. Die Höhe ist $1,5 \times D$, oder, wenn der Speiserhals im Unterkasten liegt, $1,5 \times D +$ Höhe des Halses.
- Die Abmessungen des Speiserhalses können aus Karte 4 entnommen werden.
- Für runde oder quadratische Speiserhäse gilt $4 \times M_{SpH}$
- Für rechteckige Speiserhäse gilt $3 \times M_{SpH} + 6 \times M_{SpH}$

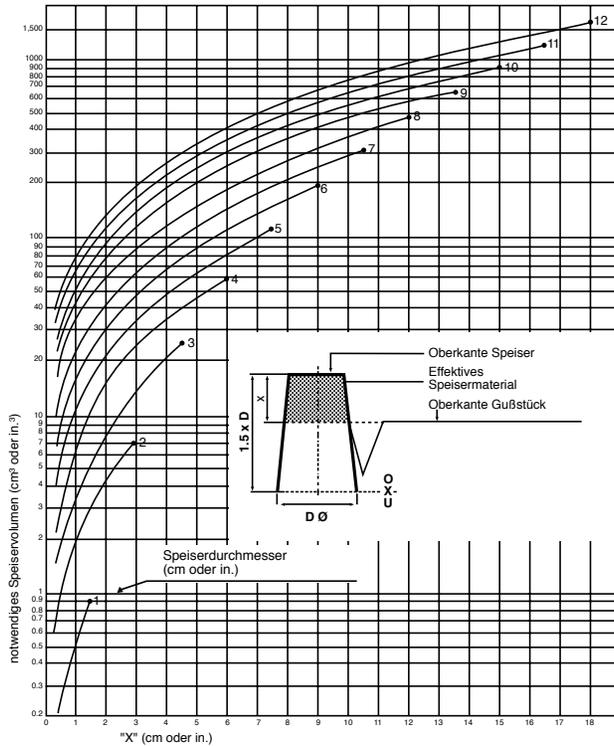
Bild 39. Kenngrößen des Speisers



- Der Speiserdurchmesser wird stets unten gemessen.
- Die Speiserhalsabmessungen werden stets an der Kontaktstelle zum Gussteil gemessen.
- Die Brechkerbe sollte nicht größer als $1/5$ des Querschnitts des Speiserhalses sein (Bild 39).
- Es werden das Volumen und das Gewicht des Speisers zur Kontrolle und zum Berechnen des Gießsystems ermittelt (5 % Volumen muss sich als Speisungsmaterial über dem Gusstück befinden).
- Nur das Volumen der Schmelze, das sich über dem höchsten Punkt des zugehörigen Gussteils befindet, kann als Speisungsmaterial angesehen werden (Bild 40).

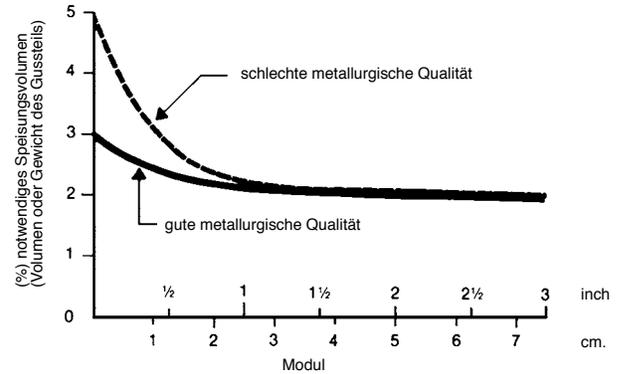
Bild 40. Erforderliches Speiservolumen in Abhängigkeit von der Höhe der Speiseroberkante über der Oberkante des Gussstücks

Karte 5



- Es wird das Speisungsvolumen des Speisers berechnet und mit der für das Gussteil erforderlichen Speisungsmenge nach Bild 40 verglichen. X ist die Höhe des Speisers über dem Gussstück. Die erforderliche Speisungsmenge hängt nach Bild 41 zusätzlich auch von der metallurgischen Qualität des Eisens ab.

Bild 41. Zusammenhang zwischen der metallurgischen Qualität des Eisens und der erforderlichen Speisungsmenge

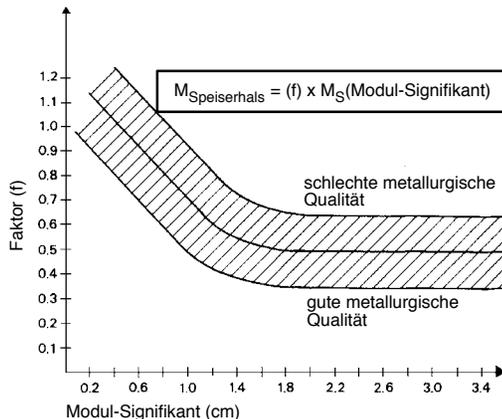


- Sollte das Speisungsvolumen des Speisers kleiner als die für das Gussteil erforderliche Speisungsmenge sein, so müssen ein größerer bzw. mehrere Speiser verwendet werden.
- Damit das druckkontrollierte Speisungssystem richtig funktioniert, muss das Anschnittsystem sehr bald nach Ende der Formfüllung von Gussteil und Speiser getrennt werden. Dies lässt sich erreichen, indem man dem Anschnitt einen im Vergleich zum Speiserhalsmodul M_{SpH} (Transfer-Modul M_T) niedrigen Modul M_A gibt, der eine schnelle Erstarrung bewirkt.
- Beim druckkontrollierten Speisungssystem sollten nur heiße, angeschnittene Speiser verwendet werden. Die Anschnitte sollten flach gewählt werden, damit diese schnell nach dem Formfüllvorgang erstarren.
- Bei der Konstruktion sollten folgende Maßverhältnisse eingehalten werden:
 Anschnitt-Modul $M_A \leq 0,2 \times$ Speiserhalsmodul M_{SpH}

Wenn diese Bedingung nicht erfüllt werden kann, müssen mehrere Anschnitte angebracht werden, wobei die gesamte Anschnittfläche beibehalten wird. Dadurch werden die Flächen der einzelnen Anschnitte und ihr Modul vermindert, während die Formfülldauer unverändert bleibt.

Die Anschnitte sollten an die Speiser und an dünne Querschnitte angebracht werden.

Bild 37. Zusammenhang zwischen dem Faktor f für die Berechnung des Speiserhalsmoduls M_{SpH} und dem signifikanten Modul des Gussstücks M_S



2.11 Prinzip und Erklärung des Speisungsbereichs (M_T) = Modul Transfer)

Modul Transfer ist der Modulbereich bzw. die Wand, die mit einem Speisungsbereich noch erfasst werden kann. In diesem Bereich muss auch die Druckregulierung während der Erstarrung der Schmelze über den Speiser und Speiserhals möglich sein. Die zuerst dünn-

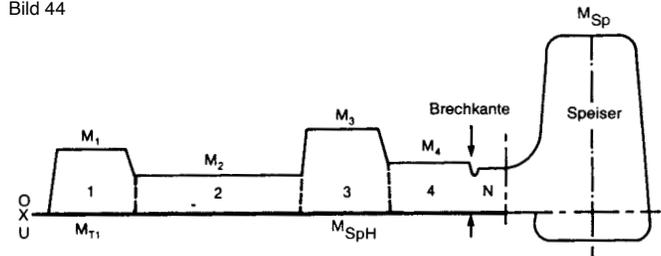
wandigen Sektionen bringen flüssiges Material zu den dickwandigen Sektionen durch den Expansionseffekt.

- Der Modul Transfer hat die wichtige Aufgabe, den Zurückfluss der Schmelze zu regulieren. Dieser Modul Transfer ist nicht wichtig für den Ausgleich der Primärschwindung.

$$\text{Modul Transfer} = \text{Modul Speiserhals}$$

- Beispiel

Bild 44



- $M_{SpH} = M_T$
 $M_{SpH} = f \times M_S$ (f = Faktor)
- Wenn M_4 gleich oder größer als M_{T3} ist, kann der Speiser, so wie es das Bild zeigt, angesetzt werden. Ist dies nicht der Fall, so muss der Querschnitt Modul 3 mit einer Kokille gekühlt oder der Speiser direkt dort angesetzt werden.
- Wenn M_2 gleich oder größer M_{T1} ist, kann während der Erstarrung Schmelze bis in den Speiser zurück-transferiert werden. Sollte diese Bedingung nicht erfüllt sein, so muss ein Speiser direkt an die Sektion mit Modul 1 angesetzt werden

2.11 Flaschenspeiser

Damit der Speiser flüssiges Metall in das erstarrende Gussstück liefern kann, muß sich in ihm sehr schnell ein zur Atmosphäre offener Lunker bilden. Wenn die Schmelze im Speiser durch eine Deckelbildung keinen Kontakt zum Atmosphärendruck hat, kann er nicht wirken. Der Atmosphärendruck ist unbedingt erforderlich, um flüssiges Metall in das Gussstück zu drücken.

