

Verfahren und Werkstoffe

Bei den **Gießverfahren** wird unterschieden zwischen Schwerkraftgießen und Gießen mit Anwendung von Druck. Eine weitere Unterscheidung erfolgt hinsichtlich der verwendeten Formen. So gibt es Gießverfahren, bei denen die Form nur einmal verwendet werden kann (verlorene Form) und Verfahren, bei denen Dauerformen zum Einsatz kommen, die für eine sehr große Anzahl an Abgüssen genutzt werden können. Werden verlorene Formen eingesetzt, gibt es die Möglichkeit mit verlorenen Modellen oder mit Dauermodellen zu arbeiten.

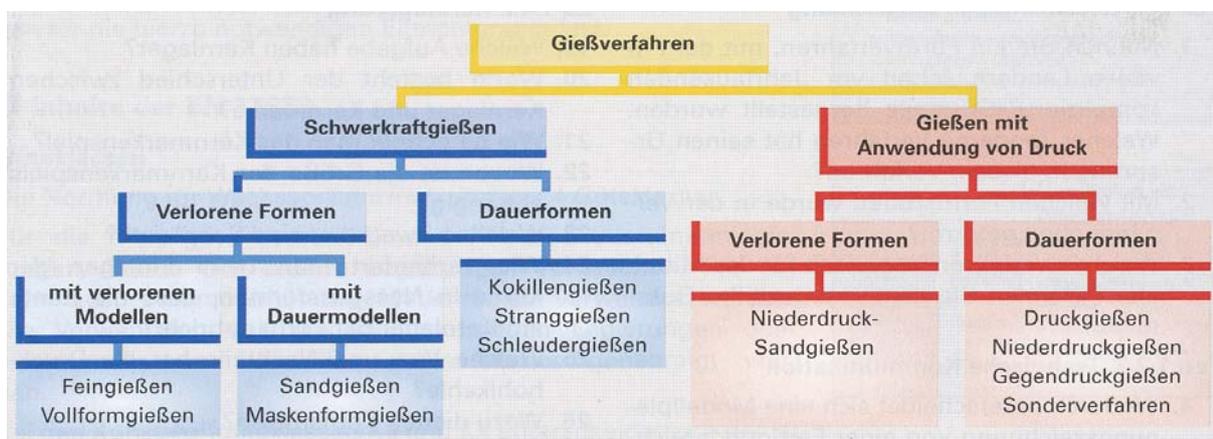


Abbildung 1: Übersicht über die Gießverfahren [1]

Beim Schwerkraftgießen nützt man die Schwerkraft des Metalls zum Füllen der Form aus. Die Einströmgeschwindigkeit des Gießwerkstoffes ist abhängig von der Gießhöhe und von der Ausführung des Eingussystems (Gießweise und Umlenkungen); zusammen mit dem verwendeten Anschnittsquerschnitt ergibt sich der Volumenstrom und somit die Gießzeit für ein bestimmtes Gussstück.

