

Vorwort:

Diese Folienpräsentation gibt einen Überblick über das gesamte Gießereiwesen.

Sie richtet sich z.B. an Studenten technischer Fachrichtungen, insbesondere des Maschinenbaus.

Die Folien enthalten zum Teil Animationen.

Im Text sind die Stellen, an denen der nächste Animationsschritt oder das nächste Bild aufgerufen werden soll, mit einem eingeklammerten Sternchen (*) markiert.

Immer dann, wenn mit dem nächsten Mausklick eine neue Ansicht kommt, wird das Bild unten rechts mit einem Haken markiert.

Inhaltsübersicht

- 1 Einleitung
- 2 Geschichte
- 3 Grundlagen
- <u>4 Formverfahren Sandgießen</u> Handformen
- <u>5 Formverfahren Sandgießen</u> <u>Maschinenformen</u>
- 6 Kernherstellung
- 7 Feingießen
- 8 Lost-Foam-Gießverfahren
- 9 Vollformgießen für Großbauteile
- 10 Dauerformen Kokillengießverfahren
- 11 Dauerformen Druckgießverfahren
- 12 Dauerformen Schleudergießen

- 13 Grundlagen der Gusskörperbildung
- 14 Metallurgie Erstarren von Metallen
- 15 Eisen-Gusswerkstoffe
- 16 Stahlguss
- 17 Gusseisen
- 18 NE-Metall-Gusswerkstoffe
- 19 Schmelzebereitstellung
- 20 Prozesssimulation in der Gießerei
- 21 Zahlen zur Gießereiindustrie
- 22 Alles aus einem Guss

2

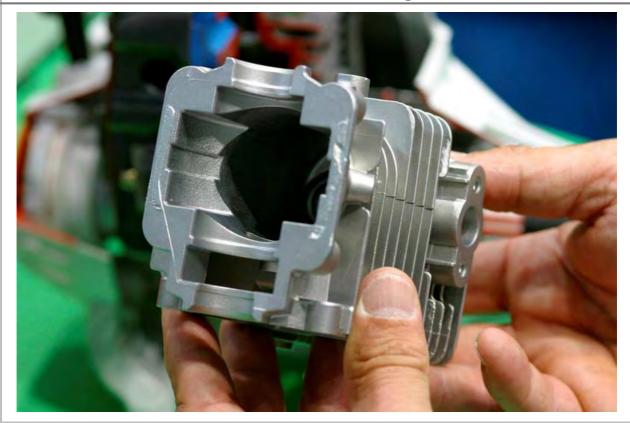
Es gibt viele Bauteile, die sich nur durch Gießen sinnvoll fertigen lassen.

Es ist also sinnvoll für den in der Ingenieurausbildung stehenden, sich etwas tiefer mit den Möglichkeiten der Fertigungsverfahren zu befassen, die in der Fachsprache unter Gießen zusammengefasst werden.

Auf dieser Folie sehen Sie eine kurze Zusammenstellung, mit welchen Themen im Bereich der Gießereitechnik sich diese Präsentation befasst.

Den Großteil der Präsentation ist für die Vorstellung der gängigsten Gießverfahren reserviert. Danach wird auf die typischen Werkstoffe eingegangen, die in der Gießereitechnik Verwendung finden. Hieran schließt sich ein Überblick über weitere Prozessschritte an, die zum industriellen Erzeugen von Gussteilen notwendig sind.

1 Einleitung Wie kann ein Bauteil aus Metall hergestellt werden?



1 Einleitung Welche Vorteile bietet Gießen?

- Auch die komplizierteste Geometrie lässt sich realisieren.
- Endkonturnah geringer Aufwand zur Fertigbearbeitung.
- Alle technisch bedeutenden Werkstoffe sind gießbar: Blei, Zinn, Kupfer, Gold, Aluminium, Magnesium, Eisen und Stahl – aber nicht alle Werkstoffe sind umformbar.
- Werkstoff-Vielfalt = maßgeschneiderte Eigenschaften.
- · Wirtschaftlichkeit.
- 100 % Recycelbarkeit = Umweltverträglichkeit.





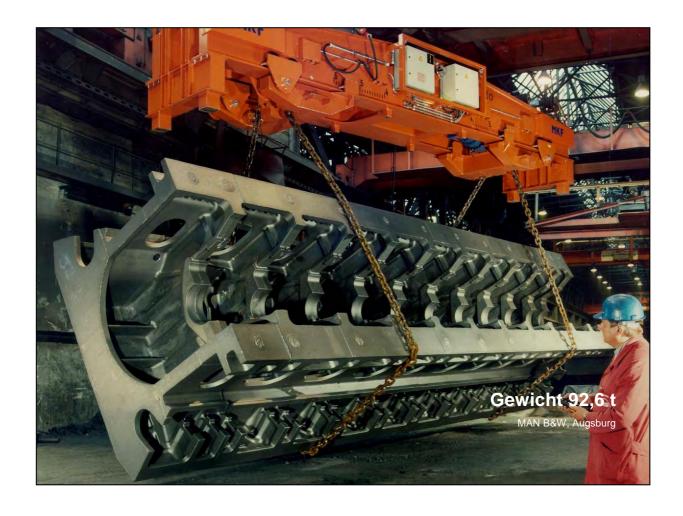


1 Einleitung Alles aus einem Guss

- Gegossene Bauteile sind überall im Einsatz.
- Kleinste und größte Bauteile lassen sich aus Guss realisieren.







Großbauteil.

Dieses erste Bild zeigt ein typisches gegossenes Großbauteil. Es handelt sich um das Kurbelgehäuse für einen Großdieselmotor. Die Blickrichtung ist von unten in den Kurbelwellenraum hinein. Die Zylinderlaufbuchsen werden separat gegossen und oben an dieses Kurbelgehäuse angeflanscht. Bauteile dieser Größe lassen sich nur mit dem Fertigungsverfahren Gießen herstellen. Wollte man ein solches Bauteil aus einem vollen Block, z. B. durch Fräsen, herausspanen, müssten mehrere Kubikmeter Metall zerspant werden.

Darüber hinaus wären Kräne und Zerspanungsmaschinen notwendig, die den mehrere hundert Tonnen schweren Block aufnehmen müssten. Auch durch Umformoperationen wie Schmieden lässt sich ein Bauteil mit diesen Maßen und inneren Hohlräumen nicht fertigen.

Mit anderen Fertigungsverfahren ließen sich also nur Einzelteile fertigen, die dann gefügt werden müssten. Damit lassen sich aber nicht die gleichen Bauteileigenschaften erreichen, die ein aus einem Stück gefertigtes Teil hat.

Die einzig sinnvolle Fertigung für solche Großbauteile ist es, flüssiges Metall in die vorher vorbereitete Form zu gießen. (*)



Präzisionsbauteil.

Auch bei diesem Präzisionsbauteil – einem Pumpenlaufrad – handelt es sich um ein typisches Gussteil. Von seinen Maßen wäre es durchaus möglich, dieses Bauteil spanend zu fertigen.

Allerdings wäre bei einer spanenden Fertigung das Verhältnis vom zerspanten Volumen zum eigentlichen Bauteil sehr ungünstig. Diese die Komplexität der Freiformflächen des Laufrades wäre durch spanende Fertigungsverfahren aufgrund der eingeschränkten Zugänglichkeit nur mit großem Aufwand zu realisieren.

Dass diese Geometrie mit den Verfahren der Umformtechnik nicht zu erzielen ist, ist auf den ersten Blick ersichtlich. Eine solche Geometrie ist durch Schmieden oder andere Verfahren der Umformtechnik nicht in einem Stück zu fertigen.

Bleibt die Möglichkeit, das Bauteil aus Einzelteilen zu fügen. Allein Aufgrund des Montageaufwandes ist dies nicht zu rechtfertigen. Solche Laufräder, z. B. auch Turbolader laufräder, werden in mittleren bis großen Stückzahlen benötigt. Die variablen Kosten bei der Herstellung sollen so gering wie möglich sein. Die Werkzeugkosten hingegen verteilen sich aufgrund der hohen Stückzahl auf viele Bauteile.

Das Feingießverfahren, auch Waschsausschmelzverfahren genannt, liefert derartige Bauteile in der gewünschten Qualität zu vertretbaren Kosten. (*)

2 Geschichte des Gießens Zeittafel der Gusswerkstoffe

5000 v. Chr.	Gegossenes und geschmiedetes Gold in Vorderasien			
4000 v. Chr.	Gegossene Kupferplakette in Shaan'xi, China			
3000 v. Chr.	Bronzegüsse (Cu-As-Pb) in Indien und Mesopotamien			
2700 v. Chr.	Beginn der Kupferzeit in Europa			
2000 v. Chr.				
1800 v. Chr.	Beginn der europäischen Bronzezeit			
1100 v. Chr.	Beginn der europäischen Eisenzeit (niedrig-C-Luppen)			
500 v. Chr.	Beginn des Eisengusses in China ("Chu" = "gegossen")			
475 v. Chr.	Wärmebehandeln von Eisenguss (Tempern) in China			
1390	Gusseiserne Geschützrohre und Kugeln (Stadtarchiv Frankfurt			
1500	Erstmals Gewinnung von Zink in Indien			
1630	Erstes engl. Patent zum Tempern von Gusseisen			
1800	Entdeckung der Leichtmetalle (Ti 1791, Mg 1808, Al 1825)			
1830	Schwarzer Temperguss in USA (S. Boyden)			
1845	Erster Formguss aus Tiegelstahl (J. Mayer, J.C. Fischer)			
1909	Erste Magnesium-Gusslegierung			
1921	Verwendung von Silumin als Gusswerkstoff			
1942	Arbeiten zur betriebl. Herstellung von Sphäroguss			
1950 Titanguss für Chemieanlagen und Luftfahrt				

2 Geschichte des Gießens Zeittafel der Schmelztechnik

5000 v. C.	hr. Gediegenes Gold wird in Vorderasien geschmiedet und gegossen				
	hr. Tiegelöfen zum Schmelzen von Bronze in Mesopotamien und China				
1500 v. C.	hr. Blasebälge statt Blasrohre für Tiegelöfen in Ägypten				
	hr. Erste Rennfeuer zur Eisenverhüttung (Luppe) in Vorderasien (Hethiter)				
	hr. Keltische Schmelzfeuer der La-Tene-Zeit am Neuenburger See				
	hr.Doppelt wirkende Kastengebläse mit Rückschlagventilen in China				
1300	Nutzung der Wasserkraft zum Gebläseantrieb bei Schmelzöfen				
1500	Herd-Flammöfen mit natürlichem Zug in Glocken- und Kanonengießereien				
1700	Ersatz von Holzkohle durch Koks in englischen Hochöfen				
1794	Wilkinson-Schachtofen, Vorläufer des Kupolofens (John Wilkinson)				
1830	Erste Versuche zur Windvorwärmung für Kupolöfen (Sayn, Wasseralfinge				
1864	Siemens-Martin-Ofen (Friedrich und Wilhelm Siemens, Pierre Martin)				
1865	Erster Kupolofen mit integriertem Eisensammelraum (Herd) (J. Ireland)				
1871	Regelbares Kapselgebläse für Kupolöfen (Brüder Roots)				
1871	Krigar-Kupolofen mit Vorherd in Deutschland				
1879	Erster Lichtbogen-Schmelzofen (Werner Siemens)				
1908	Erster Netzfrequenz-Induktionsrinnensofen				
1912	Erster ölbeheizter Ofen zum Eisenschmelzen				
1935	Erster Netzfrequenz-Induktionstiegelofen				
1939	Erster moderner Heißwindkupolofen mit Stahlröhren-Rekuperator				

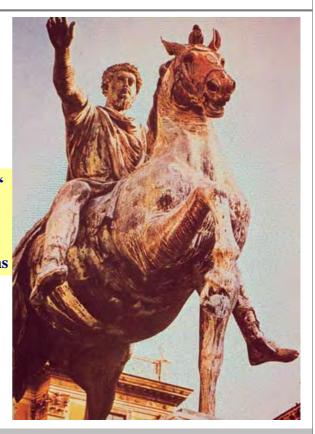
2 Geschichte des Gießens Beispiele - Bronzezeit



Nordische Hochbronzezeit Sonnenwagen aus Trundholm, Seeland DK $\,$ 14. Jh. v. Chr. Ältester figürlicher Hohlguss in Mittel- und Nordeuropa

2 Geschichte des Gießens Beispiele - Bildguss





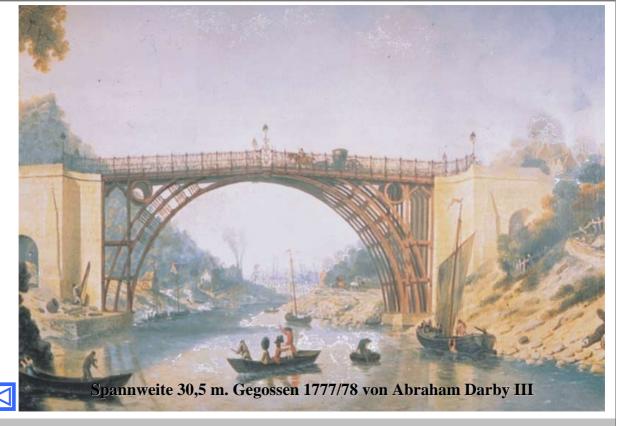
2 Geschichte des Gießens Beispiele – Gusseisen aus Europa





Gusseiserner Mörser von Meister Pender aus Siegen, 1538. (Merkeln Gast aus Frankfurt goss schon 1390 gusseiserne Geschütze)

2 Geschichte des Gießens Beispiele – Iron Bridge bei Wolverhampton, England



3 Grundlagen Fertigungsverfahren nach DIN 8580

		Zusammenhalt schaffen	Zusammenhalt beibehalten	Zusammenhalt vermindern	Zusammenhalt vermehren		
der	Form	Hauptgruppe 1	Hauptgruppe 2 Umformen	Hauptgruppe 3	Hauptgruppe 4 Fügen	Hauptgruppe 5	
Änderung der off- genschaften Fo		Urformen (Formschaffen)	Hauptgruppe 6			Beschichten	
Ι'.	eigensc		Umlagern von <i>I</i> Stoffteilchen	Aussondern von Stoffteilchen	Einbringen von Stoffteilchen		

nach Dubbel

14 🗸

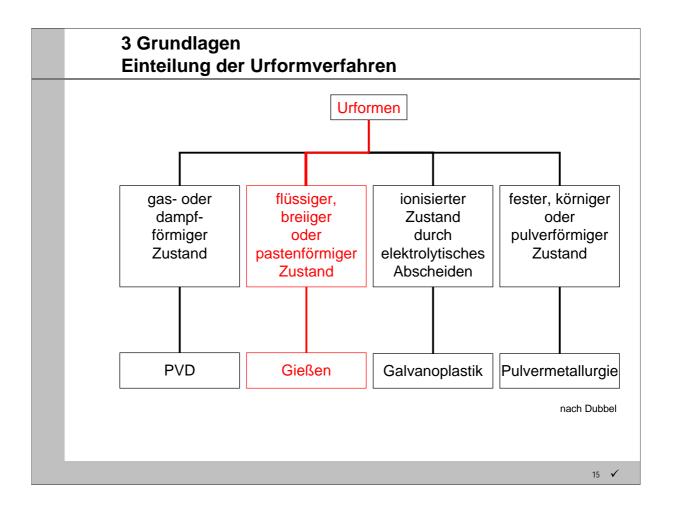
Einteilung der Fertigungsverfahren.

Die Fertigungsverfahren werden im Maschinenbau allgemein nach DIN 8550 eingeteilt. Die Reihenfolge der Hauptgruppen 1 bis 6 folgt einer imaginären Fertigungskette.

Hier ist von Bedeutung, dass vor allen weiteren Bearbeitungsschritten auf dem Weg zu einem Fertigteil zuerst einmal der Werkstoff in einer definierten Form vorliegen muss. Die Gewinnung des Ausgangsmaterials an sich, lassen wir hierbei außer Acht.

Die erste Fertigungsstufe ist also das Formschaffen aus formlosem Stoff, auch Urformen genannt.

Das Urformen lässt sich nach dem Aggregatzustand des formlosen Stoffes weiter einteilen:



Der formlose Stoff kann in allen Aggregatzuständen vorliegen.

Urformen aus dem gas- oder dampfförmigen Zustand in einen festen Zustand mit definierter Form wird nach dem englischen "Physical Vapor Deposition" als PVD bezeichnet.

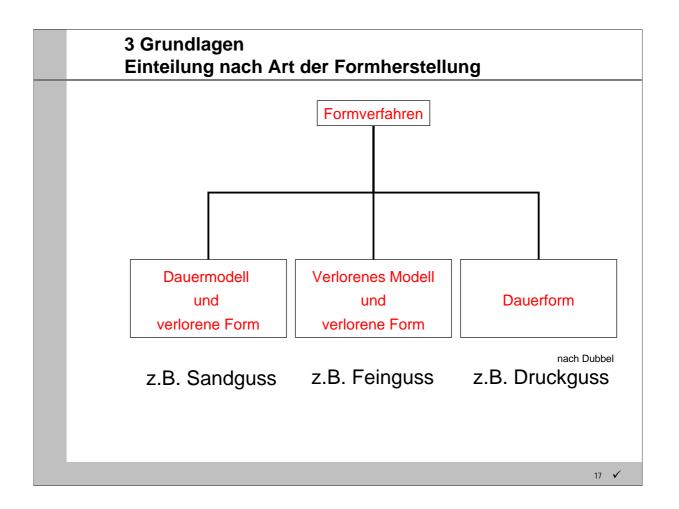
Das Gießen beschäftigt sich mit dem Formschaffen aus dem flüssigen, breiförmigen oder pastenförmigen Zustand.

Darüber hinaus gibt es noch das Formschaffen aus dem ionisierten Zustand, die Galvanoplastik, und die Pulvermetallurgie, bei der feines Metallpulver in Formen gepresst und anschließend im Ofen gesintert wird. (*)

3 Grundlagen Warum überhaupt Gießen ? Gießen ist immer der erste Verarbeitungsschritt nach der Gewinnung eines metallischen Werkstoffes Metallschmelze Formategießen Formgießen Halbzeug Endprodukt

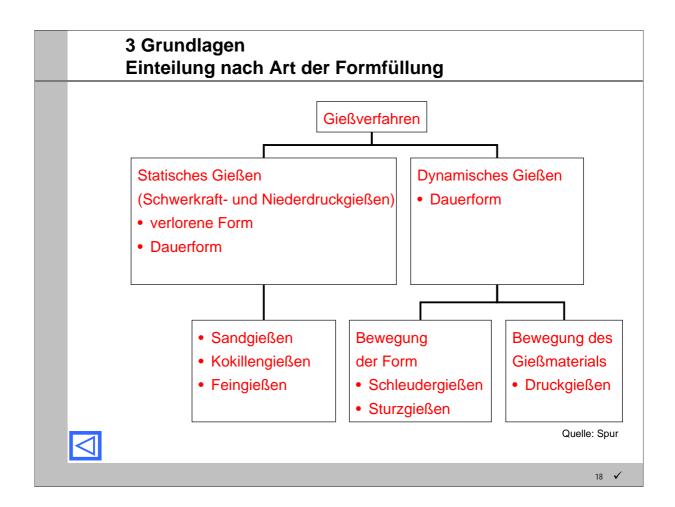
Die Gießverfahren werden zunächst nach der Art des Erzeugnisses eingeteilt. Ist das Produkt des Gießverfahrens ein Halbzeug zur Weiterverarbeitung, so spricht man vom Formateguss. Typische Halbzeugformate sind Stränge,Rohre, Profile und Bänder, die im kontinuierlichen Stranggießverfahren erzeugt werden.

Im Weiteren werden die verschiedenen Verfahren des Formgießens näher besprochen. Ihnen ist gemeinsam, dass das Gussteil bereits die Endform des Bauteils plus, wenn notwendig Bearbeitungszugaben und spezielle Zusatzkonstruktionen für das Gießverfahren enthält. (*)



Die Formverfahren werden üblicherweise danach unterschieden, ob eine Form oder ein Modell des Gussteils nur einmal oder mehrmals verwendet werden kann.

Wenn ein Modell = Positiv mehrmals verwendet werden kann, spricht man von einem Dauermodell, wenn es bei der erstmaligen Verwendung zerstört wird, von einem verlorenen Modell. Wenn eine Form = Negativ mehrmals verwendet werden kann, spricht man von einer Dauerform, wenn sie bei der erstmaligen Verwendung zerstört wird, von einer verlorenen Form. (*)



Zusätzlich zur Einteilung der Formverfahren ist eine Einteilung der Gießverfahren nach Bewegung und Dynamik von Gießmaterial und Form möglich.

Unter beide Systematiken der Einteilung der Verfahren lassen sich alle Gießverfahren einordnen, z.B. Schwerkraft- Sindgießen oder Niederdruck Kökillengießen. Einige Kombinationen sind allerdings nicht möglich oder technisch nicht sinnvoll.

Wenn dies für den Fachmann eindeutig ist, wird in der Praxis nur eine der beiden Bezeichnungen verwendet.

Zum Beispiel versteht man unter Sandgießen stets das Schwerkraft-Sandgießen.

Druckgießen dagegen ist nur mit metallischen Dauerformen (Druckgießform oder Druckgieß werkzeug genannt) möglich.

Der Begriff Kokillengießen ist daher nur für Schwerkraft und Niederdruck Kokillengießen üblich. (*)

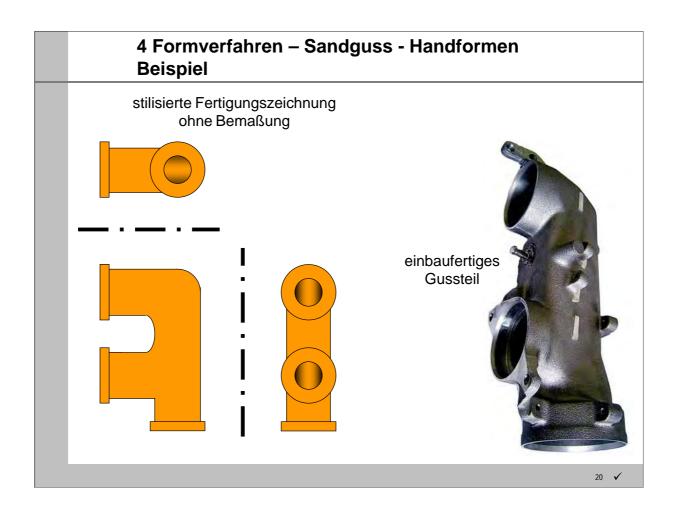
4 Formverfahren – Sandguss Bauteil Fertigungszeichnung Fertigungszeichnung Modellplanung Nicht benafte Rundungen Bi. (Ra 63/ Ra 25/)

Wenn ein Kunde ein Gussteil benötigt, stellt er in jedem Fall dazu eine Fertigungs- oder Fertigteilzeichnung her. In ihr ist das einbaufertige Bauteil mit allen funktionsrelevanten Massen und das Anforderungsprofil definiert, d. h. alle Bereiche die der Kunde bearbeitet haben will ebenso die Legierung und die benötigten mechanischen und dynamischen Festigkeitswerte sind darin dargestellt.

Aus dieser Fertigungs- oder Fertigteilzeichnung stellt der Gießer die Rohteilzeichnung her. In ihr ist nun der Zustand abgebildet wie der Gießer das Gussteil abzuliefern hat, d. h. alle Bearbeitungszugaben, nicht vorgegossene Bohrungen, Konizitäten für die Entformung, benötigte Radien, für die mechanische Bearbeitung vorgesehene Transportlaschen.

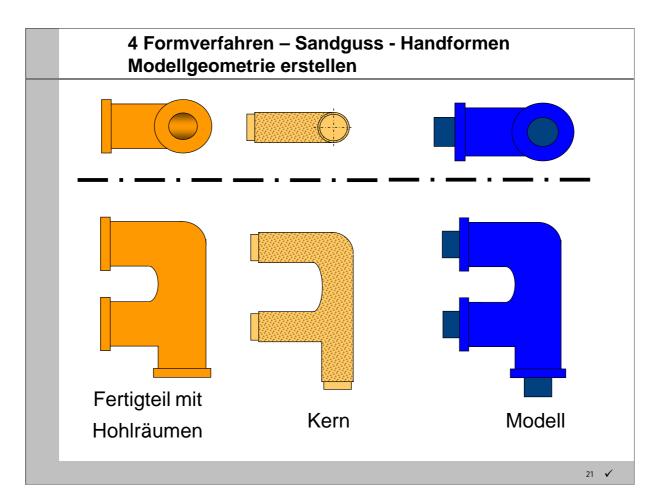
Damit der Gießer einen Gesamtüberblick über die Gießeinrichtung erhält wird eine Modellplanungszeichnung erstellt in der nun auch etwa benötigte Kernmarken abgebildet sind. Alle Zeichnungen können verkleinert in verschiedenen Maßstäben angefertigt werden.

Für die Modellherstellung in klassischer Art wird vom Modellbauer ein Modellaufriss hergestellt, er wird mit einer Reißnadel im Maßstab 1:1 auf eine Hartholzplatte eingeritzt. In einem Modellaufriss werden alle Schnitte durch das gesamte Modell dargestellt und farblich gekennzeichnet. Der Modellbauer überträgt alle Maße mit dem Stechzirkel auf das in Anfertigung befindliche Modell, denn der Modellaufriss ist nicht vermaßt. Er ist die einzige Darstellung in der der Schwindmaßstab berücksichtigt ist.



Diese Folie zeigt ein typisches Sandgussteil.

Es handelt sich um einen hohl gegossenen Rohrkrümmer. Rechts ist ein Foto von einem realen Bauteil zu sehen. Links sind drei Ansichten des gleichen Teiles mit einigen Vereinfachungen zu sehen. An dieser vereinfachten Geometrie soll der Weg von der Produktideevielleicht einer Bauteilzeichnung oder einem CAD- Datensatz - zum fertigen Gussteil erläutert werden.



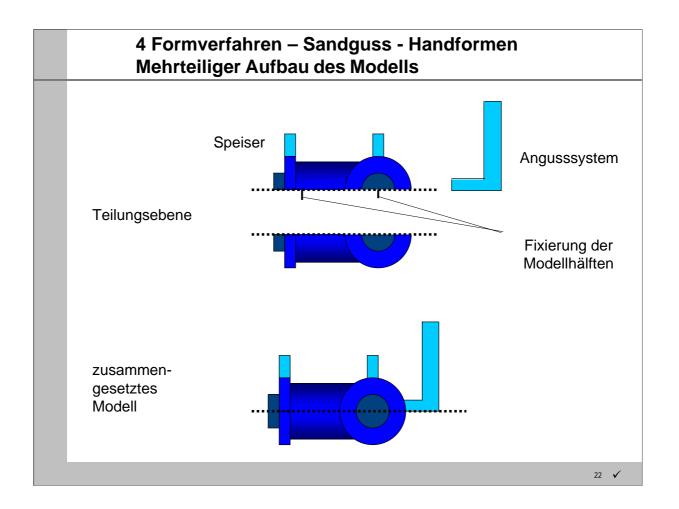
Diese Folie zeigt in orange die Sollgeometrie des zu gießenden Rohrkrümmers. Sie existiert nur als Zeichnung oder CAĐ Datenmodell.

Aus der Rohteilzeichnung wird die Modellplanungszeichnung erstellt um einen Gesamtüberblick über die Modelleinrichtung zu bekommen. Für die Modellanfertigung nach klassischer Art wird ein Modellaufriss erstellt. Der Modellaufriss beinhaltet das Schwindmaß welches der Gießwerkstoff benötigt um von der Soplidustemperatur bis zur Raumtemperatur zu erkalten und sich dabei zusammen zu ziehen, d.h. zu schwinden. Bei Aluminiumlegierungen beträgt dieser Faktor 1,2%. Der Modellaufriss ist im Gegensatz zu allen anderen Zeichnungen immer im Maßstab von 1:1 dargestellt und nicht vermaßt.

Das Modell ist im Gegensatz zur Sollgeometrie nicht hohl. Der Bereich, den der Kern später in der Form einnimmt, muss beim Erstellen der Sandform zunächst freigehalten werden. Damit der Kern in der Form nicht nach unten fällt, muss er an den Rändern der Form gelagert werden.

Der Platz, an dem diese Kernlager später zu liegen kommen, muss beim Herstellen der Form ebenfalls freigehalten werden. Die Kernlager oder Kernmarken sind an diesem Modell zur Verdeutlichung dunkel eingefärbt.

Nach dem Einformen muss das Dauermodell wieder aus der Form entnommen werden können. Zur Entnahme des Modells muss die Form geöffnet werden. Das Modell muss also so verändert werden, dass die Form beim öffnen und Entnehmen des Modells nicht beschädigt wird.



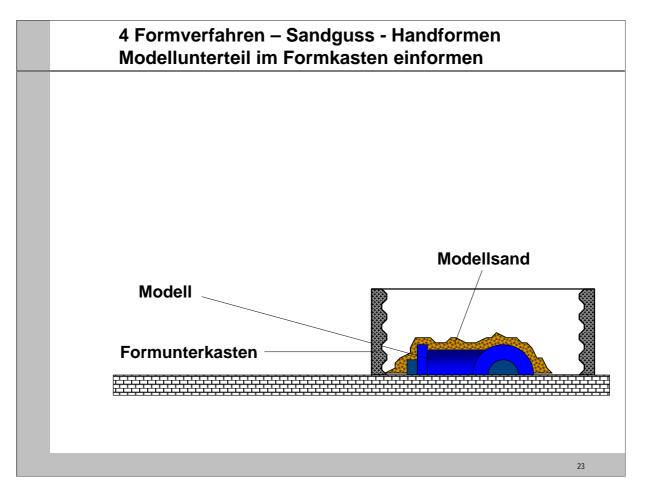
Die Lösung ist ein mehrteiliger Aufbau des Modells. Das Modell wird in der Teilungsebene oder Trennebene geteilt. Bei diesem Modell entstehen zwei Modellhälften.

Die Speiser, die das Schmelze reservoir für die Flüssigkeits und Erstarrungsschwindung aufnehmen, müssen mit dem Modell entnehmbar sein.

Mit dem Angusssystem wird sichergestellt, dass eins ruhige, steigende Formfüllung erreicht wird. Der Zulauf der Schmelze erfolgt daher über ein separat geformtes Angusssystem, dass in der Teilungsebene mit dem eigentlichen Formhohlraum verbunden wird.

Mit diesem mehrteiligen Modell kann nun eine Sandform erstellt werden. (*)

Die meisten Modelle für das Formen von Hand werden heute aus Holz und Kunststoff angefertigt und sind für Null und Vorserien sowie kleinere Serien gedacht.



Zum Herstellen einer Form benötigt man zunächst einen Formkasten. Dieser Formkasten ist wie das Modell zweiteilig.

Die Folie zeigt eine der beiden Formkastenhälften.

Die Formkästen sind oben und unten offen.

Der verwendete Sand ist rieselfähig, hat einen bildsamen Zustand. Die Sandkörner sind also mit einem Bindemittel umhüllt.

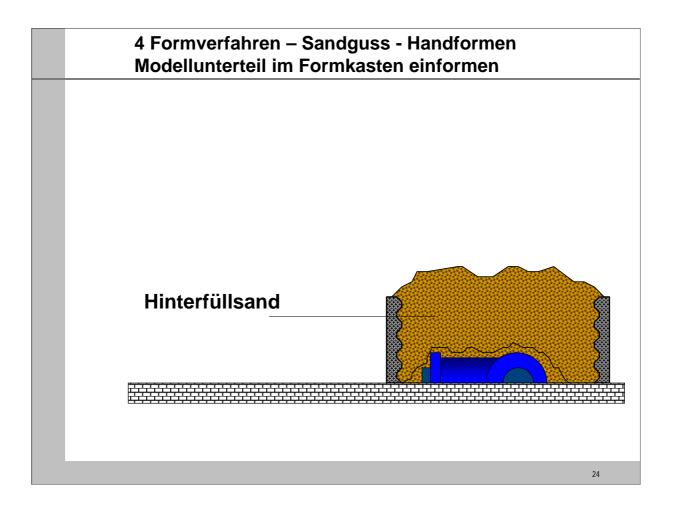
Bei der klassischen Sandgießerei ist der Sand mit feinem Ton bzw. Bentonit umhüllt. Das Sand on Gemisch wird mit Wasser vermengt. Man spricht von tongebundenem oder bentonitgebundenem Sand. Dieser feuchte Sand wurde früher auch nach dem mittelhochdeutschen grün = feucht als Grünsand bezeichnet.

Der Sand bleibt nach der Verdichtung an der Innenwand des Formkastens haften und bildet die Modellkontur als Negativ ab.

In diese Formkastenhälfte wird zunächst die untere Hälfte des Modells mit der Teilungsebene nach unten eingelegt. (*)

Damit sich die Modellkontur genau im Sand abzeichnet, wird die erste Sandschicht aufgesiebt.(*)

Das Modell wird ganz mit dem aufgesiebtem Sand bedeckt. (*) (*)



Nach der ersten Schicht wird weiter Sand aufgefüllt.

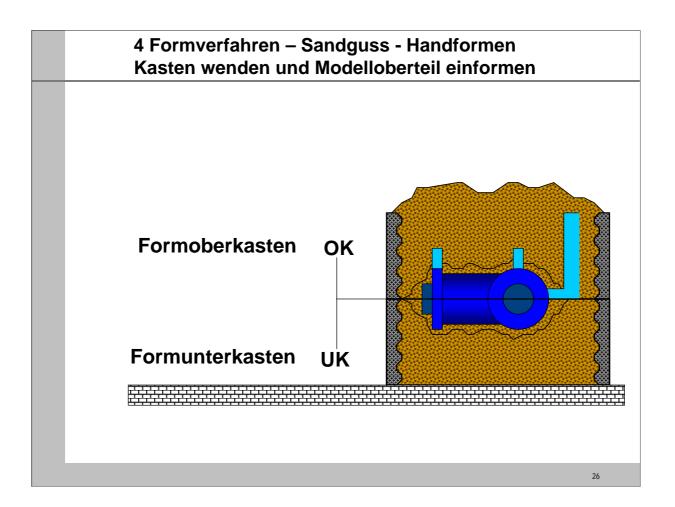
(*)

Wenn der Modellsand die gesamte Modellfläche abgedeckt hat, wird Formsand in den Formkasten eingefüllt. Je nach Formkastenhöhe erfolgt das in mehreren Schritten.

4 Formverfahren – Sandguss - Handformen Sand verdichten Verdichten

In der Praxis werden oft mehrere Sandschichten nacheinander aufgebracht und verdichtet.

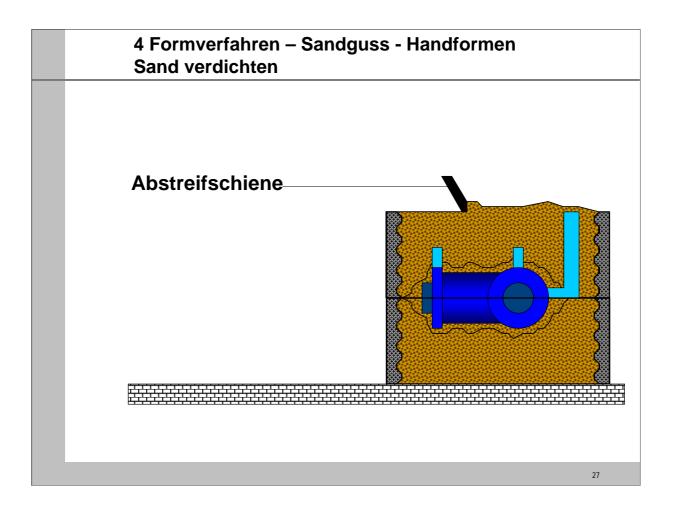
Je detailreicher das Modell ist, desto sorgfältiger muss der Sand verdichtet werden. Die jetzt oben liegende Sandfläche wird nachher die Unterseite der fertigen Form. Der überstehende Sand muss abgeschabt werden, damit die Form nach dem Wenden eine flache Auflagefläche hat.



Auf die Modellunterseite werden nun die obere Modellhälfte (*) und der Oberkasten aufgesetzt. (*)

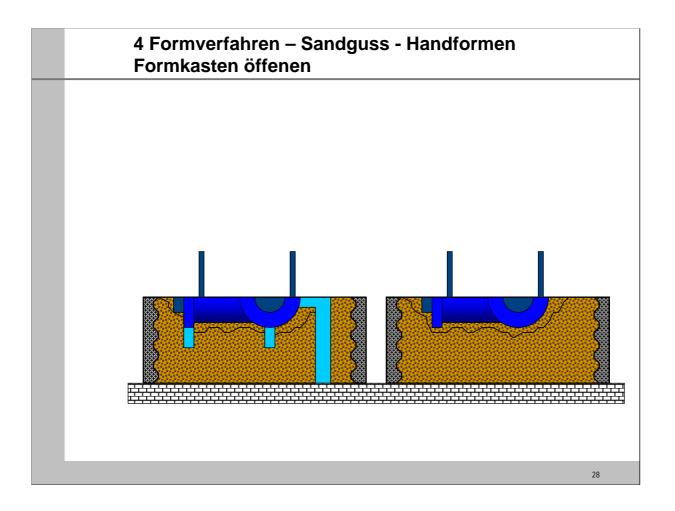
Unter und Oberkasten werden in der Praxis durch verschiedenartige Verstiftungen aufeinander positioniert. Diese sind hier in der Darstellung zur Verbesserung der Übersichtlichkeit weggelassen worden. Auf die Modelloberfläche und die frei liegende Sandfläche kann wiederum ein Trennmittel aufgebracht werden.

Dann wird wieder die erste Sandschicht aufgebracht (*) und der Formkasten aufgefüllt. Die Formfüllung des Oberkasten ist analog zu der des Unterkastens.



Der Sand wird verdichtet und der Überstand abgeschabt.

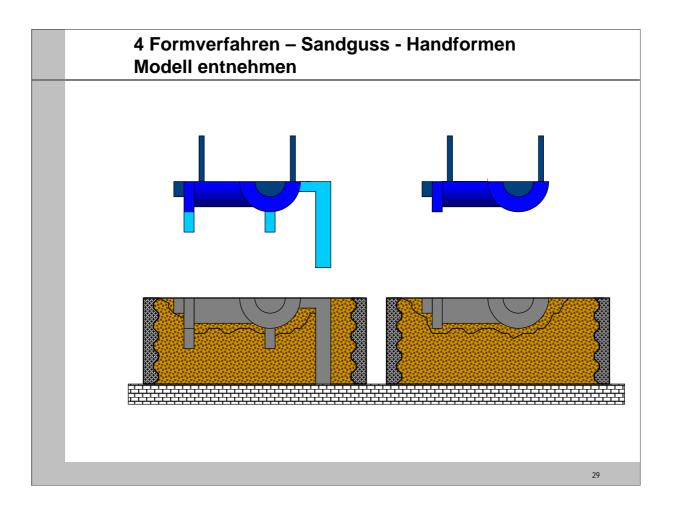
Die Sandform selbst ist jetzt bereits fertig. Aber das Modell sitzt noch an der Stelle, den später einmal das flüssige Metall einnehmen soll. Die Form muss also noch einmal geöffnet werden, um das Modell zu entnehmen.



Hier ist die Form geöffnet und bereit zur Modellentnahme. Damit man das Modell beim Entnehmen nicht verkantet, werden spezielle Entnahmestifte in die Teilungsebene des Modells eingeschraubt.