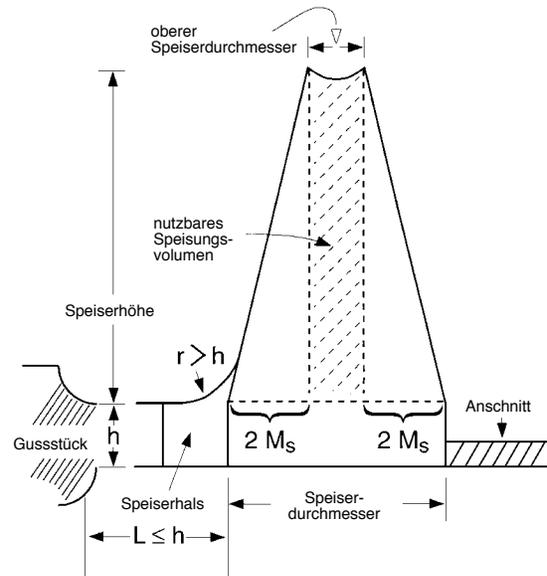
Die klassische Speiserform mit einer gewölbten oder flachen Oberseite kann, selbst wenn diese mit einer Einkerbung oder Vertiefung versehen ist, die Bildung dieses Lunkers nicht immer gewährleisten. Bei dieser Speiserart ist auch die Temperaturkontrolle sehr wichtig, da diese Speiser bei höheren Gießtemperaturen gut wirken, nicht aber bei niedrigen.

Gusseisen mit Kugelgraphit neigt insbesondere bei niedrigen Temperaturen dazu, sehr rasch einen festen Deckel zu bilden, da der Magnesiumgehalt eine oxidbedeckte Oberflächenschicht bildet. Wenn sich diese Schale gebildet hat, steht die Schmelze nicht mehr im Kontakt mit der Luft und innerhalb des Speisers kann ein Unterdruck entstehen. Von diesem Augenblick an wirkt der Speiser nicht mehr, es sei denn, er beginnt einzufallen.

Ein Flaschenspeiser, wie in Bild 42, (der auch als Kegel- oder Heine-Speiser bekannt ist) hat eine so geringe Fläche an der Oberseite, dass er sehr rasch einen offenen Lunker bildet. Damit solche Speiser genügend Speisungsmetall enthalten, müssen sie daher höher als klassische Speiser sein, die gewöhnlich ein Verhältnis von Höhe : Durchmesser von 1,5 : 1 haben. Das Höhe-Durchmesser-Verhältnis bei einem

Flaschenspeiser hängt ab von dem erforderlichen Volumen an Speisungsmaterial. Dieses Volumen wird üblicherweise zu 4 % angenommen, was einen Sicherheitszuschlag beinhaltet. Die Wirkung von Flaschenspeisern ist nicht so stark von der Gießtemperatur abhängig. Aufgrund ihrer guten Wirksamkeit können solche Speiser das Gussausbringen um bis zu 2 % und mehr verbessern.

Bild 42. Schema des Flaschenspeisers mit den wichtigen Maßen



Die Bemessung eines Flaschenspeisers ist sehr einfach. Das Volumen wird aus dem signifikanten Modul M_S des Gussstücks und dem Abgussgewicht ermittelt. Klassische Verfahren gehen aus von der Schmelzequalität und dem signifikanten Gussstückmodul, um den Modul des Speisers M_{Sp} zu finden, und

berechnen dann den Speiserdurchmesser und das erforderliche Volumen an nutzbarem Speisungsmetall, woraus sich das Schmelzevolumen im Speiser ergibt. Die Berechnung des Speiserhalses erfolgt nach der gleichen Formel wie beim klassischen Speiser. Alle Speiser sind Blindspeiser.

Berechnung von Flaschenspeisern

- Speiserdurchmesser = $4 \times M_s + \text{oberer Speiserdurchmesser}$
- Speisungsbedarf = 4 % des Gießgewichts
- Schmelzevolumen im Speiser wird vom oberen Speiserdurchmesser und dem Verhältnis von Höhe : Durchmesser anhand der Tafel bestimmt. Es sollte der höchste bei der Formkastengröße mögliche Speiser benutzt werden.
- Speiserhöhe = Höhe-Durchmesser-Verhältnis \times oberer Speiserdurchmesser

Beispiel

Berechnung eines Flaschenspeisers unter der Annahme von nur einem Speisungsbereich und Oberkastenhöhe 330 mm für ein Gußstück mit

- Modul $M_S = 1,5 \text{ cm}$,
- Gießgewicht = 85 kg,
- Speisergewicht: 4 % d. Gießgewichts = $85 \times 0,04 = 3,4 \text{ kg}$
- Oberer Speiserdurchmesser: nach der Tafel entsprechen dem erforderlichen Speisergewicht von 3,4 kg bei einem Verhältnis von Speiserhöhe : oberem Speiserdurchmesser von 5 : 1 ein wirksames Speisergewicht von 3,4 kg und ein oberer Speiserdurchmesser von 5 cm,

- Unterer Speiserdurchmesser: $4 \times M_s + \text{oberer Speiserdurchmesser} = 4 \times 1,5 + 5 = 11 \text{ cm}$,
- Speiserhöhe bei einem Verhältnis v. 5 : 1: $5 \times 5 \text{ cm} = 25 \text{ cm}$.

Tafel für den Zusammenhang bei einem Flaschenspeiser zwischen oberem Speiserdurchmesser D_{Spo} und Speisergewicht bei verschiedenen Verhältnissen von Höhe zu oberem Speiserdurchmesser

	Speiserhöhe : oberer Speiserdurchmesser D_{Spo}		
	8 : 1	6 : 1	5 : 1
D_{Spo} (mm)	Gewicht (g)	Gewicht (g)	Gewicht (g)
10	44	32	28
20	352	264	219
30	1186	890	741
40	2813	2110	1758
50	5495	4121	3434

2.12 Speiserloses Gießen

Voraussetzungen für das speiserlose Gießen

- Die Gießtemperatur ist niedrig, damit die Primärschwindung gering ist und durch die Expansion ausgeglichen werden kann.
- Die feste Form kann dem Expansionsdruck widerstehen.

Voraussetzungen für das speiserlose Gießen in der Produktion

- Sehr gute „metallurgische Qualität“.
- Sehr feste Formen. Grünsand- und Maskenformen sind nicht fest genug. Chemisch gebundene Sande, die gut verdichtet wurden, werden als feste Formen bezeichnet. Die beiden Formhälften müssen gut miteinander verschraubt oder verklammert sein.

- Der niedrigste signifikante Modul soll 2,5 cm betragen
- Die kleinste Wanddicke sollte mindestens 40 mm betragen.
- Die Gießtemperatur sollte zwischen 1270° u. 1350°C liegen.
- Die Form schnell füllen (vgl. Karte 2).
- Die Form sollte gut entlüftet sein. Luftkanäle nach außen hin einbauen.
- Wenn die Gießtemperatur nicht sorgfältig eingehalten wird, kommt es an der Gussoberfläche im Oberkasten zu Einfallstellen. Als eine mögliche Gegenmaßnahme kann man einen kleinen geschlossenen Speiser (Sicherheitsspeiser) mit einem Volumen von 2 % des Gussstückvolumens auf die Oberfläche im Oberkasten setzen.
- Das Gießsystem sollte so bemessen sein, wie es im Teil 1 des Buches beschrieben wurde. Unter der Voraussetzung, dass die Form sehr schnell gefüllt wird, können die Anschnitte bei der niedrigsten Gießtemperatur von 1300 °C eine Höhe von nur 10 mm erhalten.

2.13 Speisungsverfahren - Kompensierung der Primärschwindung

Voraussetzungen und Verfahrensart:

- Das Gießsystem oder das Speisungssystem muss so bemessen sein, dass die Primärschwindung voll ausgeglichen wird.
- Die Form muss so fest sein, dass die Expansionskräfte voll aufgefangen werden können.
- Da das Verfahren einen Ausgleich der flüssigen Schwindung erlaubt, können dünnere Wanddicken, die eine höhere Gießtemperatur erfordern, abgegossen werden als beim speiserlosen Gießen.
- Gute Temperaturverteilung durch relativ viele Anschnitte.

Voraussetzungen und Empfehlungen für die Produktion

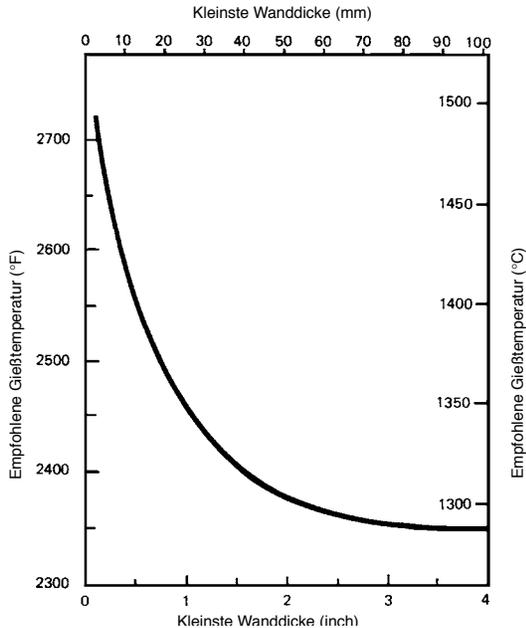
- Sehr feste Form, wenn die Wanddicke der signifikante Modul > 0,4 cm ist.
- Die Gießtemperatur sollte größer 1350°C sein.
- Diese Methode kann auch für dünnwandigen Guss im Nassgussandformverfahren angewendet werden. Wandstärken kleiner 6 mm können mit dem Eingießsystem gespeist werden.

Dieses Verfahren kann auch für Abgüsse in weichen Formen eingesetzt werden, wenn der signifikante Modul $\leq 0,4$ cm ist.

Ablauf beim Berechnen des Speisers:

- Es wird der signifikante Modul M_S berechnet. Im Vergleich zum druckkontrollierten Speisungsverfahren kann hier der Modul des kleinsten Segments des Gussstücks der signifikante Modul sein.