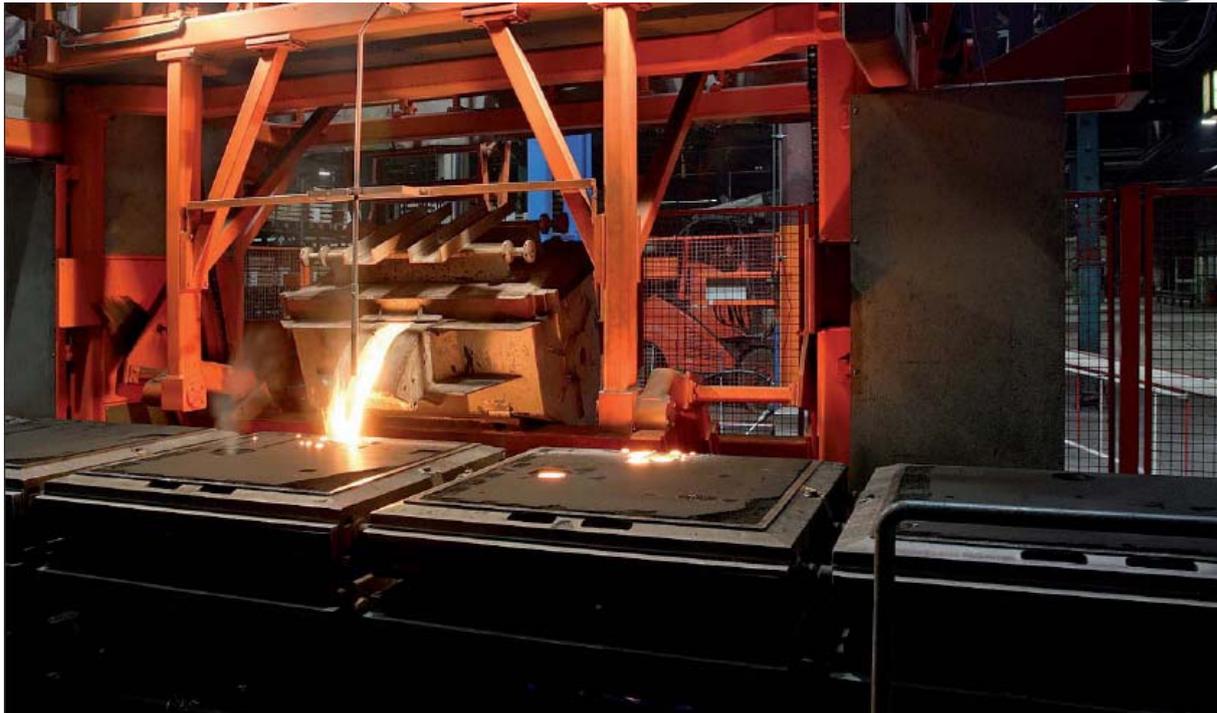


Abbildung 2: Abgießen an einer vollautomatischen, modernen Gießanlage [4]

Beim Gießen mit Anwendung von Druck werden je nach eingesetztem Verfahren durch die hohen Metallgeschwindigkeiten kurze Formfüllzeiten erreicht.

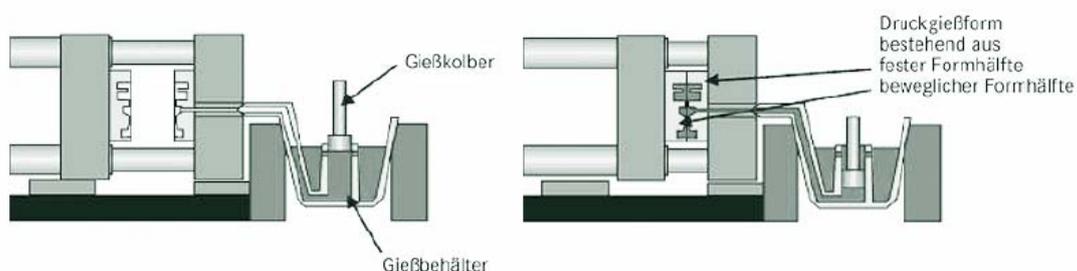
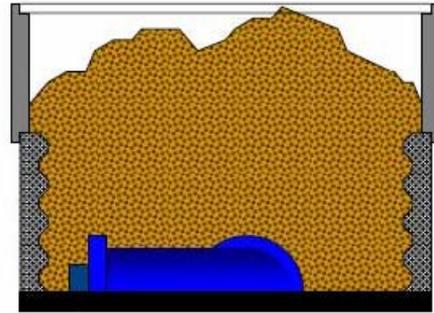
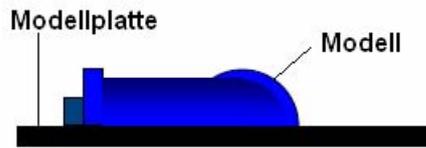
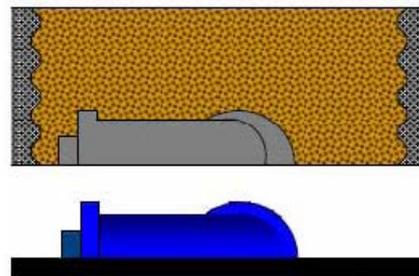
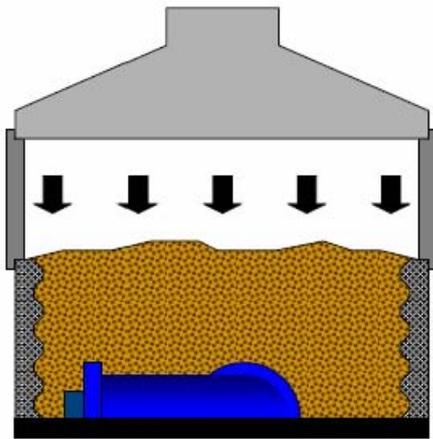


Abbildung 3: Schematische Darstellung zum Ablauf des Druckgießverfahrens am Beispiel einer Warmkammer-Druckgießmaschine [2]