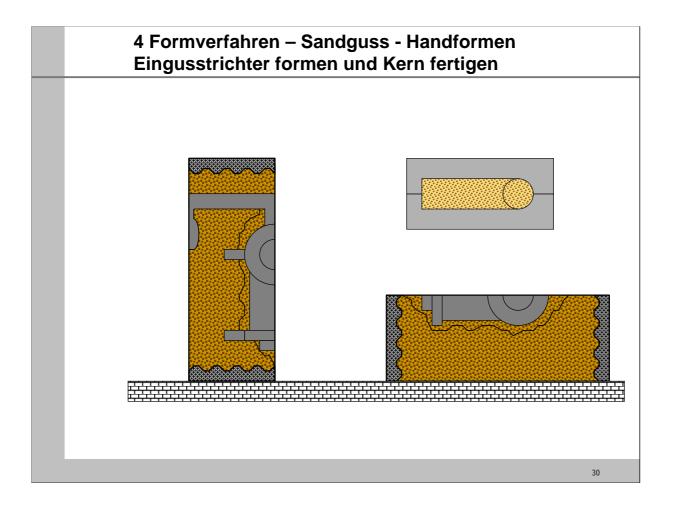
In der Praxis haben die Modelle zusätzlich Aushebeschrägen. Es ist einsichtig, dass der Einguss im Oberkasten nicht ohne Beschädigung der Sandform entnommen werden kann, wenn er genau zylindrisch ist. In diesem Beispiel soll der Anguss mit dem Modell zusammen nach oben entnommen werden. Der Einguss wird also als ein um wenige Grad geöffneter Kegelstumpf ausgeführt. Dieses Prinzip der Aushebeschrägen gilt für alle Teile, die ohne Beschädigung der Form entnommen werden müssen.

Die Aushebeschrägen für das Modell müssen daher bei allen Gussteilen, die mit einem Dauermodell erstellt werden sollen vorgesehen werden.



So kann das Modell ohne Beschädigung der Form entnommen werden. In diesem Fall sind die Speiser und das Angusssystem an der oberen Modellhälfte befestigt. Größere oder komplexere Gießhilfen können aber auch als einzelne Modellteile ausgeführt werden.

Ein leichtes Losklopfen der Modelle erleichtert die Entnahme der Modellhälften aus dem Formkasten. Die hellblauen Einguss und Speisermodelle sind bei manchen Modellplatten entgegen der Aushubrichtung konisch und müssen vor dem Trennen der Formkästen entnommen.

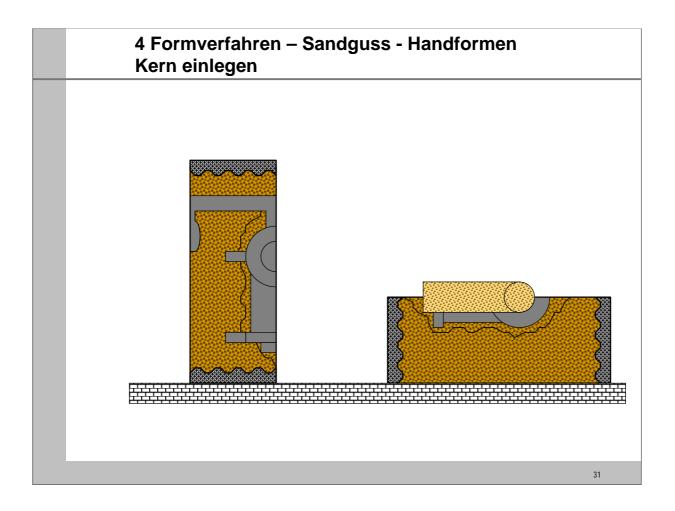


Nachdem die Modellhälften entnommen worden sind, wird ein Eingusstümpel oder ein Eingusstrichter in den Sand im Oberkasten eingearbeitet. Für das Gießen von Eisenlegierungen wird oft der hier gezeigte Eingusstümpel verwendet. Beim Gießen von Aluminium wird oft ein einfacher Trichter gebohrt.

Nun fehlt noch der Kern, der den Hohlraum in dem Rohrstück beim Gießen frei von Schmelze halten soll.

(*)

Die Kernherstellung wird später noch besprochen; hier kommt der Kern zunächst einfach aus einer eigenen Form, dem Kernkasten, und wird in die Form eingelegt. (*)



Der Kern besitzt eine höhere Festigkeit als die Form.

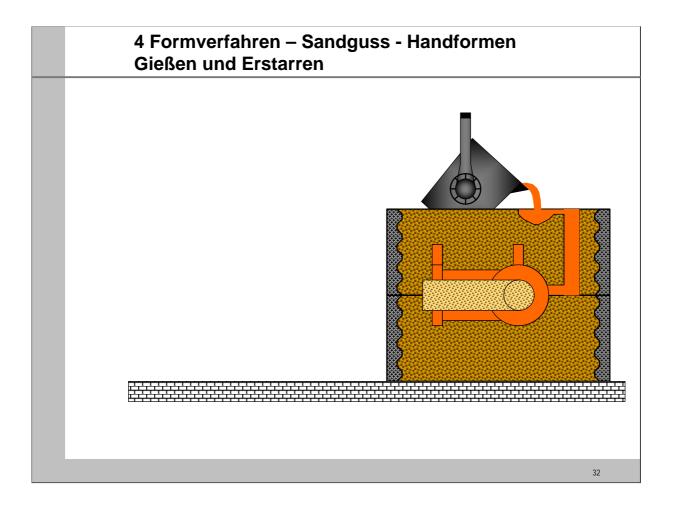
Der relativ schlanke Kern, der nur an seinen äußeren Enden in der Form aufliegt, würde sonst vom Druck der aufsteigenden Schmelze gebrochen. Nachdem Der Kern eingelegt ist, kann die Form geschlossen werden.

(*)

Der Kern besteht aus Sand und im allgemeinen aus einem chemischen Bindemittel und hat eine hohe Festigkeit, die dem Druck und der Temperatur solange widerstreben soll, bis die Schmelze (zumindest eine Randschale) erstarrt ist.

Nach dem Ausblasen der Formhälften kann der Sandkern bzw. die Sandkerne eingelegt werden und die Form geschlossen werden.

Die beiden Formhälften müssen vor dem Abgießen noch beschwert oder verklammert werden, um den Auftriebskräften der Schmelze entgegen zu wirken.



Beim Gießen von Metallen mit hoher Dichte werden die Formkästen zusätzlich verklammert, damit der Oberkasten nicht durch den metallostatischen Druck der Schmelze aufschwimmen kann.

Die Form ist damit zum Gießen bereit.

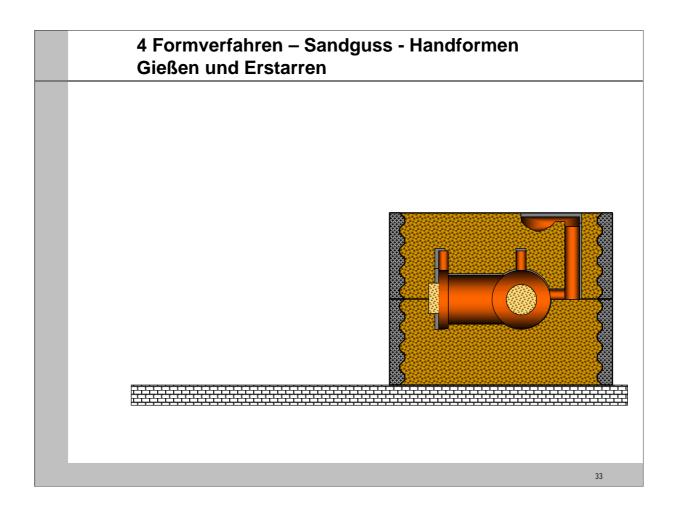
Die Schmelze wird z. B. in einem Gießtiegel am Hallenkran an den Gießplatz befördert. (*)

Mit dem Handrad am Tiegel kann der Tiegel gekippt werden und die Form wird gefüllt. (*) Durch den Einguss und den Lauf gelangt die Schmelze zum Anschnitt und füllt dann steigend von unten nach oben die Form. Die Luft in der Form entweicht in den umgebenden Formstoff. Wenn die Gefahr besteht, dass die Luft nicht in den Formstoff entweichen kann, sieht man am Modell zusätzliche Entlüftungen vor.

Beim Füllen der Form muss die Schmelze über die Erstarrungs temperatur überhitzt sein. So wird sichergestellt, dass keine Vorerstarrung während der Formfüllung eintritt.

(Wenn die Form durch Vorerstarrung nicht mehr vollständig gefüllt werden kann, wird dieser Fehler als Kaltlauf bezeichnet.)

Wenn die Form gefüllt ist, kühlt die Schmelze ab, erstarrt und erkaltet.

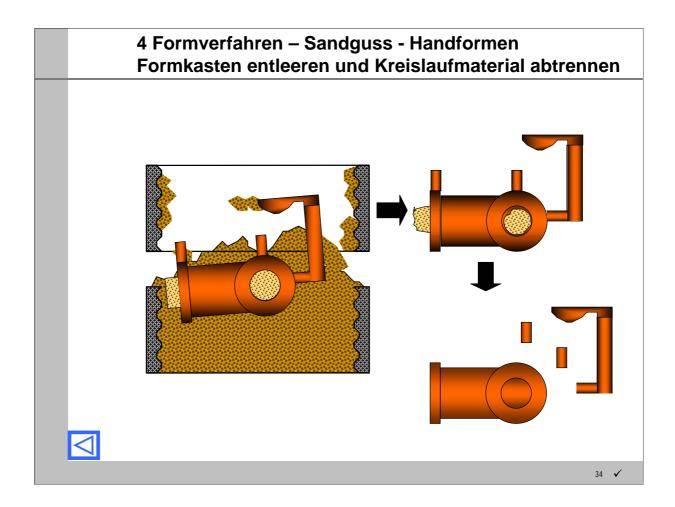


Dieses Bild zeigt das erkaltete Gussteil in der Form. Es ist gut zu erkennen, dass hier bereits die Festkörperschwindung eingesetzt hat, das Gussteil also kleiner ist als die Form. Dabei schrumpft das Bauteil auf den innen liegenden Kern auf.

Beim Gießen von Eisenwerkstoffen zerfallen die Sandkerne durch die große Wärmezufuhr oft von selbst.

Beim Gießen von niedrig schmelzenden Legierungen, wie Aluminium, reicht die Temperatur oft nicht aus, damit die Kerne zerfallen. Dann ist hierfür ein zusätzlicher Bearbeitungsschritt notwendig.

Wenn das Bauteil vollständig erstarrt ist, kann die Form bereits geöffnet werden.



Hierzu wird die Verklammerung der Kästen gelöst und der Oberkasten angehoben. Das oft noch heiße Gussteil wird aus dem Sand entnommen und von Sandresten befreit.

Eingusssystem und Speiser werden abgetrennt und können später wieder eingeschmolzen und erneut vergossen werden.

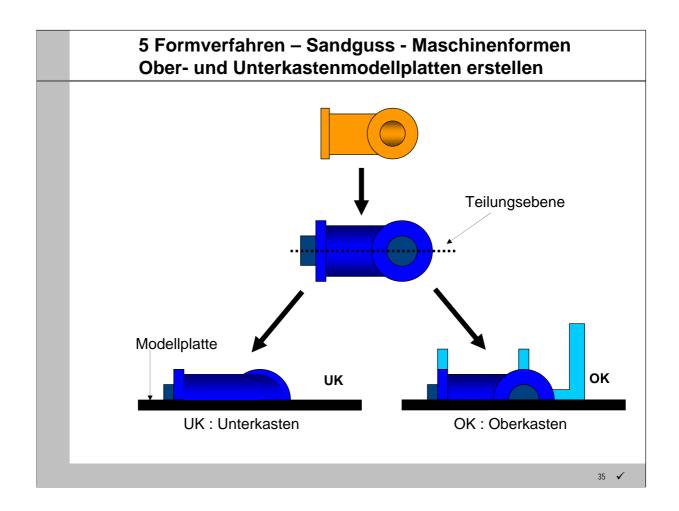
Das Rohgussteil kann nun zum Fertigteil weiter bearbeitet werden.

In der Praxis kommt oft statt tongebundenem Sand) kaltharzgebundener Sand zum Einsatz. Der Sand (man spricht auch vom Formstoff) wird hierbei mit einem Bindemittel auf Harzbasis vermischt und härtet nach dem Formen kalt, d.h. bei Raumtemperatur aus.

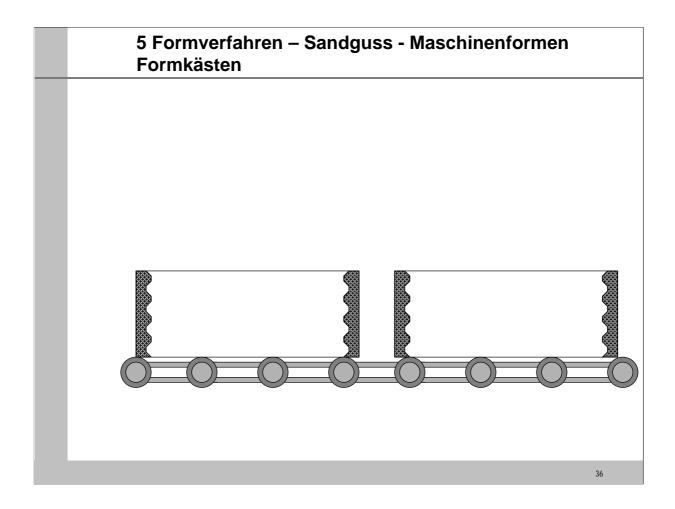
Zur Wiederverwendung dieses Sandes ist eine Regenerierung erforderlich. Zur Wiederverwendung des tongebundenen Sand ist nur eine erneute Aufbereitung notwendig.

Für große Serien wird der Verfahrensablauf mechanisiert. Man spricht dann von maschinen geformtem Sandguss.

Gießereien, die maschinengeformten Guss produzieren, bevorzugen in der Regel tongebundenen Sand wegen der einfachen Aufbereitung des Formstoffes und der kurzen möglichen Zykluszeiten.

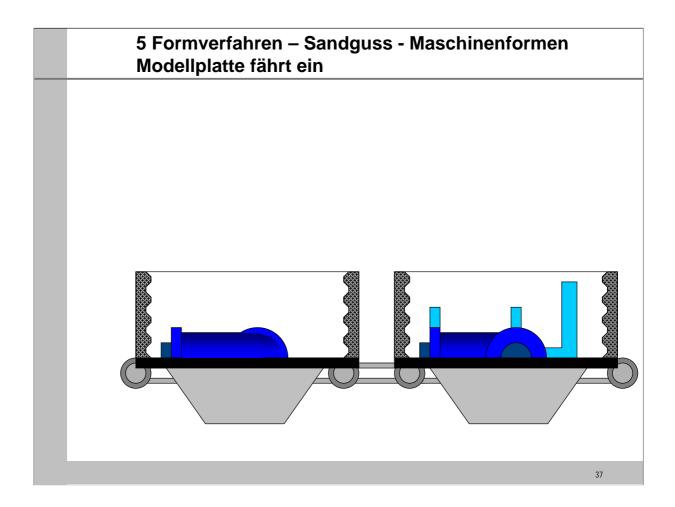


Das geteilte Modell wird inklusive Gießsystem auf zwei Modellplatten montiert.



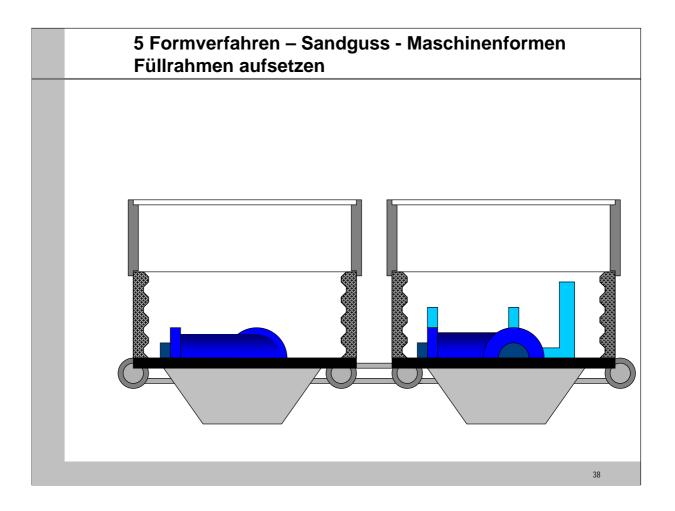
Die Formkästen laufen auf einem Transportsystem im Kreis. Wie schon beim Handformen sind die Formkästen oben und unten offen.

Nun werden die Modellplatten von unten gegen die Formkästen gefahren.

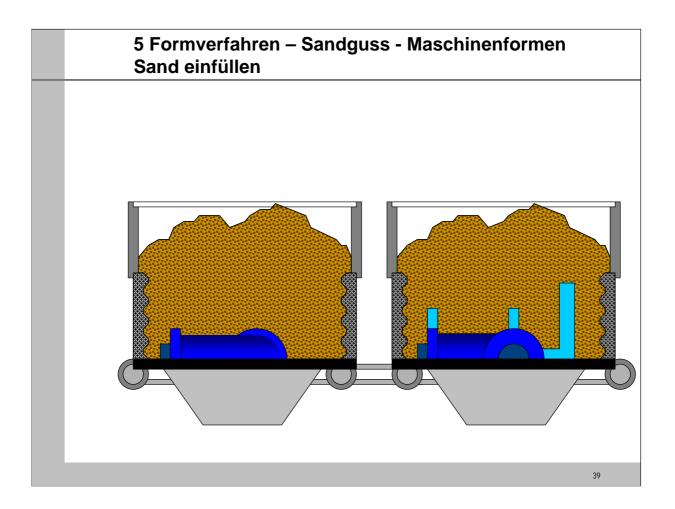


In diesem Beispiel werden Ober und Unterkasten gleichzeitig geformt. Bei großen Formkästen werden Ober und Unterkasten immer abwechselnd geformt.

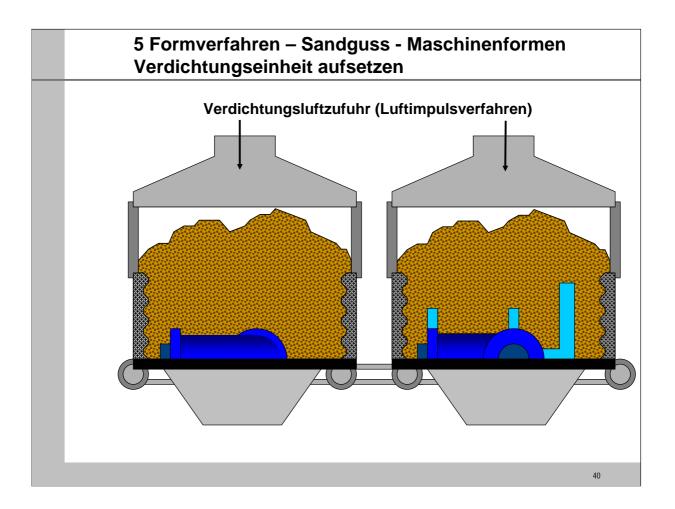
Damit der Sand gezielt eingefüllt werden kann, werden Füllrahmen auf die Formkästen gesetzt.



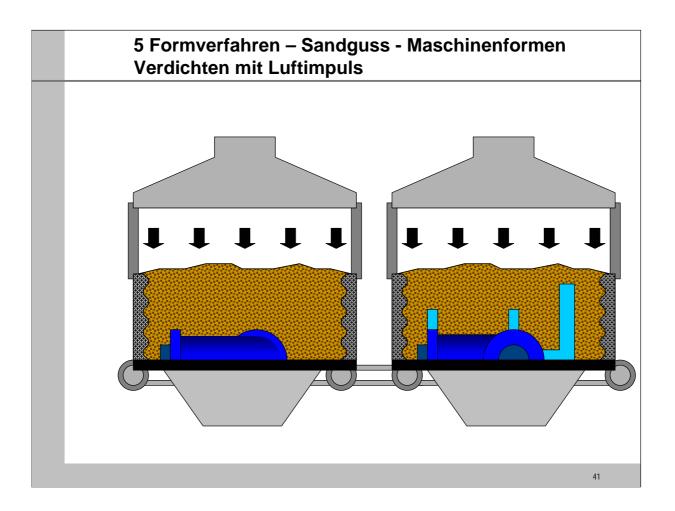
Nach dem Aufsetzen der Füllrahmen wird im nächsten Schritt der Formsand in die Formkästen gefüllt. Der Füllrahmen hat das Volumen, welches zur Verdichtung benötigt wird.



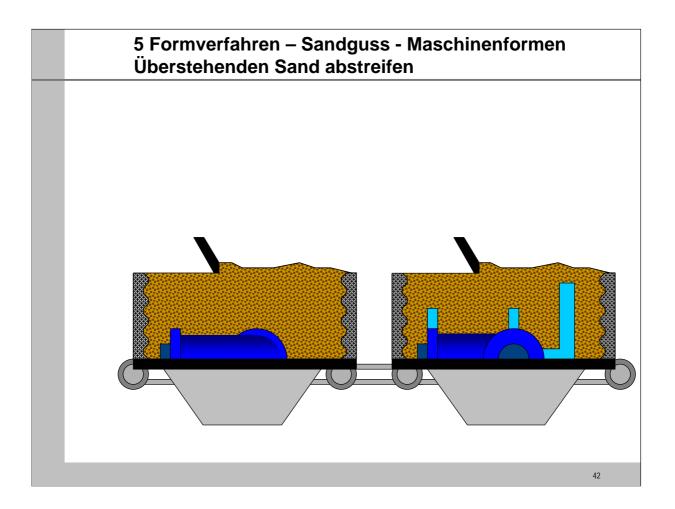
Der Formstoff ist hier tongebunden und durch Wasserzugabe feucht. Man spricht hier vom Nassgussverfahren. Im nächsten Schritt wird die Verdichtungseinheit über den Füllrahmen gefahren, der möglichst dicht mit dem Formkasten abschließen sollte.



Die Verdichtungeinheit besteht in der Praxis oft aus einem Druckspeicher und dem zugehörigen Düsensystem. Die Verdichtungseinheit arbeitet mit Umgebungsluft. Durch den Impuls der auf den Sand auftreffenden Luft wird der aufgeschüttete Sand zu einer Formhälfte verdichtet.

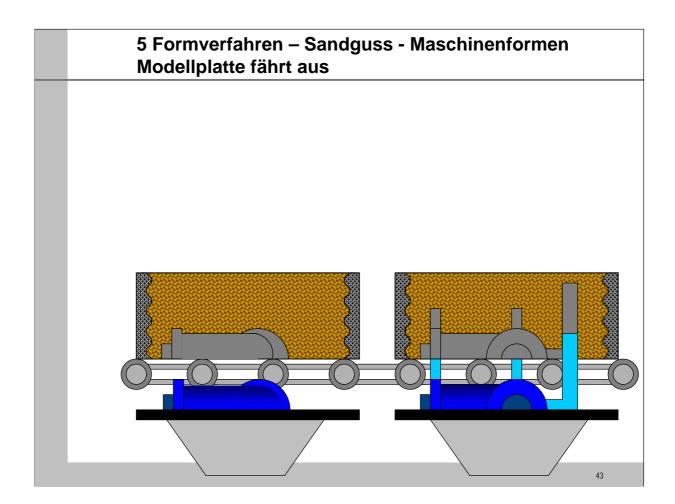


Die Form hat jetzt die benötigte Festigkeit, allerdings steht noch Sand oben über den Formkasten über. Die Verdichtungseinheit und der Füllrahmen werden wieder nach oben gezogen und die Überstände mit einer Abstreifschiene abgezogen.



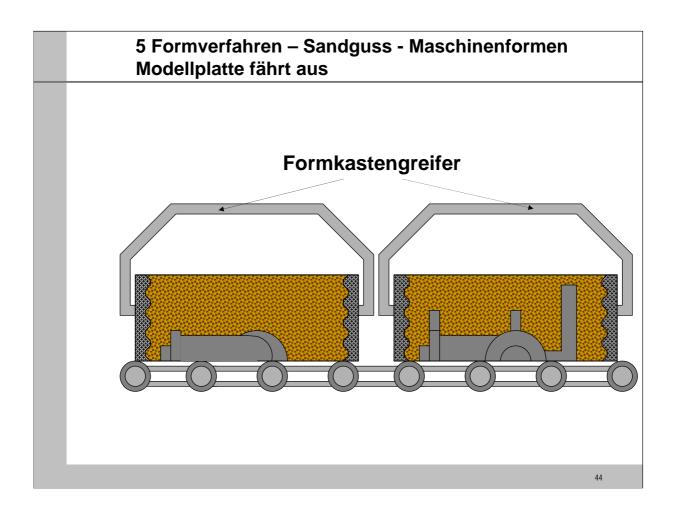
Der abgezogene Sand fällt nach unten in das Sandrückführsystem und wird in die Sandaufbereitung transportiert.

Jetzt werden die Modelle aus der Form gezogen.

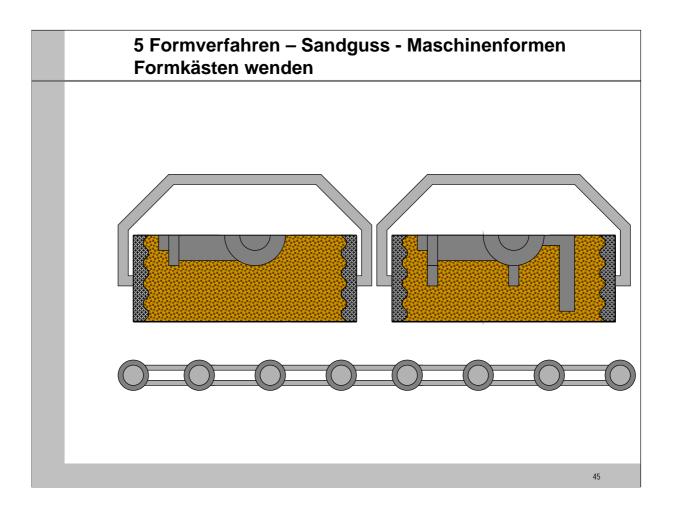


Dies geschieht, indem die Modellplatten wieder nach unten zurückfahren. In diesem Bild sind wiederum die Formschrägen vereinfacht dargestellt. Die Modelle müssen sich nach oben verjüngen. Zur weiteren Bearbeitung müssen die Formkästen gewendet werden.

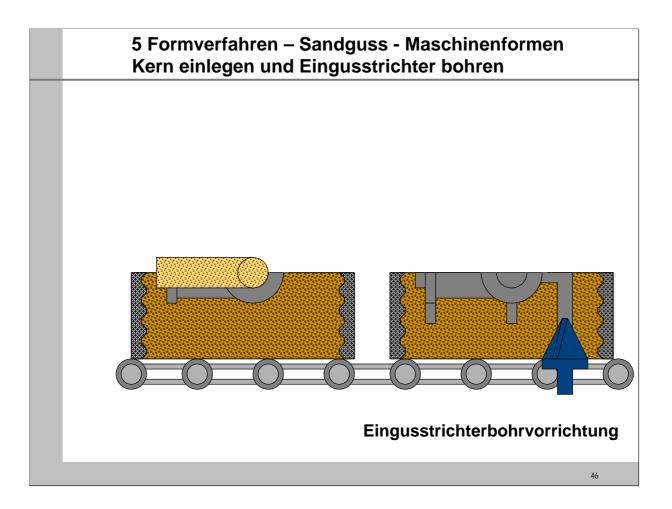
Dazu fahren die Kästen einen Schritt weiter auf dem Transportsystem zum Kastenwender.



Die Greifer des Kastenwenders heben die Form an,



drehen die Kästen um ihre Längsachse (*) und setzen sie wieder ab.



Nun können weitere Formteile (Sandkerne, Siebe oder Gießfilter) in den Unterkasten eingebracht werden.

Für den Rohrkrümmer ist dies wiederum der Kern, der die inneren Bauteilpartien beim Gießen von Schmelze freihält. (*)

Möglich sind auch zusätzliche Stützen für den Kern, damit dieser nicht in der Schmelze aufschwimmen kann (Auftrieb durch den metallostatischen Druck, den die Schmelze auf den Kern ausübt).

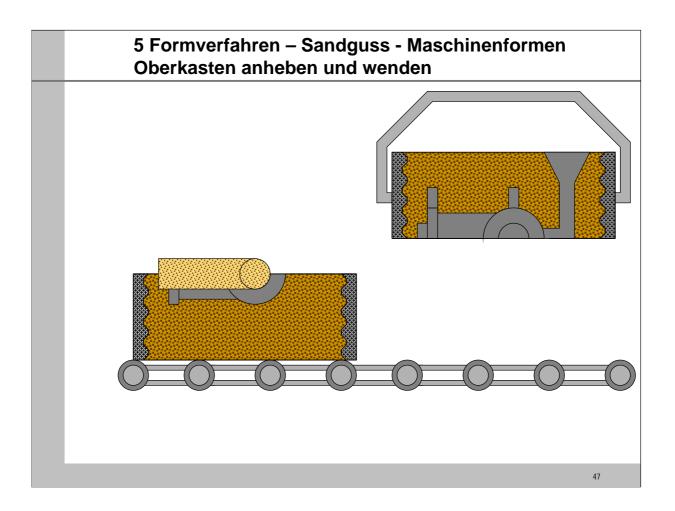
Weitere Gießhilfen können Kühlkokillen sein, die auf die Modellplatte vor dem Formvorgang an stärker zu kühlende Gussstückpartien angelegt werden, um in bestimmten Bereichen eine schnellere Erstarrung zu erreichen. Kühlkokillen werden in der Regel mit einem Schutzüberzug (Schlichten) versehen.

Schlichten sind Trennmittel auf keramischer Basis, die den direkten Kontakt der Schmelze mit der Kühlkokille verhindern sollen.

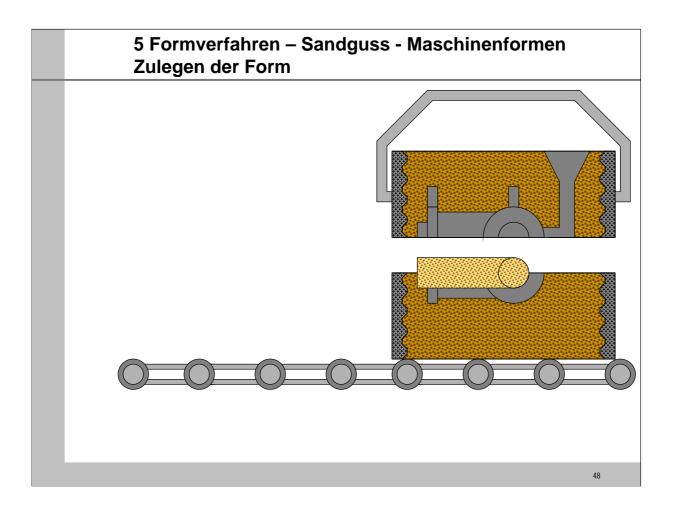
Auch die Kerne werden oft geschlichtet, damit sie den hohen thermischen Beanspruchungen standhalten.

In den Oberkasten kann in dieser Position der Eingusstrichter gebohrt werden. (*)

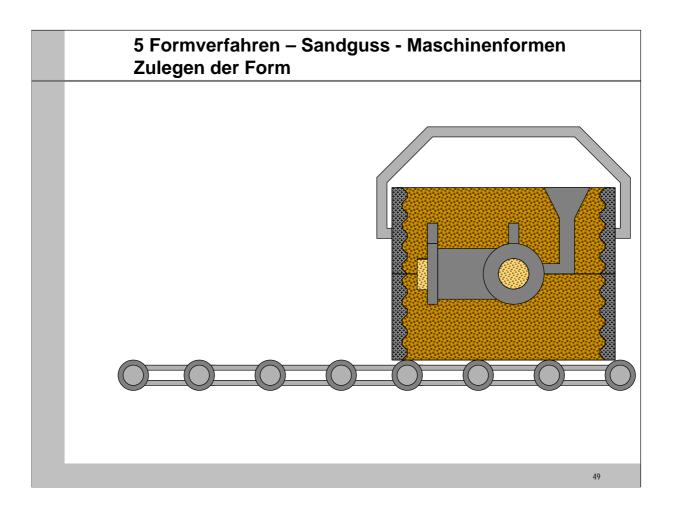
Der gelöste Sand fällt nach unten weg. In der nächsten Position wird der Oberkasten angehoben.



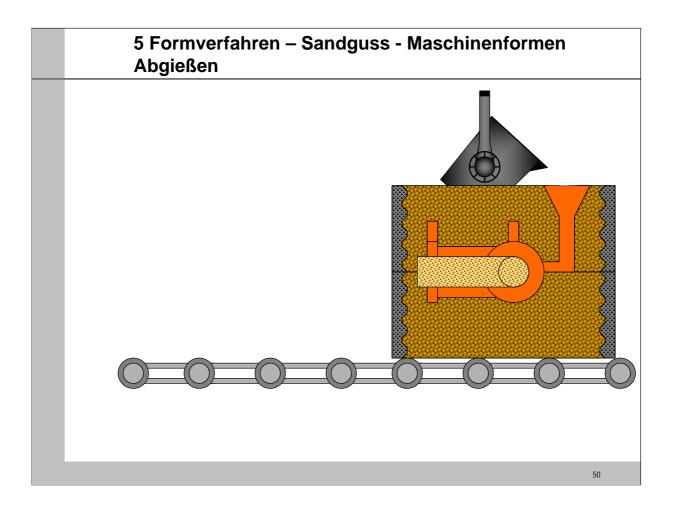
Der Oberkasten ist hier schon wieder in die Gießlage mit dem Eingusstrichter nach oben zurückgedreht worden. Der Unterkasten mit dem Kern verbleibt in dieser Lage und wird nun vom Transportsystem unter den Oberkasten gefahren.



Nun kann die Form zum Gießen zugelegt werden.

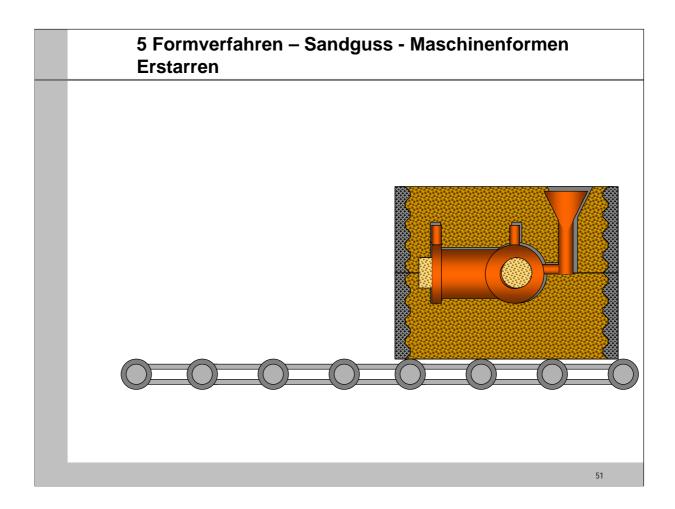


Die fertige Form wird nun zum zum Gießplatz transportiert.



Am Gießplatz wird die Schmelze wie bei eine handgeformte Form mit einer Gießeinrichtung (Handpfanne, Dosierlöffel, Gießofen) über das Eingusssystem in den Formhohlraum gegossen, wo es zum Gussteil erstarrt. Aluminium wird oft aus Dosieröfen gegossen. Es gibt auch die Möglichkeit, den Gießer durch einen Gießroboter zu ersetzen, der einen Gießlöffel in die Schmelze eintaucht und automatisiert die Form füllt. Heutige Formanlagen haben Taktzeiten von weniger als einer Minute.

Nun beginnt die Erstarrung des Gussteils in der Form.



Das Bauteil erstarrt und schrumpft beim weiteren Abkühlen auf den Kern auf. Wenn das Bauteil erstarrt ist, hat es einen großen Teil seiner Wärme an die Sandform und den Formkasten abgegeben. Diese können die Wärme aber nur durch freie Konvektion sehr langsam weiter abgeben. Damit das Bauteil schnell für die weitere Bearbeitung auf Raumtemperatur abgekühlt werden kann, wird die Form geöffnet. (*)

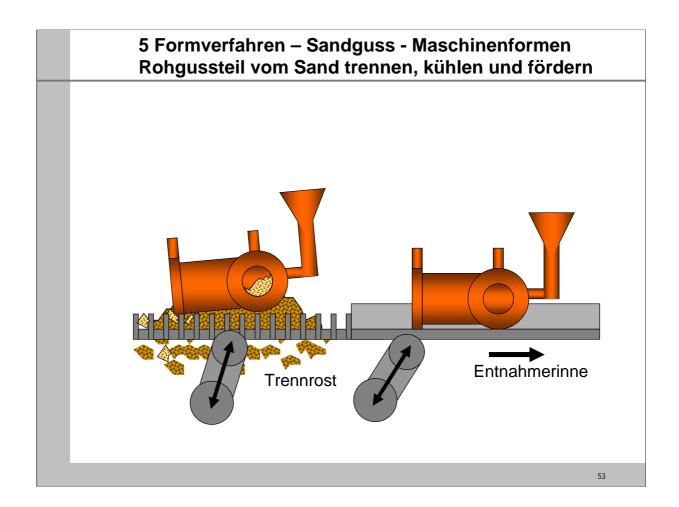
5 Formverfahren – Sandguss - Maschinenformen Entformen/ Entleeren des Formkastens Trennrost Unwuchtmotoren

Während des Ausrüttelns wird der Oberkasten vom Unterkasten abgehoben. Die Form hat durch die Wärme des Gussteils ihre Festigkeit verloren und zerfällt beim Entfernen des oberen Kastens. Der Sandkern ist wesentlich härter als der Formstoff und muss deshalb durch geeignete Verfahren entfernt werden.

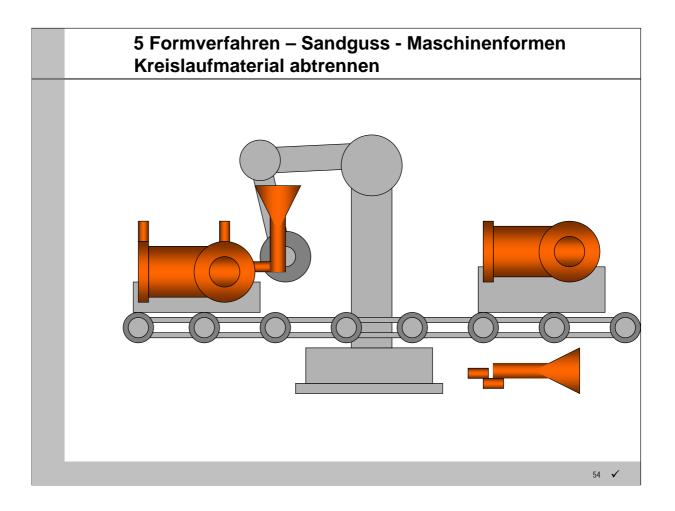
Der lockere Sand fällt durch einen Trennrost in das Sandrückführsystem und gelangt in die Sandaufbereitung.

Die Gussteile und die Sandreste werden dann über eine Rüttelrinne gefördert.

Trennroste und Rüttelrinne werden durch Unwuchtmotoren angeregt. Je nach Ausrichtung des Unwuchtmotors und Stärke der Anregung können Wirkung und Fördergeschwindigkeit eingestellt werden.