Bild 43. Abhängigkeit der Gießtemperatur von der kleinsten Wanddicke des Gussstücks beim Speisungsverfahren durch Kompensierung der Primärschwindung



- Die Mindest-Gießtemperatur wird in Abhängigkeit des signifikanten Moduls M_S aus Bild 43 entnommen.
- Es wird der Modul des Speiserhalses M_{SpH} in Abhängigkeit des signifikanten Moduls M_S berechnet (s. Bild 37).

- Für runde oder quadratische Speiserhalse gilt die Berechnungsformel:
- Durchmesser oder Seitenbreite = $4 \times (M_{SpH})$
- Für einen rechteckigen Kontakt gelten die Formeln:
- kurze Seite = $3 \times (M_{SpH})$ und lange Seite = $6 (M_{SpH})$

Wenn der signifikante Modul $\pm 0,4$ cm und die Form weich sind, kann das Gießsystem als Speisungssystem zum Kompensieren der flüssigen Schwindung dienen. Hierfür sollten rechteckige Anschnitte die Maße $4 \times M_{SpH} \times 4 M_{SpH}$ haben.

Bei einem signifikanten Modul $> 0,4$ cm und einer festen Form kann eine ähnliche Ausführung verwendet werden.

Die Anschnittlänge sollte mindestens 5 mal der Höhe des Anschnitts sein.

Bei festen Formen und einem signifikanten Modul $> 0,4$ cm kann die Kompensierung der flüssigen Schwindung mit einem Speiser erzielt werden. Der Speiserhals wird mit Hilfe des Schaubildes Bild 44 ermittelt. Bei signifikanten Modulen $> 4,0$ cm und festen Formen kann auch speiserlos bzw. speiserarm gegossen werden. Das Speiservolumen muss offensichtlich groß genug sein, um die Schwindung des Gussstücks zu kompensieren.

Bild 45. Porosität infolge einer nicht kompensierten sekundären Schwindung

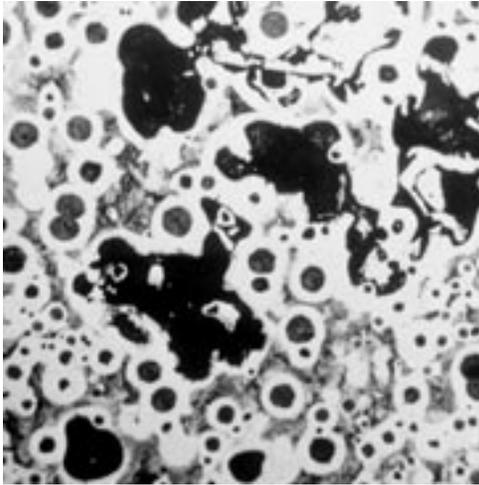
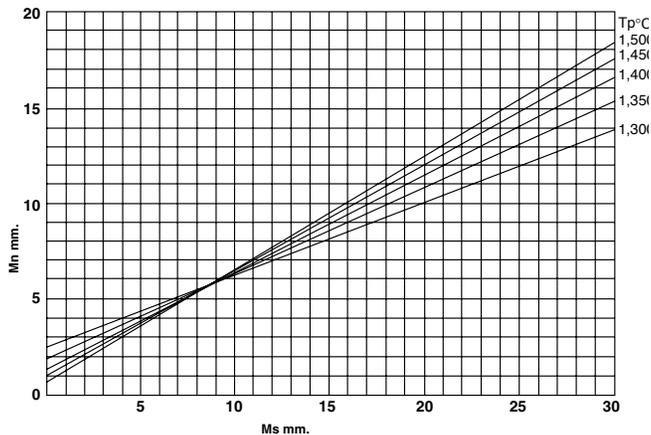


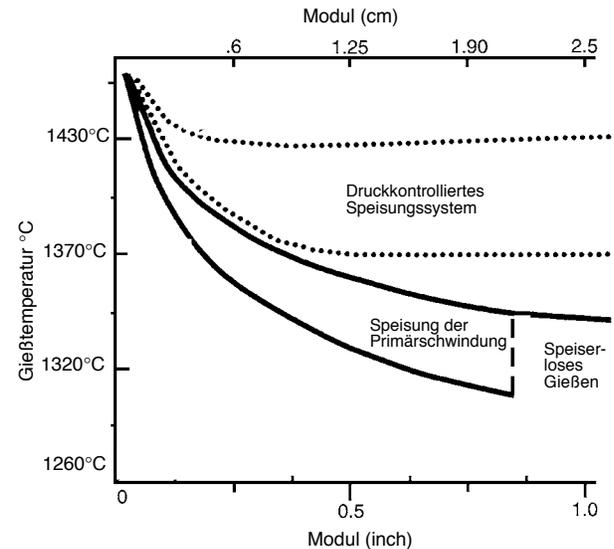
Bild 44. Schaubild für die Abhängigkeit zwischen dem signifikanten Modul M_S und dem Speiserhals-Modul M_{SpH}



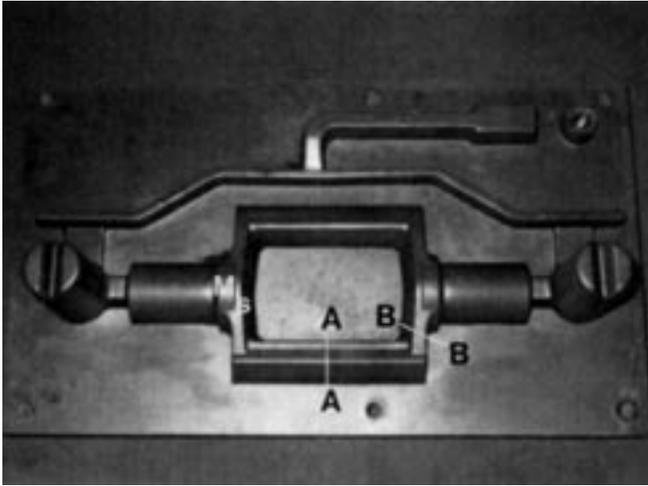
2.14 Festlegung der richtigen Gießtemperatur für ein bestimmtes Speisungsverfahren

- Gießtemperatur für druckreguliertes Speisungssystem 1380 - 1425°C. Bei dieser Gießtemperatur hat man die „Garantie“, dass im Speiser sich ein offener Lunker bildet.
- Gießtemperatur für speiserloses Gießen 1270 - 1350°C.
- Bei dieser Gießtemperatur ist die Expansion der Schmelze größer als die Schwindung.
- Gießtemperatur beim Ausgleich von der Primärschwindung ist abhängig von der Wanddicke (siehe Bild 43 +46).

Bild 46. Zusammenhang zwischen dem Modul und der Gießtemperatur für verschiedene Speisungsverfahren

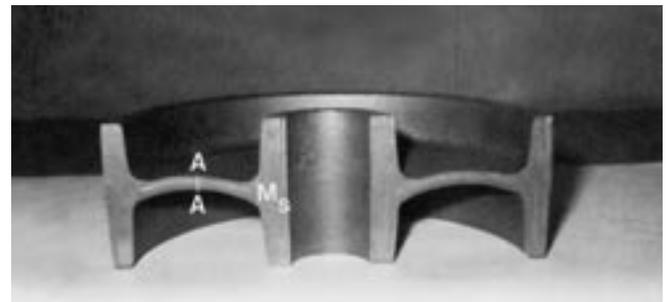
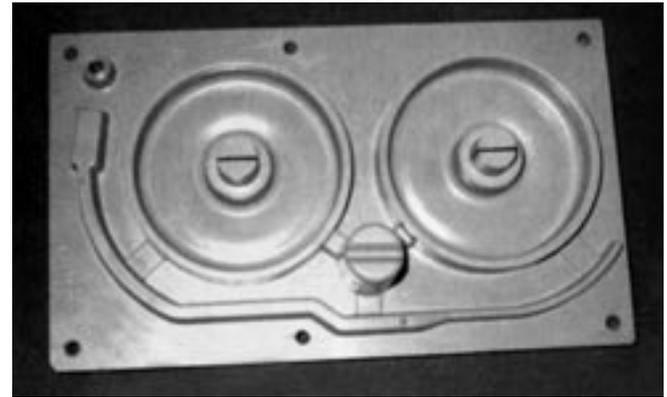