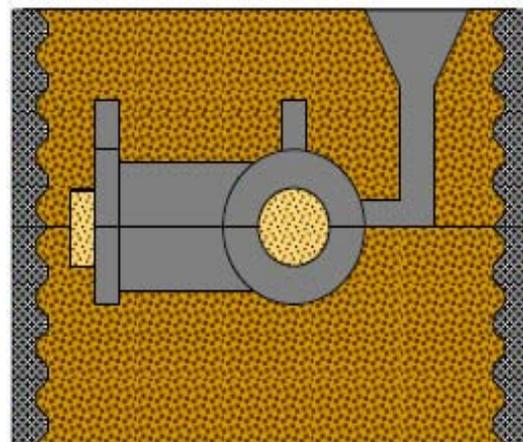
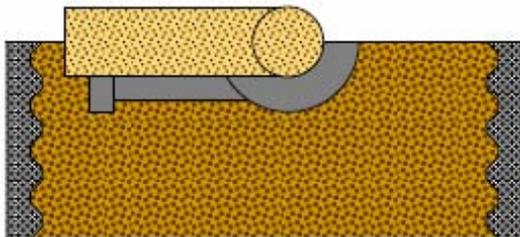
Verlorene Formen sind in der Gießereiindustrie weit verbreitet. Sie werden meist aus Sand mit geeigneten Bindemitteln hergestellt. Mit Hilfe eines Modells werden die Konturen des Gussstücks als Hohlraum in der Form abgebildet. Um das Gussstück nach dem Abgießen zu befreien, muss die Form zerstört werden. Auch verlorene Kerne, die sowohl beim Sandgießverfahren als auch beim Kokillengießverfahren eingesetzt werden, werden aus gebundenem Sand hergestellt. Dadurch, dass der Formstoff aufbereitet und zu ca. 95% wieder verwendet werden kann, ist das Arbeiten mit verlorenen Formen sehr wirtschaftlich und kostengünstig.



1) Montage der Modellplatte 2) Aufsetzen des Formkastens und des Füllrahmens; Einfüllen des Formstoffs



3) Verdichten des Formstoffs 4) Abheben der Form



5) Wenden der Form und Einlegen des Kerns

Abbildung 4: Schematischer Ablauf der Formherstellung [3]

Dauerformen bestehen aus metallischen Werkstoffen (Gusseisen oder warmfeste Stähle) und werden vor allem für das Gießen von NE-Metalllegierungen verwendet. Als wichtigste Gießverfahren sind das Kokillengießverfahren, bei dem die Schmelze mit Hilfe der Schwerkraft in die Form gefüllt wird, das Niederdruckkokillengießverfahren, bei dem der Formhohlraum mit Hilfe eines geringen Luft- oder Inertgasdrucks mit Schmelze gefüllt wird und das Druckgießverfahren, bei dem die Schmelze zunächst in die Gießkammer einer Druckgießmaschine gefüllt wird und von dort mit einem Kolben in den Formhohlraum gepresst wird, zu nennen. Gegenüber verlorenen Formen, die zumeist aus Sand bestehen, haben metallische Dauerformen den großen Vorteil, dass das Wärmeleitungs- und Wärmeakkumulationsvermögen wesentlich höher ist, was zu einer schnelleren Abkühlung bei der Gussteilerstarrung führt. So können ein feineres Gefüge und bessere mechanische Eigenschaften des Gussteils hervorgerufen werden.

Bei den **Verfahren zur Form- und Kernherstellung** wird zwischen Verfahren mit physikalischer Bindung und solchen mit chemischer Bindung unterschieden.