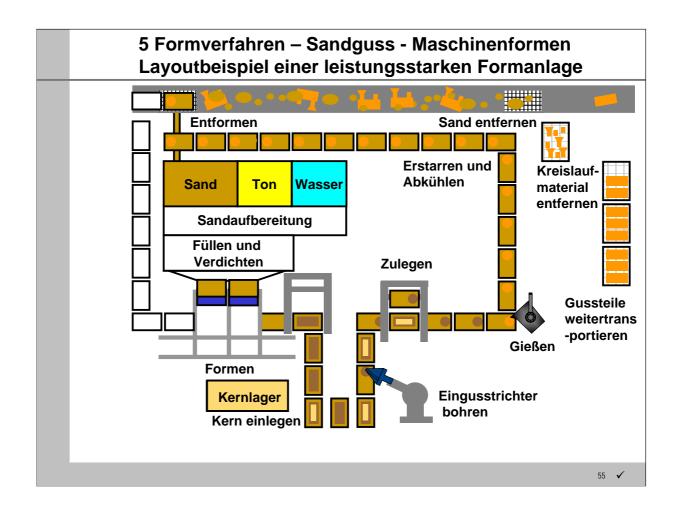
An einem zweiten Trennrost oder kurz dahinter werden die Rohgussteile von der Formanlage abgenommen und nach dem Entkernen, Trennen von Anguss und Speiser der Rohteilbearbeitung zugeführt.



Hier ist eine Rohteilbearbeitung durch einen Roboter gezeigt. Je nach Teileart, Seriengrößen oder vom Kunden gewünschter Bearbeitung kann auch eine manuelle Bearbeitung sinnvoll und wirtschaftlich sein.

Das Anschnitt und Speisersystem wird in jedem Fall noch in der Gießerei entfernt und später wieder eingeschmolzen.

Vor der Besprechung der Gesamtanlage einer Gießerei soll noch eine Alternative zur Formherstellung mit Luftimpuls gezeigt werden: eine Vielstempelpresse.



Auf diesem Bild ist eine komplette Formanlage in ihrer räumlichen Anordnung zu sehen.

Der Prozess beginnt mit dem Mischen von Quarzsand, Bentonit (Ton) und Wasser zu einem bildsamen Formsand.

Mit diesem werden die Formen über den Modellen erstellt. Die Kerneinlegestrecke ist bei leistungsstarken Formanlagen meist in einer Schleife ausgeführt. So ist auch bei kernintensiven Bauteilen die Zugänglichkeit zum Einlegen der Kerne gewährleistet. Nachdem der Eingusstrichter gebohrt ist (dieser Vorgang ist notwendig, da der Eingusstrichter auf der Modellplatte fest montiert ist), wird die Form zugelegt und am Gießplatz abgegossen.

Am Ende der Kühlstrecke werden die Formkästen geöffnet. Die Gussstücke kühlen weiter ab und werden an der Gussabnahme von der Formanlage entnommen. Das Kreislaufmaterial wird abgetrennt. Es verbleibt in der Gießerei und wird wieder eingeschmolzen.

Die Rohteile werden zur internen Weiterverarbeitung oder zum Kunden versandt.

Ein oder mehrere dieser Fomanlagen bilden das Herzstück einer Gießerei, die maschinengeformten Sandguss produziert.

Zusätzlich sind weitere unterstützende Abteilungen notwendig.

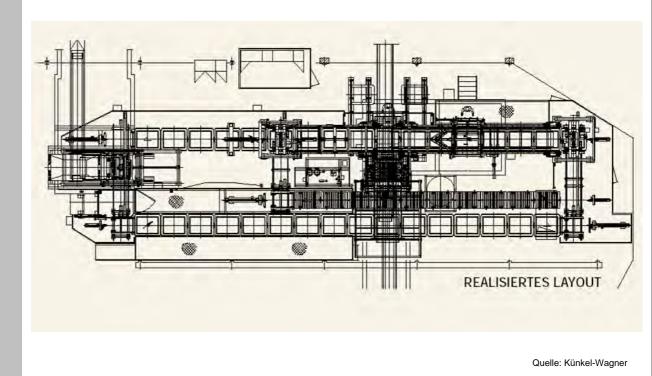
5 Formverfahren – Sandguss - Maschinenformen Blick in eine Formanlage



Quelle: Heinrich Wagner Sinto

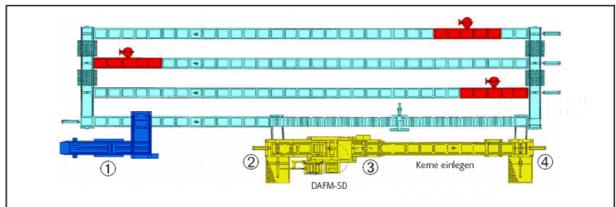
56

5 Formverfahren – Sandguss - Maschinenformen Beispiel für ein Anlagenlayout



57

5 Formverfahren – Sandguss - Maschinenformen Beispiel für ein Anlagenlayout



Automatische DAFM-SD-Formanlage für Grauguß

Die Formkästen mit den ausgekühlten Formen werden auf einen Trennrost ① entleert und wieder zurück auf den Standbahrwagen gebracht. Der Zerleger ② hebt nacheinander Ober- und Unterkasten in die Einlaufhöhe der Formlinie, wo sie durch einen Schubzylinder taktweise der Formmaschine zugeführt werden. Der Standbahrwagen wird in die Transportstrecke zurückgeführt und durch eine Bürste gereinigt. Eingußtrichter und Entlüftungslöcher werden manuell im Wender ③ in den Oberkasten gebohrt. In der Zulegestation ④ werden die Formen nach dem Zurückwenden des Oberkastens abgesetzt und zugelegt. Die Anlage ist mit drei Pufferbahnen ausgestattet, die als Gieß- und Kühlstrecken genutzt werden können.

Quelle: Wagner-Sinto

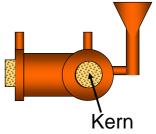


58

6 Kernherstellung Aufgaben von Kernen und Anforderungen an Kerne

Aufgabe von Kernen:

 Kerne formen Bauteil-Innenkonturen, die nicht durch die Formhälften dargestellt werden können.

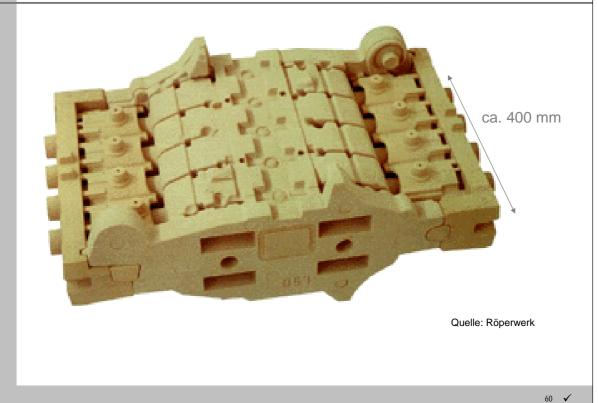


Anforderungen an Kerne:

- Maßgenauigkeit und Temperaturbeständigkeit
- Widerstand gegen Erosion beim Gießen durch die Schmelze
- Formbeständigkeit gegen den Druck der Schmelze
- Entfernbarkeit (Kernzerfall) muss gewährleistet sein

59 ✓

6 Kernherstellung Kernpaket für zwei Zylinderkurbelgehäuse



Dieses Bild zeigt ein Kernpaket, das aus fünf Einzelkernen aufgebaut ist. Der große zentrale Kern formt die Innenkonturen von zwei Vierzylinder PKW Mtoren. Rechts und links angesetzt ist je ein Wassermantelkern. Darüber sitzt rechts und links noch je ein Deckkern, der den Wassermantelkern umschließt und so dem Kernpaket Stabilität gibt.

Auf der linken Seite sind gut die vier Kernmarken zu erkennen, über die das Kernpaket in der Form positioniert wird. Es gibt also Kerne mit verschiedenen Aufgaben, auf die nun kurz eingegangen werden soll. (*)

6 Kernherstellung Begriffsbestimmung

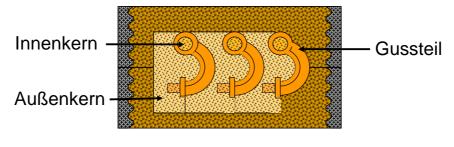
Innenkern:

• formt die inneren Konturen von Gussteilen.

Außenkern:

 formt Hinterschneidungen in den Außenkonturen von Gussteilen.

Beispiel Rohrverbinder: drei Teile im Formkasten:

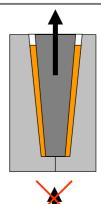


61 🗸

6 Kernherstellung Dauerkern und verlorener Sandkern

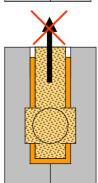
Dauerkern:

Stahlkern, kann gezogen und mehrfach wieder verwendet werden. Schieber und Kernzüge werden meist mechanisch angetrieben



Verlorener Sandkern:

Kern kann nicht gezogen werden und muss beim Entleeren des Formkastens zerstört werden, d. h., es muss ein Sandkern eingesetzt werden



62 🗸

Auch beim Gießen in Dauerformen können Kerne verwendet werden. Wenn dies Dauerkerne sind, spricht man von Schiebern.

Wenn nur die äußeren Formteile als Kokillen ausgeführt werden können, der Kern aber bei jedem Guss verloren ist, spricht man wie beim Sandguss von Kernen.

Typische Bauteile, die in Dauerformen mit verlorenen Kernen gegossen werden, sind Wasserarmaturen aus Kupferlegierungen.

6 Kernherstellung Verschiedene Kernherstellungsverfahren

Kernherstellungsverfahren arbeiten zumeist mit organischen Bindern. Der Kernsand (meist Quarzsand) wird mit Binder und einem Härter vermischt und dann heiß oder kalt ausgehärtet.

Die wichtigsten Unterscheidungen von Kernherstellungsverfahren sind:

HeißhärtendHot-BoxGKaltC

- Warm-Box
- Maskenformverfahren

<u>Kalthärtend</u>

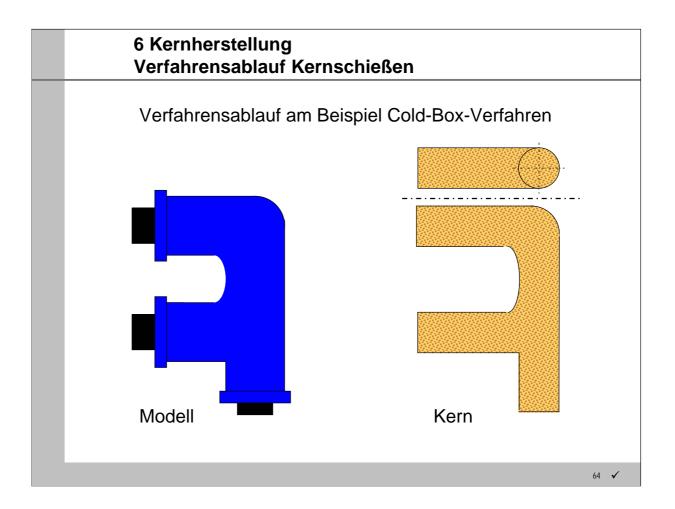
- Cold-Box
- Betaset
- SO₂
- Kaltharz

Sonderformen

- bentonitgeb. Sand
- Ölsand
- CO₂-Sand
- Anorganische Binder

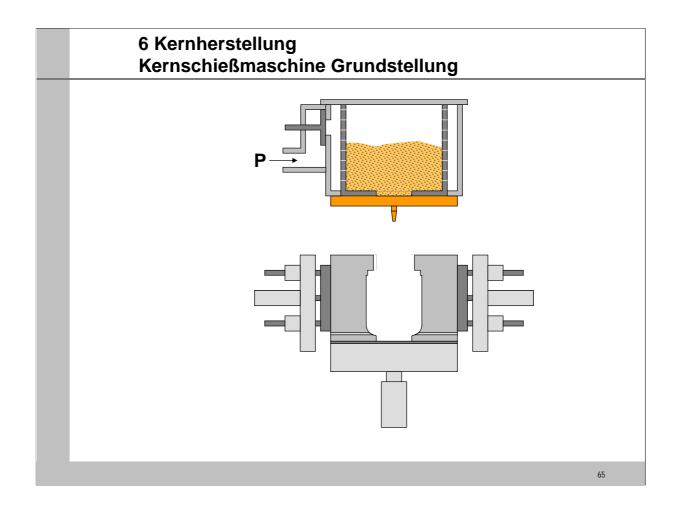
63 ✓

Das Cold Bx Varfahren ist hier aufgrund seiner dominierenden Stellung in der Praxis besonders hervorgehoben. (*)



Zur Darstellung der Kernherstellung soll wieder der Rohrkrümmer verwendet werden. Wie bereits vorher erklärt wurde, ist der Kern gegenüber dem Hohlraum im Bauteil um die Kernmarken vergrößert. An diesen Kernmarken wird der Kern später von der Form umschlossen und dadurch sicher positioniert.

Die Kerne werden aus Sand, in den meisten Fällen ist dies natürlicher Quarzsand, und Kunstharzbindemitteln sowie einem Härter hergestellt. Zur Aushärtung dienen bei den kalten Verfahren Gase als Katalysator, bei den heißen Verfahren sind es gas oder elektrisch beheizte heiße Kernkästen. Damit Kerne mit reproduzierbarer Geometrie erzeugt werden können, werden wiederum Werkzeuge benötigt. Diese heißen in der Fachsprache Kernkästen, auf englisch core box. Das Cold Bx Verfahren ist also ein Verfahren, bei dem der Kern in einem kalten Kernkasten hergestellt wird.



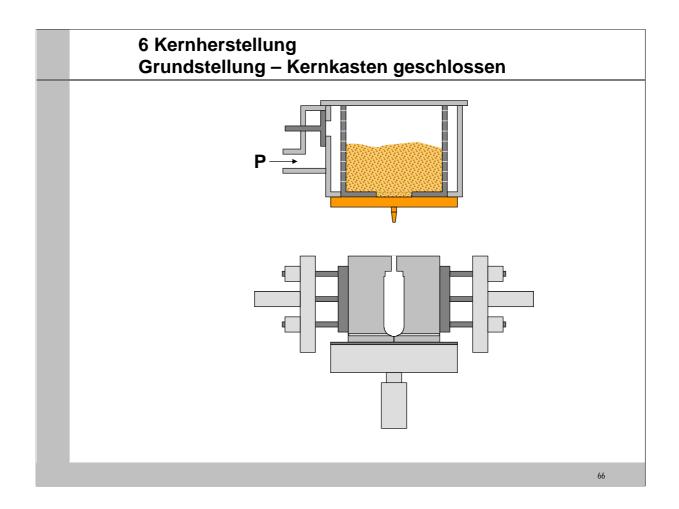
Dieses Bild zeigt den Arbeitsraum einer Maschine zur Herstellung von Cold Box Krnen. Oben ist ein Sandbunker zu erkennen und unten der geöffnete Kernkasten. Da der Sand aus dem Bunker mit Hilfe von Druckluft in die Form geschossen wird, heißt dieser Aufbau in der Fachsprache Kernschießmaschine.

Der Sandbunker ist fest an die Maschine montiert. Der Kernkasten kann hydraulisch geöffnet und in der Höhe verfahren werden.

Zusätzlich kann der Kernkasten zur Kernentnahme nach vorne aus dem Arbeitsraum hinaus gefahren werden.

Der Sand, der hier im Bunker liegt, ist bereits außerhalb der Maschine mit einem Härter und einem Harzbinder vermischt worden. Diese Mischung ist nicht mehr rieselfähig, sondern bereits leicht gebunden wie feuchter Sand.

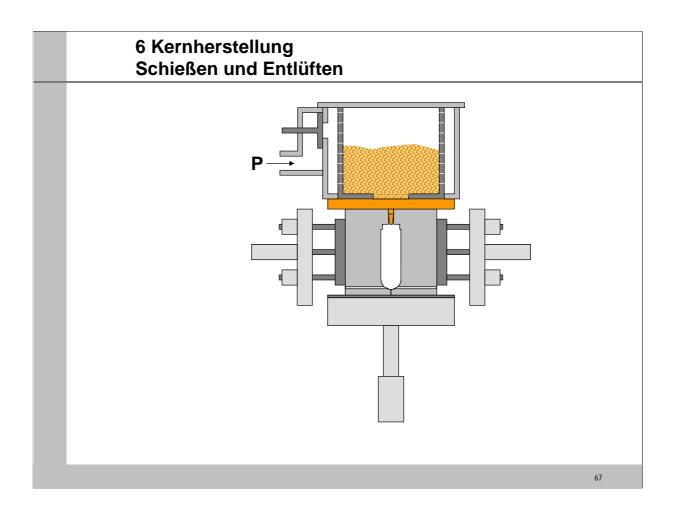
Um jetzt mit diesem Sand einen Kern zu fertigen, wird zunächst der Kernkasten geschlossen.



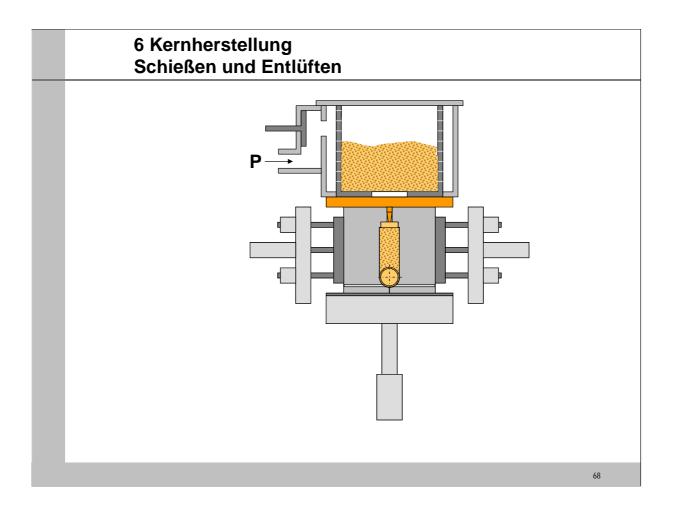
Zwischen dem Sandbunker und dem Kernkasten befindet sich der Schießkopf.

Der Schießkopf ist eine Düsenplatte, die den Sand aus dem Bunker zu den Eintrittsöffnungen des Kernkastens leitet.

Im nächsten Schritt wird der Kernkasten nach oben gegen den Schießkopf gefahren



Die Maschine ist jetzt bereit zum Schuss. Das Druckventil kann geöffnet werden.



Das Druckventil ist geöffnet und der Sand fließt durch den Schießkopf in den Hohlraum.(*)

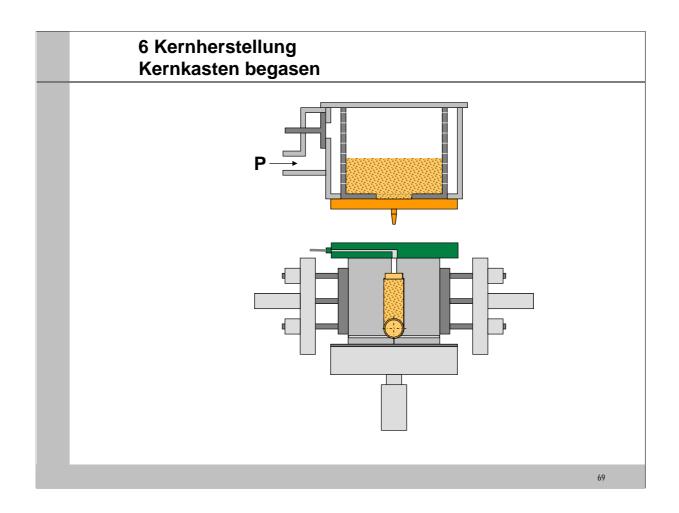
Unterhalb des Kernes sind im Kernkasten Luftauslasskanäle zu erkennen, die nach rechts bzw. links aus dem Kernkasten hinaus führen.

Vor diesen Kanälen sitzen Schlitzdüsen. So kann die Schießluft entweichen und der Sand verbleibt im Formhohlraum.

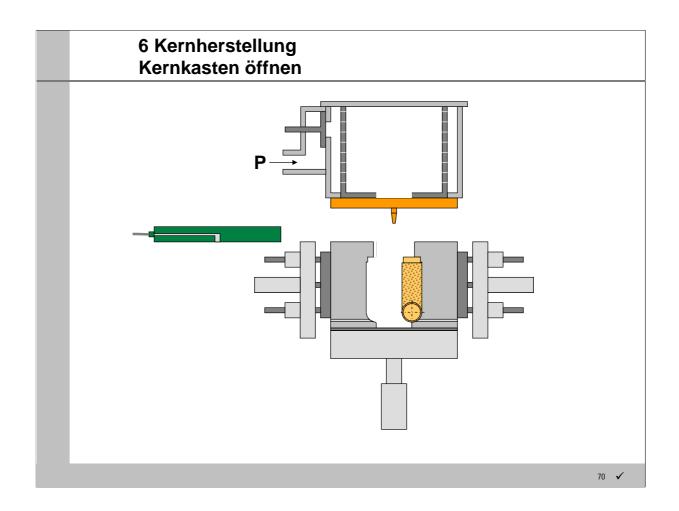
Der mit Binder und Härter vermischte Sand füllt nun den Formhohlraum aus. Ohne weiteres Zutun würde der Kern nun innerhalb mehrerer Stunden aushärten. Dies ist mit den Forderungen einer wirtschaftlichen Produktion nicht vereinbar.

Durch eine Begasung mit Amin kann die Aushärtezeit auf wenige Sekunden verringert werden.

Der Kernkasten wird zunächst wieder nach unten gefahren.

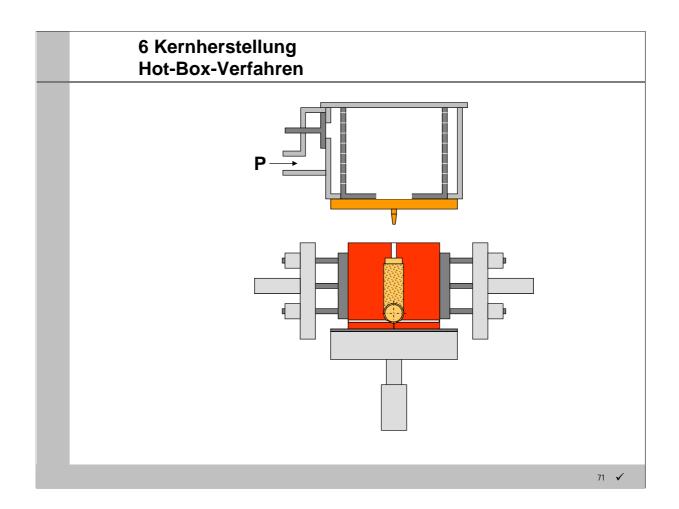


Die Begasungsplatte wird eingefahren und der Kern wird begast. Das fließfähige Kernsandgemisch härtet dadurch im Kernkasten aus.



Die Begasungsplatte wird zurückgefahren und der Kernkasten geöffnet. Dann fährt der Kernkasten aus dem Arbeitsbereich der Maschine aus. Der Kern kann entnommen werden.

Beim Hot Bx Verfahren sieht die Maschine ähnlich aus wie beim Cold Box Verfahren.



Wie der Name schon sagt, wird der Kern hier in einem heißen Kernkasten ausgehärtet. Der Kernkasten muss also aus Metall gefertigt und mit einer Heizung ausgestattet sein. Dafür ist keine Begasung des Kernes notwendig. Die nächsten Bilder von Cold Box Maschinen sollen einen Eindruck von realen Kernschießmaschinen vermitteln.

6 Kernherstellung Kernschießmaschine

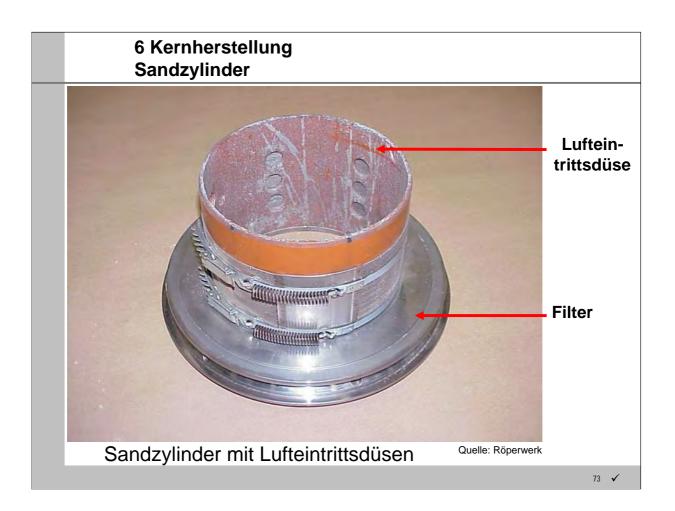


Kernschießmaschine mit Absicherung des Arbeitsbereiches durch einen Lichtvorhang

Quelle: Röperwerk

72 **✓**

Dieses Bild zeigt eine Kernschießmaschine mit Blick in den Arbeitsraum. Der hier eingebaute Kernkasten ist doppelt geteilt. Hier werden also in einem Arbeitsgang zwei Kerne gefertigt, einer rechts und einer links.



Ergänzungsfolie:

Dieses Bild zeigt einen ausgebauten Sandzylinder mit den über den Unfang verteilten Lufteintrittsdüsen. Der Innendurchmesser des Sandzylinders ist abhängig vom Schießvolumen der Kernschießmaschine.

6 Kernherstellung Arbeitsraum einer Kernschießmaschine





Holz-Kunststoff, Kernkästen für Klein- und Mittelserien

Quelle: Röperwerk

74 🗸

Ergänzungsfolie:

Auf diesem Bild sind im Arbeitsraum einer Kernschießmaschine die wesentlichen Bauteile zu erkennen. Oben der Schießkopf, in dem der Sandstrom aufgeteilt wird, mit einzelnen weißen Eintauchdüsen.

Darunter befindet sich das Oberteil des Kernkastens, der auch nur als Oberkasten bezeichnet wird. In dieser Stellung gerade nach vorne gefahren sieht man den leeren Unterkasten. Im Rückraum der Maschine ist die zurückgefahrene Begasungsplatte zu erkennen.

Der Kernkasten ist aus Holz gefertigt und mit grünem Kunststoff ausgegossen. Für solch einen Kernkasten fertigt der Modellbauer zuerst ein Modell des Kerns, also ein Positiv. Dieses Modell heißt Kernseele. Dann wird die Kernseele in die aus Holz gefertigte Grundform des Kernkastens eingelegt. Das ganze mit Kunstharz ausgegossen und die Kernseele wieder entnommen. Es ist aber auch möglich, den Kernkasten ganz aus Holz zu bauen oder die Kernkontur in den Kunststoff zu fräsen.

6 Kernherstellung Arbeitsraum einer Kernschießmaschine



Kernkasten für vier Kerne

Metallkernkasten für Großserien



Quelle: Röperwerk

75 **✓**

Ergänzungsfolie:

Dieses Bild zeigt einen aus Metall gefertigten Kernkasten. Die Kernkästen sind durch den Quarzsand beim Schießvorgang stark abrasivem Verschleiß ausgesetzt. Metallische Kernkästen unterliegen einem geringeren Verschleiß als die vergleichsweise weichen Holz und Kunststoffkernkästen. Da sie teurer sind, werden sie aber erst bei großen Serien eingesetzt.

7 Feingießen / Wachsausschmelzverfahren Übersicht, Verfahrensablauf

- Wachsmodelle herstellen
- Modelltraube montieren
- Modelltraube in den keramischen Schlicker tauchen
- Feinkörniges feuerfestes Material in mehreren Schichten aufbringen
- Modellwachs im Dampfautoklaven ausschmelzen
- Keramikform im Ofen brennen.
- Schmelze in die vorgeheizte Form gießen
- Schmelze erstarrt zum Gussteil
- Schnelles Zerstören der Form, um Schwindungsrisse zu vermeiden

76 ✓

Durch die Notwendigkeit der Modellentnahme beim Sandgießen ist die mögliche Komplexität der Form eingeschränkt.

Es liegt also nahe, ein Gießverfahren zu fordern, bei dem die Form zur Modellentnahme nicht mehr geöffnet werden muss.

Dadurch kann eine höhere Komplexität der Bauteile erreicht werden.

Diese Folie zeigt die wichtigsten Schritte des Feingießverfahrens. (*)

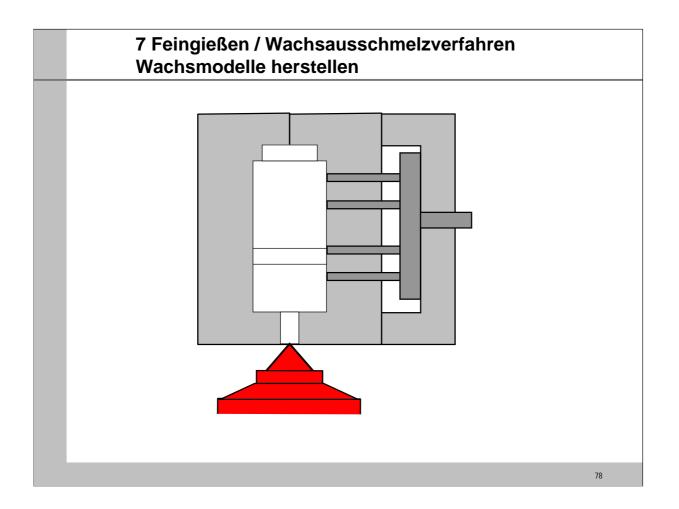
7 Feingießen / Wachsausschmelzverfahren Gießprozess und Bauteile





77 🗸

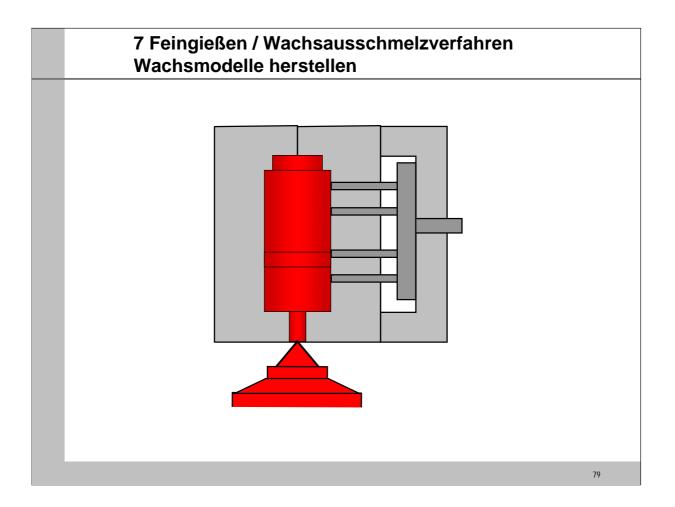
Diese Folie vermittelt einen ersten Eindruck vom Feingießverfahren. Die Schmelze wird in heiße keramische Formen gefüllt, aus denen vorher die Wachsmodelle ausgeschmolzen worden sind. Auf der rechten Seite ist ein fertiges Feingussteil zu sehen. Das hier gezeigte Teil ist ca. 200 mm hoch. Wie bei den vorherigen Gießverfahren, sollen für das Feingießverfahren die einzelnen Prozessschritte besprochen werden.



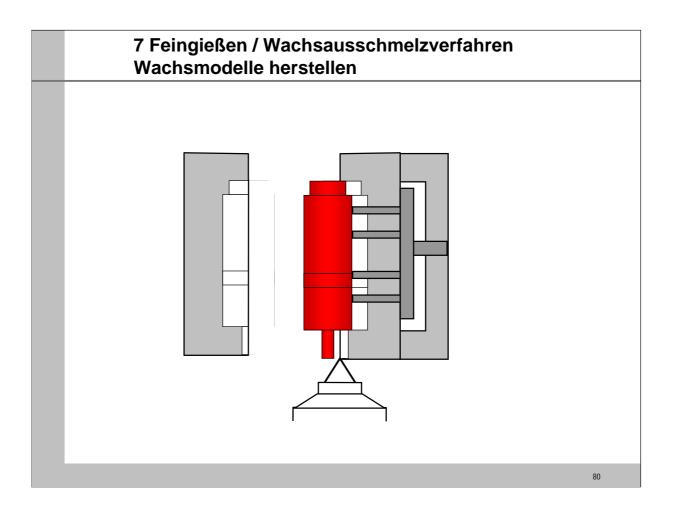
Die Prozesskette beim Feingießen beginnt mit der Herstellung der Wachsmodelle. Im industriellen Prozess werden die Wachsmodelle in metallischen Werkzeugen hergestellt.

Das hier dargestellte Werkzeug besteht nur aus zwei Hälften. In der Praxis bestehen diese Werkzeuge aus mehreren Teilen und Schiebern, um auch komplexe Hinterschneidungen darstellen zu können.

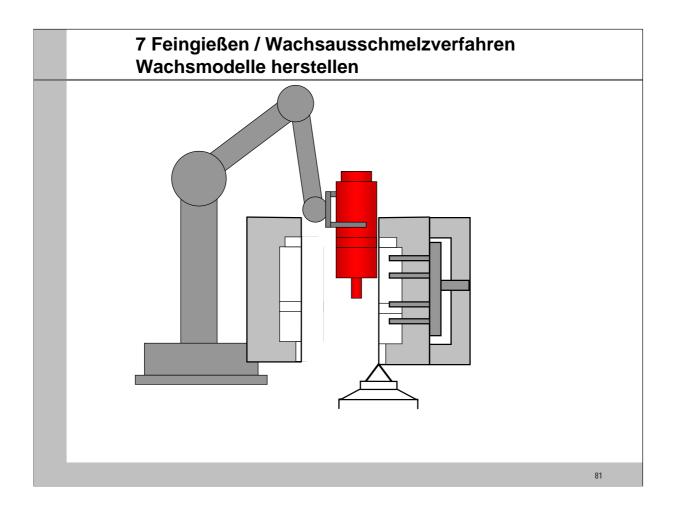
An dem Spritzwerkzeug mit der Auswerferplatte und den Auswerferstiften auf der rechten Seite befindet sich eine Wachsspritze. Mit dieser Wachsspritze wird das erwärmte Wachs in den Formhohlraum gedrückt.(*)



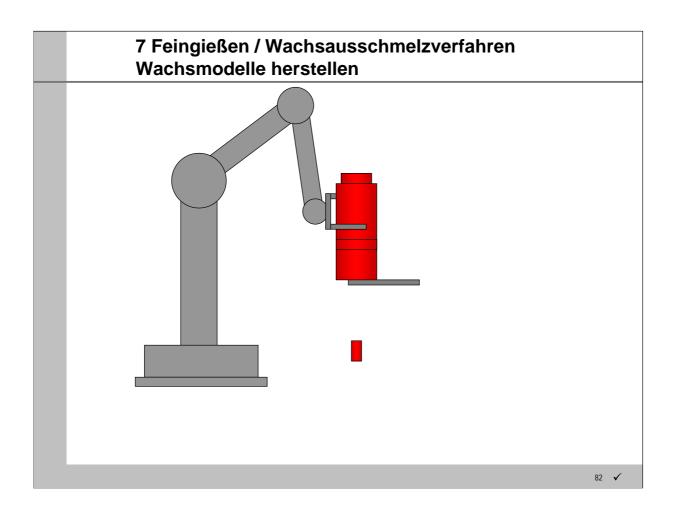
Im Wachsspritzwerkzeug kühlt das Wachs ab und erstarrt dabei. Wenn das Modell ausreichende Festigkeit hat, kann das Werkzeug geöffnet werden.



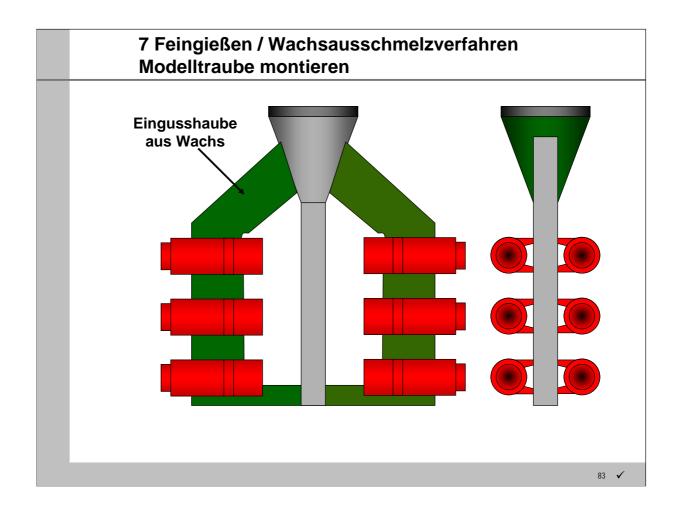
Damit das Wachsmodell nicht beschädigt wird, wird es durch die Auswerferstifte ohne Verkanten von der festen Formhälfte gelöst (*) und entnommen. (*)



Der Anschnitt, durch den das Wachs in das Wachsspritzwerkzeug gepresst worden ist, ist in der Regel nicht der Anschnitt für die Schmelze. Daher wird der Wachsrest vom Einspritzen entfernt. (*)

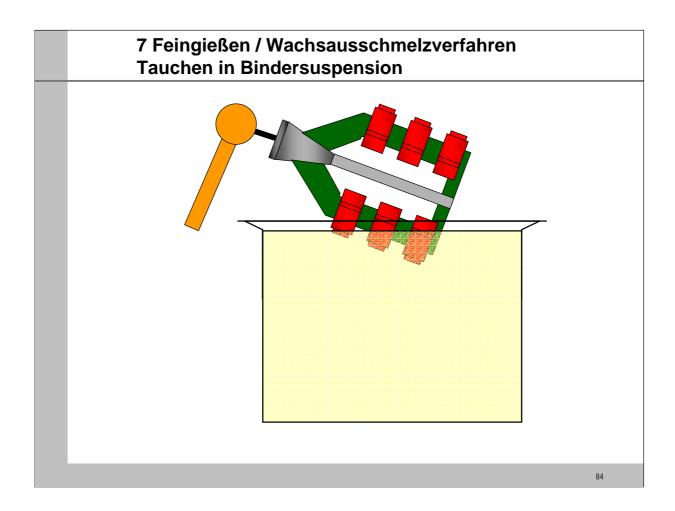


Das Modell ist jetzt fertig. In den meisten Fällen werden Feingussteile nicht einzeln abgegossen. Mehrere Teile werden zu einer Modelltraube montiert. (*)

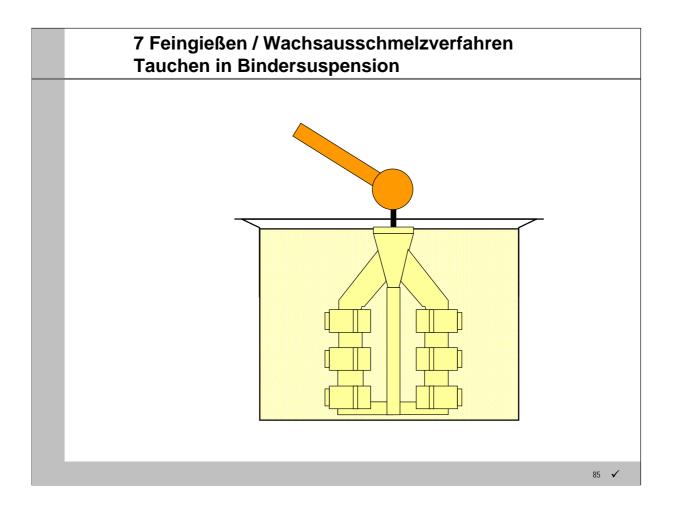


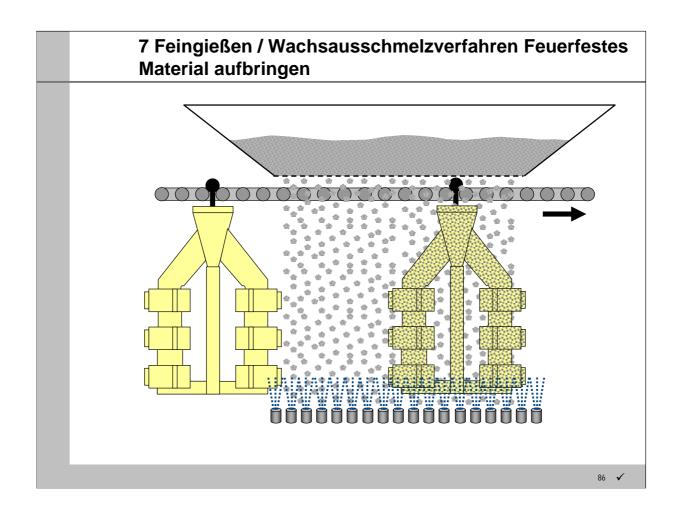
Dieses Bild zeigt eine fertig montierte Modelltraube. Die einzelnen Modelle werden zum Montieren an der Verbindungsstelle erwärmt und mit dem angeschmolzenen Wachs an das Gießsystem angesetzt. Dies ist das komplette Modell des späteren Abgusses.