2.15 Druckkontrolliertes Speisungssystem - Fallbeispiele



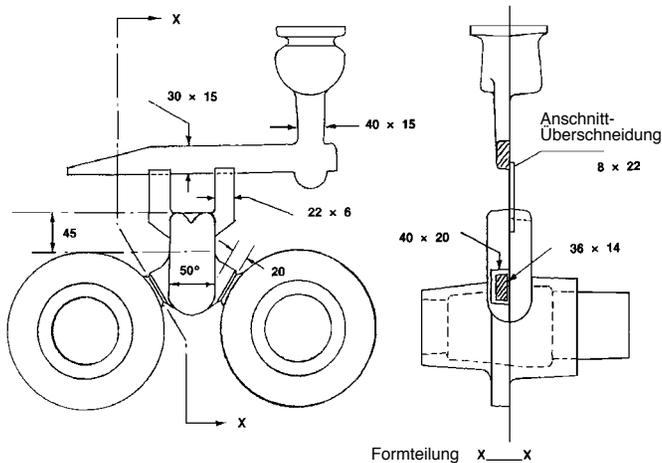
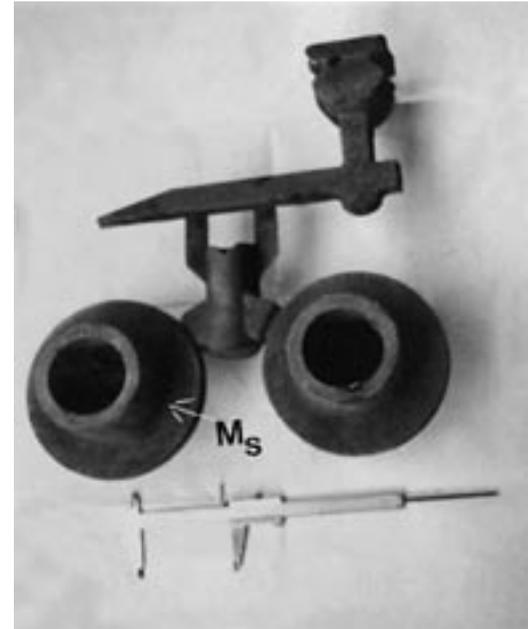
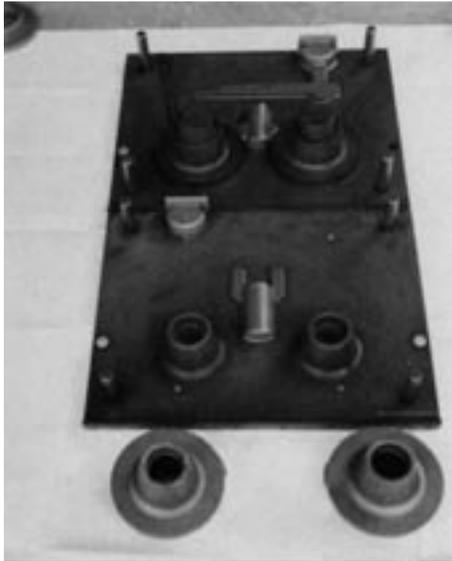
Rotor

Werkstoff GJS-400-18-LT; Gießgewicht 26 kg;
Ausbringen 58 %; Grünsandform; signifikanter Modul
 $M_S = 1,9$ cm; Modul A/A = 1,30 cm; Modul B/B = 1,25
cm; $f = 0,60$; Speiserhalsmodul $M_{SpH} = 1,14$ cm;
Speiserhalsmaße: 45/45 mm; Speisermodul $M_{Sp} =$
1,37 cm; Speiserdurchmesser = 70 mm;
Gießtemperatur: 1400 °C; Gießzeit = 11 sec.;
Anschnittquerschnitt = 6,5 cm².



Riemenscheibe

Werkstoff GJS-400-15; Gussstückgewicht 40 kg;
Gießgewicht 65 kg; Ausbringen 62 %; Formart:
Nassgussand; signifikanter Modul $M_S = 1,0$ cm;
Modul B/B = 0,70 cm; $f = 0,80$; Speiserhalsmodul M_{SpH}
 $= 0,80$ cm; Speiserhalsmaße: 32/32 mm; Speisermodul
 $M_{Sp} = 0,96$ cm; Speiserdurchmesser: 70 mm; Gießzeit
 $= 12$ s; Gießtemperatur = 1400 °C
Anschnittquerschnitt = 6 cm²;



Radnabe

Werkstoff GJS-400-15; Gussstückgewicht 5,8 + 5,8 = 11,6 kg; Gießgewicht 19 kg; Ausbringen 61 %; signifikanter Modul $M_s = 1,0$ cm; $M_{Sp} = 0,8$ cm; Speiserdurchmesser = 50 mm; $X = 4,6$ cm; Speiserhalsmodul $M_{SpH} = 0,66$ cm; Speiserhalsmaß = 40 x 20 mm; Gießtemperatur = 1380 - 1420°C; Anschnittquerschnitt = 2,64 cm²; Querschnitt Eingusskanal = 4,5 cm². Hergestellt auf einer DISA-MATIC-Formanlage.

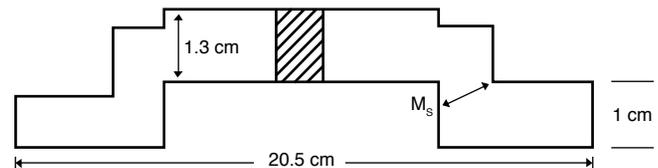
Fallbeispiel von Flaschenspeisern

Bild 50. Nabe aus Gusseisen mit Kugelgraphit und Schemazeichnung

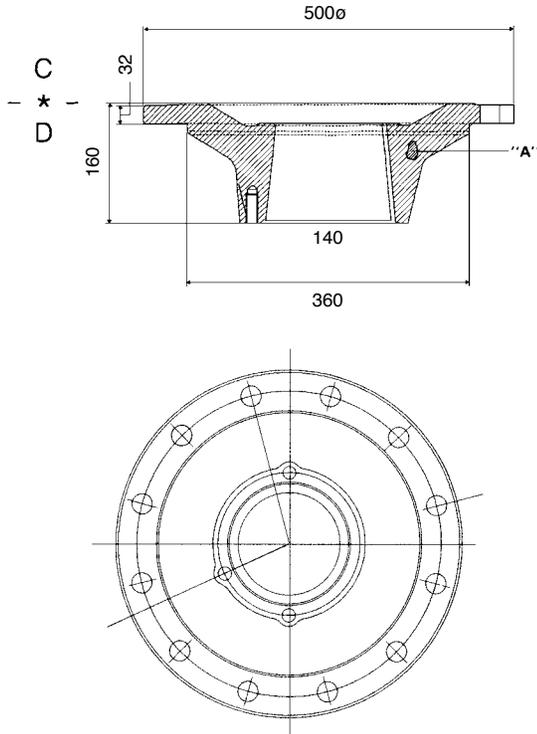


Nabe aus Gusseisen mit Kugelgraphit ähnlich GJS-400-15, Rohgussgewicht 2,85 kg;
Speisergewicht 2,85 kg;
gesamtes Abgussgewicht 25,3 kg;
Ausbringen 67,6 %;

Grünsandform mit drei Gussstücken pro Kasten;
signifikanter Modul $M_s = 0,61$ cm;
erforderliches Speisungsmetall 4% x 2,85 kg x 3 = 342 g;
Speiserhöhe 14 cm; oberer Speiserdurchmesser 2 cm;
unterer Speiserdurchmesser 10 cm, (erhöht, da pro Kasten 3 Gussstücke); Speiserverhältnis 7 : 1;
Speiserhalsmodul $M_{SpH} = 0,55$ cm;
Speiserhals 4,5 cm x 1,5 cm;
2 Anschnitte 3,5 cm x 0,5 cm x 12 cm Länge;
Lauf 2 cm hoch x 1,5 cm breit;
Einguss 2,5 cm Drm. x 25 cm hoch;
Gießtemperatur 1400 °C; Gießzeit 9 sec.

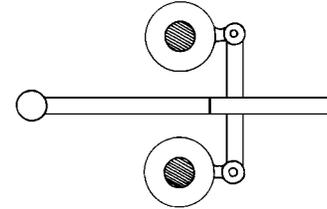


Fallbeispiel



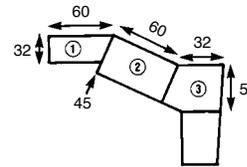
- Schwere Nabe für ein Nutzfahrzeug mit einem Gewicht von 68 kg
- Hoher Ausschuss durch Lunkerfehler in Position „A“ im Teilbereich 3 in Bild 53
- Grünsandform („weiche Form“); signifikanter Modul $M_S = 2$ cm (vgl. Bild 53) Das druckkontrollierte Speisungsverfahren ist anwendbar

Bild 52 Anordnung der Naben im Formkasten



Berechnung von Anschnitt- und Speisersystem

Bild 53. Aufteilung des Gussstücks in Teilbereiche zur Modulberechnung



$$M_1 = \frac{6 \cdot 3,2}{18,4 - 3,2} = 1,26 \text{ cm}$$

$$M_2 = \frac{6,5 \cdot 4,5}{22 - 8} = 2,08 \text{ cm}$$

$$M_3 = \frac{3,2 \cdot 5,0}{16,4 - 4,5} = 1,34 \text{ cm}$$

1. Die Anordnung im Formkasten zeigt Bild 52.
2. Für die Berechnung wurde das Gussstück in Teilbereiche aufgeteilt (Bild 53)

$$\text{Modul} = \frac{V}{O} = \frac{a \times b}{2(a+b) - c}$$

a = gekühlte Fläche

b = gekühlte Fläche

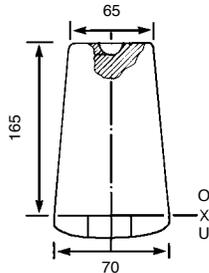
c = nicht gekühlte Fläche

signifikanter Modul $M_S = 2,08$ cm

3. Modul des Speiserhalses M_{SpH} (nach Karte 3) = 1 cm

4. Modul des Speisers $M_S = M_1 = 1,3 \text{ cm}$, unter der Annahme einer guten metallurgischen Qualität d. Eisens
5. Blind-Speiser Typ 2 (Bild 54) mit Speiserdurchmesser $D_1 = 4,91 \times M_S = 6,38 \text{ cm}$, auf 7,0 cm Durchmesser erhöht, um ausreichendes nutzbares Speiservolumen zu sichern

Bild 54 Verwendeter Speiser



6. Speiseransatz
 Modul des Speiserhalses nach Karte 4 $M_{SpH} = 1 \text{ cm}$
 Form des Speiseransatzes
 - quadratisch, Seitenlänge = $4 M_{SpH} = 4 \text{ cm}$
 - rund, Durchmesser = $4 M_{SpH} = 4 \text{ cm}$
 - rechteckig, kurze Seite = $3 M_{SpH} = 3 \text{ cm}$
 - quadratisch, lange Seite = $6 M_{SpH} = 6 \text{ cm}$
7. Überprüfung des Speisungsvolumens
 Gießgewicht 68 kg; Gießvolumen 9832 cm^3
 erforderliches Speisungsvolumen
 $3\% \text{ von } 9832 = 295 \text{ cm}^3$
 verfügbare Speiserhöhe mit nutzbarem Volumen
 $11,4 \text{ cm}$; nutzbares Speiservolumen 409 cm^3