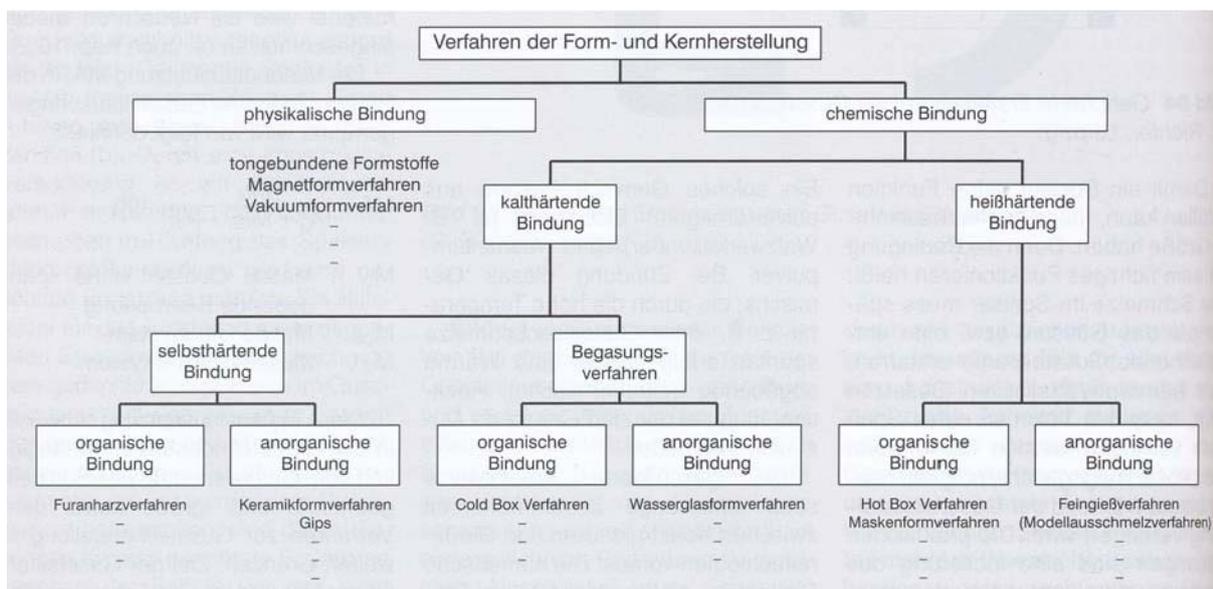


Abbildung 5: Übersicht über die Verfahren der Form- und Kernherstellung [2]

Die Verfahren mit physikalischer Bindung, die auch als Verfahren mit tongebundenen Formstoffen, Nassgussformverfahren oder Verdichtungsformverfahren bezeichnet werden, werden ausschließlich zur Herstellung von Gussteilen mit verlorenen Formen eingesetzt. Die Schmelze wird dabei in eine ungetrocknete feuchte (grüne) Sandform gegossen. Die Formstoffe bestehen aus dem Formgrundstoff Quarzsand, dem

Bindemittelsystem Ton-Wasser und speziellen Zusätzen.

Die Verdichtung des lose in den Formkasten geschütteten Formstoffs ist die Grundlage für die Ausbildung und Verfestigung der Formkonturen. Bei diesem physikalischen Vorgang bilden sich infolge der höheren Packungsdichte Bindungskräfte zwischen den Formstoffteilchen (Sandkörnern) und dem Bindemittel Ton aus, wodurch Binderbrücken entstehen, die eine ausreichende Formfestigkeit bewirken.

Als wichtigste Verfahren zur Formstoffverdichtung werden beim Nassgussverfahren folgende Verfahren – einzeln oder in Kombination – eingesetzt: Rütteln, Pressen, Vibrationsverdichten, Schieß- und Blasverdichtung, Vakuumverdichtung, Luftstrompressen oder Impulsverdichtung mit Luftimpuls- und Gasdruckverdichten.

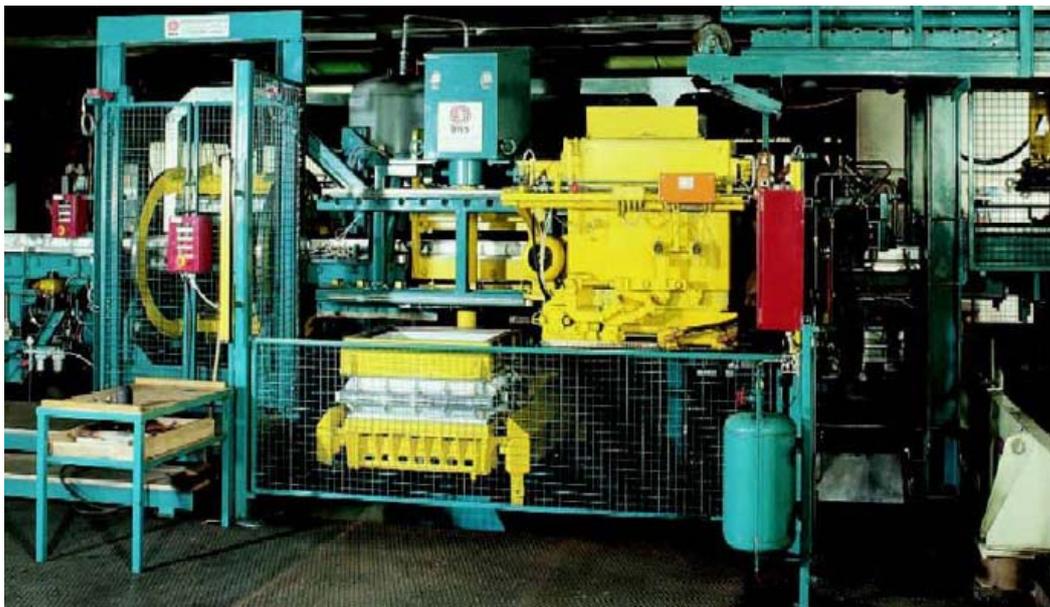


Abbildung 6: Blick in eine Formanlage (Heinrich Wagner Sinto, Bad Laasphe)