Auf dieser Wachstraube wird nun die keramische Form schichtweise aufgebaut. (*)

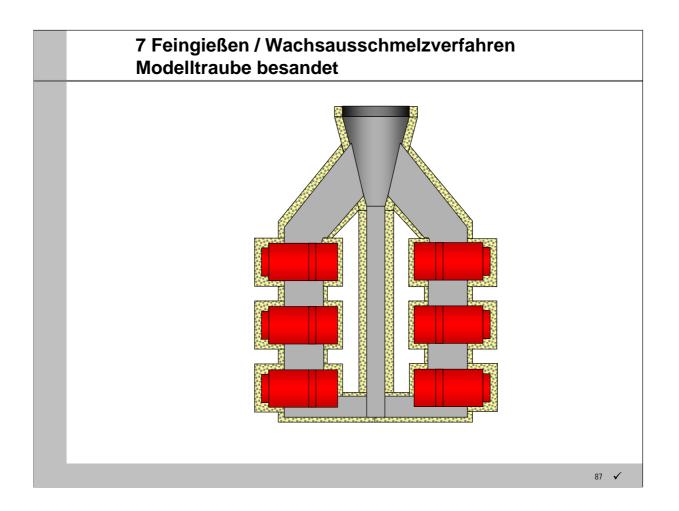


Hierzu wird die Traube in einen feinen Keramikschlicker getaucht. Schlicker bezeichnet eine Suspension aus Wasser, Keramikpartikeln sowie Benetzungs- und Entmischungsmitteln. Von besonderer Bedeutung ist die erste Schlickerschicht. Die Korngröße dieser Schicht bildet sich auf der Oberfläche des späteren Gussstücks ab.

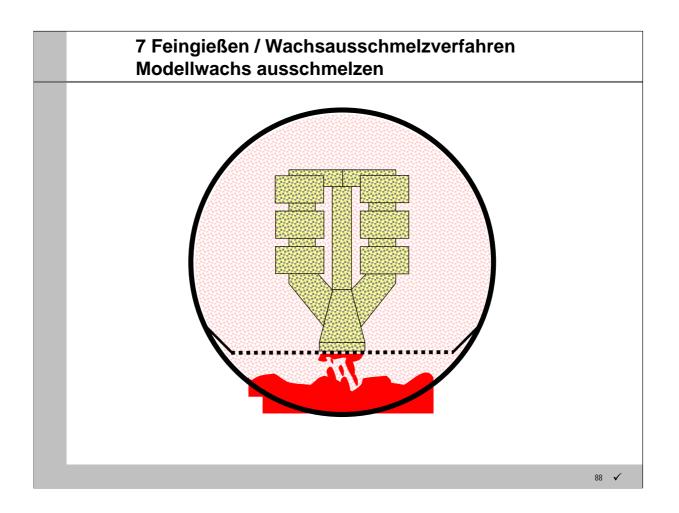




Die mit Schlicker benetzte Traube wird im Sand Luftstrom besandet und getrocknet. So bildet sich eine erste Formschale. Dieser Vorgang wird mehrere Male wiederholt. Je heißer die Schmelze je öfter. So wird auf dem Modell eine feste keramische Formschale aufgebaut.



Dieses Bild zeigt noch einmal die besandete Modelltraube im Schnitt. Als nächstes muss das Modell aus der Form entfernt werden. Hierzu wird die Modelltraube mit der Eingussöffnung nach unten in einen Ofen gestellt.(*)

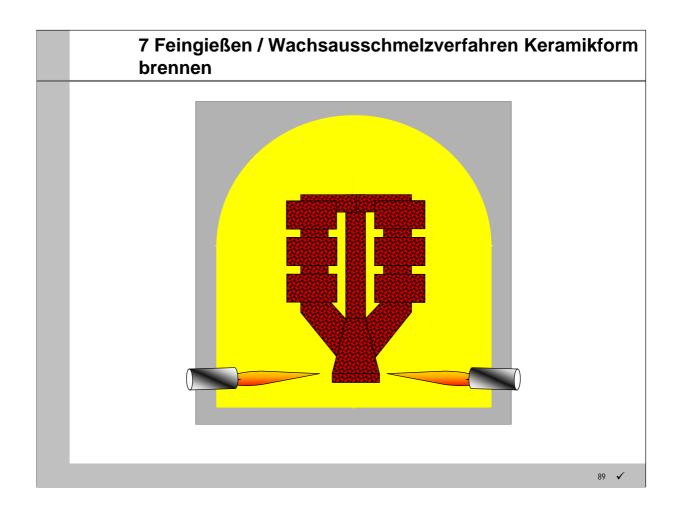


Beim Erwärmen der Traube stellt sich allerdings ein besonderes Problem: Der thermische

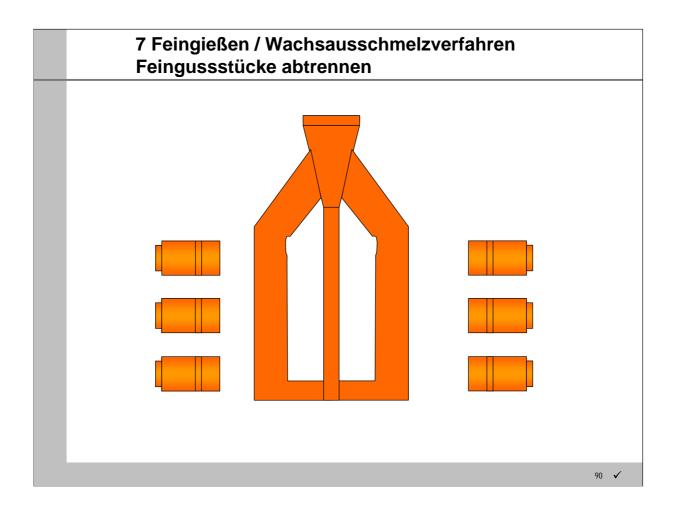
Längenausdehnungskoeffizient der Formschale ist viel geringer als der des Wachses. Die Form würde also bei der Erwärmung im Ofen von den darinnen liegenden Wachsmodellen gesprengt. Die Lösung liegt in der Verwendung eines Dampfautoklaven. Die Kombination von Wasserdampf und erhöhtem Druck ergibt ein Medium mir erhöhter Wärmeleitfähigkeit. Die Wärme kann also schneller eingeleitet werden als bei einem normalen Ofen. Die äußerste Schicht des Wachses schmilzt dadurch, bevor das Wachsmodell durchgewärmt wird und sich zu stark ausdehnen kann.

Wenn sich dann der Kern des Modells erwärmt hat, ist das Modell bereits so weit geschmolzen, dass es die Form nicht mehr sprengen kann.

Die Formschale hat nach dem entwachsen noch nicht genügend Festigkeit für den Gießprozess.(*)

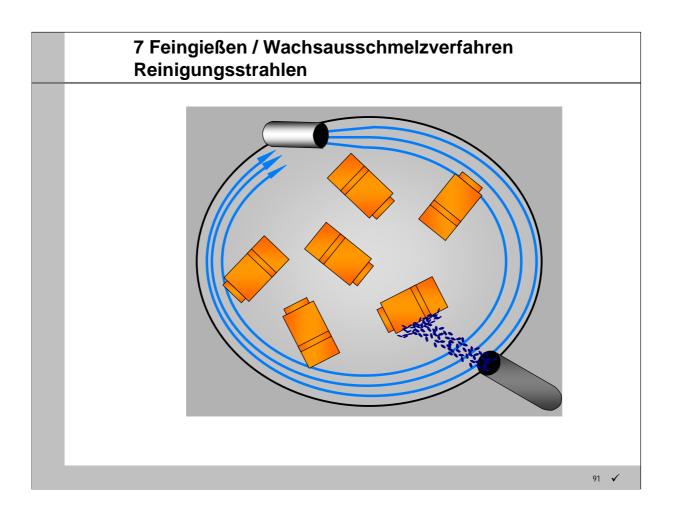


In einem Keramikbrennofen wird die Keramikform bei über 1000°C gebrannt. Die gebrannte Form wird aus dem Ofen entnommen. (*)



Zurück bleibt die Gießtraube mit den Feingussteilen am Gießsystem. Die Bauteile werden vom Gießsystem abgetrennt. (*)

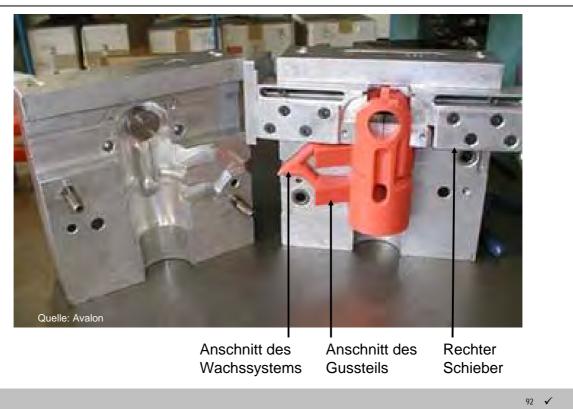
Nun folgt die Weiterverarbeitung der Gussteile. (*)



In diesem Bild ist als Beispiel für die Weiterverarbeitung das Strahlen mit einem metallischen Strahlmittel im Luftstrom gezeigt.

Nun folgt der ganze Prozess noch einmal anhand von Bildern des realen Gussteils. (*)

7 Feingießen / Wachsausschmelzverfahren Wachsmodelle herstellen



Dieses Bild zeigt die geöffnete Feingießform mit dem Wachsmodell.

In der rechten Formhälfte sind zwei Schieber zu erkennen, die die Hinterschneidung im oberen Teil des Modells darstellen. Am Modell selbst erkennt man den Anschnitt des Wachssystems. Die Wachsform wird hier durch den Anschnitt des späteren Gussteilsgefüllt. So wird die Oberfläche des Gussstücks nicht durch das Entfernen der Wachsreste beschädigt. (*)

7 Feingießen / Wachsausschmelzverfahren Modelltraube montieren



93 🗸

Hier sind die Modelle bereits auf das Gießsystem montiert und fertig zum Tauchen in den Schlicker. (*)

7 Feingießen / Wachsausschmelzverfahren Tauchen in Bindersuspension



94 🗸

Dieses Bild zeigt das Eintauchen der Modelltraube in den Schlicker.

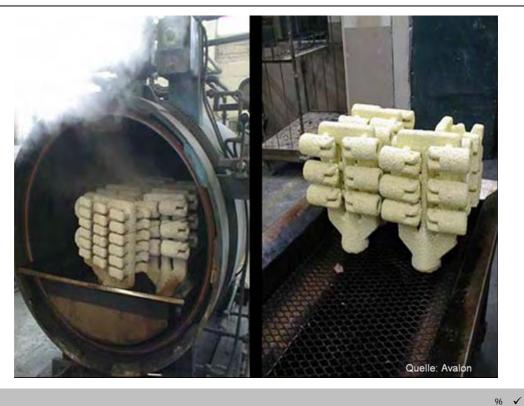
Am linken Bildrand ist ein Rührer im Bindergefäß zu erkennen. Damit sich die Feststoffe im Schlicker nicht absetzen können, wird der Schlicker ständig in Bewegung gehalten. Das gesamte Tauchbecken wird temperiert. (*)

7 Feingießen / Wachsausschmelzverfahren Feuerfestes Material aufbringen



Dieses Bild zeigt den Aufbau der Formschale. Das linke Bild zeigt die Traube nach dem ersten Eintauchen in den Schlicker. Das rechte Foto zeigt die dicke Kruste, die durch den mehrmaligen Prozess aufgebaut worden ist. (*)

7 Feingießen / Wachsausschmelzverfahren Modellwachs ausschmelzen



Hier zeigt das linke Bild die entwachsten Formen bei der Entnahme aus dem Damfpautoklaven. Das rechte Bild zeigt noch einmal die Formen, bevor sie im Keramikofen gebrannt werden. (*)

7 Feingießen / Wachsausschmelzverfahren Keramikform brennen



97 🗸

Hier werden die über 1000°C heißen Formen aus dem Ofen entnommen. (*)

7 Feingießen / Wachsausschmelzverfahren Gießen

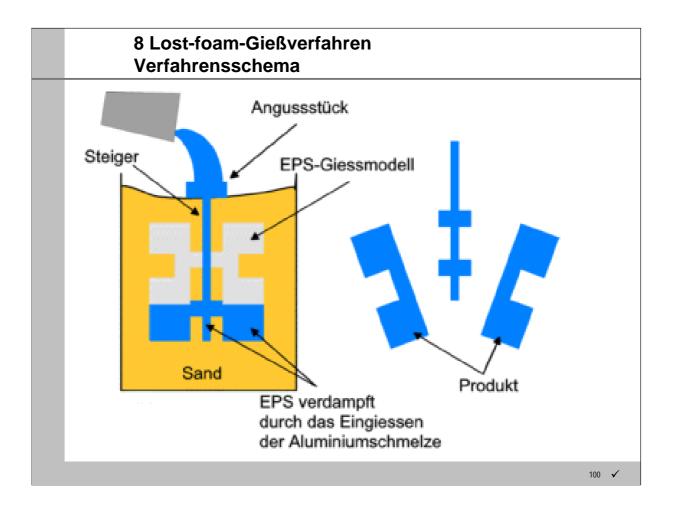


98 🗸

In die glühend heißen Formen wird sofort gegossen. (*)



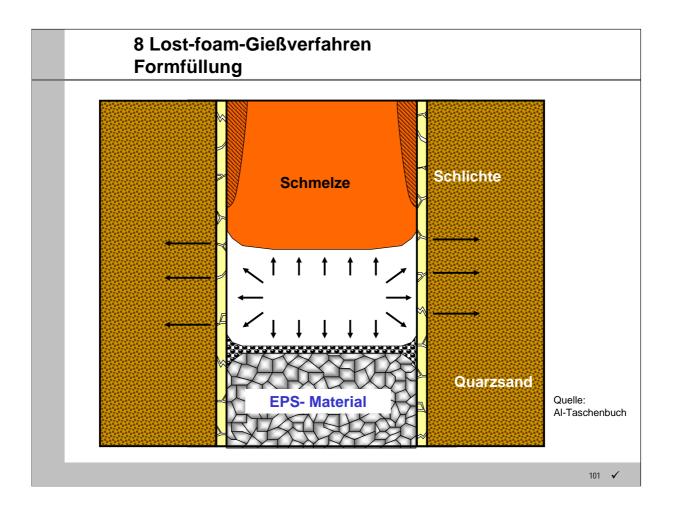
Dies sind einige der gegossenen Feingussteile. (*)



Der Lost foam Gießverfahren ist ein spezielles Verfahren des Sandgusses bei dem das Modell nach der Formherstellung nicht entfernt wird, um dem Gusswerkstoff Platz zu machen. Das Modell sowie Angussstück und Speiser bestehen stattdessen aus (geschäumtem) Polystyrol (EPS). Der EPS wird mit einer keramischen Schlichte überzogen und in bindemittelfreien Formsand eingebracht. Da in der Form selbst kein Hohlraum ist. muss der Formstoff nur vibriert, aber nicht eigentlich verdichtet werden. Beim Eingießen der Schmelze vergast nun durch die Hitze das Polystyrol. Der Gießvorgang ist abgeschlossen, wenn das flüssige Aluminium den EPS vollständig verdrängt hat und erstarrt ist.

Dank moderner Klebetechnik können selbst geometrisch komplizierteste Formstücke durch Hinterschnitte und Bohrungen mit einem einteiligen Modell realisiert werden. Auf diese Art und Weise können kleine, unterschiedliche Formstücke zu so genannten Trauben zusammengesetzt und gleichzeitig gegossen werden.

Das Verfahren eignet sich gut zur Herstellung von Serien aber auch Prototypen. Die mechanischen Eigenschaften entsprechen in etwa denjenigen des Sandgusses. Es kann eine hohe Abbildungs und Maßgenauigkeit erreicht werden bei Einsatz geeigneter Formsande und deren entsprechender Verarbeitung. Gleiches gilt für die gießbaren Mindestmaße bei Wanddicken und Bohrungsgrößen.



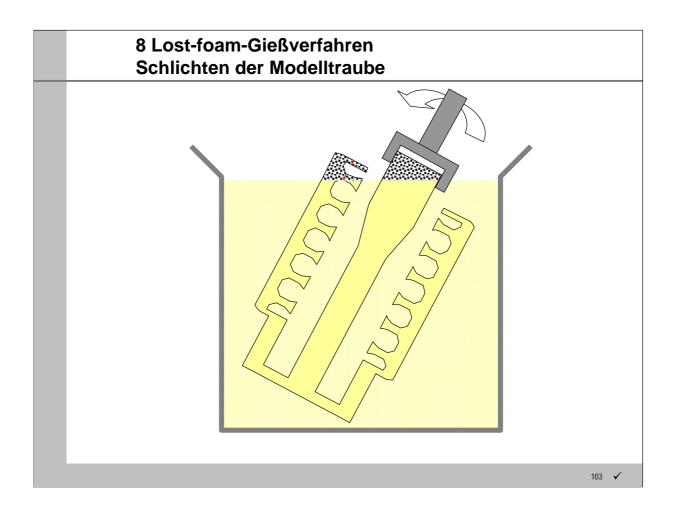
Dieses Bild zeigt in einer Momentaufnahme die Vorgänge bei der Füllung einer Sandform. Von oben fließt die Schmelze in das EPS-Material und zersetzt das EPS- Material.

Das expandierte Polystyrol wird durch die Wärmeenergie der Schmelze verflüssigt, vergast und anschließend pyrolysiert (verbrannt). Die Schmelze nimmt dann vollständig den frei werdenden Hohlraum ein. Das Modell wird vor dem Einformen mit einer keramischen Schlichte überzogen. Diese Schlichte ist mit der ersten Schlickerschicht beim Feingießen vergleichbar. Hier ist allerdings eine Porosität der Schlichteschicht erwünscht. Die beim Vergasen des Modells entstehenden Kohlenwasserstoffe sollen die Schlichte passieren können. Die Metallschmelze dagegen muss von der Schlichte aufgehalten werden. (*)

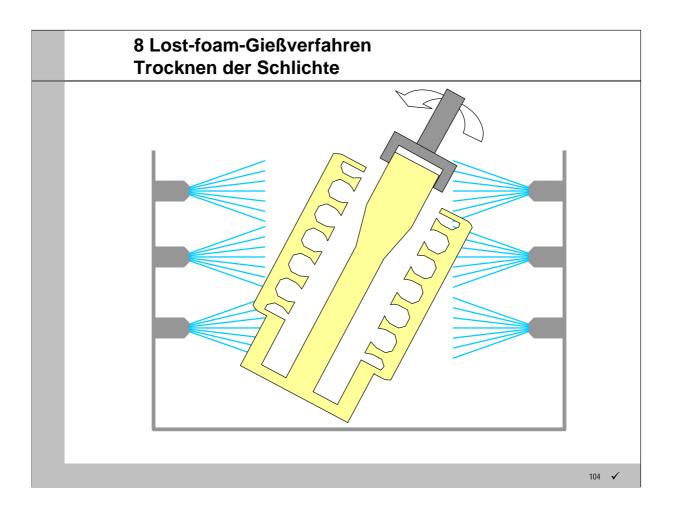
8 Lost-foam-Gießverfahren Verlorenes Polystyrolschaumstoffmodell (EPS)

Dieses Bild zeigt eine Modelltraube, die aus mehreren EPS-Modellscheiben zusammengeklebt worden ist. Der Kleber ist rot dargestellt. Durch das Zusammenkleben von Teilmodellen können auch Geometrien von hoher Komplexität mit Hinterschneidungen dargestellt werden ohne das Sandkerne verwendet werden müssen..

Dieses Beispiel zeigt vereinfacht eine Gießtraube mit zentralem Einguss und rechts und links einem Zylinderkopf. (Dies ist eine vereinfachte Darstellung für die Gießtraube der Zylinderköpfe von BMW Schszylinder Mtoren). Diese Modelltraube soll in ungebundenen rieselfähigen Sand eingeformt und abgegossen werden. (*)



Zunächst wird die Gießtraube in Schlichte getaucht und dabei langsam gedreht, damit die Schlichte alle Hinterschneidungen benetzen kann. Die Modelltraube wird zu diesem Zweck meist in einem Käfig gehalten um so dem starken Auftrieb zu begegnen. Diese keramische Schlichte muss wegen der unterschiedlichen Dichte seiner einzelnen Bestandteile permanent gerührt und temperiert werden. Der Schlichteüberzug ist 0,1 –0, 3 mm dick.(*)



Nach dem Tauchen wird die geschlichtete Modelltraube mit getrockneter Luft von ca. 45 °C getrocknet.

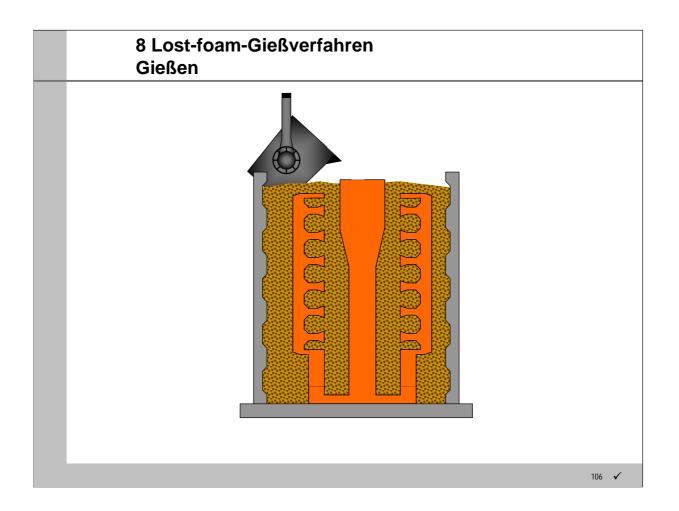
Nach dem Trocknen wird die Gießtraube in einen Formbehälter gestellt. (*)

8 Lost-foam-Gießverfahren Einformen in binderfreien Sand

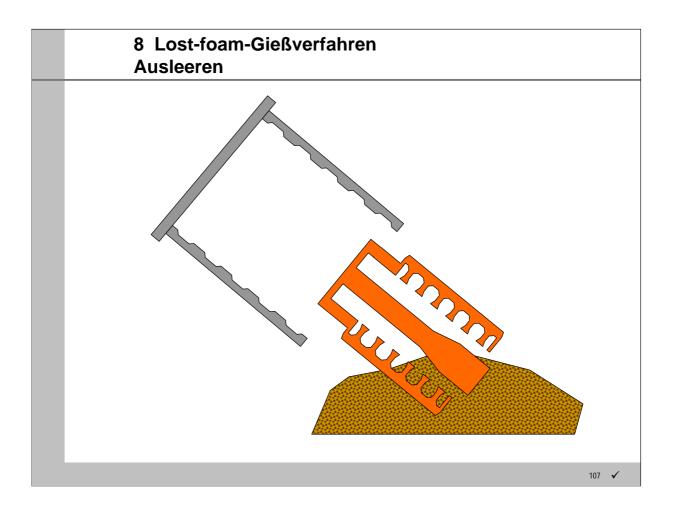
Dieses Bild zeigt die Gießtraube im Formbehälter. Der lose rieselfähige Quarzsand wird von oben Sand sequenziell eingefüllt. (*) In jeder Sequenz wird der ganze Formbehälter in eine horizontale oder vertikale Vibration versetzt. Durch diese Bewegung wird der Quarzsand fließfähig und dringt in alle Hohlräume der Modelltraube ein.

In der Praxis werden hohe Schüttgutsäulen schrittweise gefüllt und verdichtet.

Danach ist die Form fertig zum Gießen. (*)



Die Form wird durch den zentralen Einguss gefüllt. Durch die Wärmeenergie der Schmelze wird das EPS Material zersetzt und die Schmelze steigt von unten nach oben in die Bauteilgeometrie bis der Hohlraum (EPS Modelltraube) komplett durch das Metall gefüllt ist. Nach dem Erstarren wird der Formbehälter gekippt und der lose rieselfähige Sand und die Gusstraube fließen heraus.



Der Sand um die erstarrte Gusstraube ist rieselfähig. Hier ist nun der gekippte Zusatnd dargestellt. Die Gusstraube fließt mit dem Sand heraus und wird im Anschluss daran mit einem Manipulator in heißes Wasser von 40-80 °C abgeschreckt und damit von Sandresten und anhaftender Schlichte gereinigt. Die Gussteile werden dann vom Kreislaufmetall getrennt und gehen in die weitere Bearbeitung. Der Sand enthält nach dem Gießen die Pyrolyseprodukte des EPS und muss daher anteilig (ca. 10% der Sandmenge) recycelt werden.

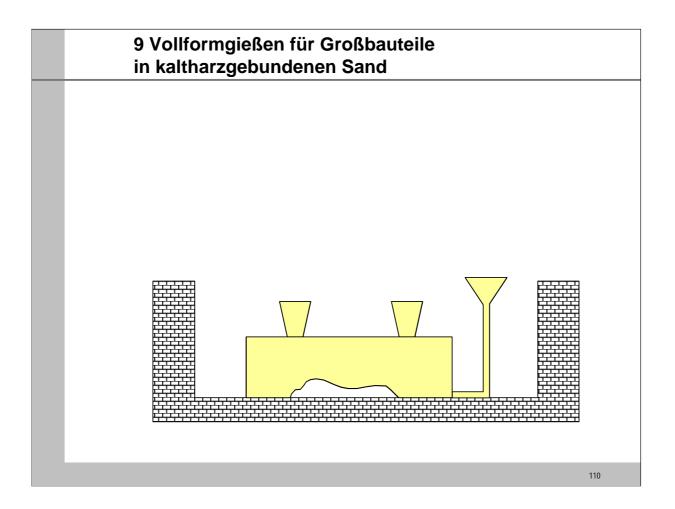
Damit der Sand im Kreislauf geführt werden kann, kann es notwendig sein, die Anreicherung der Kohlenwasserstoffe im Formsand zu begrenzen. Der Sand wird dann durch eine Nachverbrennung der Kohlenwasserstoffe wieder aufbereitet. (*)

8 Lost-foam-Gießverfahren Beispiele Modell



8 Lost-foam-Gießverfahren Beispiele Abguss





Für die Herstellung von großen Formteilen mit Polystyrolmodellen ist die deutsche Bezeichnung Vollformgießen üblich. Typische Bauteile, die nach diesem Gießverfahren hergestellt werden, sind die großen Formwerkzeuge für die Blechverarbeitung in der Automobilindustrie.

Dieses Bild zeigt das Modell eines großen Umformwerkzeuges. Das Modell wurde aus einen EPS- Block herausbearbeitet oder aus einzelnen EPS- Platten erst zusammengeklebt und dann durch mechanisches Bearbeiten hergestellt. Diese Darstellung zeigt das Modell in der Gießlage mit der Wirkfläche nach unten. Je nach Anforderung au die benötigte Oberfflächenqualität des Gueeteiles wird das Modell geschlichtet oder nicht, dann übernimmt der gebundene Formsand die Schlichtefunktion..

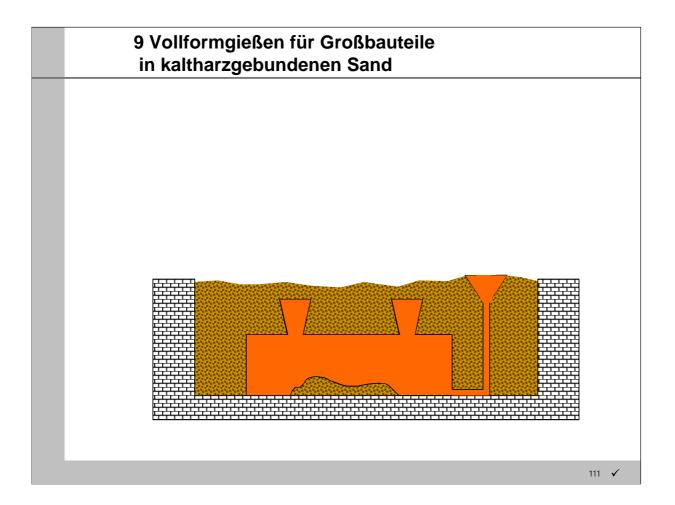
An das Bauteil werden Einguss- Anschnitt- und Speisersystem montiert. (*)
Oben auf dem Gussstück sitzen die Speiser.

Bei diesen großen Gussstücken dauert die Erstarrung oft einige Stunden.

Durch die Gießlage mit der Wirkfläche nach unten wird die Qualität des Gussstücks nicht von Oxiden und Verunreinigungen in der Schmelze beeinträchtigt. Die Verunreinigungen sind leichter als die Schmelze und steigen in das Kreislaufmaterial auf.

Das vollständige Modell wird meist geschlichtet (*).

Anschließend wird das Modell in die Gießgrube eingesetzt (*), und dort mit kaltharzgebundenem Sand eingeformt.



Nach der Aushärtung der Form wird diese mit Schmelze gefüllt . Auch hier wird das EPS Material, es wird beim Aluminiumgießen verwendet oder dass EPMMA Material, es wird beim Eisen –und Stahlgießen verwendet, von der Wärmeenergie der Schmelze zersetzt. (*)

9 Vollformgießen für Großbauteile Beispiel



Quelle: Heger Guss

Kreiselpumpe aus Ferrocast EN-GJS-400-15, Gewicht 8180 kg

112

Kreiselpumpe aus Ferrocast EN-GJS-400-15, Gewicht 8180 kg, Bild:HegerGuss

9 Vollformgießen für Großbauteile Beispiel



Ständer für Zahnradstoßmaschine

Quelle: Heger Guss

EN-GJL-250 Gewicht 4000 kg

113

Ständer für Zahnradstoßmaschine EN-GJL-250 Gewicht 4000 kg

10 Dauerformverfahren Kokillengießverfahren



114 🗸

Das bereits vor 5000 Jahren verwendetet Gießverfahren mit Dauerformen ist das Schwerkraftkokillengießen. Wie bei den bisher besprochenen Gießverfahren wird die Schmelze mit Hilfe der Schwerkraft in die Form gefüllt.

10 Kokillengießverfahren Beispiel Speiser/ Einguss Teilungsgrat zweier Stahlkerne Teilungsebene

Diese Folie zeigt ein einfaches Kokillengussteil, bei dem die Formfüllung durch Schwerkraft erfolgte. Der T Varbinder aus Aluminium wurde in einer metallischen Dauerform gegossen.

Wie sieht nun die Form aus, in der dieses Bauteil gegossen worden ist?

Am dünnen Rohrstück ist am Grat auf der Außenseite oben noch gut die vertikale Teilungsebene zu erkennen. Die Innenkontur dieses Bauteils wird ebenfalls durch die Stahlform dargestellt. Innen ist der horizontale Gussgrat zu erkennen, an dem ein oberer und ein unterer Kern aufeinander standen. Die Kerne sind metallische Dauerkerne und werden auch als Schieber bezeichnet.

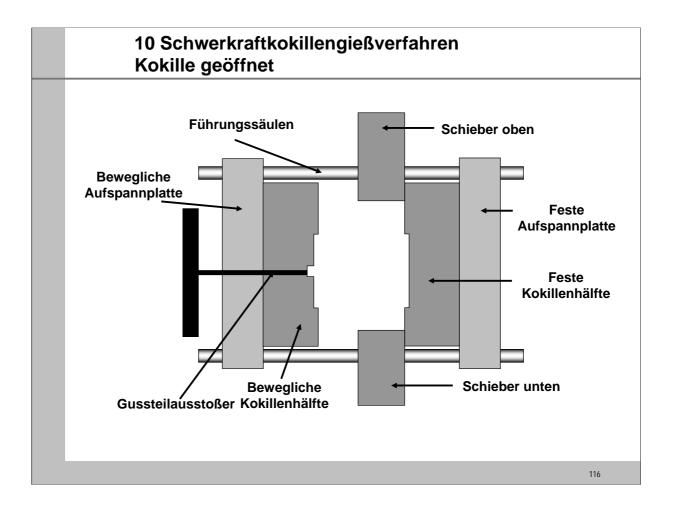
Das dünne Rohr nach vorne wird durch einen dritten Schieber dargestellt.

Die Gießlage ist durch den Eingusstrichter eindeutig zu erkennen.

Es handelt sich also um eine vertikal geteilte Form mit drei Schiebern.

Bei geringen Anforderungen werden Kokillen aus Grauguss gefertigt. Bei hohen Anforderungen und großen Stückzahlen werden die Formen auch aus Warmarbeitsstahl gefertigt.

Wie sieht nun der Gießprozess im Einzelnen aus?

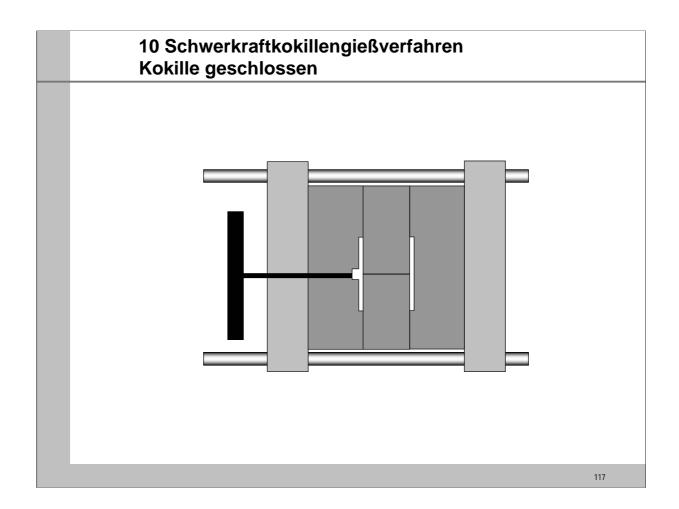


Diese Folie zeigt die geöffnete Kokillengießmaschine. Die vertikal geteilte Form ist in eine horizontal arbeitenden Gießmaschine eingebaut.

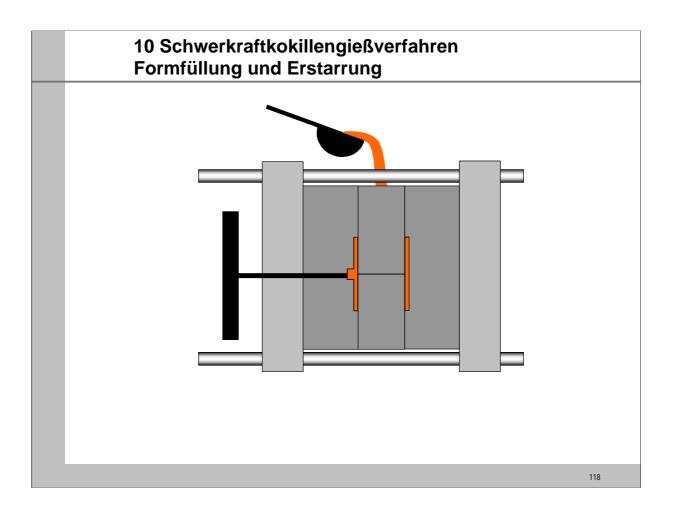
Hier ist nur der aktive Bereich der Maschine dargestellt. Links ist die bewegliche Formhälfte die auf die bewegliche Aufspannplatte aufgespannt ist. Die bewegliche Aufspannplatte ist auf den vier Führungssäulen hdraulisch beweglich gelagert. Die Hydraulikkolben und das Maschinengestell sind in dieser Darstellung weggelassen worden. Rechts ist die feste Formhälfte an die feste Aufspannplatte angeflanscht. In der festen Aufspannplatte werden die Schieber geführt.

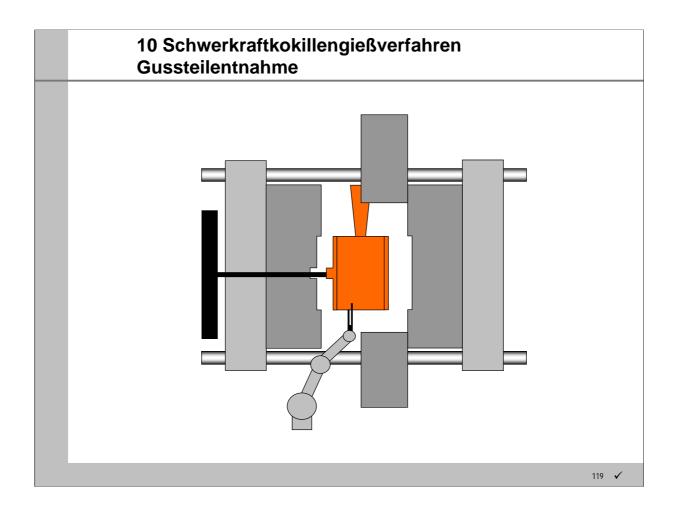
Durch die bewegliche Aufspannplatte wird noch ein Auswerferstift geführt, mit dem später das Gussteil von der Form gelöst wird.

Die Maschine ist also fertig gerüstet und kann nun zum Gießen geschlossen werden.

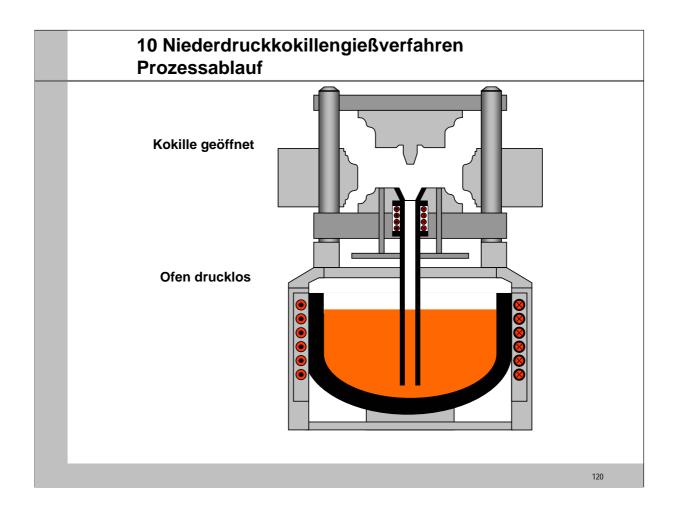


Hier ist die Maschine geschlossen und der Rohrverbinder kann nun gegossen werden. Für ein solch kleines Teil wird die Schmelze von Hand mit dem Gießlöffel in die Form gefüllt.





Nach der Erstarrung des Gussteils wird die bewegliche Formhälfte wieder zurückgefahren. Die Schieber fahren zurück und der Auswerferstift drückt das Teil aus der Form heraus.



Dieses Bild zeigt eine Niederdruckgießmaschine im Schnitt. Im unteren Teil der Anlage befindet sich ein Warmhalteofen und im oberen Teil ist die geöffnete Kokille zu sehen.