Lauf- und Anschnittsystem

8. Gesamter kleinster Querschnitt im Laufsystem je Gussstück (vgl. Abschnitt 1.8) aus Karte $A_C = 4,2 \text{ cm}^2$

Anzahl der Anschnitte 1 je Gussstück
 Anschnittmaße $(4/1)n \times 4a^2 = A_C = 4,2 \text{ cm}^2$, $a = 1 \text{ cm}$,

9. Lauf

Querschnitt $A_L = 2 \text{ bis } 4 \times A_C = 3 \times 4,2 \text{ cm}^2 = 12,6 \text{ cm}^2$ für zwei kleinste Querschnitte = $25,2 \text{ cm}^2$, Höhe = $2 \times \text{Breite, } 2a^2 = A_R = 2 \text{ bis } 4 (A_C) \times 2$
 $a = \sqrt{3} \times 4,2 = 3,6 \text{ cm}$, $2a = 7,2 \text{ cm}$

10. Einguss (vgl. Abschnitt 1.10);

Eingussdurchmesser = 4,4 cm

Gesamter kleinster Querschnitt kleiner $2,8 \text{ cm}^2$.

$$F_E \geq F_A \sqrt{\frac{H}{h}} \text{ oder } F_A \leq F_E \sqrt{\frac{H}{h}}$$

11. Gussausbringen je Kasten

Volumen d. Gussstücke $2 \times 9832 \text{ cm}^3 = 19664 \text{ cm}^3$

Speiser und Speiserhülse 1639 cm^3

Einguss und Gießtumpel 1015 cm^3

Lauf 820 cm^3 ; Anschnitte 16 cm^3 ; Überlauf 164 cm^3

Gesamtes Gießvolumen 23319 cm^3

Gussausbringen je Kasten 84%

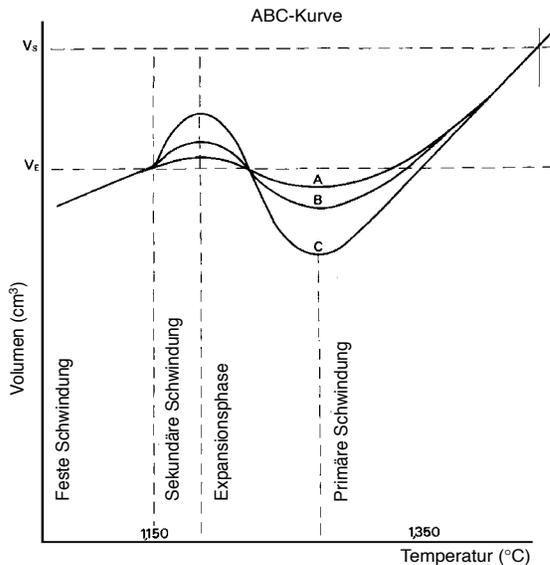
Bild 55. Abguss der Nabe



2.16 Überwachung der metallurgischen Qualität und Bedeutung des Keimzustandes der Schmelze

Für die Berechnung und Auslegung der Speiser ist es sehr wichtig, dass man den Erstarrungsablauf (Volumenveränderung in Abhängigkeit der Zeit) kennt und in gewissem Umfang beherrscht. Der Erstarrungsablauf sollte stets konstant sein. Es ist äußerst schwierig, ein Speisungssystem für alle unterschiedlichen Erstarrungsverläufe auszulegen. Die Erstarrung der Schmelze sollte gemessen werden. Die chemische Analyse gibt fast keine Auskunft über die Erstarrungsform der Schmelze.

Bild 56. Schematische Darstellung der unterschiedlichen Volumenänderungskurven von Gusseisen mit Kugelgraphit



Das Schaubild (ABC-Kurve) zeigt schematisch sehr deutlich die unterschiedlichen Volumenänderungskurven für Gusseisen mit Kugelgraphit. Wie die Kurven zeigen, können bei gleicher chemischer Zusammensetzung sehr unterschiedliche Volumenänderungen auftreten. Diese Unterschiede lassen sich auf den unterschiedlichen Keimzustand zurückführen. Die metallurgische Qualität der Schmelze beeinflusst direkt die Fähigkeit des Gusseisens mit Kugelgraphit zur Selbstspeisung, d. h. eine geringe Volumenänderung.

Bis heute gibt es noch kein allgemein anerkanntes Verfahren, mit dem die „metallurgische Qualität“ exakt gemessen werden kann. Wir wissen heute jedoch, dass Roheisen, Schmelzprozess, Magnesium-Behandlungsverfahren und das Impfen die metallurgische Qualität der Schmelze beeinflussen.

In der Praxis ist es sehr wichtig, dass alle Einflussgrößen möglichst konstant gehalten werden, um eine gleichmäßige Volumenänderung zu gewährleisten, bei der der Bedarf an Speisungsvolumen konstant und vorhersagbar ist.

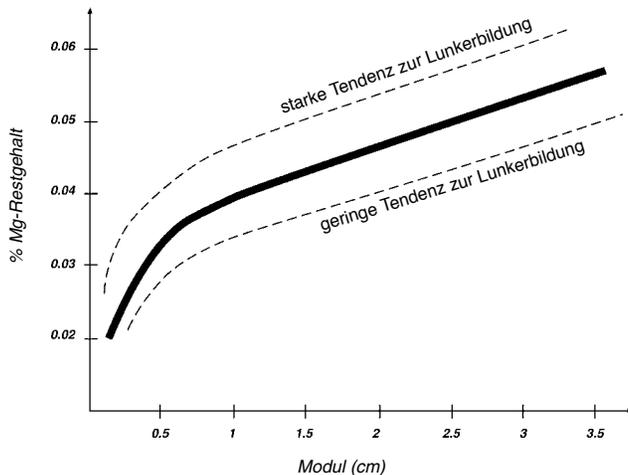
2.17 Verfahren zur Bestimmung der metallurgischen Qualität

Es gibt einfache Möglichkeiten zur Messung der metallurgischen Qualität. Bei der unbehandelten Schmelze wird die chemische Zusammensetzung bestimmt, und die Keilprobe oder Abkühlungskurve gibt Aufschluss über die Unterkühlungsneigung. Bei der behandelten Schmelze werden die chemische Zusammensetzung einschließlich des Restmagnesiumgehalts (Bild 57) ermittelt, eine durch thermische Analyse

erhaltene Abkühlkurve ausgewertet und die Sphärolithenanzahl in Abhängigkeit vom Modul bestimmt (vgl. S. 24).

Die Lunckerneigung hängt nach Bild 57 mit dem Restmagnesiumgehalt zusammen.

Bild 57. Zusammenhang zwischen dem Restmagnesiumgehalt und der Lunckerneigung von Gußeisen mit Kugelgraphit



2.18 Hilfsmittel bei der Speisung

Exotherme oder isolierende Speiser bieten den Vorteil, dass kleinere Speiser verwendet werden können, wenn die Speiser gießtechnisch „kalt“ sein müssen, d. h. nicht angeschnitten sind. Bei üblichen Speisern macht die zur Kompensation der Erstarrungsschwindung benötigte Schmelzmenge nur einen geringen Anteil, etwa 14 %, des gesamten Speiservolumens aus. Exotherme oder isolierende Speiser nutzen hingegen bis zu über 80 % ihres Inhalts

zum Speisen. Derartige Speiser werden ebenfalls anhand des signifikanten Gussstückmoduls bemessen. Sie können auch bei dickwandigen Gussstücken relativ klein sein. Die üblichen exothermen oder isolierenden Speiser haben einen höheren wirksamen Speisermodul, der um den Faktor 1,4 bis 1,5 größer als bei in Sand geformten Speisern ist.

Ein anderer spezieller Speisertyp sind als „Mini-Speiser“ bezeichnete kleine exotherme Speiser, deren Modul etwa 2,3 mal größer als der von Sandspeisern ist. Um derartige Speiser zu bemessen, werden üblicherweise der signifikante Modul des Gussstücks und sein Gussgewicht bestimmt. Der Bedarf an Speisungsmetall beträgt 3 bis 5 % des Gewichts. Er hängt von der Formfestigkeit, der metallurgischen Qualität des Eisens und der Gießtemperatur ab. In jedem Fall sollte man die Herstellerangaben für derartige Speisereisen beachten. Der höchste Ausnutzungsgrad eines Mini-Speisers sollte nicht größer als 70 % seines Volumens sein.

Fallbeispiel

Für ein Gussstück mit einem signifikanten Modul von 2,5 cm und einem Gewicht von 20 kg ergibt sich folgender Speiser:

Gewicht des Speisers: Bedarf an Speisungsmetall mind. $3 \% \times 20 \text{ kg} = 0,6 \text{ kg}$, bei einem Ausnutzungsgrad von 70 % benötigt der Mini-Speiser 0,857 kg. Der Speisermodul sollte $1,1 \times 1,5 \text{ cm} = 2,75 \text{ cm}$ sein.

Die Bemessung des Speiserhalses ist bei Mini-Speisern ebenfalls von großer Bedeutung. Zwischen dem Speiser und dem Gussstück muss sich ein Brechkern befinden. Der Speiserhals im Brechkern

sollte mindestens einen Durchmesser von einem Drittel des Speiser-Durchmessers haben. Der Vorteil ist, dass auf diese Weise Lunker im Speiserhals vermieden und die Putzkosten verringert werden.