Bei den Verfahren mit chemischer Bindung, mit denen sowohl Sandformen als auch Sandkerne hergestellt werden können, wird der Formstoff durch chemische Reaktionen verfestigt. Die eingesetzten Binder, die zu dem Quarzsand als Formgrundstoff zugegeben werden, arbeiten auf chemischer Basis und können heiß, d. h. unter Zufuhr von Wärme, oder kalt, selbsthärtend oder durch die Zugabe eines Katalysators durch Begasung, ausgehärtet werden.



Abbildung 7: oben: kleine Kerne, unten: Großgussform mit Kern und fertiges Gussteil (Meuselwitz Guss, Meuselwitz)

Die arbeits- und zeitintensive Handfertigung von Kernen wurde bereits Anfang des 19. Jahrhunderts durch die maschinelle Fertigung abgelöst. Im Laufe des 20. Jahrhunderts wurden die maschinellen Verfahren zur Kernherstellung immer weiter entwickelt und optimiert. Stand der Technik ist heute ein Verfahren, bei dem der im Sandzylinder der Maschine befindliche Formstoff durch die schlagartige Beaufschlagung mit Druckluft in den unterhalb des Sandzylinders befindlichen Kernkasten eingebracht wird.

Der Begriff **Gusswerkstoffe** umfasst alle metallischen Werkstoffe, aus denen in der Gießereiindustrie Gussteile gefertigt werden – unabhängig vom jeweiligen Basismaterial. Charakteristisch ist zudem, dass das Gussteil endkonturnah ist und ohne Umformen verarbeitet wird.

Die Gusswerkstoffe werden traditionell in zwei Gruppen eingeteilt: die Eisengusswerkstoffe und die Nichteisenmetallgusswerkstoffe. Die Nichteisenmetallgusswerkstoffe werden kurz auch als NE-Metallgusswerkstoffe bezeichnet.

Bei den Eisengusswerkstoffen wird unterschieden zwischen Stahlguss und Gusseisenwerkstoffen. Stahlguss ist ein Eisenwerkstoff mit bis zu 2% Kohlenstoff, der im Gebrauchszustand keine Graphitkristalle enthält. Er hat eine Dichte von $7,85 \text{ g/cm}^3$. Insgesamt gibt es mehr als 60 Werkstoffsorten, die in 9 Werkstoffgruppen unterteilt werden. Besondere Vorteile des Stahlgusses liegen in der hohen Plastizität und Zähigkeit. Zudem weist Stahlguss sehr hohe Festigkeiten (bis zu 1250 N/mm^2) auf. Für besondere Anwendungen wurden Stahlgussorten mit speziellen Eigenschaften (Warmfestigkeit, Kaltzähigkeit, Korrosionsbeständigkeit, Hitzebeständigkeit) entwickelt. Stahlguss kommt meist bei Bauteilen zum Einsatz, bei denen hohe Anforderungen an die Festigkeit und die Dehnung gestellt werden.

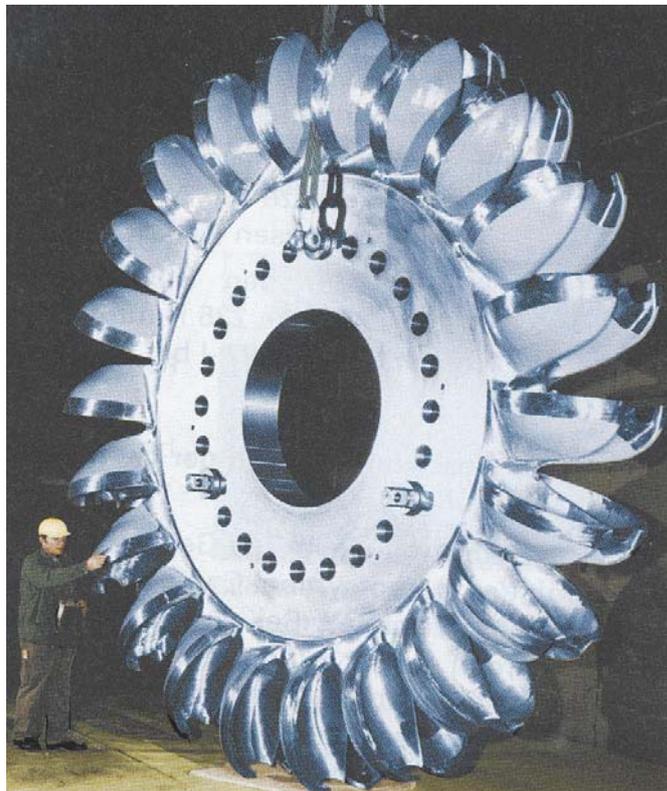


Abbildung 8: Turbinenrad für eine Pelton-turbine aus Stahlguss [1]