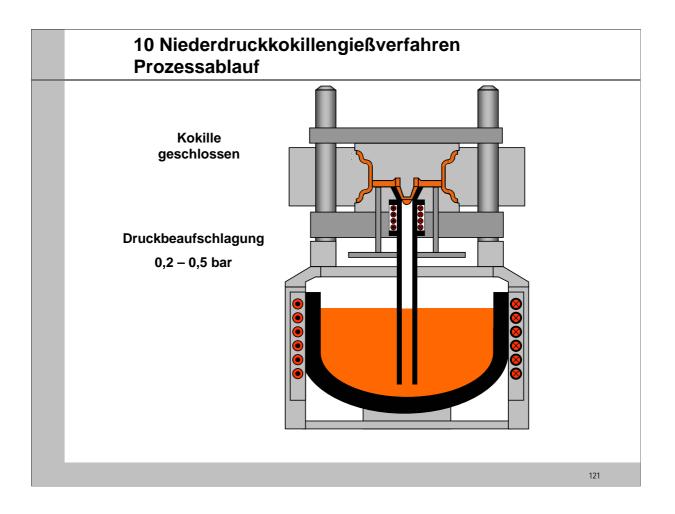
Die obere Kokillenhälfte und die seitlichen Schieber sind beweglich gelagert und werden in der Regel hydraulisch betätigt. Wenn, wie in diesem Fall, direkt aus dem Ofen gegossen wird, spricht man von einem Gießofen.

Der Gießofen wird durch eine hier nicht dargestellte Einfüllöffnung mit Flüssigmetall aus einem Schmelzofen versorgt.

Nach dem Befüllen wird der Gießofen gasdicht verschlossen.

Der Ofen kann nun unter Druck gesetzt werden. Im Ofeninnern befindet sich ein Steigrohr, durch das die Schmelze nach oben in den Formhohlraum (= Kavität) gedrückt werden kann.

Der Gießzyklus beginnt mit dem Schließen der Kokille. (*)



Nun wird der Ofen unter Druck gesetzt. Die Schmelze steigt im Steigrohr nach oben und füllt die Kavität aus. (*)

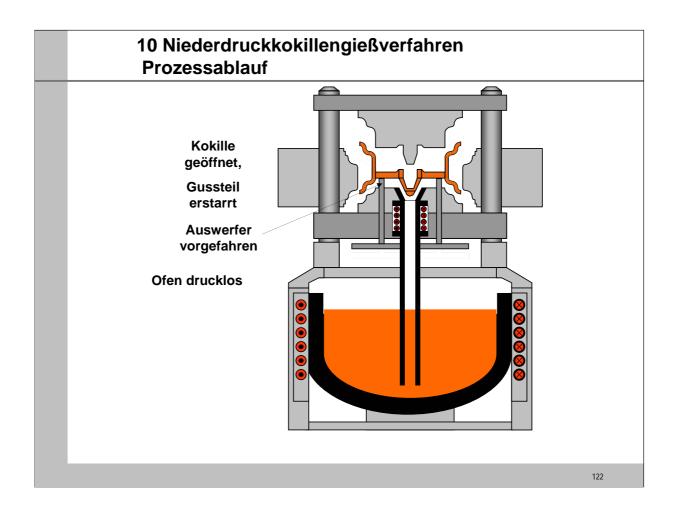
Das Gießmaterial wird dabei unten aus dem Ofen abgezogen. Das Bauteil bleibt frei von den an der Oberfläche aufschwimmenden Verunreinigungen.

Während der Erstarrung wird der Druck aufrecht erhalten. Das Steigrohr wird beheizt, damit die Schmelze dort nicht einfriert.

Man hat also die Möglichkeit mit oben liegenden Speisern aufgrund der Schwerkraft und von unten mit dem Druck der Schmelzesäule im Steigrohr zu speisen.

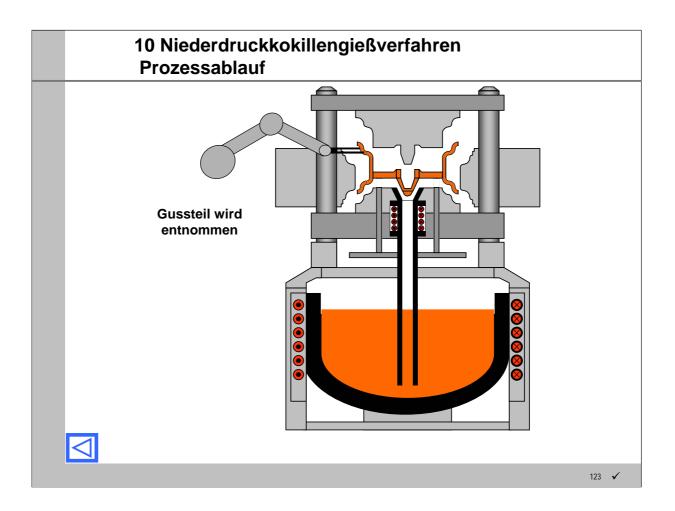
Das hier gezeigte Alu Rad wird in der Regel nur vom innen liegenden Anguss gespeist, da der Stern des Rades meist die dickste Bauteilpartie darstellt. Wenn die Erstarrung des Bauteils abgeschlossen ist, fällt der Druck im Steigrohr ab und die Schmelzesäule sinkt wieder in das Schmelzebad des Ofens ab. (*)

Jetzt ist die Anlage wieder druckfrei und die Kokille kann geöffnet werden. (*)



Nun fährt die Auswerferplatte nach oben und die Auswerferstifte heben das Bauteil aus der Kokille.

Das Bauteil kann nun vom Maschinenbediener oder mit einem Roboter entnommen werden. (*)



Damit ist der Prozess des Niederdruckgießens abgeschlossen.

Vor dem nächsten Zyklus kann eine Schlichte aufgebracht werden.

Die Formfüllung beim Niederdruckgießen erfolgt langsam, in der Regel wird die Form ruhig steigend von unten gefüllt.

Dadurch wird die Verwendung von Sandkernen möglich. So können auch komplexere Teile als das hier gezeigte Alu Rad durch Niederdruckgießen hergestellt werden. Aluminium Zylinderköpfe werden z. B. im Kokillengieß verfahren gefertigt. Die komplexen Innenstrukturen, wie Wassermantel und Ölraum, werden dabei durch Sandkerne dargestellt.

Der Anteil des Kreislaufmaterials ist beim Niederdruckgießen besonders gering. Durch das Aufrechterhalten des Gießdruckes zum Speisen können je nach Bauteilgeometrie Speiser eingespart werden.

Das Kokillengießen hat allerdings einen Nachteil: Die Form wird relativ langsam gefüllt. Dadurch wird die Maschine für jeden Zyklus lange belegt und dünnste Wandstärken sind nicht darstellbar, da die Schmelze bereits vor vollendeter Formfüllung erstarren würde.

Was liegt also näher, als die Gießgeschwindigkeit zu erhöhen?

10 Niederdruckkokillengießverfahren Aluminiumrad in der unteren Kokillenhälfte



124 🗸

Dieses Bild zeigt eine solche Kokille mit dem Aluminiumrad, das gerade gegossen worden ist. Das Rad liegt auf der unteren Kokillenhälfte. Die obere Kokillenhälfte ist hochgefahren und auf dem Bild nicht sichtbar. Die Außenkontur der Felge wurde durch vier seitliche Schieber geformt. Die Schieber sind in dieser Position alle zurückgefahren, damit das Gussteil entnommen werden kann.

Aber zum Niederdruckgießen wird außer der Kokille auch eine spezielle Niederdruckgießmaschine benötigt.

10 Niederdruckkokillengießverfahren Beispiel Aluminiumrad



RW-Rad bbs Fahrzeugtechnik AG; Quelle: schweiger-carparts.de

Borbet Binno B4 Quelle: www.cw-fahrzeugtechnik.de

125 🗸

Die weiteren Gießverfahren mit Dauerformen unterscheiden sich vor allem durch die Art der Formfüllung.

Die naheliegendste Änderung ist es, die Schmelze nicht von oben in die Kokille zu gießen, sondern sie von unten in die Form zu drücken.

Das so entstehende Gießverfahren heißt Niederdruck-Kokillengießen.

Durch dieses Verfahren lässt sich eine besonders ruhige, kontrollierte Formfüllung erreichen.

(*)

Dieses Bild zeigt typische Niederdruck-Kokillengussteile.

Die meisten Aluminiumräder für PKW werden im Niederdruckgießverfahren produziert.

Daher soll das Gießverfahren anhand dieses Bauteils erklärt werden.

Zunächst benötigt man eine metallische Dauerform, die Kokille. (*)

11 Dauerformverfahren Druckgießverfahren



Die hohe Gießgeschwindigkeit wird über einen hohen Gießdruck realisiert.

Das Verfahren, das hierdurch entsteht, heißt Druckgießen.

Das Druckgießen ist also auf den ersten Blick eng mit dem Kokillengießen verwandt.

Daher sollen zunächst einige grundlegende Unterschiede der beiden Verfahren dargestellt werden.

11 Druckgießverfahren Kaltkammer - Warmkammer Druckgießverfahren Kaltkammer DG-Verfahren Warmkammer DG-Verfahren Schmelze wird für jeden Schmelze befindet sich im Zyklus aus dem Dosierofen an die Druckgießmaschine in die Gießkammer eingefüllt. angeflanschten Warmhalteofen. geeignet für Al-, Mg- und geeignet für Mg-, Sn-, Zn-Cu-Legierungen Legierungen (nicht aggressiv gegen Stahlwarmhaltetiegel) 127 🗸

Die Druckgießverfahren werden unterteilt in Warmkammerverfahren und Kaltkammerverfahren. Diese Unterteilung bezieht sich nicht auf den Gießprozess selbst, sondern auf die Schmelzezuführung.

Bei Kaltkammermaschinen wird die Schmelze für jeden Gießzyklus von einem externen Ofen zugeführt.

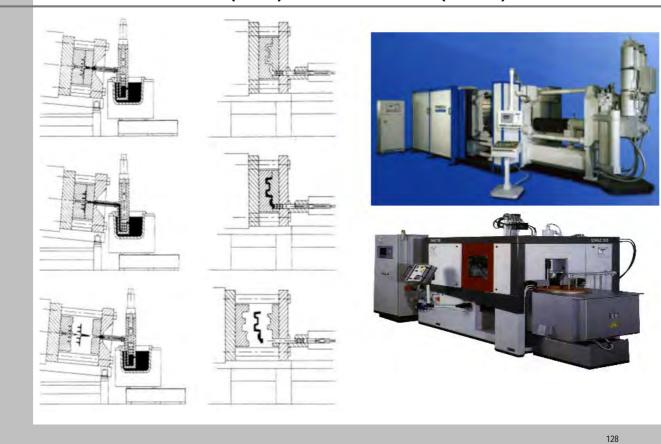
Dies ist bei den höherschmelzenden Legierungen auf Al- und Mg Besis notwendig. Diese Legierungen werden mit ca. 700°C vergossen. Thermischer und chemischer Angriff dieser Legierungen würden beim dauerhaften Kontakt mit der Gießkammer zu starkem Verschleiß führen. Bei Warmkammermaschinen ist die Schmelzezuführung in die Maschine integriert.

Allerdings können mit Warmkammermaschinen nur Legierungen mit geringerer Schmelzetemperatur gegossen werden.

Dies sind vor allem Zinn und Zinklegierungen. Zink hat eine Schmelztemperatur von 420°C und Zinn eine von nur 232°C, die Liquidustemperaturen der Gusslegierungen liegen noch etwas niedriger.

Das Druckgießen soll zunächst an einer Kaltkammermaschine besprochen werden. (*)

11 Druckgießverfahren, schematisch und Anlagenbeispiele Warmkammer- (links) und Kaltkammer-(rechts)



11 Druckgießverfahren Zylinderkurbelgehäuse aus Al-Druckguss Rohteil Quelle: Müller-Weingarten

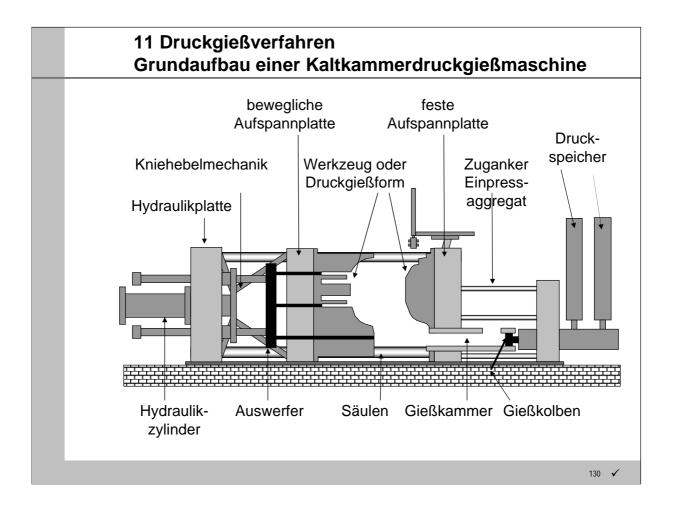
Dieses Bild zeigt ein Kurbelgehäuse für einen Fünfzylinder RW Mator der Firma Volvo.

Links ist das Rohteil und rechts das bearbeitete Fertigteil zu sehen.

Am Rohteil hängt noch der Anguss.

(*)

129 🗸



Hier ist der Grundaufbau einer horizontalen Druckgießmaschine dargestellt. In der Mitte der Maschine sind die beiden Formhälften, dunkel dargestellt.

Die linke Formhälfte ist an der beweglichen Aufspannplatte angeflanscht. Die bewegliche Aufspannplatte ist auf vier waagerechten Säulen verschiebbar gelagert. Sie wird über eine Kipphebelmechanik bewegt, die von einer Hydraulik angetrieben wird. Die

Hydraulikplatte ist über die vier Säulen, auf denen die bewegliche Aufspannplatte läuft, mit der rechten, der festen Aufspannplatte verbunden. Die Führungssäulen der beweglichen Aufspannplatte sind also gleichzeitig die Zuganker, über die sich die Schließhydraulik abstützt.

Die feste Aufspannplatte und die feste Formhälfte haben im unteren Bereich einen Durchbruch,

durch den sie Schmelze in die Form geführt werden kann.

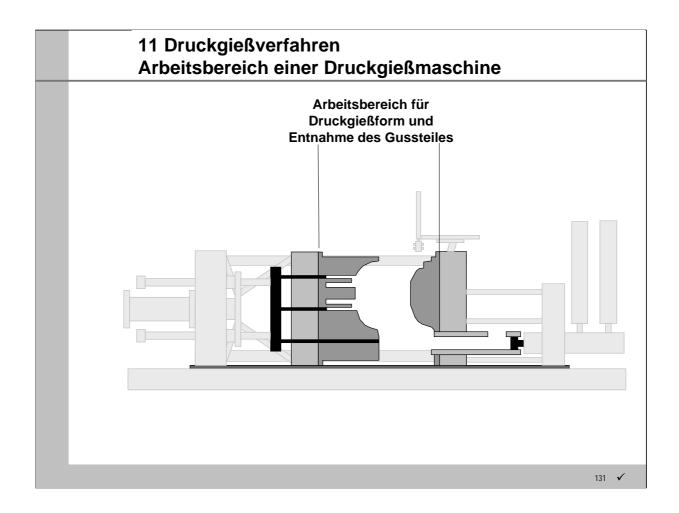
In diesen Durchbruch ist die Gießkammer eingesetzt. Die Gießkammer kann von oben mit Schmelze befüllt werden, von rechts kommt der Gießkolben und auf der linken Seite ist sie zur Druckgießform hin offen.

Der Gießkolben wird beim Gießen über eine vom Druckspeicher angetriebene Hydraulik bewegt.

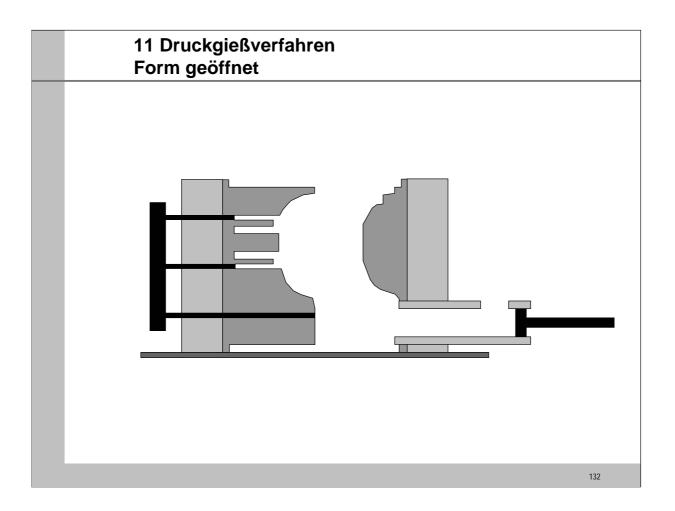
Diese Schießeinheit ist mit Zugankern an der festen Aufspannplatte angeflanscht.

Oben auf der festen Aufspannplatte sitzt noch ein Sprühgerät, das die Form zwischen den Gießvorgängen reinigt.

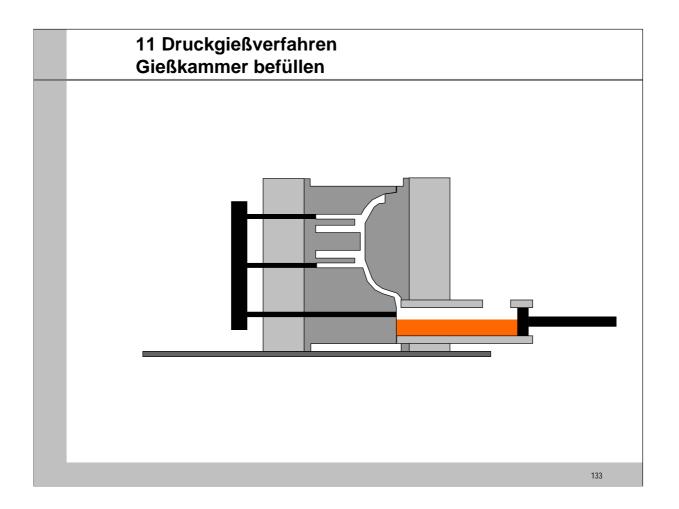
Zur Besprechung des Druckgieß zyklus soll nur der Arbeitsbereich der Maschine betrachtet werden. (*)



Hier ist nur noch der am Gießzyklus aktiv beteiligte Bereich der Druckgießmaschine dunkel dargestellt. In der beweglichen Aufspannplatte, in schwarz dargestellt, befindet sich die Auswerferplatte mit den Auswerferstiften.

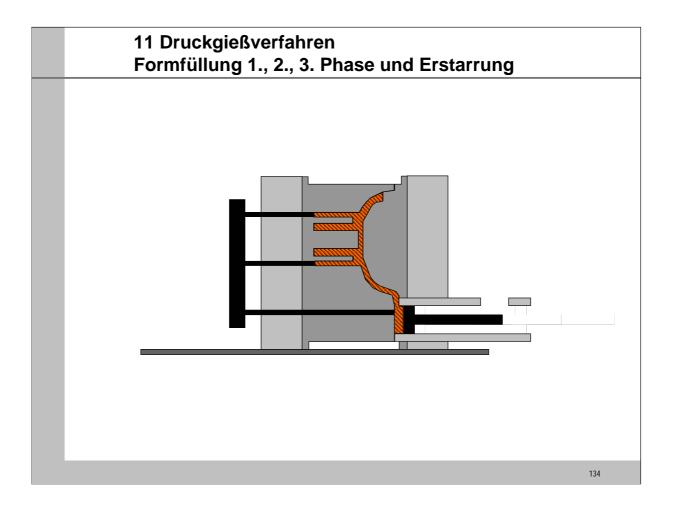


Hier ist der Arbeitsbereich nun vergrößert dargestellt. Der Zyklus beginnt mit dem Schließen der Form und dem Befüllen der Gießkammer mit Schmelze.



Nach dem Befüllen der Gießkammer steht die Schmelze vorne an der beweglichen Formhälfte und hinten am Gießkolben an.

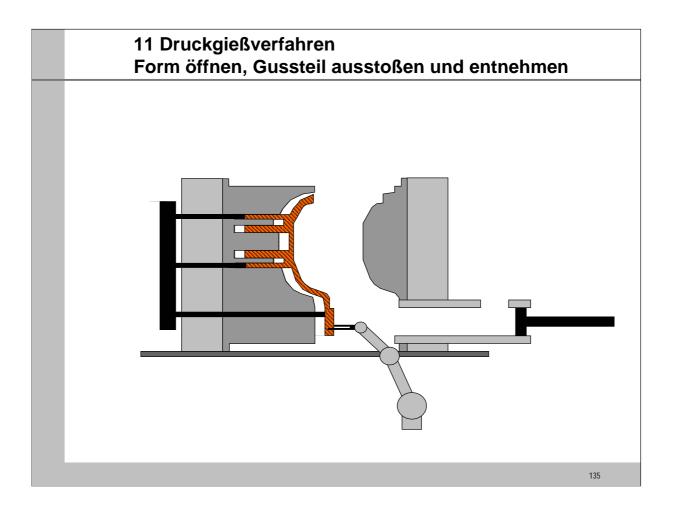
Nun fährt der Gießkolben langsam vor, verschließt die Einfüllöffnung und schiebt die Schmelze bis zum Anschnitt. Man spricht hier von der ersten Fase. Dann folgt die Füllung der Form in zwei weiteren Fasen. Die zweite Fase istz die Formfüllfase, die dritte die Vachverdichterfase.



Die Formfüllung wird auch als Schuss bezeichnet. Innerhalb von 30 50 Millisekunden wird die Form gefüllt (2.Faase). Übergangslos wird dann wird auf den zweiten Druckspeicher umgeschaltet und der Nachdruck aufgebracht (3.Fase).

Unter diesem Druck erstarrt das Bauteil.

Wenn die Erstarrung abgeschlossen ist, öffnet sich die bewegliche Formhälfte wobei der der Gießkolben den Anguss mit nach vorn drückt. Dann fährt er in seine Ausgangsstellung zurück.



Das Bauteil hängt jetzt noch in der Form. Das Bauteil hängt immer in der Formhälfte, auf die es durch eine Festkörperschwindung nach dem Erstarren aufgeschrumpft ist.

Bei dieser Anordnung ist das die Zylinderseite der Form mit den konkaven Geometrieelementen der Zylinderlaufbuchsen und des Wassermantels.

Die Auswerferplatte fährt vor und löst das Bauteil von der Form.

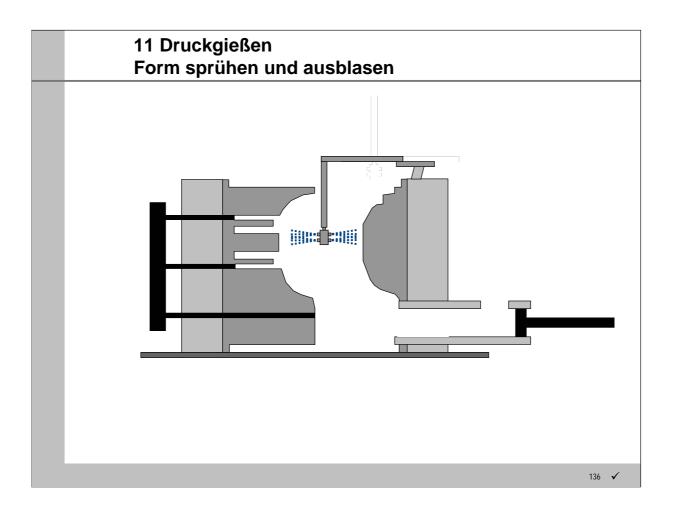
In der Großserienanwendung wird das Druckgussteil von einem Entnahmeroboter aus der Form entnommen.

Die Form hat nach dem Gießen eine stark erhöhte Oberflächentemperatur.

Beim Druckgießen von Aluminium beträgt die Gießtemperatur je nach Legierung knapp 700°C und die Oberflächentemperaturen der Form liegen beim Öffnen zwischen 400 und 500°C.

Auf Dauer würde diese Temperaturbelastung zu erhöhtem Verschleiß an der Form führen.

Daher fährt nun das Sprühgerät in die geöffnete Form ein.



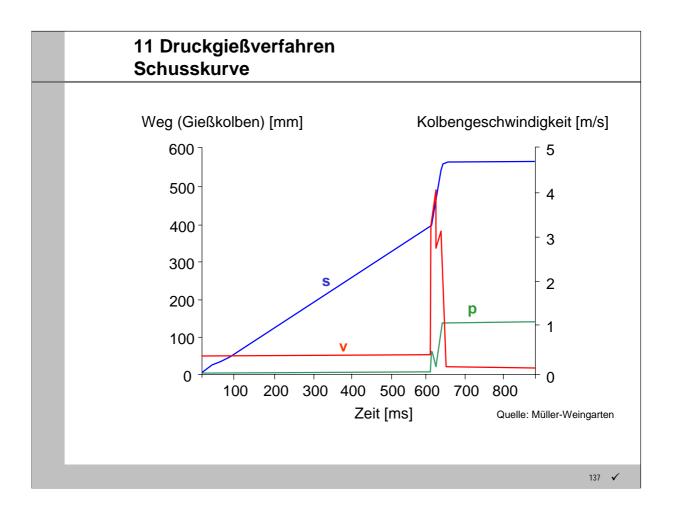
Die Form wird hier in der Regel mit einer Wachs Wasser Enulsion gesprüht. Das Wasser verdampft und kühlt dabei die Form. Der Sprühkopf ist für jede Form individuell. Die filigranen Teile der Form können so gezielt in kurzer Zeit gekühlt werden.

Das Paraffin bleibt in der Form zurück und bildet einen Trennfilm zwischen der Form und dem nächsten Gussstück.

Das Verdampfen dieser Kühlemulsion gibt der Druckgießerei ihren charakteristischen Geruch nach Paraffin und eine hohe Luftfeuchtigkeit. Man zieht den entstehenden Dampf direkt an der geöffneten Form mit einer Dampfhaube ab.

Damit ist der Zyklus beendet und die Druckgießmaschine steht für den nächsten Zyklus bereit.

Wie verläuft nun die Formfüllung im einzelnen? Um dieser Frage nachzugehen, wird im folgenden eine typische Schusskurve betrachtet.



Hier ist das Messprotokoll einer typischen Schusskurve zu sehen.

"s" ist der vom Gießkolben zurückgelegt Weg in mm.

"v" ist die Geschwindigkeit des Gießkolbens.

"p" ist der anliegende Druck.

Von 0 bis ca. 610 ms fährt der Gießkolben langsam vor, bis die verbleibende Gießkammer ganz mit Schmelze ausgefüllt ist und die Schmelze am Einguss ansteht.

Dann wird der Schießdruck auf das System gegeben. Der Druck p steigt an und die Kolbengeschwindigkeit schnellt auf über 4 m/s. Der Einbruch in den Kennlinien für v und p resultiert aus der hohen Dynamik des Vorganges. Ideal ist natürlich s das Integral über v.

Nach etwa 40 ms ist bei 650 ms die Form gefüllt.

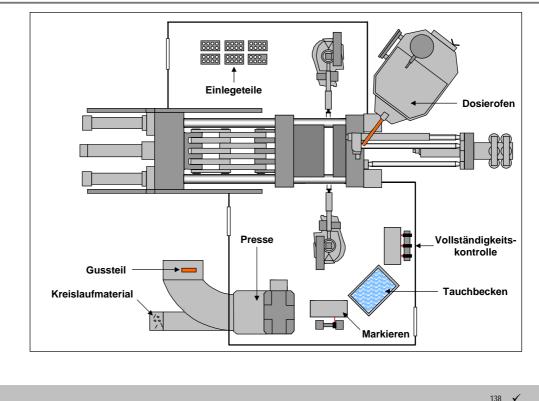
Das Hydrauliksystem wird umgeschaltet auf den Nachdruck, der noch höher als der Schießdruck ist.

Typische Werte für große Kaltkammer Druckgießmaschinen sind Fülldrücke von 600 bar und Nachdrücke von 900 bar.

Die Taktzeit einer solchen Druckgießmaschine liegt meist zwischen 30 und 100 Sekunden. Daraus folgt eine hohe Ausbringung an Druckgussteilen

Die Druckgießmaschine ist daher oft das Zentrum einer Fertigungszelle, in der das Bauteil gleich weiter verarbeitet wird.

11 Druckgießverfahren Beispiel für eine automatisierte Produktionsinsel



Dieses Bild zeigt eine solche Produktionsinsel, wie sie für Großserienteile üblich ist.

Der Arbeitszyklus der Druckgießzelle beginnt bei geöffneter Druckgießform. Einlegeteile, die im Gusstück eingegossen werden sollen, werden von einem Roboter in die Druckgießform eingebracht. (*) Bei Zylinderkurbelgehäusen aus Aluminium sind dies meist Ringe, Hülsen oder aber Laufbuchsen aus Eisenlegierungen. Nach dem Schließen der Form wird die Gießkammer mit Schmelze aus dem Dosierofen befüllt und das Druckgussteil gegossen. (*)

Ein zweiter Roboter entnimmt das Gussteil auf der anderen Seite der Maschine. Der Roboter hält das Teil vor mehrere Lichtschranken. (*) So kann kontrolliert werden, ob filigrane Strukturen mit dem Teil entformt worden sind oder evtl. noch in der Form festhängen. Zur Verkürzung der Taktzeiten werden die Teile so früh wie möglich aus der Form entnommen. Für eine weitere Bearbeitung sind sie dadurch oft noch zu heiß.

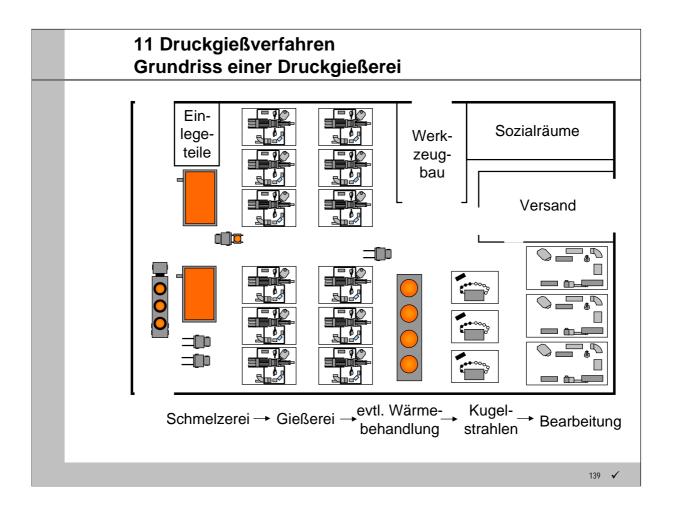
Damit die Teile dennoch sofort weiter bearbeitet werden können, werden sie z. B. in ein Wasserbecken getaucht oder mit Wasser gezielt abgeduscht. (*)

Sicherheitsteile in der Automobilindustrie erhalten oft noch eine individuelle Seriennummer. (*)

Hier erfolgt die Markierung durch einen Laser, aber auch Strichcode Aufkleber oder Stanzmarkierungen sind üblich.

In einer Stanzpresse werden schließlich das Angusssystem und weiteres Kreislaufmaterial abgetrennt. (*)

In der Realität beginnt sofort nach dem Entnehmen des Bauteils das Sprühen der Form und der nächste Gießzyklus.(*)



Dieses Bild zeigt beispielhaft die Maschinenanordnung in einer Druckgießerei mit 12 Maschinen.

Das Aluminium wird flüssig in Thermobehältern angeliefert und in die Warmhalteöfen umgefüllt. (Auf die Schmelzeversorgung wird im Kapitel Schmelzebereitstellung noch genauer eingegangen.)

Bei zwei Öfen kann sichergestellt werden, dass immer mindestens einer der Öfen lieferfähig ist.

Von den Warmhalteöfen wird die Schmelze mit Gabelstaplern in Transportpfannen zu den Dosieröfen an den Druckgusszellen verteilt.

Von den Druckgießzellen wird das Kreislaufmaterial zurück zum Schmelzbetrieb gefahren und tritt wieder in den Schmelzekreislauf ein. Die Gussteile werden je nach Legierung wärmebehandelt.

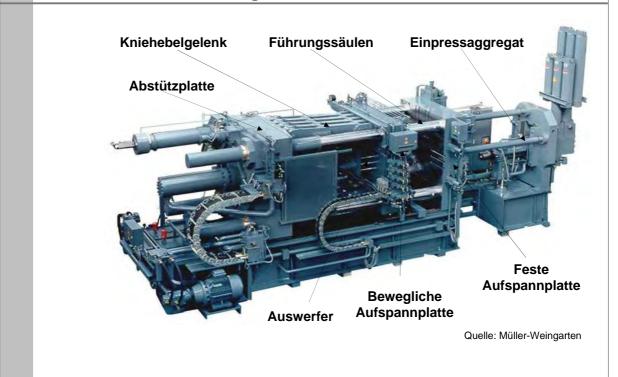
Je nach Kundenanforderung werden die Teile z. B. mit Stahlkugeln gestrahlt.

In der Automobilindustrie verlangen die Kunden heute einbaufertige Bauteile.

Dann werden noch in der Gießerei die Funktionsflächen bearbeitet und die komplett bearbeiteten Teile direkt ans Band der Automobilhersteller geliefert.

Nach dieser theoretischen Besprechung des Druckgießens folgen nun Fotos aus der Praxis.

11 Druckgießverfahren Foto einer Druckgießmaschine



Dieses Bild zeigt eine GDK 2000, Hersteller Müller Wangarten, Esslingen.

In der Mitte ist gut die Kniehebelmechanik zu erkennen und rechts daran befestigt die bewegliche Aufspannplatte. Die Führungen der beweglichen Aufspannplatte sind gleichzeitig die Zuganker, die die feste Aufspannplatte mit der Abstützplatte verbinden.

An der beweglichen Aufspannplatte sind drei Auswerferstifte an der Auswerferplatte zu erkennen. Im Werkzeugeinbauraum ist gerade keine Druckgießform eingebaut. Das Schießaggregat steht bei dieser Maschine auf einem eigenen Maschinenbett und ist nur durch Zuganker mit der festen Aufspannplatte verbunden.

140 🗸

Oben auf dem Schießaggregat sitzen die Druckspeicher für den Schuss und den Nachdruck.

11 Druckgießverfahrern Foto einer Druckgießzelle 1



Dies ist der Blick auf eine Druckgießzelle.

Es handelt sich um eine Maschine mit 4100 kN Schließkraft.

Der Arbeitsbereich der Maschine ist unter der gelben Abdeckung gekapselt. So kann der beim Sprühen der etwa 400°C heißen Form mit dem Trennmittel entstehende Dampf gefasst und abgesaugt werden. Das Trennmittel ist meist eine wässrige Emulsion Verdünnungsverhältnis

1:100.

Rechts vorne im Bild steht der Dosierofen, der gerade aus einer Transportpfanne befüllt wird. Der Entnahmeroboter legt die Teile zunächst in die Entgratpresse links im Bild. Unten aus der Presse wird das Kreislaufmaterial mit einem Förderband in den orangen Schrottbehälter gefördert.

141 🗸

Das fertige Gussteil legt der Roboter auf eine Rutsche. Von der Rutsche wird das Teil vom Maschinenbediener abgenommen und palettiert.

11 Druckgießverfahren Foto einer Druckgießzelle 2

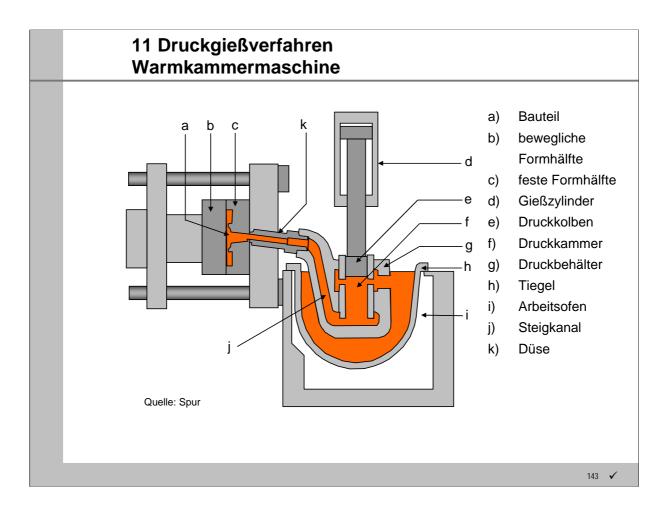


42 🗸

Dies ist ein Blick in eine weitere Druckgießzelle.

In der Maschine ist gerade kein Werkzeug eingebaut und die bewegliche Aufspannplatte ist ganz zurückgefahren. Der Entnahmeroboter hält die Teile zunächst zur Vollständigkeitskontrolle vor die Lichtschranken, die über der Rutsche montiert sind.

Dann werden die Teile im Wasserbecken abgeschreckt. Über die Rutsche gelangen die Teile danach aus der Roboterzelle in den Arbeitsbereich des Maschinenbedieners zur Sichtkontrolle oder direkt zur Weiterbearbeitung. Nach dieser ausführlichen Darstellung des Druckgießens mit der Kaltkammermaschine soll die Warmkammermaschine nur noch kurz vorgestellt werden.



Dieses Bild zeigt den Schnitt durch eine Warmkammer Druckgiessmaschine.

Feste und bewegliche Aufspannplatte und die Formhälften sind analog der Kaltkammermaschine aufgebaut.

Der Warmhalteofen ist direkt an die Maschine angeflanscht.

Der Druckkolben fährt nach unten und schließt die Druckkammer vom Schmelzebad ab. Dann drückt der Kolben die Schmelze durch den Steigkanal (Schwanenhals) und die beheizte Düse in die Druckgießform.

Nach der Erstarrung fährt der Kolben wieder in seine Ausgangslage zurück. Die Schmelze aus dem Warmhaltetiegel kann wieder in die Füllkammer laufen. Die Form wird geöffnet und das Bauteil entnommen.

Die durch den Druckkolben aufgebrachte Kraft ist weit geringer als bei den Hydraulikaggregaten der großen Druckgießmaschinen.

Im Warmkammerverfahren werden hauptsächlich Kleinteile aus Zinn und Zinklegierungen hergestellt. Typische Bauteile sind Modellaute und Modelleisenbahnteile, aber auch Baubeschläge, Scharnierteile usw.

Die Warmkammermaschinen sind daher recht kompakte Anlagen.

11 Druckgießverfahren Warmkammerdruckgießmaschine



Dieses Bild zeigt eine moderne Warmkammermaschine.

Rechts ist der Ofen. An der linken Seite des Ofens ragt der Gießzylinder, in dem sich der Gießkolben bewegt, nach oben. Die Form ist hinter der blauen Schiebetür verdeckt. Unter der Form befindet sich hier ein Rutschblech über welches die Abgüsse aus dem Maschinenbereich heraus rutschen können. Der Vorteil ist, dass die Schutztüre geschlossen bleibt und die Taktzeit somit kurz gehalten werden kann.

11 Druckgießverfahren Aluminiumdruckgussteile



11 Druckgießverfahren Magnesiumdruckgussteile



11 Druckgießverfahren Zinkdruckgussteile



Beispiel für ein Zinkdruckgussteil für den Maschinenbau.

Das Verfahren zeichnet sich durch eine hohe Oberflächengüte und minimale Wandstärken unter 1 mm aus.

Die Formen halten im Zinkdruckguss mehrere hunderttausend Gießzyklen (Schuss) aus.

Die Taktzeiten der Maschinen sind kurz, die Maschinenverfügbarkeit hoch und dadurch auch die Ausbringung hoch. Das Verfahren ist damit auch hervorragend für die Produktion von Großserien und Massenartikeln geeignet.

Die Grenzen des Verfahrens liegen in der Einschränkung der Legierungswahl auf niedrig schmelzende Metalle.

12 Schleudergießen Zylinderlaufbuchsen für Großdieselmotoren

Bohrungsdurchmesser 320 mm bis 640 mm Werkstoff: Gusseisen mit Lamellengrafit EN-GJL



148 🗸

Es gibt noch viele mögliche Variationen und Kombinationen der Gießverfahren.

Hier soll hier nur noch ein Verfahren besprochen werden.