Ein weiterer Vorteil der Mini-Speiser besteht darin, dass der während der Erstarrung der bei der Ausscheidung des Graphits entstehende Expansionsdruck nicht auf die Form wirkt, sondern durch das noch flüssige Metal im Speiser und den sich dort bildenden Hohlraum aufgefangen wird. Mini-Speiser wurden in einer Gießerei für Hydraulikguss erfunden. Dieser Betrieb hatte große Probleme mit Penetration und Brechen von Kernen. Nach der Umstellung auf Mini-Speiser verschwanden diese Fehler fast vollständig, da das Speisersystem jetzt ein druckkontrolliertes System darstellt, bei dem während der Schwindungsphase der Erstarrung der Speiser die Gussstücke mit flüssigem Eisen versorgt, während bei der Graphitausscheidung Schmelze in den Speiser zurückgedrückt und so der Überdruck abgebaut wird.

Alle exothermen Speiser enthalten Aluminium und andere Elemente, um die exotherme Reaktion zu erzeugen. Diese Elemente können häufig die Kugelgraphitbildung stören. Um diese Fehler zu vermeiden, sollten die Höhe des Speisers oder die Länge des Speiserhalses vergrößert werden. Auch andere Elemente können Gussfehler verursachen, wenn sie in den Sandkreislauf gelangen, vor allem dann, wenn der Sand nicht hoch erhitzt wird. Typische Fehler sind z. B. Fischaugen.

2.19 Kokillen

Bei den immer schärferen Qualitätsanforderungen sehen sich die Gießereien gezwungen, völlig lunkerfreie Gussstücke auf wirtschaftliche Weise zu erzeugen. Bei Gusseisen mit Kugelgraphit tritt im Erstarrungsverlauf eine Expansionsphase auf. Bei festen Formen und langsamer Erstarrung können lunkerfreie Gussstücke speiserlos oder mit Hilfe einiger Kokillen hergestellt werden. Die Mehrzahl der Gussteile ist jedoch kleiner und wird in relativ weichen Grünsandformen abgegossen. Unter dem Druck der Graphitexpansion geben die Formwände nach, so dass der Expansionsdruck nicht für die Dichtspeisung des Gussstücks ausgenutzt werden kann. Da Gusseisen mit Kugelgraphit eine eutektische Legierung ist, bleibt es während der Erstarrung recht lange flüssig und bildet keine feste Randschale. Wenn Kokillen verwendet werden, entsteht unter ihnen eine erstarrte Randschale. Zusätzlich kommt es in diesen Bereichen zu einer Gefügeverfeinerung, die sich günstig auf die Dichtigkeit und Verschleißbeständigkeit auswirken kann.

Die meisten Gießereien verwenden Kokillen aus Gusseisen mit Lamellengraphit. Die Kokillen sollten mindestens ebenso dick sein wie die zu beeinflussende Gussstückpartie. Einseitig angelegte Kokillen können den Modul um bis zu 50 % vermindern (Bild 58) oder sogar Speiser unnötig machen (Bild 59). Grauguss-Kokillen können solange benutzt werden, bis sich Brandrisse entwickeln. Risse in den Kokillen können Gasblasen an den entsprechenden Stellen verursachen. Um diese Probleme zu vermeiden, setzen viele Gießereien Kokillen aus SiC oder Graphit ein. Sie haben zwar eine geringere Abschreckwirkung als

Grauguss-Kokillen, aber sie haben keine Neigung zur Feuchtigkeitsaufnahme. Das Anbringen von Kokillen vermindert die Anzahl der erforderlichen Speiser und in der Regel auch die Ausschussrate. Dadurch werden das Gussausbringen verbessert und die Putzkosten gesenkt.

Bild 58. Vermindern des Moduls durch eine Kokille

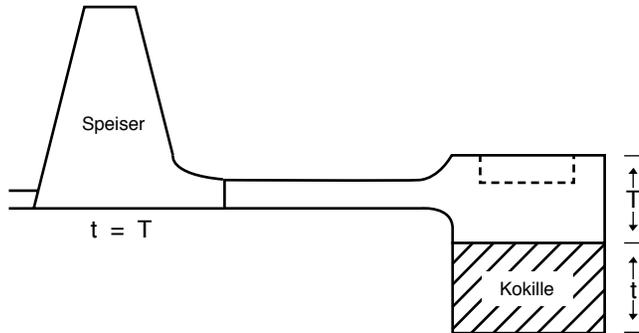
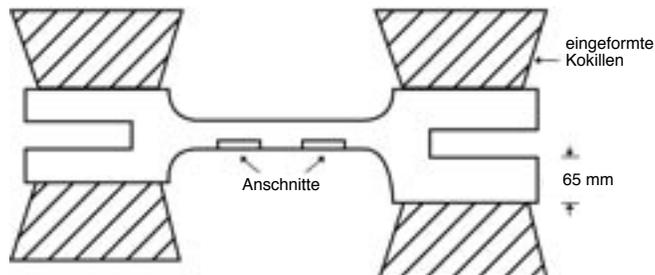
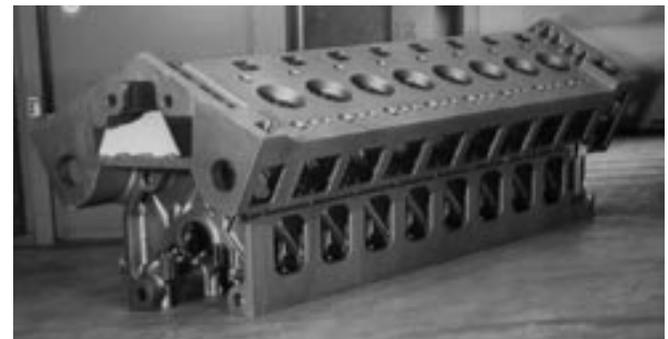
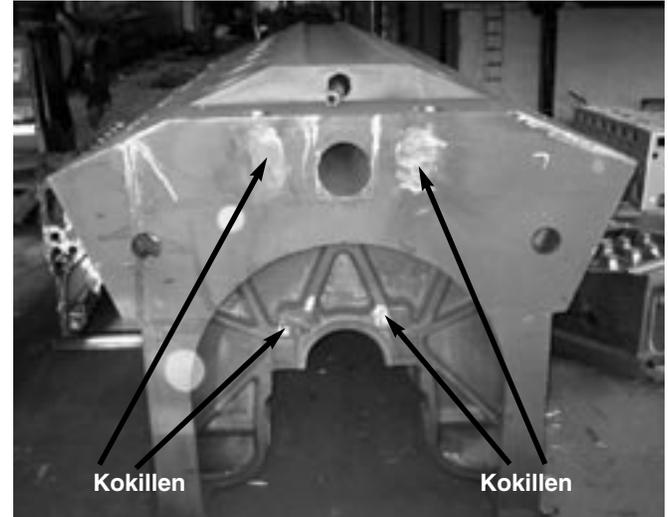


Bild 59. Mit Kokillen kann man manchmal Speiser ersetzen.



Gussteile,

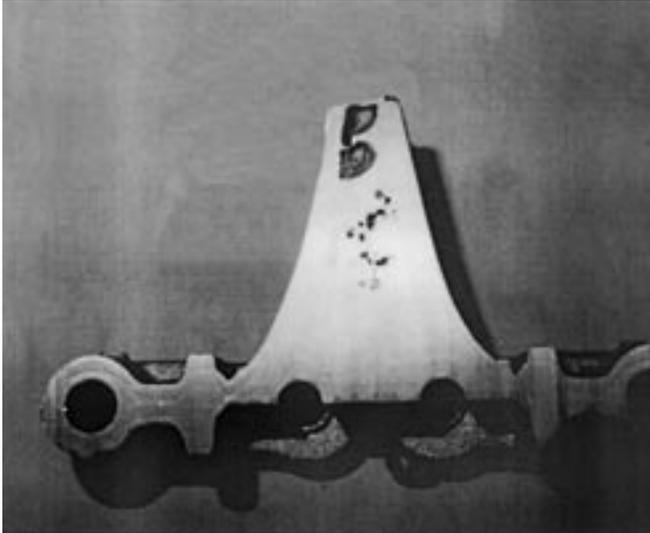
speiserarm, speiserlos gegossen mit Hilfe von Kokillen.