Problematisch bei der Verarbeitung von Stahlguss sind die große Erstarrungsschrumpfung (Volumenabnahme beim Abkühlen im flüssigen Zustand). Außerdem ist Stahlguss direkt nach dem Gießen teilweise sehr spröde. Deshalb und wegen der vorhandenen Spannungen wird noch eine Wärmebehandlung durchgeführt. Bezüglich der Werkstoffeigenschaften kann grundsätzlich gesagt werden, dass, je höher der Kohlenstoffgehalt des Stahlgusses ist, desto höher sind

auch die Zugfestigkeit und die Streckgrenze. Bruchdehnung, Brucheinschnürung und Kerbschlagzähigkeit nehmen hingegen bei steigendem Kohlenstoffgehalt ab. Je niedriger der Kohlenstoffgehalt ist, desto besser schweißbar ist der Stahlguss. Gusseisenwerkstoffe sind Eisenwerkstoffe mit einem Kohlenstoffgehalt von 2 bis 4%. Die Dichte liegt bei $7,2 \text{ g/cm}^3$. Der Kohlenstoff tritt überwiegend in Form von Graphitkristallen auf, die unterschiedliche Gestalt aufweisen. Daher werden die Gusseisenwerkstoffe unterschieden in Gusseisen mit Lamellengraphit, Gusseiseneisen mit Vermiculargraphit und Gusseisen mit Kugelgraphit. Weiterhin gibt es noch den Temperguss.

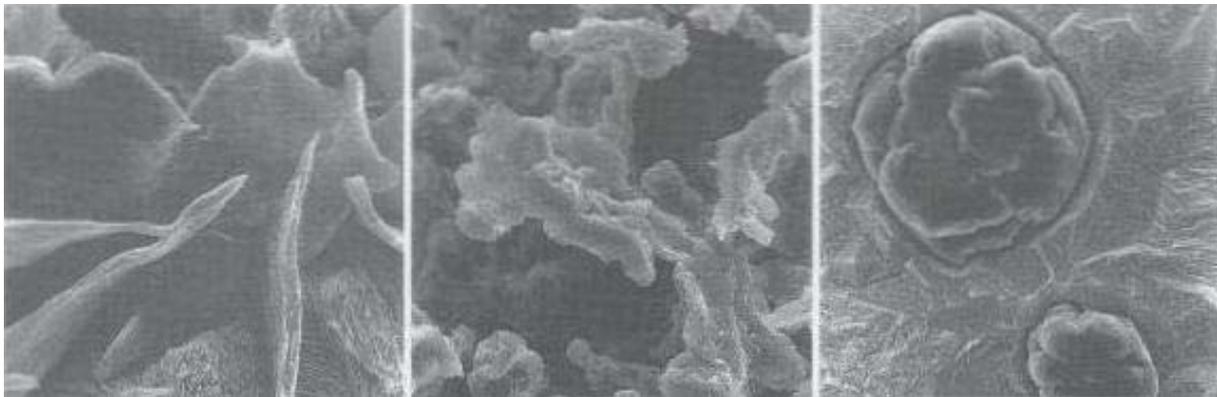


Abbildung 9: Raumformen der Graphitkristalle: links: Lamellengraphit, mitte: Vermiculargraphit, rechts: Kugelgraphit (SinterCast Trickenham UK) [2]

In der Industrie am häufigsten eingesetzt wird Gusseisen mit Lamellengraphit (auch GJL oder früher GG), bei dem der freie Kohlenstoff im Wesentlichen in lamellarer Form vorliegt.