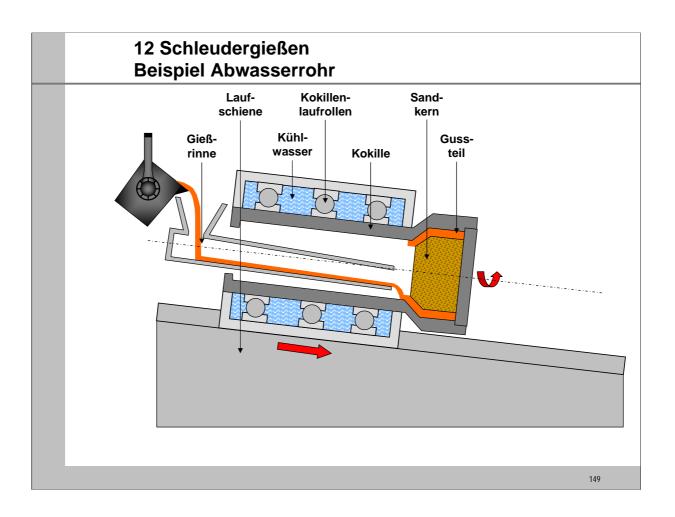
Es ist das Schleudergießverfahren.

Von diesem Gießverfahren sind verschiedenste Anordnungen möglich und eine wird hier herausgegriffen.

Dieses Bild zeigt Zylinderlaufbuchsen für Großdieselmotoren.

Bei diesen Motoren werden die Laufbuchsen nicht mehr wie bei PKW-Motoren mit dem Zylinderkurbelgehäuse zusammen gegossen sondern separat gefertigt.

Hier werden besonders hohe Ansprüche an die Dichtheit des Gefüges gestellt.



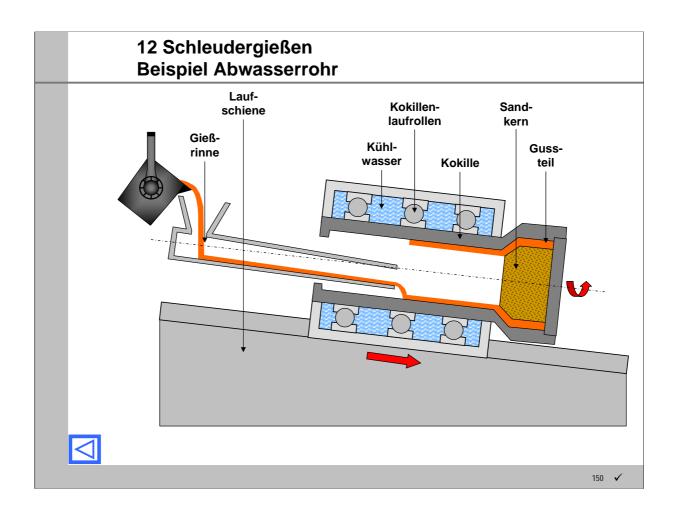
Hier ist eine Anordnung für das Gießen von großen Rohren im Schleudergießverfahren zu sehen.

Die Kokille ist wassergekühlt und drehbar auf einem Schlitten gelagert.

Bereits vor dem Guss wird die Kokille in Drehung um ihre Längsachse versetzt.

Über die ortsfeste Gießrinne wird die Schmelze in die Form eingebracht. Von der drehenden Kokille mitgenommen, legt sich die Schmelze an die Wand der Kokille. Während der Formfüllung gleitet der Kokillenschlitten auf der Führung nach unten. Ohne weitere Geometrieelemente würde sich hier ein konstanter Innenradius des Bauteils einstellen.

Daher verdrängt am unteren Ende ein Sandkern die Schmelze aus der Mitte des Rohres.



Hier ist der Schlitten bereits tiefer unten und die Kokille fast gefüllt.

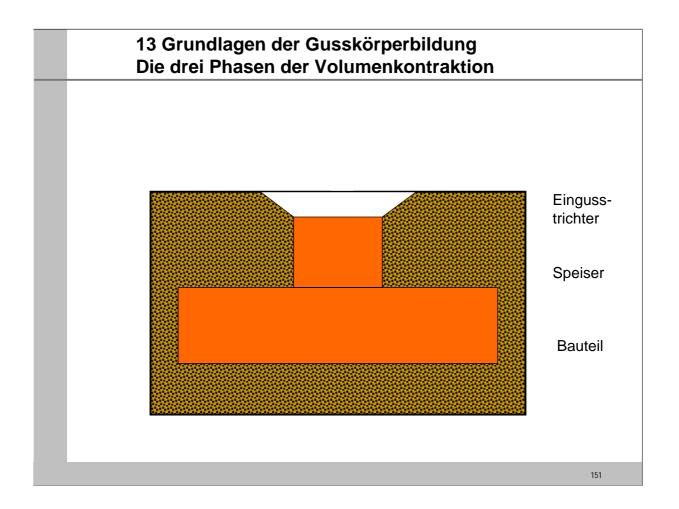
Nach der Formfüllung dreht sich die Kokille weiter, bis das Bauteil vollständig erstarrt ist.

Durch die gekühlte Kokille kann hier eine gerichtete Erstarrung von außen nach innen erreicht werden.

Das Bauteil kann in radialer Richtung gespeist werden.

Damit sind die wichtigsten Gießverfahren besprochen.

Im nächsten Abschnitt soll daher auf die Möglichkeiten des Fertigungsverfahrens Gießen für den Konstrukteur eingegangen werden.



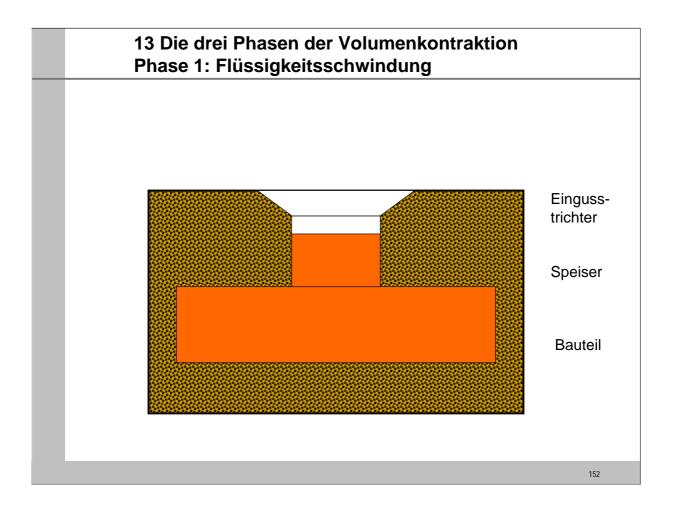
Der Formhohlraum wird mit Schmelze gefüllt. (vereinfachte Darstellung für das Gießen durch den Speiser)

Diese Folie zeigt eine Sandform im Schnitt.

Oben ist der Eingusstrichter zu erkennen, durch den die Schmelze in den Formhohlraum gelangt ist. Das große Rechteck im unteren Teil der Form stellt das eigentliche Bauteil dar.

Die Sandform wird zunächst z. B. aus der Gießpfanne gefüllt.

Nach dem Füllvorgang beginnt die Schmelze zu erkalten.

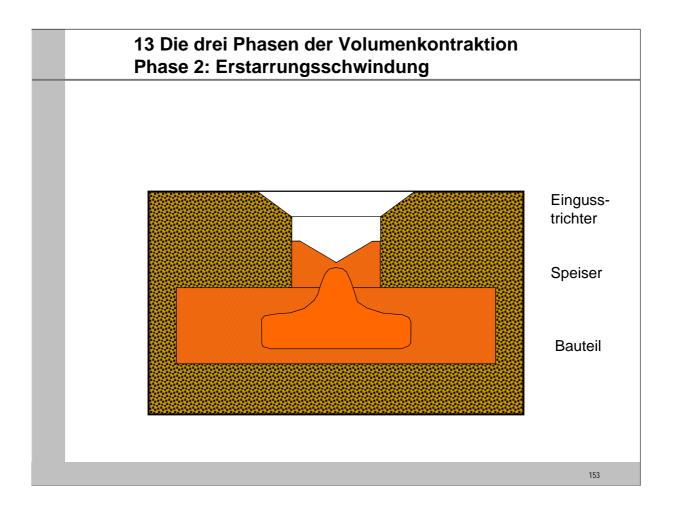


Die Schmelze beginnt zu erstarren.

Hier ist die Schmelze bereits etwas abgekühlt, aber noch flüssig.

Wie bei den meisten Stoffen hat sich damit das mit Schmelze gefüllte Volumen verringert. Hier wird bereits der Sinn des Speisers ersichtlich:

Die Volumenverringerung durch Abkühlung soll keine Fehlstelle im Bauteil verursachen. Der Speiser ist ein zusätzlich angebrachtes Schmelzereservoir, aus dem während der Abkühlung Schmelze in das Gussteil nachfließen kann, man sagt das Gussteil wird gespeist.

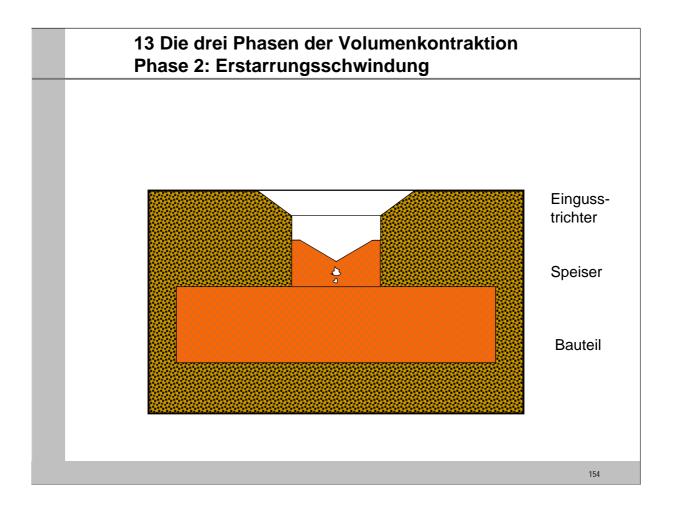


Durch die Wärmeabfuhr durch die Formwand erstarrt die Schmelze von außen nach innen. Die innere Bereich ist der heißeste Bereich und damit derjenige, der als letzter erstarrt.

In der nächsten Phase ist bereits ein Teil des Bauteils erstarrt.

Dieses Erstarren ist kein amorphes Erstarren wie bei einer Glasschmelze. Vielmehr bilden sich, von vielen Kristallisationspunkten ausgehend, kleine Kristalle. Beim Übergang von der ungeordneten Schmelze zum geordneten Kristall verringert sich das Volumen der Schmelze je nach Werkstoff erheblich. Stähle z. B. haben eine Flüssigkeitsschwindung im Bereich von 7 %.

Es ist gut zu erkennen, dass das Bauteil von außen nach innen erstarrt. Dies ist einleuchtend, da die Schmelze ihre Wärme nach außen an die Umgebung abgibt. Nachdem sich eine so genannte Randschale gebildet hat, kann die Schmelze allerdings nicht mehr so einfach nachfließen wie zu Beginn. (*)



Durch die weitere Erstarrung bildet sich im obersten Teil der Restschmelze ein Hohlraum.

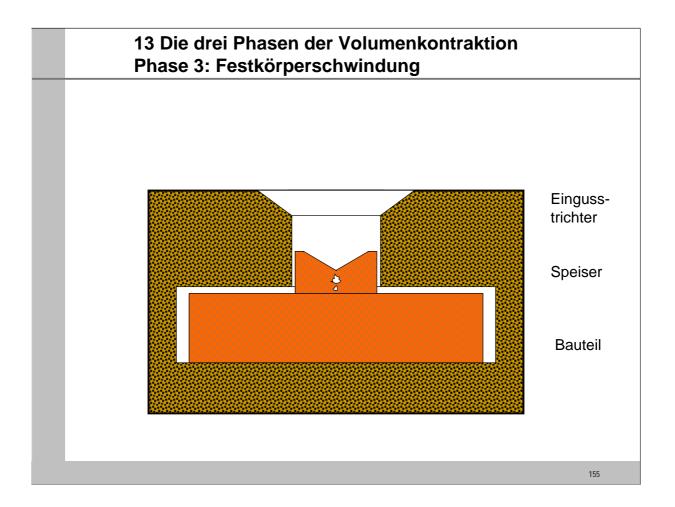
Hohlräume in Gussteilen werden als Lunker bezeichnet.

Große Lunker werden als Makrolunker und kleine als Mikrolunker bezeichnet.

Wenn sich die Lunker oben im Gussteil befinden, spricht man von einem Kopflunker.

Immer wenn ein Bauteil von außen nach innen erstarrt, entstehen derartige innere Hohlräume.

Bei der Gestaltung des Gussteiles ist also zu beachten, dass mögliche Lunker noch oberhalb des eigentlichen Bauteils im Speiser liegen.



Die Schmelze ist zum Gussteil erstarrt und schwindet nun (zu erkennen am Luftspalt zwischen Formwand und Gussteil). Im Speiser hat sich ein Lunker gebildet, der nicht durch die darüber befindliche Schmelze dicht gespeist werden konnte. Das Gussteil ist lunkerfrei.

Nach der vollständigen Erstarrung kühlt das Gussteil weiter ab bis auf Raumtemperatur. Entsprechend dem aus der Physik bekannten Längenausdehnungskoeffizienten verringert sich das Volumen in dieser Phase der Festkörperschwindung noch einmal.

Das auf Raumtemperatur abgekühlte Bauteil ist also kleiner als die Form.

Dieses so genannte Schwindmaß ist daher beim Erstellen einer Form bereits zu beachten. Die Form wird also um den Betrag der Festkörperschwindung größer gebaut als die Soll Geometrie. Physikalisch berechnet sich das Schwindmaß ΔL aus:

Längenausdehnungskoeffizient α
Temperaturdifferenz ΔT
zwischen Erstarrungstemperatur und
Raumtemperatur und der
Bauteillänge L.

 $\Delta L = \alpha^* \Delta T^* L$

Eisenwerkstoffe eignen sich aufgrund der Phasenumwandlungen schlecht als Beispiel, daher hier ein Beispiel für reines Aluminium mit der Erstarrungstemperatur 660°C,

 $\alpha = 23.8*10^{-6} 1/K$

 $\Delta T = 640 \text{ K}$

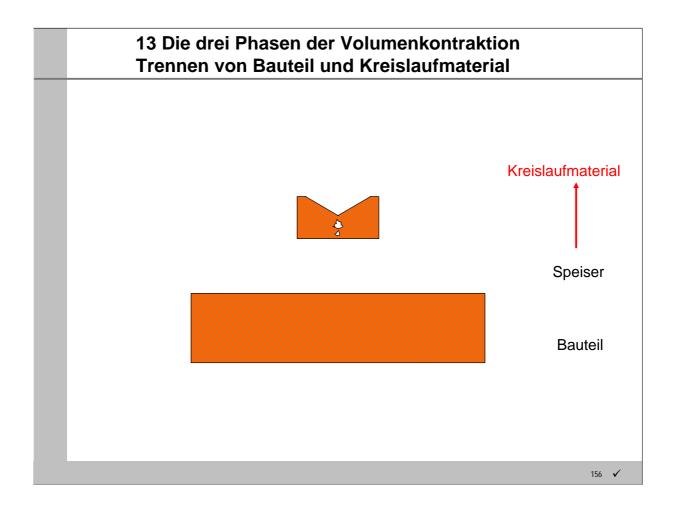
 $L = 1000 \, \text{mm}$

 $\Delta L = 23.8*10^{-6} 1/K * 640 K*1000 mm$

= 15,2 mm oder 1,52%

Die Maßabweichung durch das Schwindmaß ist also erheblich und muss bei der Formherstellung berücksichtigt werden.

Bei Aluminium Geslegierungen liegt der Richtwert für das Schwindmaß bei 1,1%. (*)



Nach dem Entformen des Gesamtabgusses und einem weiteren Abkühlen auf Raumtemperatur kann das Kreislaufmaterial, d.h., Einguss, Lauf, Anschnitt und Speiser und sonstige Überläufe vom Gussteil getrennt werden.

In diesem letzten Schritt wird noch einmal verdeutlicht, dass der Speiser vom Bauteil abgetrennt wird.

Er hat während der Flüssigkeits und Erstarrungsschwindung das Volumendefizit ausgeglichen und damit seine Funktion erfüllt. Der Speiser geht als Kreislaufmaterial zurück in den Schmelzbetrieb.

Das Gussstück verlässt nun die Gießerei und wird weiter bearbeitet. (*)

13 Die drei Phasen der Volumenkontraktion Zusammenfassung der Schwindungsphasen

Phase 1: Flüssigkeitsschwindung

Diese Phase beschreibt das Abkühlen des flüssigen Metalls von der eingestellten Schmelzetemperatur bis zur Liquidustemperatur.

Phase 2: Erstarrungsschwindung

Diese Phase beschreibt den Beginn der Erstarrung von den Primärbestandteilen der Schmelze ab der Liquidustemperatur und endet bei der Solidustemperatur. Bei AlSi- Legierungen erstarrt zuerst.

Phase 3: Festkörperschwindung

Unterhalb der Solidustemperatur ist die gesamte Schmelze zu einem Gussteil erstarrt und zieht sich bis zur Raumtemperatur zusammen. Diese Festkörperschwindung muss bei der Herstellung des Modells berücksichtigt werden.

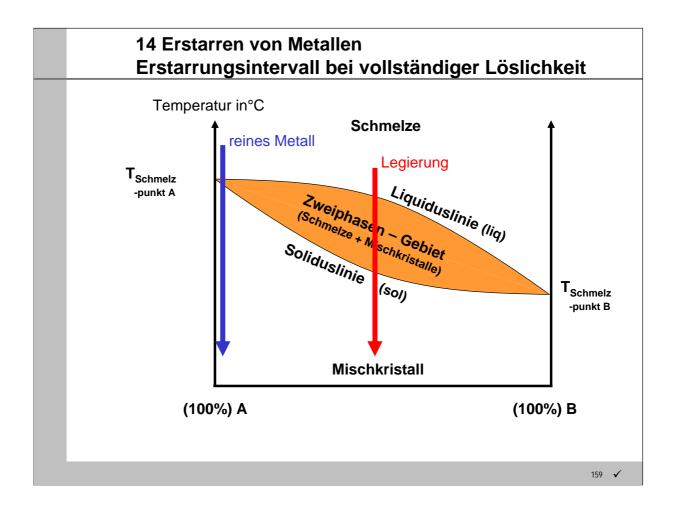


57 **√**

14 Metallurgie Erstarren von Metallen



Zunächst wird hier kurz auf die metallurgischen Grundlagen des Gießens von Metallen eingegangen. Beim Erstarren von Metallen verhalten sich reine Metalle und Legierungen grundsätzlich unterschiedlich. Dieser Unterschied soll am Beispiel von zwei vollständig ineinander löslichen Metallen besprochen werden.



Wie aus der Werkstoffkunde bekannt, bildet sich bei zwei im flüssigen und festen Zustand vollständig ineinander löslichen Metallen die typische "Schmelzzigarre" aus. Das obige Beispiel zeigt diesen Fall für ein hoch schmelzendes Element A und ein niedrig schmelzendes Element B.

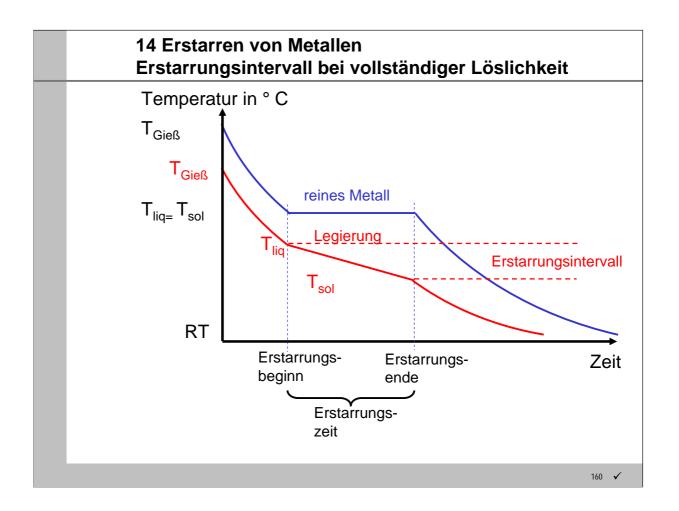
In der Praxis liegen meist komplexere Legierungen vor. An diesem einfachen Zweistoffsystem sollen nur die wichtigsten Vorgänge für die Gießereitechnik erklärt werden.

Nach dem Gießen mit einer Temperatur oberhalb der Liquidustemperatur kühlt die Schmelze ab, erstarrt und das Gussstück kühlt weiter ab.

Während dieses Vorganges bewegt man sich im Zustandsschaubild senkrecht von oben nach unten. Für die Gießereitechnik ist das Durchschreiten des Zweiphasengebietes von besonderer Bedeutung. Hier liegen flüssiger und bereits erstarrter Werkstoff nebeneinander vor. Dies bedeutet aber, dass sich die Temperatur während des Erstarrens des Gussstückes ändert.

Dass dies bei reinen Metallen nicht möglich ist, erkennt man im Zweiphasendiagramm daran, dass für 100% A und für 100% B Solidus und Liquiduslinie zusammenfallen.

Es ist also interessant, das Abkühlverhalten von reinen Metallen und Legierungen über den Zeitverlauf zu betrachten.



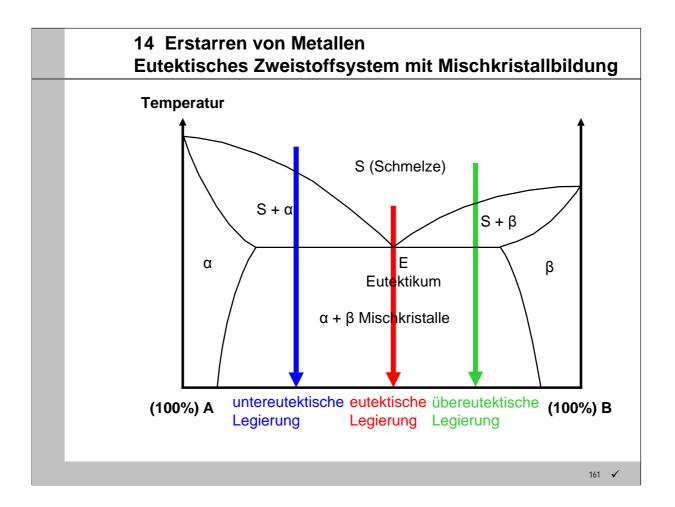
In diesem Diagramm sind die Gießund Erstarrungstemperaturen über der Zeit aufgetragen.

Zunächst wird der Abkühlungsverlauf für reine Metalle betrachtet:

Von der Gießtemperatur fällt die Temperatur zunächst ab bis zur Erstarrungstemperatur. Während der Erstarrung ändert sich die Temperatur nicht, bis die Schmelze vollständig in Feststoff umgewandelt ist. Erst nach der vollständigen Phasenumwandlung findet die weitere Abkühlung statt.

Anders bei der Abkühlung einer Legierung.

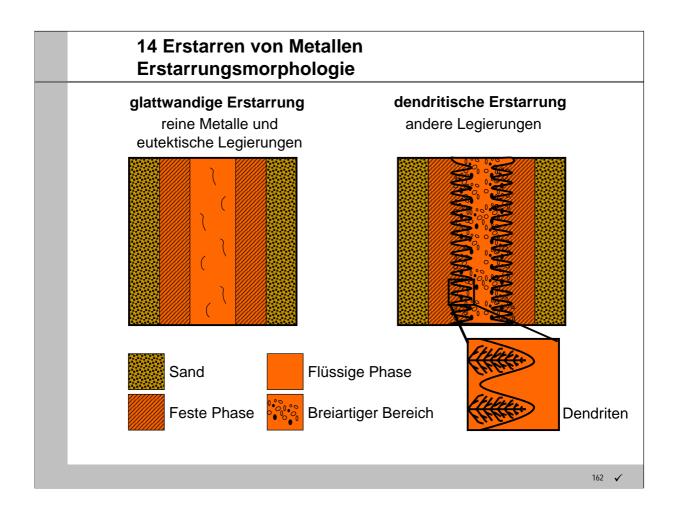
Beim Unterschreiten der Soliduslinie beginnt die Erstarrung im Zweiphasengebiet. Bei konstanter Wärmeabfuhr nimmt die Temperatur während der Erstarrung mit verminderter Geschwindigkeit weiter ab. Der andere Teil der entzogenen Wärme wird bei der Kristallisation frei. Nachdem die Erstarrung abgeschlossen ist, steigt die Abkühlgeschwindigkeit wieder an.



Dieses eutektische Zweistoffsystem bietet mehrere Legierungsvarianten an. Zunächst kann man Legierungen wählen, die ganz im Gebiet des α oder des β Michkristalles erstarren. Es ist aber auch möglich, gezielt Legierungen auszuwählen, bei denen ein primärer α oder β Michkristall von einem feinen Eutektikum aus α und β umschlossen wird. Legierungen, deren Zusammensetzung genau der tiefsten Temperatur im System entspricht, heißen eutektische Legierungen.

Mit den eutektischen Legierungen kann man wesentliche Vorteile von reinen Metallen und von Legierungen in einem Werkstoff vereinen.
Diese Legierungen haben eine niedrigere Schmelztemperatur als die reinen Komponenten. (In der Umgangssprache wird bei Legierungen die Liquidustemperatur als Schmelztemperatur bezeichnet.)

Gleichzeitig hat eine Schmelze im eutektischen Punkt kein Erstarrungsintervall. Hierdurch ist es leicht möglich, durch eine schnelle Kristallisation kleine Kristalle zu erzielen. Da während der Erstarrung keine Flüssigschwindung der Restschmelze zwischen den wachsenden Kristallen mehr stattfindet, ist auch die Porositätsneigung geringer.



Zunächst soll noch einmal genauer als in der Einleitung die Erstarrung betrachtet werden.

Die Darstellung beginnt wieder mit der vollgegossenen Form.

Sofort einsichtig ist die glattwandige Erstarrung, die bei reinen Metallen und eutektischen anzutreffen ist.

Die Erstarrungsfront wandert gleichmäßig von außen nach innen ins Gussteil.

Diese Art der Erstarrung ist aber in technischen Legierungen die Ausnahme

Aufgrund der thermodynamischen Verhältnisse erstarren die meisten Gussteile dendritisch.

Hierbei wachsen zunächst tannenbaumförmige Kristalle in die Schmelze hinein. Diese Tannenbaumkristalle heißen Dendriten. (*) Im Zwischenraum der Dendriten erstarrt dann die Restschmelze.

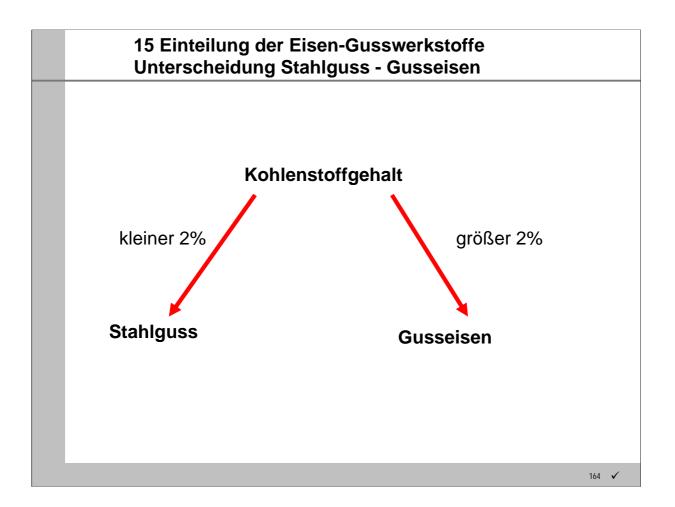
Bei dieser Art der Erstarrung kann also keine klare Erstarrungsfront wie bei der glattwandigen Erstarrung beobachtet werden.

In der nächsten Folie ist das Stadium einer dendritischen Erstarrung dargestellt.

15 Eisen-Gusswerkstoffe Werkstoffübersicht

- -Stahlguss
- -Gusseisen mit Lamellengraphit (Grauguss)
- -Gusseisen mit Kugelgraphit (Sphäroguss)
- -Gusseisen mit Vermiculargraphit
- -ADI (ausferritisches Gusseisen mit Kugelgraphit)
- -Austenitisches Gusseisen
- -Verschleißbeständiges Gusseisen
- -Temperguss

163

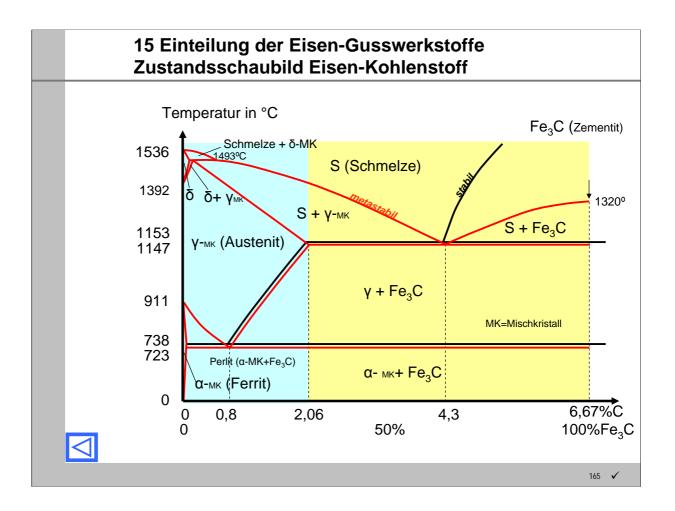


Systematisch nach DIN bezeichnet das Kriterium Schmiedbarkeit die Grenze zwischen Stählen und Gusseisen Legierungen.

Für das reine Zweistoffsystem Fe C liegt diese Grenze bei 2,06 % C. In technischen Legierungen mit mehreren Legierungselementen wird diese Grenze nur in Ausnahmefällen wesentlich verschoben.

Daher werden Legierungen mit weniger als 2 % C als Stähle bezeichnet. Stähle sind warm und kalt umformbar, zählen also zu den Knetlegierungen.

Legierungen mit mehr als 2 % Kohlenstoff werden als Gusseisen Legierungen bezeichnet.



Dieses Bild zeigt das aus der Werkstoffkunde bekannte Eisen Kohlenstoff Diagramm. Es bildet eine wichtige Grundlage für technische Eisenlegierungen, insbesondere für die Wärmebehandlung von Stählen, mit der man neben der Auswahl von Legierungselementen gezielt Einfluss auf deren Eigenschaften nehmen kann. Mit Hilfe des Eisen Konlenstoff Schaubildes wird festgestellt, in welchem Zustand sich ein Eisenwerkstoff mit bekanntem Kohlenstoffgehalt bei einer bestimmten Temperatur befindet und welche Gefügeveränderungen bei Temperaturveränderungen zu erwarten sind. Kohlenstoff (C) kann in der Natur in verschiedenen Modifikationen vorkommen, in Eisenwerkstoffen liegt er atomar in den Mischkristallen Ferrit und Austenit vor, gebunden an Eisen als Eisencarbid (Zementit) oder ungebunden als Graphit.

Der Bereich der Stähle ist hier blau eingefärbt. Bei mehr als 2,06 % C beginnt der gelb eingefärbte Bereich der Gusseisenlegierungen.

Technische Stahlgusslegierungen sind natürlich weitaus komplexer als das Zweistoffsystem Eisen Kohlenstoff. Hitzebeständige Stahlgusslegierungen enthalten z. B. hohe Anteile von Chrom und Nickel.

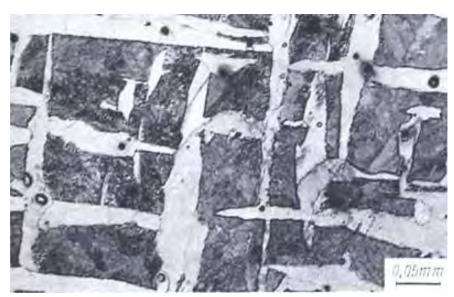
Kohlenstoffarme Eisenlegierungen und damit auch die Stahlguss Sorten haben alle eine hohe Schmelztemperatur.

(*)

165

- Hitzebeständiger Stahlguss DIN EN 10295 - Korrosionsbeständiger Stahlguss DIN EN 10283 - Stahlguss für Druckbehälter DIN EN 10213 - Stahlguss für allgemeine Verwendungszwecke DIN 1681 - Stahlgusssorten mit verbesserter Schweißeignung und Zähigkeit DIN 17182 - Vergütungsstahlguss DIN 17205

16 Stahlguss Schliffbild Gusszustand



GS-52 im Gusszustand: Widmannstättensches Gefüge

Quelle: Stahleisen-Buch 17

167 ✓

(Unlegierter) Stahlguss für allgemeine Verwendungszwecke ist genormt nach DIN 1681.

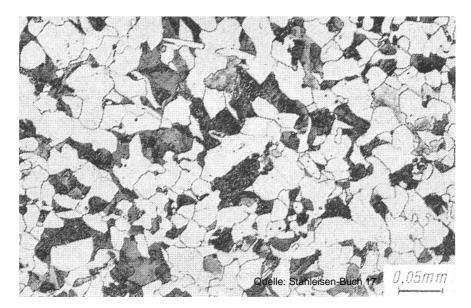
Der hier gezeigte GS 2 ist eine Stahlgusssorte mit einer Zugfestigkeit von mindestens 520 N/mm²

Unlegierter Stahlguss hat im Gusszustand ein Gefüge mit ausgesprochen spröden Eigenschaften. Dieses Schliffbild ist einem niedrig legierten Stahlgussstück entnommen. Hier bildet sich das typische Widmannstättensche Gefüge aus. Die Ausprägung dieses Gefüges ist vom Kohlenstoffgehalt und den Abkühlbedingungen abhängig. Je langsamer ein Gusstück abkühlt, desto größer ist der Legierungsbereich, in dem dieses Gefüge entsteht. Bei langsamer Abkühlung entstehen grobe Austenit Köner.

Die Strukturen, die man in diesem Schliff sieht, sind alle innerhalb eines Kornes!

Innerhalb dieser Körner bilden sich die im Schliff sichtbaren hellen Ferrit Nadeln, die dunklen Felder sind Perlitgebiete. Dieses Gefüge ist so spröde, dass das Gussteil unbehandelt nicht zum Einsatz kommen kann.

16 Stahlguss Schliffbild geglüht



GS-52 nach 3 Stunden Glühen bei 930°C: Ferrit-Perlit-Gefüge

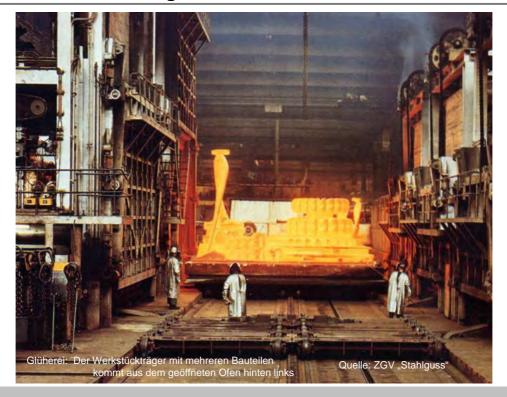
168 🗸

Dieses Schliffbild zeigt den gleichen Werkstoff nach dem Normalglühen.

Das Bild hat sich vollkommen gewandelt. Man erkennt ein feinkörniges Gefüge aus hellen Ferritkörnern und dunklen Perlitkörnern.

Mit dieser Gefügestruktur können Stahlgussbauteile eingesetzt werden.

16 Stahlguss Glühbehandlung



169

Dieses Bild zeigt einen Blick in eine große Glüherei. Aus dem Glühofen hinten links wird gerade ein Ladungsträger mit einer Charge entnommen. Rechts auf dem Wagen sind Laufräder für Peltonturbinen zu erkennen.

16 Stahlguss Anwendungsbeispiele

Stahlguss-Knoten für Brückenbau (Humboldthafen-Brücke Berlin)



Gewicht: 13,1 t

170 🗸

Dieses Bild zeigt einen Gussknoten für den Brückenbau.

Die Standardlösung für Verbinder im Brückenbau sind heute Schweißkonstruktionen.

Wenn die Lastverhältnisse allerdings zu komplex werden, und sich viele Träger in einem Punkt kreuzen, können keine Schweißkonstruktionen mehr angefertigt werden. Diese komplizierten Rohrfachwerkverbinder werden dann als Stahlgussteile ausgeführt.

Mitunter werden Gussknoten auch aufgrund der formschönen Geometrie den Schweißkonstruktionen vorgezogen. (*)

16 Stahlguss Anwendungsbeispiele

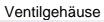
Halteplatte für Sicherheitsgurtsystem



Gewicht: 77 g

171 🗸

16 Stahlguss Anwendungsbeispiele

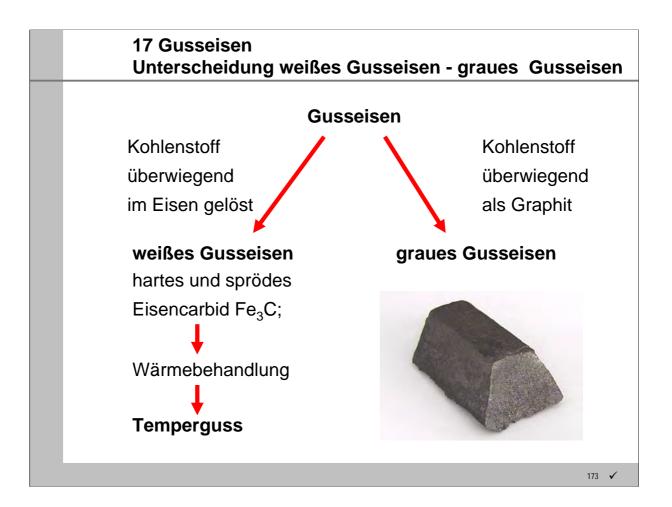




Gewicht: 850 g



172 🗸



Die Gusseisensorten können zunächst nach ihrer Bruchfläche beurteilt werden.

Wenn ein Gussstück sehr schnell abgekühlt wird oder die Legierung entsprechende Elemente enthält, die die Weißerstarrung fördern, wird der Kohlenstoff im Eisen als Fe₃C (Zementit) gebunden. Der Werkstoff wird als Weißes Gusseisen bezeichnet. Diese Bezeichnung leitet sich von der weißen Bruchfläche ab.

Zementit ist hart und spröde. Im Gusszustand ist dieser Werkstoff deshalb sehr spröde und wird wenig verwendet. Durch eine Wärmebehandlung, das wie z.B. das Tempern, kann Weißes Gusseisen in Temperguss umgewandelt (Fe₃C → in Fe und Graphit) werden.

Bei Schwarzem Temperguss wird der Kohlenstoff in "Temperkohleknoten" im Gefüge eingelagert.

Bei Weißem Temperguss verlässt der Kohlenstoff an der Gussstückoberfläche durch Diffusion den Werkstoff. Bei den heute zumeist verwendeten Gusseisensorten liegt ein Teil des Kohlenstoffs als Grafitausscheidung im Gefüge vor. Dadurch erscheint der Werkstoff an den Bruchflächen grau.

Diese Werkstoffgruppe heißt daher Graues Gusseisen

Für die Gießereitechnik hat die Ausscheidung von Kohlenstoff ganz besondere Bedeutung. Die Kristallisation des Kohlenstoffs gleicht einen Teil des Volumendefizits beim Übergang flüssig fest aus. Man spricht daher beim grauen Gusseisen auch von einer Selbstspeisung. (*)

17 Gusseisen Normung

Europäische Norm:

EN- GJ L - 200 1 2 3 4 5 6

Position

 Ω

• Europäische Norm

Gusseisen

Lamellengrafit

 Mindestzugfestigkeit 200N/mm² Position 1: Vorsilbe:

EN- für Europäische Norm

Position 2: Werkstoffart:

G = Gusswerkstoff J = Eisen (Iron) GJ für Gusseisen

Position 3: Grafitstruktur: L = Lamellengrafit

S = Kugelgrafit
M = Temperkohle
V = Vermiculargrafit
N = Grafitfrei
Y = Sonderstruktur

Position 4: ggf. Zeichen für Mikro- oder

Makrogefüge, hier nicht spezifiziert

Position 5: Allgemeines zu mech. oder chem.