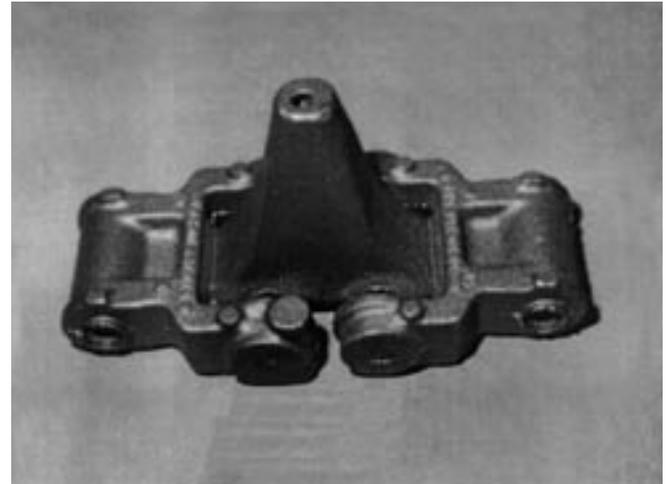
Fallbeispiele von Flaschenspeisern

Bild 60. Halterung aus Gusseisen mit Kugelgraphit

a) Querschnitt durch die beiden Halterungen und den Speiser

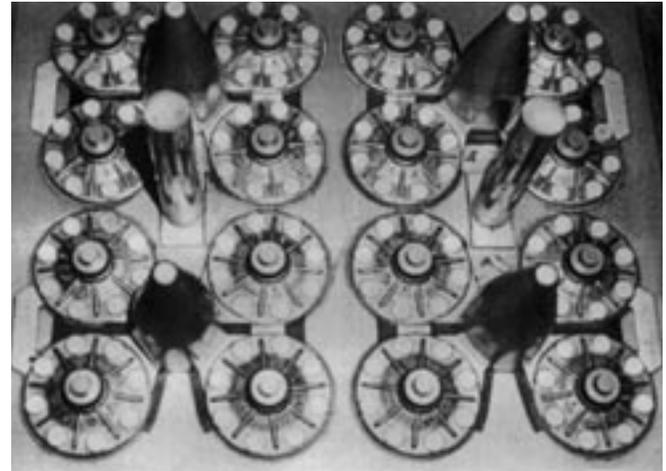


b) Die beiden durch einen Flaschenspeiser verbundenen Halterungen



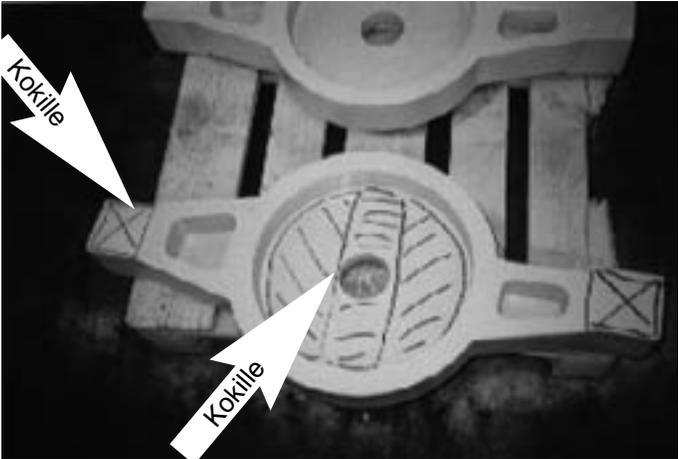
Halterung aus Gusseisen mit Kugelgraphit GJS 800-2;
Rohgussgewicht 5 kg; Grünsandform; Modul M_S 1,5 cm;
Modul Speiserhals 1,05 cm; Speiserhals 2,5 cm x 6,4 cm;
oberer Speiserdurchmesser in der Teilungsebene
 $4 \times 1,5 \text{ cm} + 3 \text{ cm} = 9 \text{ cm}$; Speiserhöhe 15 cm
(Verhältnis 5 : 1); Speisungsmetall 741 g (erforderliche
Menge $5 \text{ kg} \times 4 \% \times 2 = 400 \text{ g}$)

Bild 61. Vier Gussstücke - ein Flaschenspeiser



Vier Naben aus Gusseisen mit Kugelgraphit GJS 400-15 mit einem Flaschenspeiser, Rohgussgewicht je Teil 2,5 kg; Grünsandform; Modul M_s 1,0 cm; Speiserhals-Modul M_{SpH} 0,7 cm; Speisermodul M_{Sp} 0,8 cm; Speiserhals 1,8 cm x 6,0 cm; Speiserdurchmesser in der Teilungsebene 14 cm; Speiserhöhe 15 cm (Verhältnis 5 : 1) und oberer Speiserdurchmesser 3 cm; Speisungsmetall 741 g (erforderliche Menge 400 g)

Bild 62. Unterschiedliche Beispiele der Speisertechnik



Schrifttum

1. **Cvorinov, N.:**
Giesserei 27 (1940) S. 177 -186, 201 - 208, 222 - 225.
- 2a. **Wlodawer, R.**
Gelenkte Erstarrung von Stahlguss. 2. Auflage,
Giesserei-Verlag, Düsseldorf , 1967.
- 2b. **Wlodawer, R.**
Gelenkte Erstarrung von Gusseisen. Giesserei-Verlag,
Düsseldorf , 1977.
3. **Karsay, S.I.**
Ductile Iron, Bd. 1 – Production. Hrsg. QIT –
Fer et Titane Inc., 1976.
4. **Karsay, S.I.**
Ductile Iron, Bd. 3 – Gating and Riserling. Hrsg. QIT –
Fer et Titane Inc., 1981.
5. **Corlett, G. A. und Anderson, J. V.**
Experience with an Applied Riserling Technique for the
Production of Ductile Iron
Castings. AFS Transactions 90 (1983), S. 173 – 182.
6. **Gerhardt Jr., P.C.**
Computer Applications in Gating & Riserling System
Design for Ductile Iron Castings.
AFS Transactions 73 (1983), S. 475 – 486.
7. **Karsay, S.I.**
Internationaler Gießerei-Kongress, Budapest 1978,
Vortrag 28.
8. **Karsay, S.I.**
The practical foundryman's guide to feeding and
running Grey, CG and SG iron castings.
Hrsg. Ferrous Casting Center, American
Foundrymen's. Soc., Des Plaines, IL, USA.
9. **Anderson, J. V., und Karsay, S.I.**
Puring rate, pouring time and choke design for S.G.
Iron castings. British Foundryman, Dezember 1985.
10. **Rödter, H.**
An alternative method of pressure control feeding for
Ductile Iron castings.
Foundry Trade Journal, September 1986.

Kommentare und Kritik an diesem Buch sind willkommen.
Bitte senden Sie sie an:

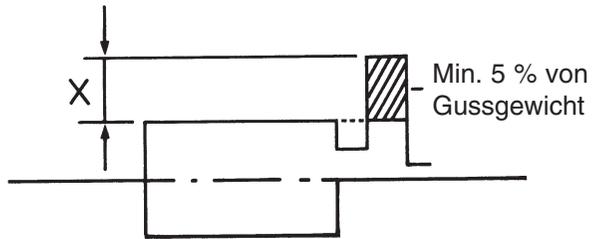
Rio Tinto Iron & Titanium Inc.
Technical Services
770 Sherbroke St. West
Suite 1800
Montreal, Quebec,
H3A 1G1,
Kanada



Vereinfachte Formel

für die Berechnung „X“. Mit dieser vereinfachten Formel kann schnell und einfach 5 % von Gussgewicht über dem Gussteil berechnet werden.

Speiser-Gewicht	Speiser-Durchmesser H = 1,5D
(kg)	(cm)
1.0	5.0
1.2	5.3
1.5	5.7
1.8	6.0
2.0	6.3
2.5	6.7
3.0	7.1
4.0	7.9
5.0	8.5
6.0	9.0
8.0	9.9
10.0	10.7
12.0	11.3
15.0	12.2
18.0	13.0
20	13.4
25	14.5
30	15.4
40	16.9
50	18.2
60	19.4
80	21.3
90	22.2
100	23.0
120	24.4
150	26.3
180	28.0
200	29.0
300	33.1
400	36.5
500	39.3



$$X = \frac{5 \times G_w \text{ (Gussgewicht) (kg)}}{0.007 \times 25 \times 3,14 \times D^2 \text{ (cm)}} = \text{(cm)}$$

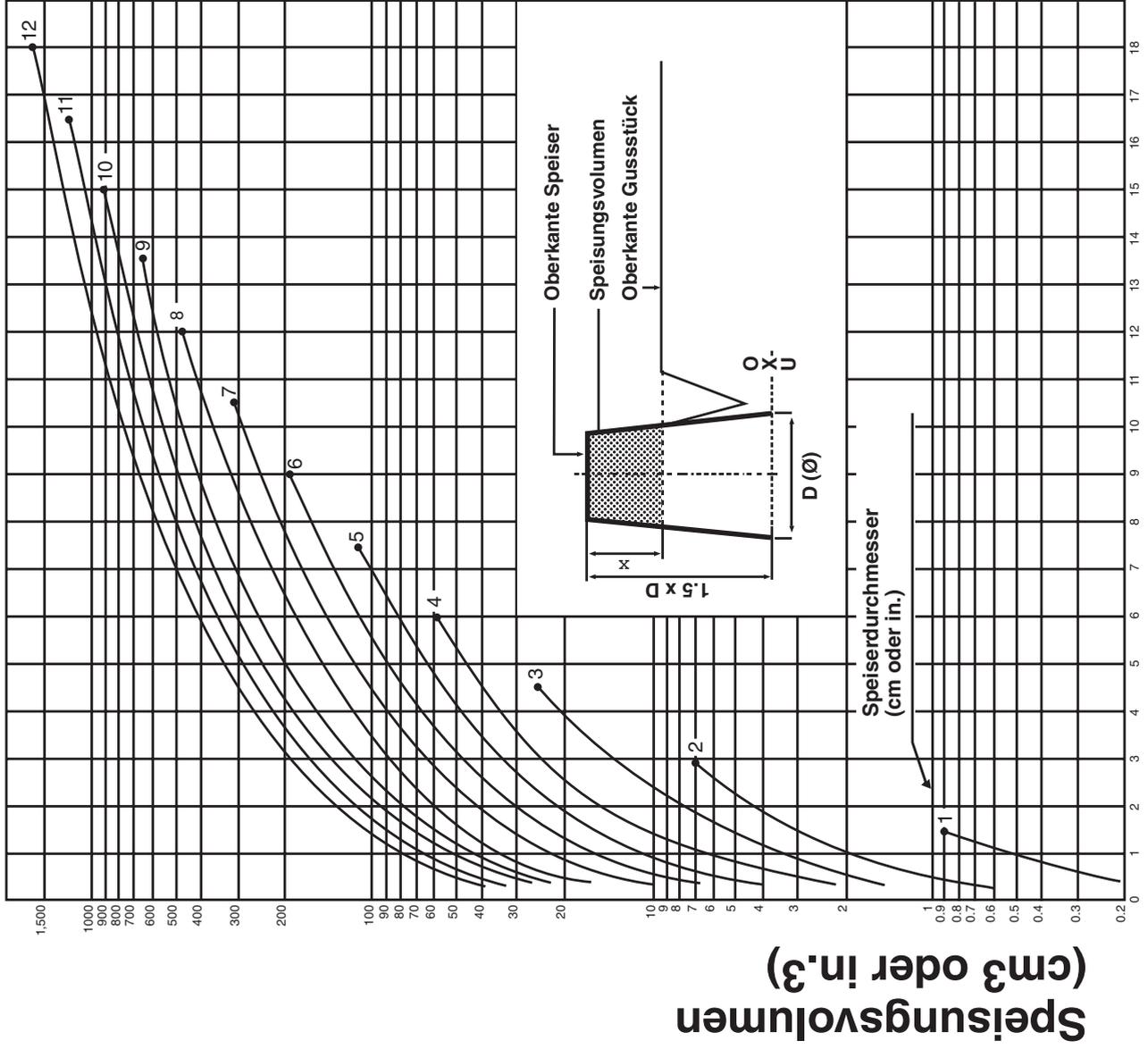
$$= \frac{9,1 \times G_w \text{ (kg)}}{D^2 \text{ (cm)}} = \text{(cm)}$$