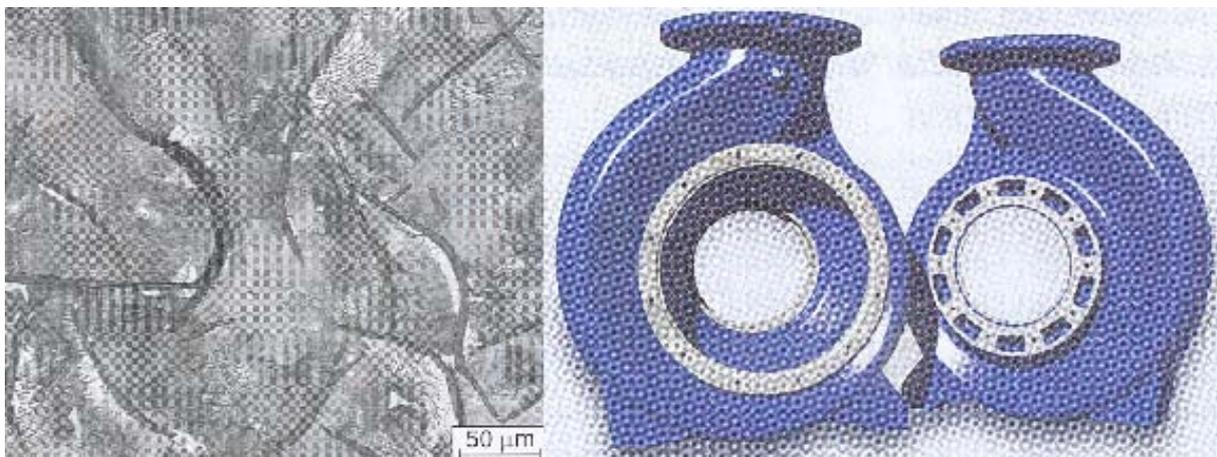


Abbildung 10: Gusseisen mit Lamellengraphit: links: Gefüge [2]; rechts: Gehäuse für Umwälzpumpen (Herborner Pumpenfabrik J. H. Hoffmann, Herborn) [2]

Anwendungsbereiche sind überwiegend der Automobilbau, der Großmotorenbau, der Werkzeugmaschinenbau sowie der allgemeine Maschinenbau. Da das Bruchgefüge und der Guss grau aussehen, wird Gusseisen mit Lamellengraphit auch als Grauguss bezeichnet.

Beim Gusseisen mit Kugelgraphit (auch GJS oder GGG) ist der Graphit in der metallischen Grundmasse in Form von Kugeln eingebettet. Die kugelige Ausbildung der Graphitform vermeidet die an den Graphitlamellen des Gusseisens mit Lamellengraphit auftretenden Spannungsspitzen. Gusseisen mit Kugelgraphit hat sehr gute Eigenschaften hinsichtlich Festigkeit, Plastizität und Zähigkeit. Aufgrund dieser guten Eigenschaften wird Gusseisen auch als Duktiles Gusseisen bezeichnet.

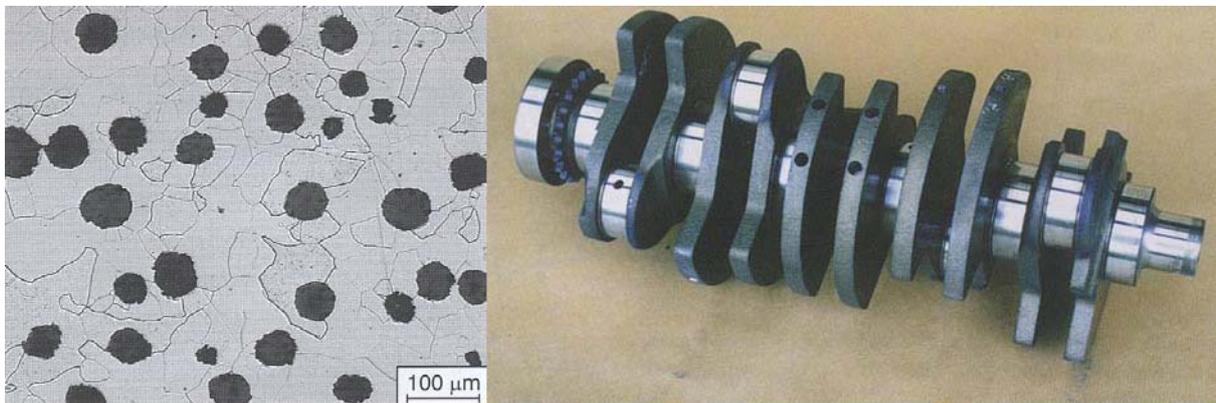


Abbildung 11: Gusseisen mit Kugelgraphit: links: Gefüge [2]; rechts: Pkw-Kurbelwelle (Halberg Guß, Saarbrücken) [2]

Gusseisen mit Kugelgraphit ist ein vielseitig verwendbarer Werkstoff. Da das Herstellungsverfahren relativ einfach und kostengünstig ist, werden viele Gussteile, die früher aus Temperguss oder Stahlguss gegossen wurden, mittlerweile mit Gusseisen mit Kugelgraphit gefertigt. Die wichtigsten Anwendungsgebiete für Gusseisen mit Kugelgraphit sind der Automobilbau, der Maschinenbau und der Rohrleitungsbau.