Anforderungen, z.B.

200 = Mindestzugfestigkeit 200N/mm²

Position 6: Zusätzliche Anforderungen, hier nicht spezifiziert

174 🗸

Der Aufbau des Bezeichnungssystem nach DIN EN 1560 ist auf dem Bild erläutert.

Der dargestellte Werkstoff ist ein Gusseisen mit Lamellengrafit.

An Position 3 steht L für engl.: lamellar = lamellenförmig.

Position 4 ist nicht besetzt.

An Position 5 ist steht 200 für die Mindestzugfestigkeit von 200N/mm².

Position 6 ist nicht besetzt.

EN GL 100 ist trotz seiner geringen Mindestzugfestigkeit von 200 N/mm² ein verbreiteter Konstruktionswerkstoff. Aufgrund seiner hohen Dämpfung und guten Zerspanbarkeit wird er z. B. für Maschinenbetten verwendet.

(*)

Quellen: DIN Taschenbuch 454, Gießereiwesen 1 – Stahlguss und Gusseisen, Beuth Valag, Berlin 2004

17 Gusseisen Normung

Beispiele:

- EN G J M W 550 4 Europäische Norm
 - Gusswerkstoff
 - Gusseisen
 - Temperkohle
 - Weiß
 - Mindestzugfestigkeit 550 N/mm²
 - **Bruchdehnung 4% (Mindestwert)**

EN-G J S - 500 - 7

- Europäische Norm
- Gusseisen
- Kugelgrafit
- Mindestzugfestigkeit 500 N/mm²
- **Bruchdehnung 7% (Mindestwert)**

175 🗸

EN GJM₩ 550 4ist ein weißer Temperguss.

An Position 3 steht M für engl.: malleable; malleable = kalt verformbar deutet bereits darauf hin, dass es sich um einen verformbaren Werkstoff handelt.

Position 4 für Mikrostruktur oder Makrostruktur ist mit dem Zusatz w für engl.: white = weiß besetzt. Es handelt sich also um weiß erstarrtes Gusseisen, dass anschließend entkohlend geglüht wurde.

An Position 5 steht 550 für die Mindestzugfestigkeit von 550 N/mm².

An Position 6 steht 4 für eine Bruchdehnung von 4%. (Mindestwert)

EN GS 500 7ist ein Gusseisen mit Kugelgrafit.

An Position 3 steht S für engl.:spherodial = Kugelgrafit Position 4 ist nicht besetzt.

An Position 5 steht 500 für die Mindestzugfestigkeit von 500 N/mm².

An Position 6 steht 7 für eine Bruchdehnung von 7% (Mindestwert).

Statt der Bezeichnung Gusseisen mit Kugelgrafit ist in der Praxis auch der Begriff Sphäroguss weit verbreitet. Sphäroguss ist eine geschützte Markenbezeichnung der Metallgesellschaft AG. Frankfurt.

(*)

Quellen: DIN Taschenbuch 454 s.o.

17 Gusseisen Normung

Beispiele:

- EN G J M W 550 4 Europäische Norm
 - Gusswerkstoff
 - Gusseisen
 - Temperkohle
 - Weiß
 - Mindestzugfestigkeit 550 N/mm²
 - **Bruchdehnung 4% (Mindestwert)**

EN-G J S - 500 - 7

- Europäische Norm
- Gusseisen
- Kugelgrafit
- Mindestzugfestigkeit 500 N/mm²
- Bruchdehnung 7% (Mindestwert)

176 🗸

EN GJM₩ 550 4ist ein weißer Temperguss.

An Position 3 steht M für engl.: malleable; malleable = kalt verformbar deutet bereits darauf hin, dass es sich um einen verformbaren Werkstoff handelt.

Position 4 für Mikrostruktur oder Makrostruktur ist mit dem Zusatz w für engl.: white = weiß besetzt. Es handelt sich also um weiß erstarrtes Gusseisen, dass anschließend entkohlend geglüht wurde.

An Position 5 steht 550 für die Mindestzugfestigkeit von 550 N/mm².

An Position 6 steht 4 für eine Bruchdehnung von 4%. (Mindestwert)

EN GS 500 7ist ein Gusseisen mit Kugelgrafit.

An Position 3 steht S für engl.:spherodial = Kugelgrafit Position 4 ist nicht besetzt.

An Position 5 steht 500 für die Mindestzugfestigkeit von 500 N/mm².

An Position 6 steht 7 für eine Bruchdehnung von 7% (Mindestwert).

Statt der Bezeichnung Gusseisen mit Kugelgrafit ist in der Praxis auch der Begriff Sphäroguss weit verbreitet. Sphäroguss ist eine geschützte Markenbezeichnung der Metallgesellschaft AG. Frankfurt.

(*)

Quellen: DIN Taschenbuch 454 s.o.

17 Gusseisen Grafitformen im grauen Gusseisen

Lamellengrafit Vermiculargrafit Kugelgrafit ungeätzte Schliffbilder REM-Aufnahmen Vermiculargrafit Kugelgrafit Kugelgrafit Rugelgrafit Augelgrafit Rugelgrafit Rugelgrafit Augelgrafit Rugelgrafit Augelgrafit Augelgrafit Augelgrafit Augelgrafit Augelgrafit Augelgrafit Augelgrafit Augelgrafit Augelgrafit

Hier sind die drei charakteristischen Formen der Grafitausscheidung im Gusseisen zu sehen.

Die Bilder zeigen jeweils oben eine lichtmikroskopische Aufnahme und unten eine Aufnahme mit dem Rasterelektronenmikroskop.

Links ist ein Gusseisen mit Lamellengrafit abgebildet. Diese Werkstoffgruppe hat gute Festigkeit,

Dämpfungseigenschaften aber auch gute Wärmeleitfähigkeit.

In der Mitte ist ein Gusseisen mit Vermiculargrafit dargestellt. Dieser Werkstoff hat eine deutlich höhere Festigkeit als Gusseisen mit Lamellengrafit: er wird insbesondere bei Leichtbaukonstruktionen eingesetzt.

Rechts ist ein Gusseisen mit Kugelgrafit dargestellt. Dieser Werkstoff vereint hohe Festigkeiten mit – besonders bei den niedriger festen Werkstoffsorten – hohen Bruchdehnungen, er ist also duktil. Gusseisen mit Vermiculargrafit hat durch seine diese Kombination von Eigenschaften eine Bedeutung im Motorenbau.

177 🗸

Gusseisen mit Kugelgrafit hat durch sein duktiles Verhalten bei Überlast große Bedeutung erlangt. Im Fahrzeugbau ist Gusseisen mit Kugelgrafit z.B. für Teile für den Fahrwerksbereich sehr verbreitet.

17 Gusseisen GJL – Anwendungsbeispiele



Betten für Werkzeugmaschinen z.B.: Länge: bis 12 800 mm Gewicht: bis 52,5 t

> Großdieselmotor Gewicht: 92,6 t

> > 178 🗸

Quelle: MAN, Augsburg

Gusseisen mit Lamellengrafit ist ein sehr verbreiteter Konstruktionswerkstoff.

Gusseisen mit Lamellengrafit hat durch die Grafitlamellen gute Dämpfungseigenschaften und Wärmeleiteigenschaften. Daher wird er gerne für Maschinenbetten oder – gehäuse verwendet.

Grauguss ist zudem gut spanend zu bearbeiten. Durch den Grafit hat Grauguss gute Gleiteigenschaften.

Für den Konstrukteur ist wichtig, dass bei Grauguss die Druckfestigkeit mehr als das Dreifache beträgt wie die Zugfestigkeit.

Grauguss hat eine Bruchdehnung von nur etwa 0,3 bis 0,8 %.

17 Gusseisen GJL – Anwendungsbeispiele





Heizkesselglied



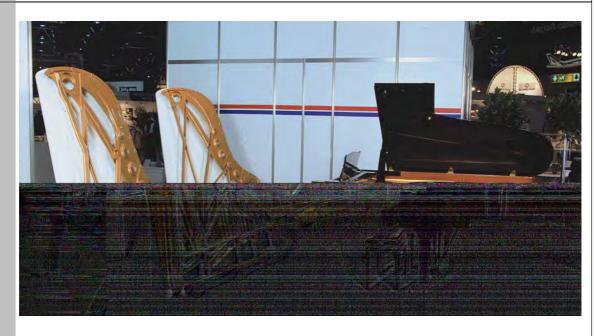
Quelle: Jürgensen Zylinderlaufbuchsen für Großmotoren

179 🗸

17 Gusseisen GJL – Anwendungsbeispiele

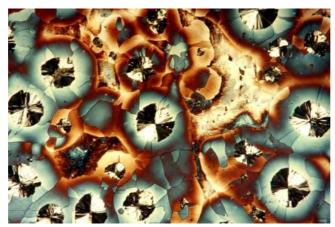






Stock-Guss, Neumünster Hermann Everken, Olsberg Rahmen für Konzertflügel

17 Gusseisen GJS Gusseisen mit Kugelgrafit



Zugfestigkeit 350 – 900 N/mm² Dehngrenze 220 – 600 N/mm²

Bruchdehnung 22 – 2 %

Härte 160 – 360 HBW

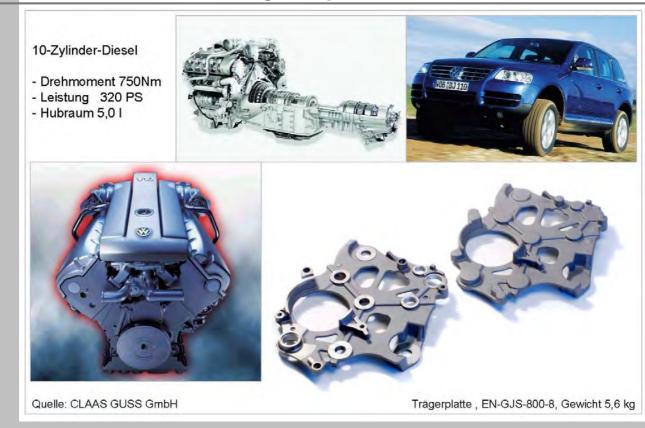
E-Modul 169 – 176 kN/mm²



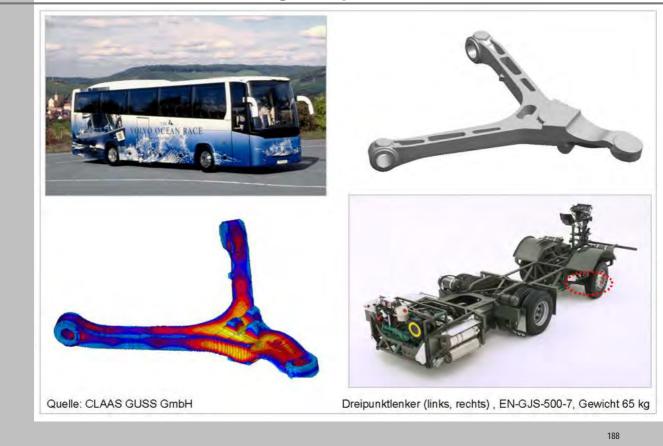
Lagergehäuse für Gasturbine

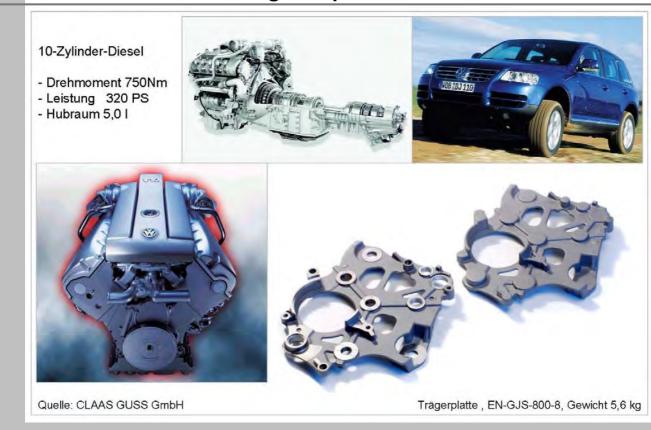


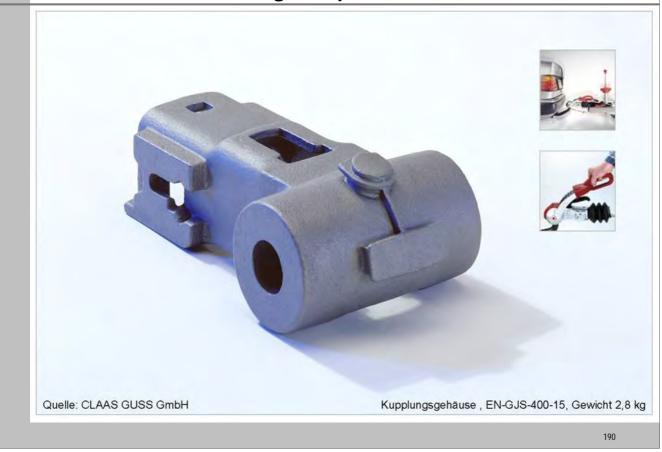
Rotornabe für Windkraftanlage







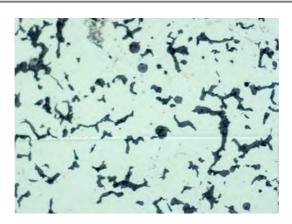






Kurbelwelle für PKW

17 Gusseisen GJV Gusseisen mit Vermiculargrafit

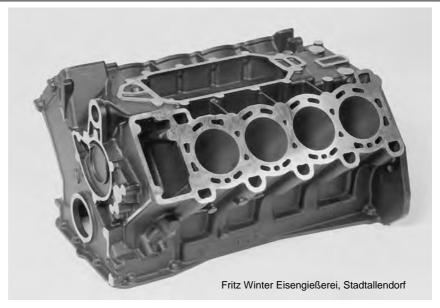


Zugfestigkeit 300 – 800 N/mm² Dehngrenze 200 – 320 N/mm² Bruchdehnung 10 – 1 %

Härte 150 – 320 HBW

E-Modul 140 – 180 kN/mm²

17 Gusseisen mit Vermiculargrafit GJV - Anwendungsbeispiele



Zylinder-Kurbelgehäuse für PKW



18 NE-Metall-Gusswerkstoffe



Im Kapitel NE Matall Gusswerkstoffe sollen nur einige ausgewählte Legierungssysteme behandelt werden. Es sei wiederum auf die Werkstoffkunde verwiesen. Hier geht es vor allem um die Vorstellung einiger gebräuchlicher Gusslegierungen und deren Verwendung.

18 NE-Metall-Gusswerkstoffe KFZ-Motor aus Aluminiumguss



V10-TDI-PD-Biturbo 313 PS bei 3.750 U/min Drehmoment 750 Nm bei 2.000 U/min

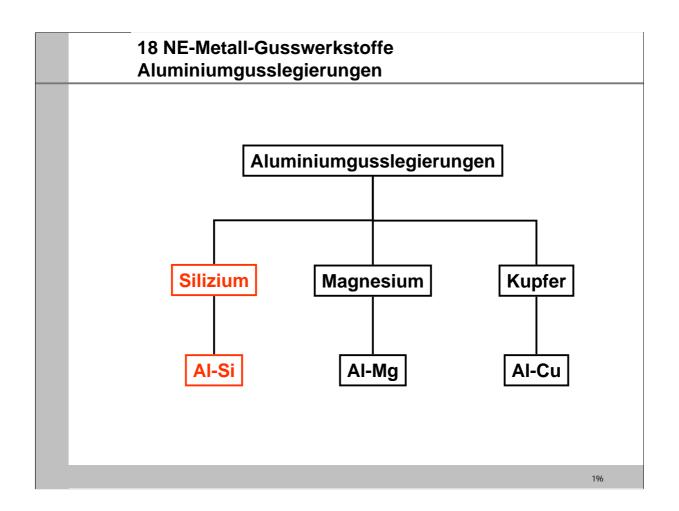
195

Aluminiumgusslegierungen sind heute nach den Eisenguss legierungen die zweitwichtigste Legierungsgruppe in der Gießereitechnik.

Dieses Bild zeigt eine typische Anwendung von Aluminiumlegierungen im Fahrzeugbau.

Der V8 TDI Motor für den Phaeton und den Touareg wird im Niederdruckgießverfahren aus Aluminium hergestellt.

Es gibt allerdings eine große Bandbreite von Aluminiumlegierungen, die in der Gießereitechnik verwendet werden.



Diese Aluminiumgusslegierungen lassen sich nach dem Hauptlegierungselement in die drei Hauptgruppen

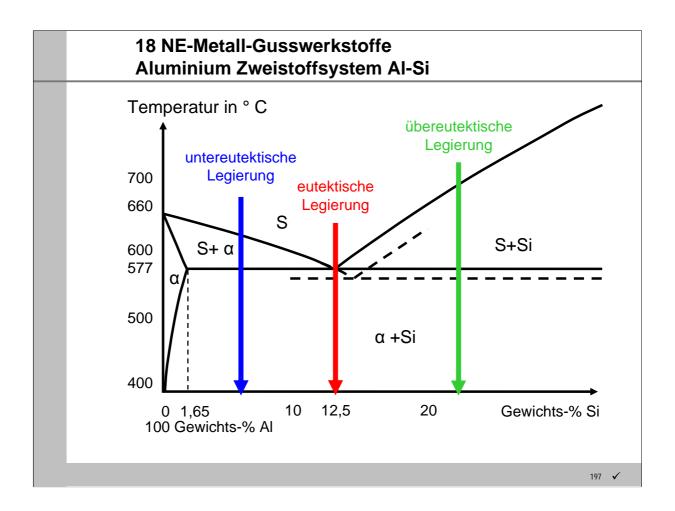
Ał \$

Ał Mg

Ał Cu

einteilen.

Am häufigsten verwendet wird die Legierungsgruppe Ał B



Dieses Bild zeigt das Zweistoffsystem Al \$

Auf der x Ahse sind nach rechts steigende Siliziumgehalte aufgetragen.

Wie das Zweistoffsystem zeigt, bilden Al und Si ein eutektisches System.

In Gebrauch sind untereutektische, eutektische und übereutektische Legierungen.

(*)

Je nach Bauteilanforderungen wird die benötigte Legierung ausgewählt.

Wie bereits bekannt, schwinden Metalle beim Erstarren.

Halbleiter hingegen dehnen sich beim Erstarren aus. Diese Eigenschaft macht man sich bei den Al \$ Legierungen zu Nutze.

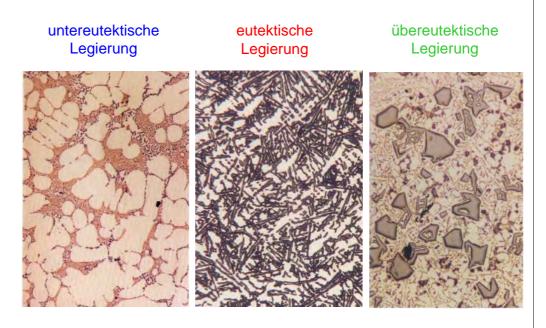
Die Erstarrungsschwindung des Al kann hierdurch teilweise kompensiert werden.

Silizium macht die Schmelze dünnflüssig und die Legierung gut gießbar.

Durch die Verwendung von Silizium in Al-Legierungen hat man also ähnliche Vorteile wie durch den Kohlenstoff im Eisenguss – wenn die Mechanismen auch ganz andere sind.

Diese Legierungen haben sehr unterschiedliche Gefügeausbildungen.

18 NE-Metall-Gusswerkstoffe Aluminiumschliffbilder



Quelle: Skan Aluminium, Solidification Characteristics of Aluminum Alloys

198 🗸

Hier sind drei Gefügeschliffe für die untereutektische, eutektische und übereutektische Al SLegierung zu sehen.

Links in der untereutektischen Legierung bilden sich zunächst die schön abgerundeten primären α Mischkristalle. In den Zwischenräumen erstarrt die Restschmelze im feinen Eutektikum.

Die eutektische Legierung in der Mitte ist komplett im Eutektikum erstarrt.

Die am meisten verbreitete Legierung ist die Recycling Legierung EN A Si9Cu3. Im Sprachgebrauch wird meist die Bezeichnung der Vereinigung Deutscher Schmelzhütten "Al 226" verwendet.

Bei der übereutektischen Legierung haben sich aus der Schmelze primäre Siliziumkristalle ausgeschieden. Diese sind scharfkantig und machen das Gefüge spröde aber auch verschleißfest.

Dieses Gefüge hat einen speziellen Anwendungsbereich, auf den in der nächsten Folie eingegangen wird.

Die Gefügestruktur kann sich bei verschiedenen

Abkühlgeschwindigkeiten und/oder mit verschiedenen

Mikrolegierungselementen immer etwas anders ausbilden als in diesen Beispielen.

18 NE-Metall-Gusswerkstoffe übereutektische Aluminiumlegierungen



Porsche Cayenne V8 Zylinderkurbelgeh. aus AlSi17Cu4Mg

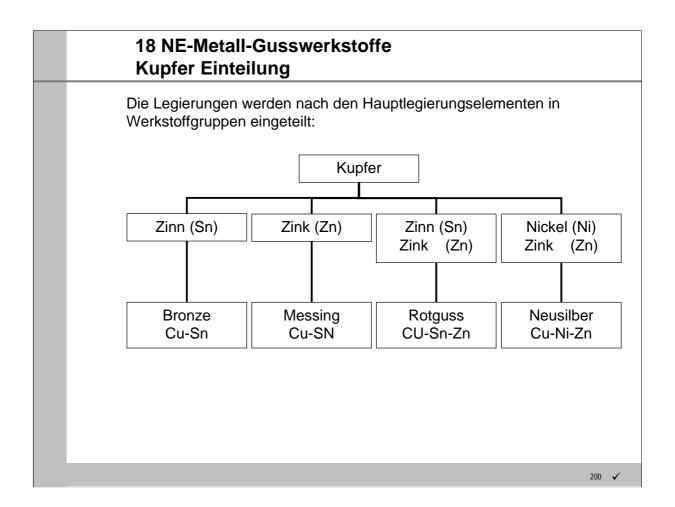


199 🗸

Hier ein Beispiel für den Einsatz der übereutektischen Al \$ Legierungen.

Durch die harten Si- Rimärkristalle kann der Porsche V8 Motor aus einem Al- Zlinderkurbelgehäuse ohne eingesetzte Laufbuchsen gefertigt werden.

Da die übereutektische AlSi14Cu4Mg Schmelze zur Entmischung neigt, wird sie im Niederdruck Geßverfahren vergossen. In einem speziellen Prozess werden anschließend die Siliziumkristalle freigelegt und ergeben nach der Endbearbeitung die Lauffläche.



Kupferlegierungen haben Ihre industrielle Bedeutung vor allem durch ihre gute elektrische Leitfähigkeit. Hier wird möglichst reines Kupfer verwendet.

Bei Gussteilen spielt oft die gute Korrosionsbeständigkeit eine große Rolle.

Kupfer Zhn-Legierungen heißen Bronze. Kupfer Zhk Legierungen heißen Messing.

Für seewasserbeständige Teile, z. B. Schiffspropeller, werden Bronze und Messinggusslegierungen eingesetzt.

Die Gehalte der Legierungselemente sind bei Messing höher als bei Bronze, z. B. CuZn15 oder CuZn37.

Dies wird an den folgenden Zweistoffsystemen deutlich.

Wasserarmaturen sind bis heute aus Messing im Sanitärbereich oder aus Rotguss, wie viele Kellerarmaturen (Cu Sì ZhLegierung).

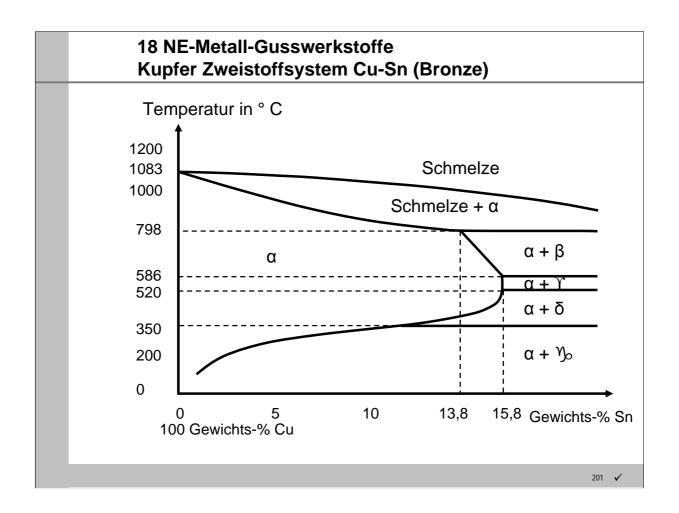
Messingarmaturen im Sanitärbereich werden heute meist mit einem galvanischen Überzug versehen. Dem Benutzer bleibt der wahre Werkstoff meist verborgen.

Viele weitere Kupferlegierungen sind in Gebrauch.

Kupfer bildet mit Säuren eine dichte Patinaoberfläche, oft als Grünspan bezeichnet.

Bronzeguss nach dem Wachsausschmelzverfahren ist seit der Bronzezeit bekannt.

Mit verschiedenen Ätztechniken werden heute dekorative Farbeffekte auf Kunstguss oder kunstgewerblichem Guss aus Bronze eingestellt.



Legierungen mit über 60% Cu und im Rest nicht überwiegend Zinn heißen Bronze.

Legierungen mit einem hohen Anteil an Al, Pb oder Ni werden als Aluminiumbronze, Bleibronze und Nickelbronze bezeichnet.

Bei Gussstücken aus Zinnbronze wird ein Gefüge aus α und δ- Michkristall angestrebt. Der harte und korrosionsbeständige δ- Mistall entsteht bei schneller Abkühlung schon bei geringeren Gehalten als im hier dargestellten Gleichgewichtszustand.

Technisch von Bedeutung sind heute Legierungen von 9 bis 13% Sn. Glockenbronzen haben bis 20% Sn. (*)

18 NE-Metall-Gusswerkstoffe Pumpenlaufrad aus Bronze- geschnitten



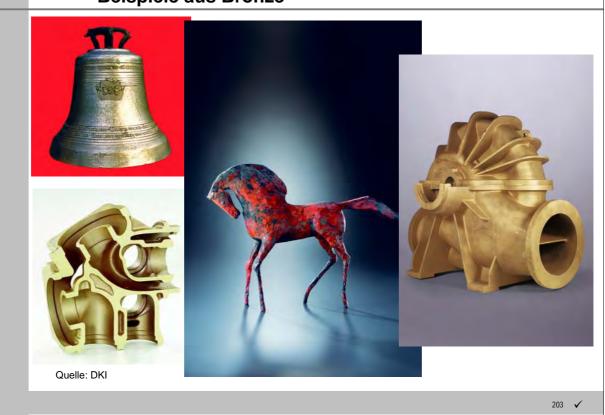
Legierungen mit über 60% Cu und im Rest nicht überwiegend Zinn heißen Bronze.

Legierungen mit einem hohen Anteil an Al, Pb oder Ni werden als Aluminiumbronze, Bleibronze und Nickelbronze bezeichnet.

Bei Gussstücken aus Zinnbronze wird ein Gefüge aus α und δ- Michkristall angestrebt. Der harte und korrosionsbeständige δ- Mistall entsteht bei schneller Abkühlung schon bei geringeren Gehalten als im hier dargestellten Gleichgewichtszustand.

Technisch von Bedeutung sind heute Legierungen von 9 bis 13% Sn. Glockenbronzen haben bis 20% Sn.

18 NE-Metall-Gusswerkstoffe Beispiele aus Bronze

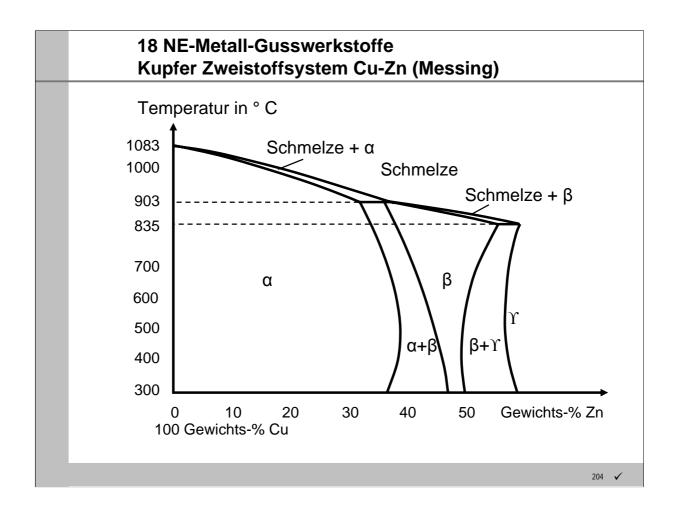


Legierungen mit über 60% Cu und im Rest nicht überwiegend Zinn heißen Bronze.

Legierungen mit einem hohen Anteil an Al, Pb oder Ni werden als Aluminiumbronze, Bleibronze und Nickelbronze bezeichnet.

Bei Gussstücken aus Zinnbronze wird ein Gefüge aus α und δ - Michkristall angestrebt. Der harte und korrosionsbeständige δ - Mistall entsteht bei schneller Abkühlung schon bei geringeren Gehalten als im hier dargestellten Gleichgewichtszustand.

Technisch von Bedeutung sind heute Legierungen von 9 bis 13% Sn. Glockenbronzen haben bis 20% Sn.

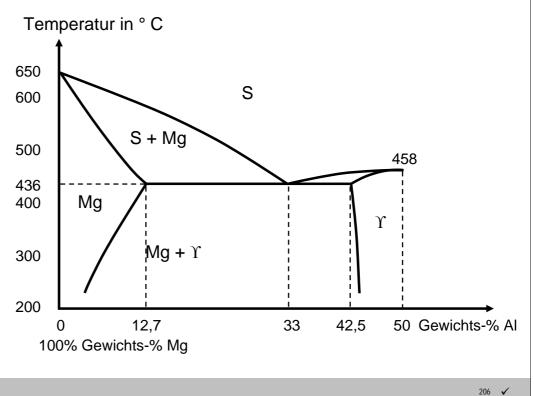


Kupferlegierungen mit mindestens 50%Cu und als Hauptlegierungsbestandteil Zink heißen Messing. Das Zweistoffsystem zeigt die Aufeinanderfolge von mehreren Mischkristallen.

Bei den technisch verwendeten Legierungen ist eine Mischung aus α und β Michkristall erwünscht. Der Υ Mischkristall dagegen wirkt stark versprödend.







Magnesium zeichnet sich vor allem durch seine geringe Dichte von nur 1,74 g/cm³ aus. Mit einer Schmelztemperatur von 650°C liegt es nahe am Aluminium mit 660°C.

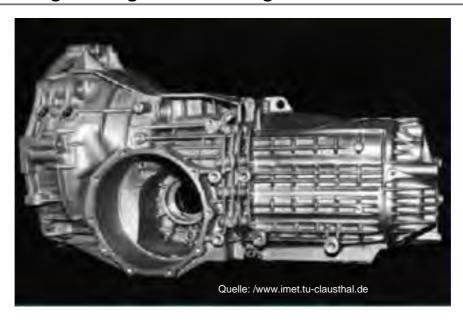
Die Kristallstruktur von Magnesium ist hexagonal dichtest gepackt.

Sein wichtigstes Legierungselement ist Aluminium. Es erhöht die Zugfestigkeit, Bruchdehnung und Härte.

Da Magnesium eine starke Affinität zu Sauerstoff hat, muss die Schmelze durch eine Badabdeckung (Abdecksalze) oder in einem Schutzgasofen vor der Umgebungsluft geschützt werden.

Magnesium wird heute aufgrund der Forderung nach Leichtbau zunehmend im Kfz-Bau eingesetzt.

18 NE-Metall-Gusswerkstoffe Magnesiumguss - Getriebegehäuse



Getriebegehäuse Audi A6, Mg-Druckguss

207 🗸

Bereits der Motorblock und das Getriebegehäuse des VW Käfer waren aus Magnesium.

18 NE-Metall-Gusswerkstoffe Zink-Druckguss



Kleinteile, fertig gegossen



Unterputz-Antennensteckdose, komplett gegossen daher bessere elektrische Abschirmung als herkömmliche Steckdosen

208

18 NE-Metall-Gusswerkstoffe Titanbasis



Biokompatibel in der Medizintechnik: Hüftgelenk und Oberschenkelhals aus GF-TiAl6V4



Leicht und hoch belastbar im Automobil-Rennsport: GF-TiAl6V4

Quelle: Tital

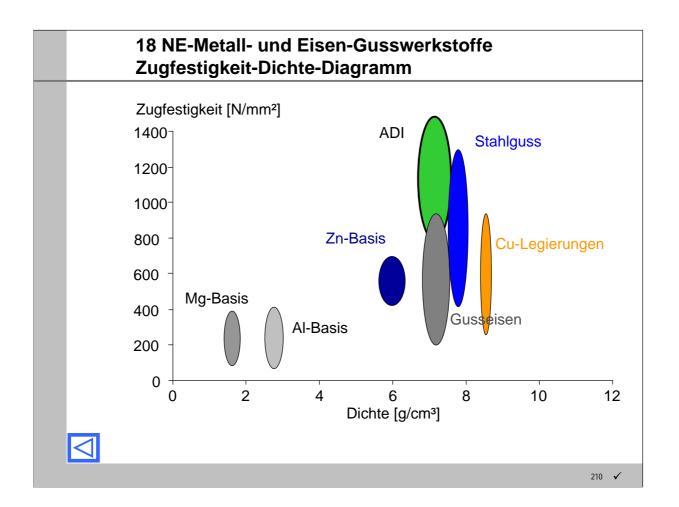
209 🗸

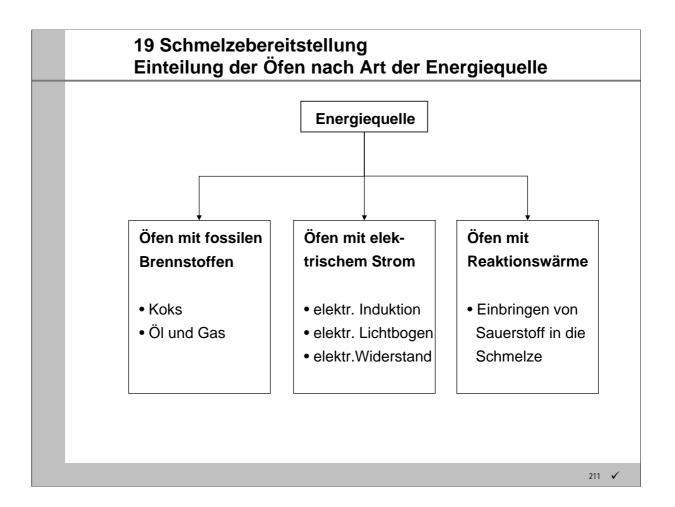
Titan und Titan Legierungen weisen eine ausgezeichnete Verträglichkeit mit dem menschlichen Gewebe auf. Sie bieten sich daher als Werkstoff für Implantate an.

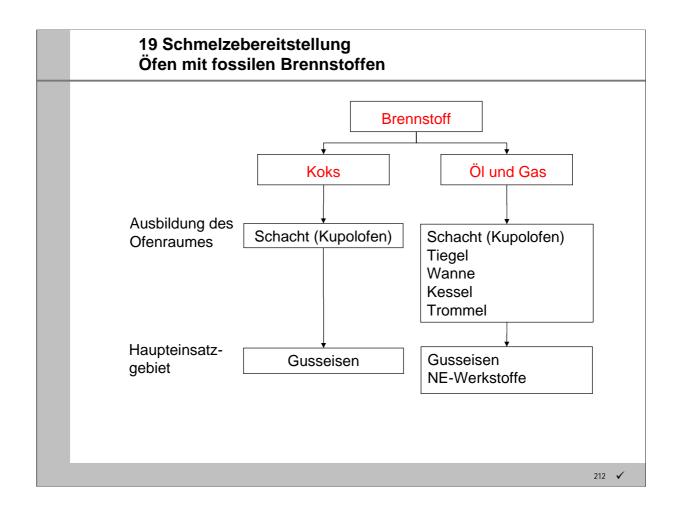
Oberschenkelhalsprotesen für die Verankerung mit oder ohne Knochenzement werden im Feingießverfahren hergestellt. Verwendet wird üblicherweise der Werkstoff G- TAI6V4. Auch kleine, eng tolerierte Gehäuse für Aortenklappen sind herstellbar.

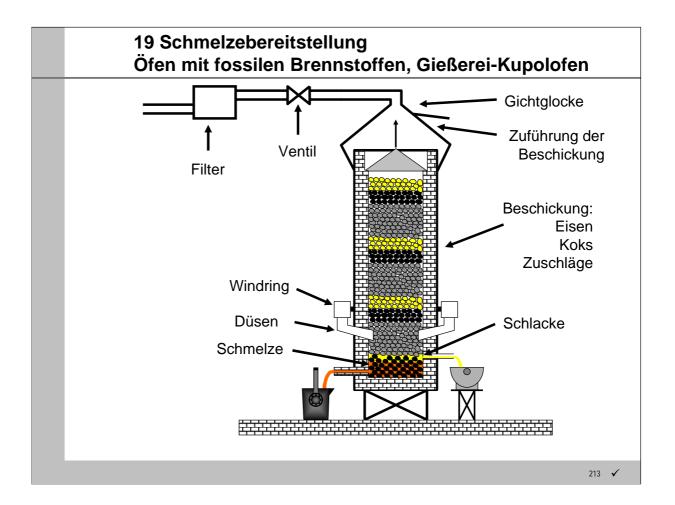
Die einwandfreie Fertigung der nur ca. 1 mm dicken Haltestifte für Aortenklappen ist nur im Schleudergiessverfahren möglich.

Auch für Teile, die ebenfalls leicht, aber gleichzeitig mechanisch höher belastbar sein sollen, stehen dem Konstrukteur Gussteile aus hochfesten Titan Legierungen zur Verfügung. Im Automobilbau z. B. werden die Gewichtsvorteile solcher Bauteile zum Verbessern des Leistungsgewichts von Renn und Sportwagen benutzt, wobei Feingussteile aus GF IAI6V4 eingesetzt werden. Sie können durch Oberflächenbehandlung aufgehärtet und dadurch verschleißfester gemacht werden. (Quelle: Tital)









Der klassische Ofen zum Bereitstellen großer Mengen von Gusseisen ist der Kupolofen oder Gießerei Schachtofen.

Der Kupolofen ist ein Aggregat zur Herstellung von Gusseisen Schmelzen.

Das Prinzip ist ähnlich wie beim Hochofen zur Roheisenerzeugung. Der Kupolofen wird aber nicht mit Eisenerz, sondern mit Eisen, Zuschlägen (Schlackebildnern) und Koks beschickt.

Die Zusammensetzung dieser Beschickung heißt in der Fachsprache Gattierung.