$$X \approx \frac{10 \times G_w}{D^2} = \text{(cm)}$$

Formel für inch und pounds

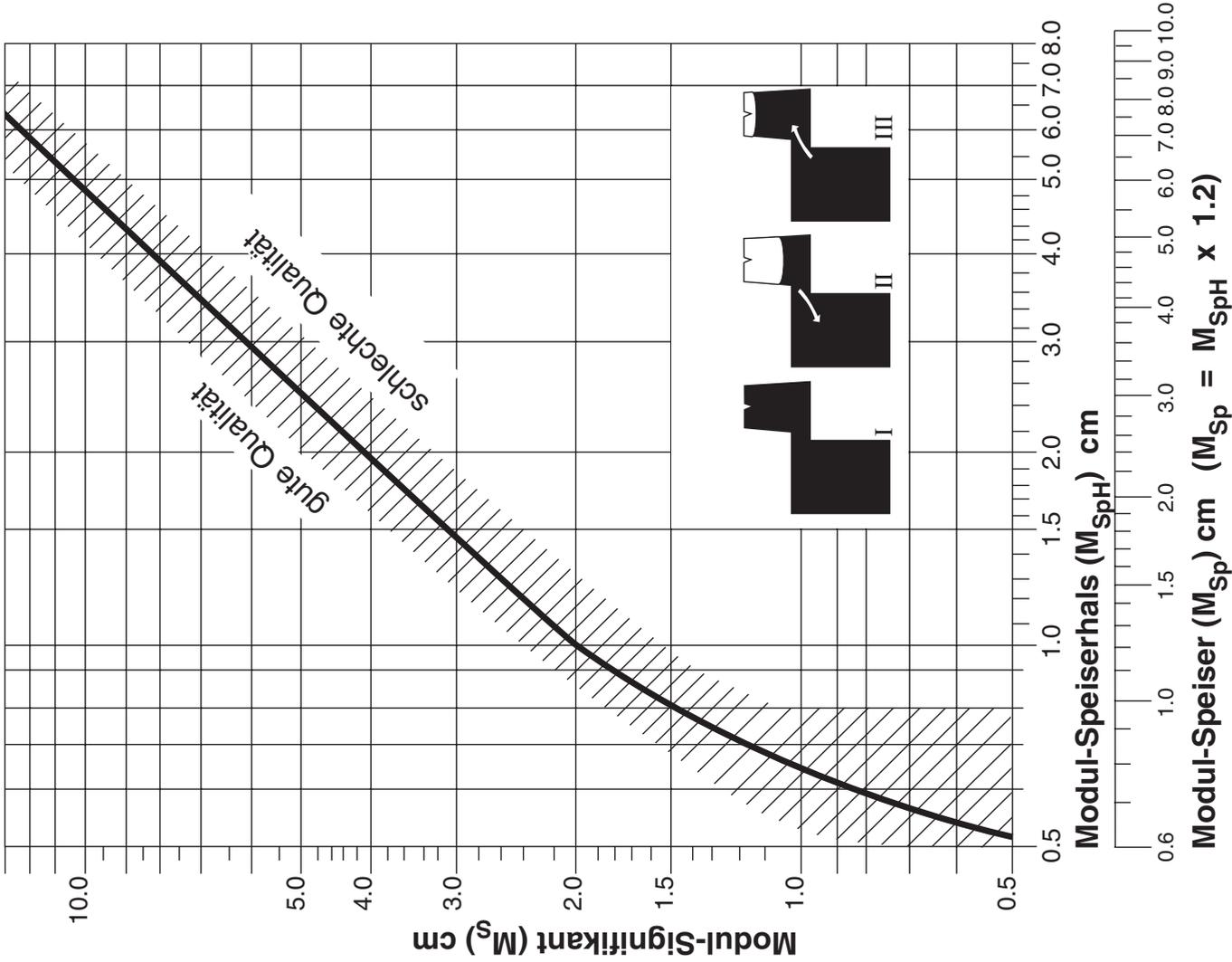
(1 inch = 2,54 cm; 1 lb = 0,4536 kg)

$$X \approx \frac{0.25 \times C_w \text{ (lb)}}{D^2 \text{ (in)}} = \text{(in)}$$



"X" (cm oder in.)

DRUCKKONTROLLIERTE SPEISERMETHODE



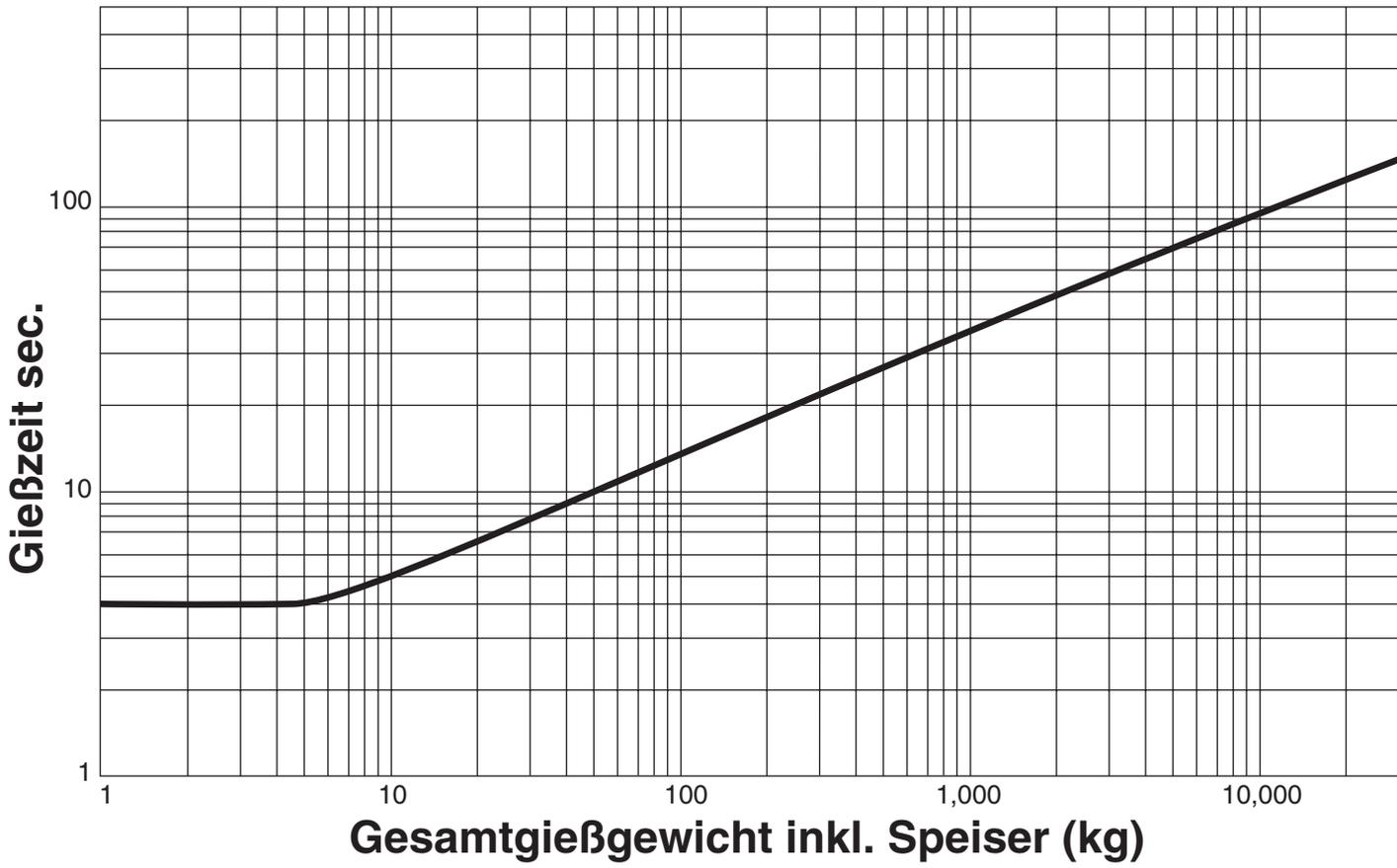


Diagramm für die
Modulberechnung
und auch an den
Seiten a und b.