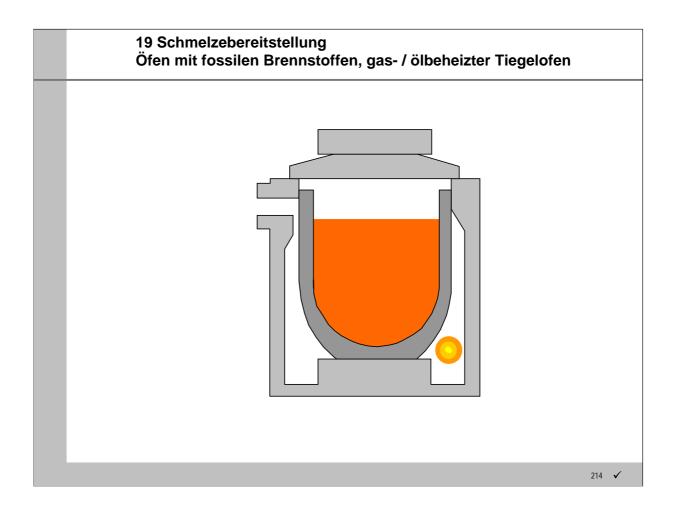
Durch die Luftzufuhr im Windring kann die Produktionsmenge des Ofens geregelt werden.

Um eine Vorstellung von der Leistungsfähigkeit dieser Aggregate zu bekommen: Der 2002 beim Eisenwerk Brühl installierte Ofen liefert im Normalbetrieb ca. 75 Tonnen Gusseisen pro Stunde!

(Quelle: Schmelztiegel 3/2002)

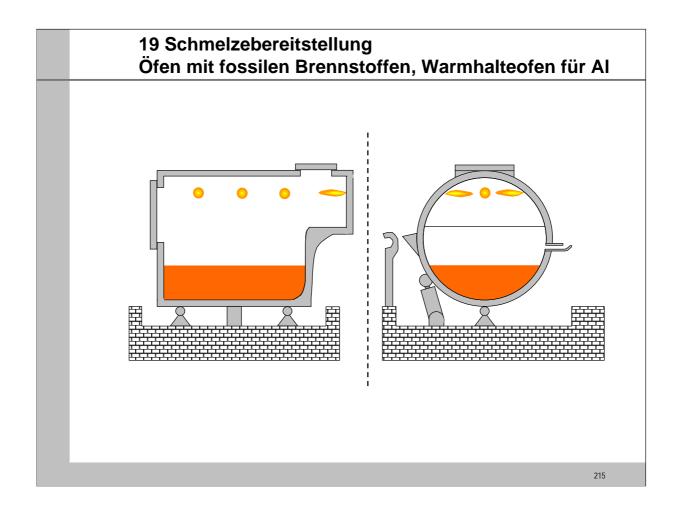
Der Nachteil dieses Ofens ist, dass man nach der Beschickung im Ofen die Qualität der erzeugten Schmelze nur noch wenig beeinflussen kann.

Daher werden Schmelzen aus dem Kupolofen bei Bedarf in elektrisch beheizten Öfen metallurgisch weiterbehandelt.



Der gasbeheizte Tiegelofen ist im Vergleich zum Kupolofen ein kleines Aggregat. Dieser Ofentyp ist eher für die Bereitstellung von kleinen Schmelzemengen geeignet. Brennstoff und Schmelze kommen nicht miteinander in Berührung.

Es ist also einfacher als beim Kupolofen, die Parameter der Schmelze zu steuern.

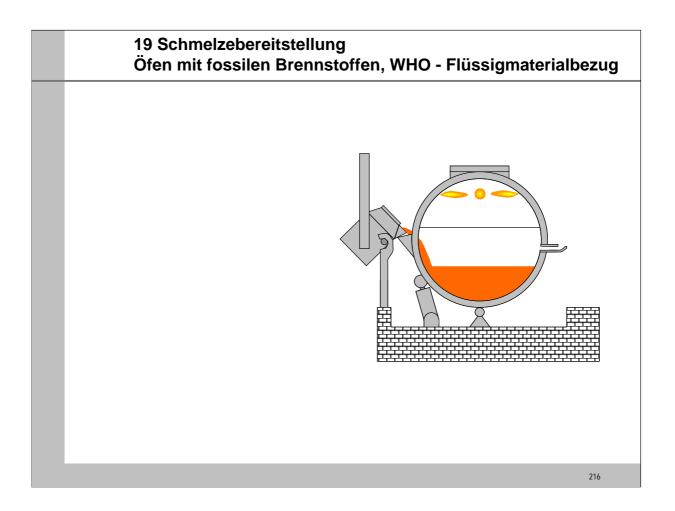


Ein weit verbreiteter Ofentyp in Aluminiumgießereien ist der Warmhalteofen mit Schmelzbrücke.

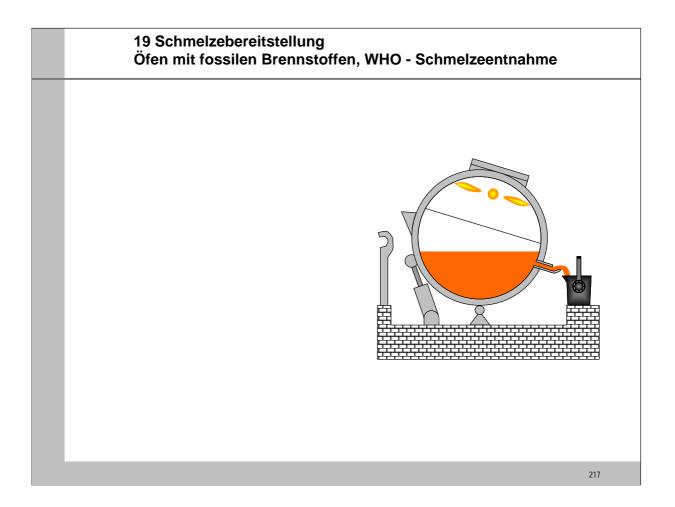
Er ist speziell für den Bedarf von Aluminiumgießereien konstruiert.

Der größte Teil des Aluminiums wird in Thermobehältern per LKW von separaten Schmelzwerken angeliefert.

Die Befüllung dieses Ofens ist im Folgenden animiert.



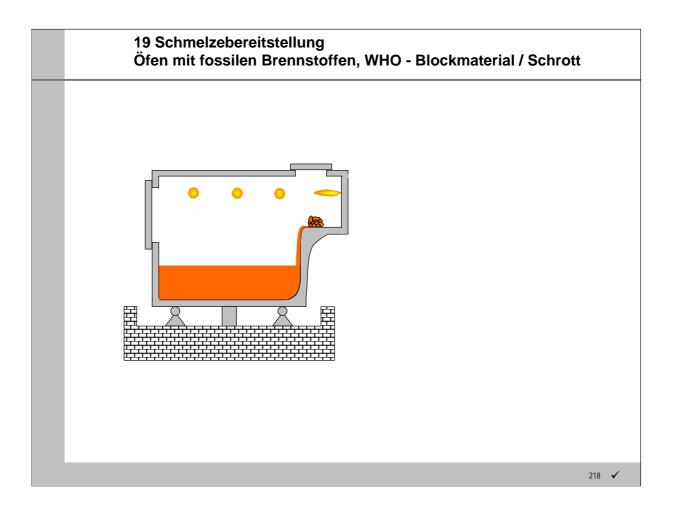
Zur Entnahme von Schmelze in eine Transportpfanne wird der gesamte Ofen gekippt.



Der in der Gießerei anfallende Kreislauf Schrott soll natürlich nicht zum Schmelzwerk zurücktransportiert, sondern in der Gießerei wieder eingeschmolzen werden.

Durch das Einschmelzen des Schrottes soll aber die Lieferfähigkeit des Ofens nicht für längere Zeit unterbrochen werden.

Der Schrott wird daher nicht in die Schmelze geworfen, sondern auf die Schmelzbrücke eingebracht.

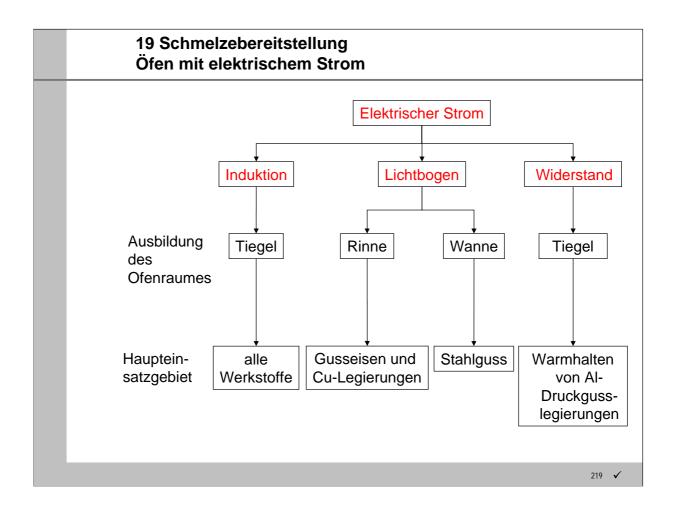


Die Schmelzetemperatur des Aluminiums liegt je nach Legierung und Gießverfahren um 700°C.

Die Ofenwände haben aber eine Temperatur von ca. 1100 1200°C.

Die Heizwirkung auf der Schmelzbrücke durch Strahlung und direkten Kontakt mit den Brenngasen ist also weit höher, als sie auf dem Grund der Schmelze wäre. Die Bauformen von Öfen mit fossilen Brennstoffen sind weit vielfältiger. Dies würde den Rahmen der "Gießereitechnik für Ingenieure" jedoch sprengen.

Hier sollen als nächstes einige Öfen, die mit elektrischem Strom beheizt werden, vorgestellt werden.



Die grundsätzliche Unterscheidung der Elektroöfen geschieht nach dem Prinzip der Energieübertragung.

Mit Induktion werden alle Metalle geschmolzen.

Lichtbogenöfen sind meist große Schmelzaggregate.

Als Ofen mit elektrischem Widerstand soll ein Dosierofen für Aluminium vorgestellt werden.

19 Schmelzebereitstellung Öfen mit elektrischem Strom, Induktions-Tiegelofen Primär-spule spule wasser-gekühltes Kupferrohr Im Tiegel ABB

Hier ist ein typischer Induktions Tiegelofen gezeigt.

Der Tiegel kann fest in den Ofen eingemauert oder herausnehmbar sein, auf jeden Fall darf der Tiegel nicht elektromagnetisch ankoppeln.

In der Ofenwand läuft eine Ringspule um den Tiegel herum. Durch elektromagnetische Induktion bildet sich im Einsatzmaterial und anschließend in der Schmelze eine Sekundärspule mit entgegengesetztem Drehsinn aus. In dieser Sekundärspule fließt Stom und durch dessen Widerstand in der Schmelze wird nach dem Ohmschen Gesetz Wärme frei.

In der Schmelze wird durch die Induktion eine Konvektionswalze erzeugt. Durch diese Konvektion erhält die Badoberfläche bei eingeschalteter Spule die typische Meniskusform. Zum Entleeren des Ofens wird die Induktion ausgeschaltet. Der Meniskus bricht zusammen. Im Falle eines eingemauerten Tiegels – wie hier gezeigt – wird zum Ausleeren der ganze Ofen gekippt.

(*) (Animation)

Ein eingesetzter Tiegel, z. B. aus Tongrafit, würde aus dem Ofen herausgenommen und mit einem Handgießgestell vergossen.

Kleinere Schmelzemengen werden mit einem Gießlöffel aus der Schmelze entnommen.

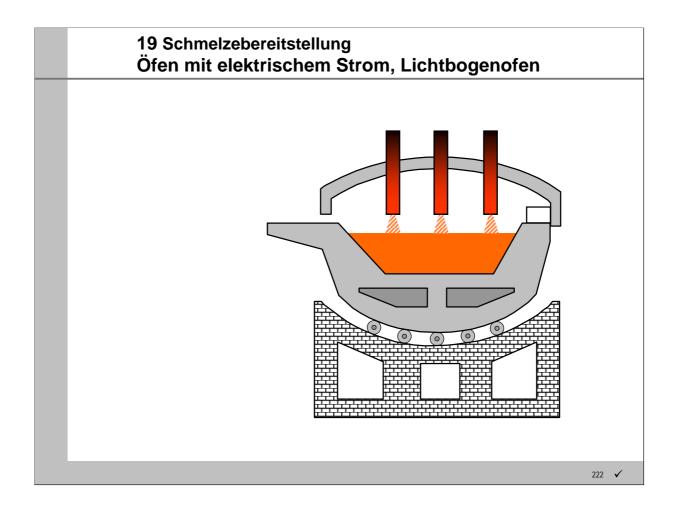
Je nach Ofengröße und Anwendungsfall werden die Öfen mit Hochfrequenz, Netzfrequenz oder mit Mittelfrequenz betrieben

Das Foto rechts zeigt einen großen Mittelfrequenz Induktionsofen, aus dem gerade Eisenschmelze in eine Transportpfanne gefüllt wird. (*)

19 Schmelzebereitstellung Öfen mit elektrischem Strom, Rinnenofen Schmelzgut im Tiegel Eisenkern Schmelzgut in der Rinne

Diese Folie zeigt einen Induktions Rinnenofen. Dieser Ofentyp findet vor allem als Großaggregat zum Schmelzen von Eisenlegierungen Anwendung.

Im Rinnenofen darf die Schmelze nie einfrieren. Es muss immer ein Schmelzesumpf in der Rinne zurückbleiben.

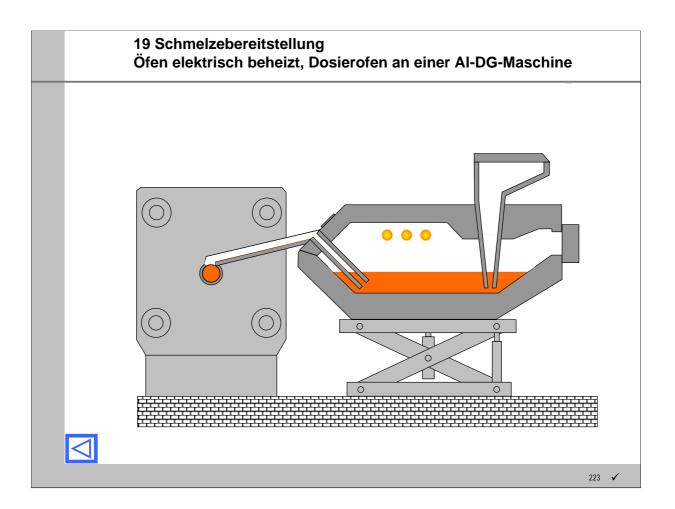


Auch der Elektrolichtbogenofen ist ein Großaggregat zum Erschmelzen vor allem von Eisenlegierungen.

Die Wärme wird nach dem gleichen Prinzip wie beim Elektroschweißen im Lichtbogen frei.

In den Elektrostahlwerken wird in großen Lichtbogenöfen der Schrott niedergeschmolzen, bevor in Induktiontiegelsöfen die neue Stahllegierung eingestellt wird.

Große Elektrolichtbogenöfen verbrauchen so viel Strom wie eine mittlere Stadt.



Diese Folie zeigt einen Dosierofen an einer Kaltkammer Duckgießmaschine. Der Ofen wird über drei Heizstäbe beheizt, die unter der Ofendecke eingebaut sind.

Der Ofen wird mit vorgeschmolzenem Flüssigmaterial versorgt.

Zum Dosieren wird der Ofenraum unter Druck gesetzt. Die Schmelze wird durch ein Steigrohr nach oben verrdängt und gelangt über die Zuführrinne in die Druckgießmaschine. Dieser Ofentyp ist in Aluminiumgießereien weit verbreitet, weil der Gießzyklus weitgehend automatisch abläuft.

20 Prozesssimulation in der Gießerei Outlien: HegerGuss, ABB

Vor der Herstellung eines Gussteils steht immer die Fertigung eines Modells und typischerweise einer Form.

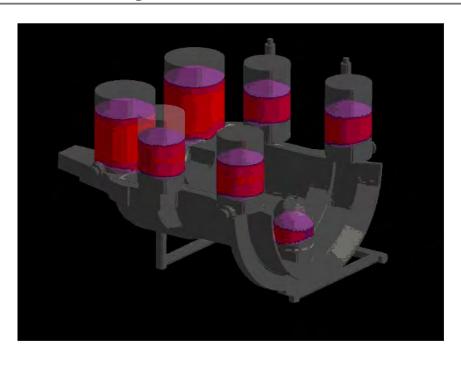
Bis zum ersten Guss sind beispielsweise für ein Druckgießwerkzeug schnell einige zigtausend Euro notwendig.

Der Gießer möchte also gerne vorher wissen, ob das Teil, so wie es konstruiert ist, gegossen werden kann. Er möchte wissen, ob das Anschnittsystem richtig dimensioniert ist und ob die vorgesehenen Speisungsmöglichkeiten ausreichen.

Mit Gießsimulationsprogrammen wurde hierfür in den letzten 20 Jahren die Grundlage geschaffen.

Mit den Methoden der finiten Elemente oder der finiten Differenzen werden Näherungslösungen für die Strömungs und Wärmeleitungsgleichungen berechnet. Eine kleine Auswahl dieser Berechnunsmöglichkeiten soll in diesem Kapitel vorgestellt werden.

20 Formfüllungs- und Erstarrungssimulation Schwerkraftgießen



225 🗸

Dieses Bild zeigt ein Gehäusebauteil kurz nach Beginn der Formfüllung.

Auf Mausklick laufen weitere Momentaufnahmen der Formfüllung und der Erstarrung ab.

(*)

Nur die flüssigen Bereiche sind farbig dargestellt.

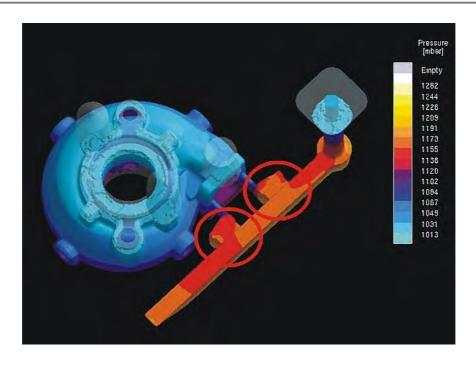
Man erkennt, wie die Schmelze von unten steigend die Form ausfüllt.

Dann kühlt das Bauteil von außen nach innen und von geringen Wanddicken zu großen Wanddicken ab. Am Schluss der Animation sind die Speiser noch flüssig und das Bauteil ist zu den Speisern hin, wie gewünscht, erstarrt.

Es ist also gelungen, eine gerichtete Erstarrung nachzuweisen.

Das Gussstück kann mit diesem Anschnitt und Speisersystem ohne die Gefahr einer Lunkerbildung gegossen werden.

20 Formfüllungs- und Erstarrungssimulation Anschnittsystem optimieren



226 🗸

Diese Folie zeigt die Auslegung eines Anschnittsystems.

Die Skala zeigt die Druckverteilung in der Schmelze.

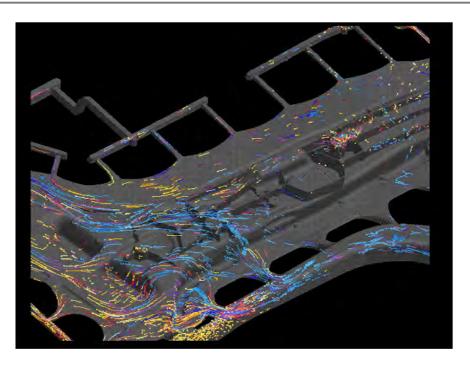
In den Anschnitten sind- hier nicht sichtbare- Filter eingebracht.

Der Druckabfall an diesen Filtern ist deutlich zu erkennen.

Die Folge dieses Druckstaues ist, dass sich die Schmelze bis in den Eingusstrichter zurückstaut. Man erkennt gut den mit Schmelze gefüllten Trichter.

Dieser Rückstau ist erwünscht. So wird keine Umgebungsluft mit in die Form gerissen.

20 Formfüllungs- und Erstarrungssimulation Strömungsmuster während der Formfüllung



227 ✓

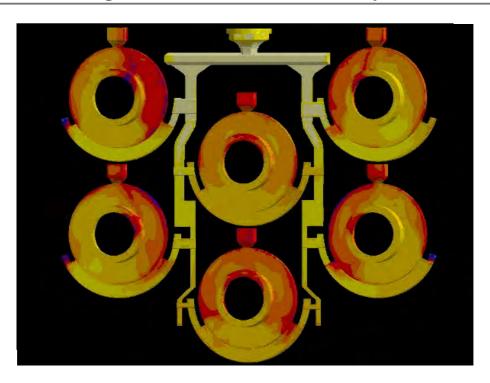
Diese Simulation zeigt ein Strömungsmuster während der Formfüllung eines dünnwandigen Druckgussbauteils.

(*)

Es ist gut zu erkennen, dass es in dieser Simulation nicht zu Rückströmungen oder Verwirbelungen der Schmelze im Bauteil kommt.

Diese Simulation bildet die reale Formfüllung zwar sicher nicht 1:1 ab. Sie zeigt aber die Strömungsverhältnisse und- richtungen sowie Turbulenzen und ist damit ein Optimierungswerkzeug zur Auslegung von Anschnittsystemen.

20 Formfüllungs- und Erstarrungssimulation Bauteileigenschaften einstellen - Gießsystem 1



228 🗸

Diese Animation zeigt die Formfüllung einer Gießtraube mit sechs Bremsscheiben.

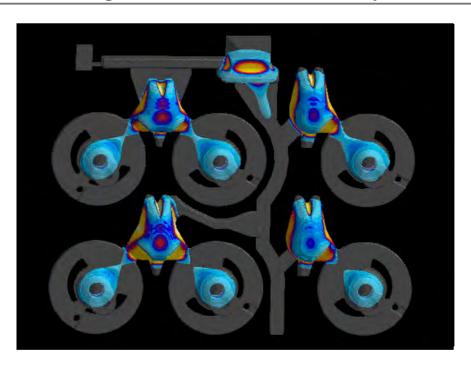
(*)

An der Einfärbung der Bauteile ist zu erkennen, dass in den geometrisch gleichen Bauteilen verschiedene Temperaturen vorliegen.

Dies führt zu verschiedenen Gefügebestandteilen, je nachdem an welcher Position im Gießsystem ein Bauteil gegossen worden ist.

Mit der Erstarrungssimulation lässt sich dieser Effekt zeigen. So können ggf. gießtechnische Maßnahmen ergriffen werden.

20 Formfüllungs- und Erstarrungssimulation Bauteileigenschaften einstellen - Gießsystem 2



229 🗸

Diese Animation zeigt die Erstarrung von sechs Scheiben mit einem veränderten Gießsystem.

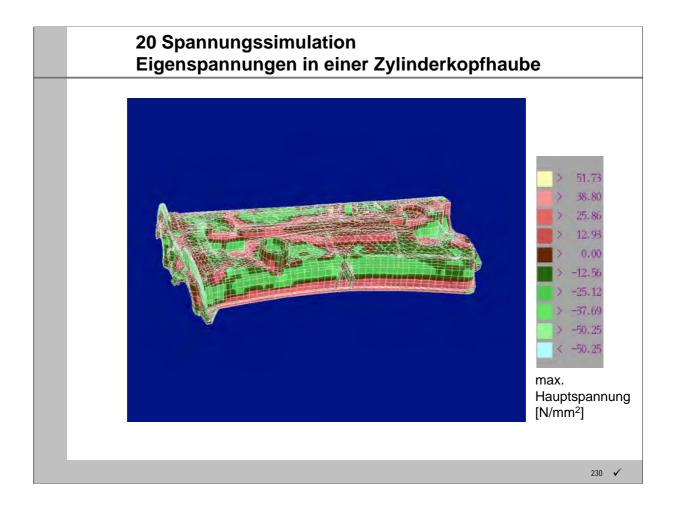
(*)

Die Blickrichtung ist hier von oben auf die Form. Es ist gut zu erkennen, dass alle Scheiben gleich abkühlen.

An dieser Stelle soll erwähnt werden, dass die Gießsimulation immer nur eine Abbildung der Realität über Ähnlichkeitsgesetze ist. Die Simulation kann also nie besser sein als die Gleichungen für die Näherungslösungen, die das Programm löst. Hinzu kommen die Stoffwerte, die in der Realität von den Werten abweichen, mit denen die Simulation in idealisierter Form rechnet.

Trotz dieser Randbedingungen sind Simulationen zu einem unverzichtbaren Hilfsmittel der modernen Gießereitechnik geworden.

Mit den immer schnelleren Rechnern sind die Rechenzeiten für die Simulationen deutlich kürzer geworden bzw. es können höhere Auflösungen simuliert werden.



Diese Animation zeigt Spannungen und Verzüge einer Zylinderkopfhaube beim Abkühlen nach der Erstarrung.

Der Verzug ist 20 fach überzeichnet.

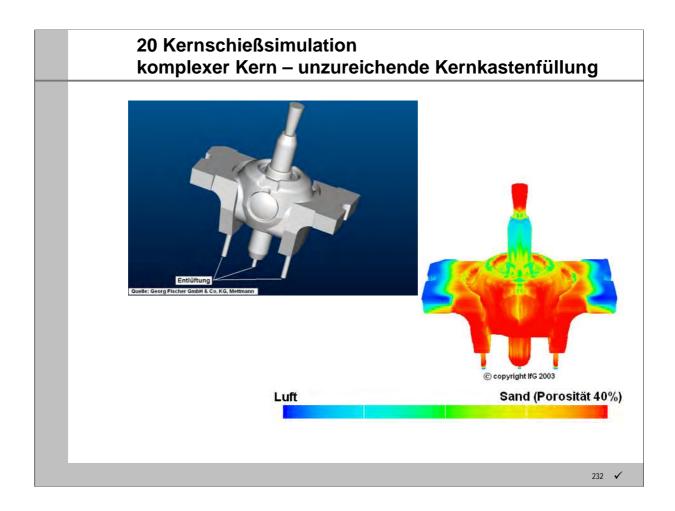
(*)

Es ist gut zu erkennen, dass die rot dargestellten Zugspannungen unten und die grün dargestellten Druckspannungen oben zum Verzug des Bauteils geführt haben.

20 Kernschießsimulation Versuch und Simulation **The Company of the Process of

Diese Simulation zeigt das Füllen eines Kernkastens mit dem Formstoff.

Zur Simulation des Füllvorganges im Kernkasten eignet sich das Modell einer Zweiphasenströmung am besten. Die zwei Phasen sind die Schießluft als gasförmige Phase und der Sand als feste Phase.

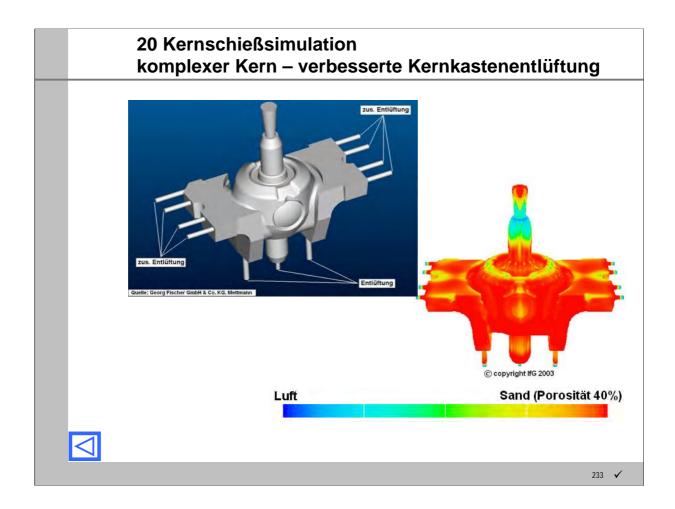


Hier sind die Konstruktionszeichnung eines realen Kernes und das zugehörige Simulationsergebnis zu sehen.

Orange bis rot eingefärbte Bereiche sind gut gefüllt. Die blauen Bereiche des Kernes sind nicht gefüllt worden.

Wie kann man nun die Füllung des Kernkastens verbessern, ohne die Geometrie des Kernes zu verändern.

Es liegt nahe, in den nicht gefüllten Bereichen zusätzliche Entlüftungen anzubringen. So wird ein Teil der Strömung in die seitlichen Teile des Kernkastens abgeleitet.



Hier ist der so veränderte Kern zu sehen. Das Volumen ist jetzt gleichmäßig mit etwa 60% Sand aufgefüllt.

In einem weiteren Simulationsschritt könnte nun die Begasung des Kerns, wie sie beim Cold Box Verfahren üblich ist, als Einphasenströmung gerechnet werden.

21 Zahlen zur Gießereiindustrie Gießen ist Recycling

Gussteile aus Eisengusswerkstoffen entstehen zu 90 % aus Schrott

Gussteile aus Aluminiumgusswerkstoffen entstehen zu 85 % aus Schrott

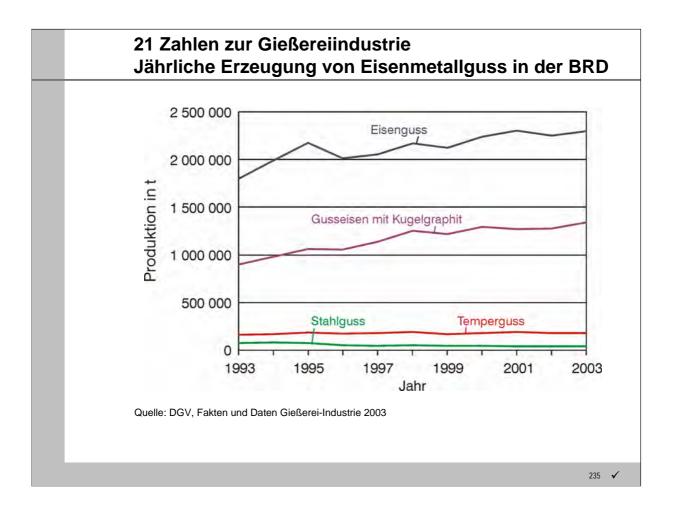


234 🗸

Alle metallischen Werkstoffe und hier besonders die Gussteile werden heute bereits zu einem großen Teil nach Beendigung ihres Lebenszyklusses sortenrein demontiert und wieder eingeschmolzen. Man spricht dann von den Sekundärmetallen die in den Umschmelzwerken hergestellt werden.

Bei Aluminium wird der Anteil sicher noch steigen. Obwohl die Menge des im Umlauf befindlichen Primär und Sekundäraluminiums ständig ansteigt, kann der Bedarf an Sekundärlegierungen für Gussteile nicht ganz abgedeckt werden.

Schrott ist ein wichtiger Rohstoff und Energieträger zugleich: Z. B. wird Aluminium Primärmetall unter großem Energieeinsatz aus Bauxid gewonnen, für das Aluminium Sekundärmetall benötigt man nur etwa 8% dieser Energiemenge.



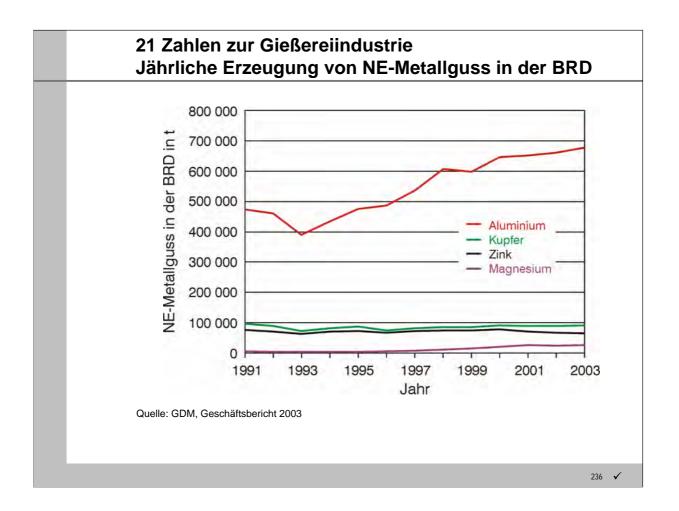
Die Erzeugung von Eisenmetallguss in Deutschland bewegt sich auf hohem Niveau mit geringen aber stetigen Zuwachsraten.

Unter Eisenguss versteht die Industriestatistik alle Graugussorten. Sie machen nach wie vor das größte Volumen aus.

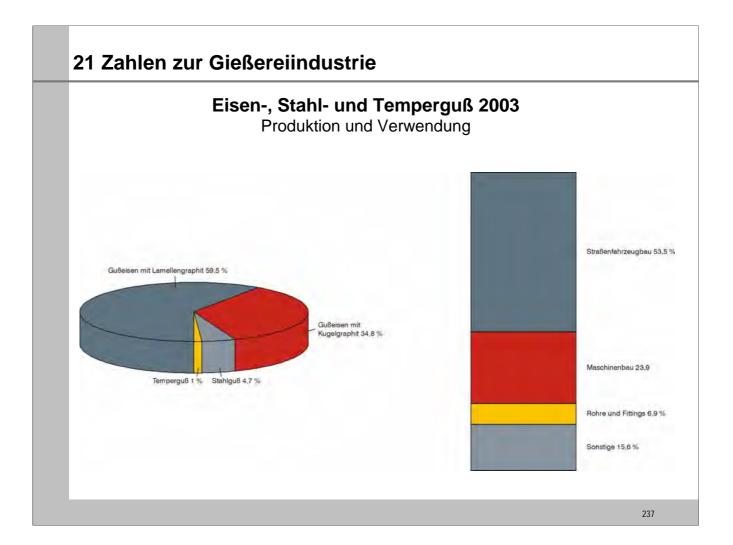
Temperguss, der früher von hoher Bedeutung war, ist fast vollständig von Grauguss mit Kugelgrafit abgelöst worden.

Stahlguss ist im Vergleich zu den Gusseisensorten eher ein Nischenprodukt für hochwertige Anwendungen.

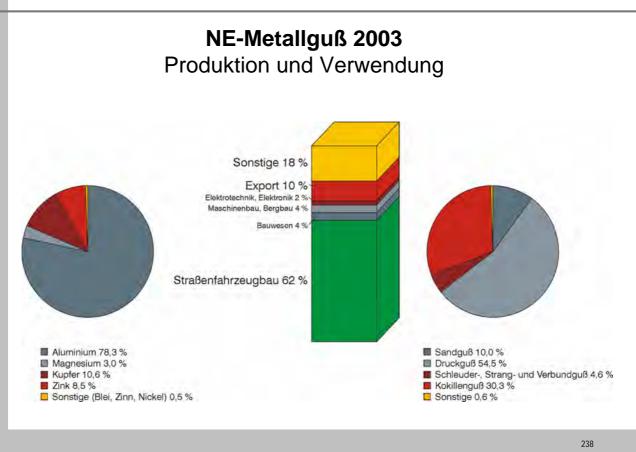
Insgesamt wurden 2002 in Deutschland knapp 5,4 Millionen Tonnen Eisenmetallguss erzeugt.



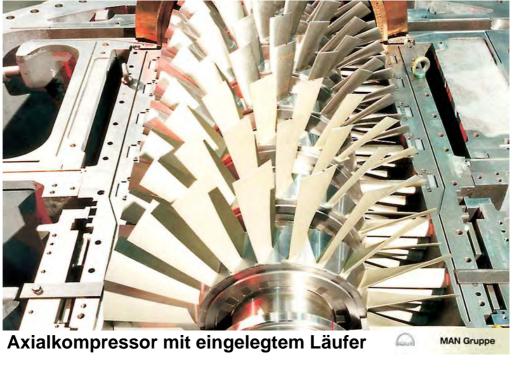
Bei den Produktionszahlen der NE Metalle fällt die Dominanz der Aluminiumgusswerkstoffe auf. Der Einbruch 1993 ist auf die damalige Krise vor allem in der Fahrzeugindustrie zurückzuführen. Damit ist auch schon das Haupteinsatzgebiet der Aluminium Gussbauteile genannt. Es ist der Fahrzeugbau, wo das im Vergleich zum Eisen teure Aluminium durch seine geringe Dichte stetige Zuwächse hat. Ach die Magnesiumproduktion wird in den nächsten Jahren weiter steigen.







22 Alles aus einem Guss Kompressoren



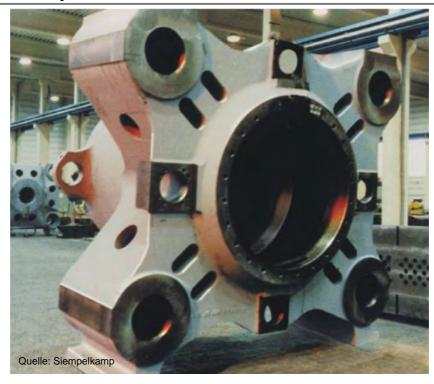
239 🗸

Diese Folie zeigt die Fertigbearbeitung eines Kurbelgehäuses für einen Großdieselmotor.

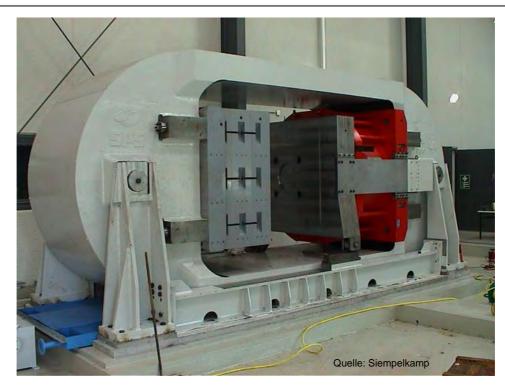
Es ist ein typisches Beispiel für das Herz eines Motors, der seinen Dienst im Verborgenen tut. Als Notstromaggregat für ein Kraftwerk ein Rechenzentrum oder als Schiffsdiesel.

Nur wenige Gussteile werden wie z.B. Wasserarmaturen oder Autoräder als stilistisches Unterscheidungsmerkmal, direkt vom Benutzer wahrgenommen.

22 Alles aus einem Guss Druckzylinder



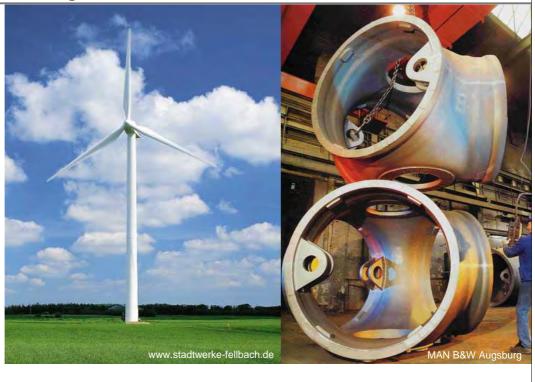
22 Alles aus einem Guss Pressenrahmen



22 Alles aus einem Guss Mahlschüssel



22 Alles aus einem Guss Energietechnik



243 🗸

Nur durch innovative Produkte, verbesserte innerbetriebliche Strukturen und Abläufe, verbesserte Gießverfahren und gut ausgebildete, motivierte Mitarbeiter kann die Gießerei Poduktion in Deutschland gehalten werden.

Dünnwandige Strukturteile, sind solche Produkte. Die letzte Folie zeigt verschiedene sehr innovative Produkte, Naben für Windkraftanlagen.

Der Werkstoff ist EN **QS 409 18**LT. Das Fertigteilgewicht beträgt 9 Tonnen.

22 Alles aus einem Guss Maschinenbau



Ein weiteres Gussteil, das als Konstruktionselement im Verborgenen tätig ist.

Das Maschinenbett dieses aktuellen Dreh Fräs Zentrums ist aus Grauguss mit Lamellengrafit.

Solche maßgeschneiderten Produkte werden in enger Abstimmung mit dem Kunden in einer kleinen Serie gegossen.

22 Alles aus einem Guss Automobilbau



Eisenguss -Zylinderkurbelgehäuse



245 🗸

Diese Folie zeigt ein Beispiel für ein Massenprodukt.

Dieses Grauguss Zylinderkurbelgehäuse wird in Deutschland gegossen.

700.000 St/Jahr werden gegossen und werden in den Motoren ihren Dienst tun.

22 Alles aus einem Guss Automobilbau



Aluminium-Zylinderkurbelgehäuse

22 Alles aus einem Guss Fahrzeugbau



22 Alles aus einem Guss Schiffbau



22 Alles aus einem Guss Bahntechnik



22 Alles aus einem Guss Haustechnik