Bei den NE-Metallgusswerkstoffen gibt es Werkstoffe mit unterschiedlichen Basismetallen. Zu den wichtigsten Basismetallen zählen bei den Leichtmetallen Aluminium und Magnesium sowie bei den Schwermetallen Kupfer und Zink. Darüber hinaus gibt es auch Werkstoffe auf Basis von Titan, Nickel, Cobalt etc. Die Nichteisenmetalle und ihre Legierungen werden entsprechend ihrer Dichte in Leichtmetalle (bis 5 g/cm^3) und Schwermetalle (ab 5 g/cm^3) eingeteilt.

Aluminium ist das am häufigsten eingesetzte Leichtmetall, was vor allem durch die zunehmende Durchsetzung des Leichtbaus in der Automobilindustrie zu begründen ist. Insgesamt gibt es 8 Werkstoffgruppen mit 37 Werkstoffsorten. Aluminium hat eine Dichte von $2,7 \text{ g/cm}^3$. Je nach den speziellen Anforderungen an das Gussteil und die erforderlichen mechanischen Eigenschaften wird das Aluminium mit unterschiedlichen chemischen Elementen legiert. So lassen sich beispielsweise die Gießbarkeit, die Korrosionsbeständigkeit, die Festigkeit oder die Warmfestigkeit verbessern. Darüber hinaus lassen sich die mechanischen Eigenschaften auch durch die Abkühlgeschwindigkeit bei der Erstarrung beeinflussen. Diese hängt direkt vom Gießverfahren ab.



Abbildung 12: Aluminium: links: Gefüge einer AlSi-Legierung [2]; rechts: einteilige Airbus-Passagiertür aus einer Aluminiumgusslegierung (Honsel, Meschede)

So führen die höheren Abkühlgeschwindigkeiten bei den Kokillen- und Druckgießverfahren zu feineren und damit festeren Gefügen, die geringeren Abkühlgeschwindigkeiten beim Sandgießverfahren zu gröberen Strukturen mit geringerer Festigkeit. Eine weitere Möglichkeit, die Werkstoffeigenschaften zu beeinflussen, stellt die Art der Wärmebehandlung dar.

Magnesium ist der leichteste technische Konstruktionswerkstoff. Die Magnesiumgusswerkstoffe gliedern sich in 7 Werkstoffgruppen mit 15 Werkstoffsorten. Magnesium hat eine Dichte von lediglich $1,74 \text{ g/cm}^3$ und ist somit

ein Drittel leichter als Aluminium. Es wird insbesondere im Wettbewerb zu Kunststoffen für Bauteile eingesetzt, bei denen Stabilität und Leichtgewichtigkeit gefragt ist. Aufgrund der Tatsache, dass Magnesium im Druckgießverfahren sehr großflächig und dünnwandig gegossen werden kann, werden bisher aus Blech gefertigte Teile (z. B. Heckklappen oder Türinnenteile) mittlerweile durch dünnwandige Gussteile ersetzt. Im Sandgießverfahren sind Magnesiumlegierungen hingegen aufgrund der hohen Affinität des Magnesiums zum Sauerstoff und der damit verbundenen Oxidbildung schwierig zu vergießen. Wie auch beim Aluminiumguss sind die Werkstoffeigenschaften von der Abkühlgeschwindigkeit und somit direkt vom Gießverfahren abhängig.

Der Einsatz von Schwermetalllegierungen erfolgt überwiegend im Haustechnikbereich und in der Schiffindustrie. So verfügen Kupfergusswerkstoffe über sehr vorteilhafte Eigenschaften wie z. B. hohe elektrische Leitfähigkeit, hohe Wärmeleitfähigkeit, hohe Korrosionsbeständigkeit und gute Gleiteigenschaften bei hoher Festigkeit, Plastizität und Zähigkeit.



Zinkgusslegierungen eignen sich besonders gut als hochwirksame Abschirmstoffe gegen elektromagnetische Interferenzen, vor denen empfindliche Geräte geschützt werden müssen. Zudem können Druckgussteile aus Zinkdruckgusslegierungen mit sehr hoher Genauigkeit gefertigt werden, so dass eine spangebende Nachbearbeitung nicht notwendig ist.



Abbildung 14: Fenstergriff aus Zinkdruckguss [5]

Literatur

- [1] Fachkunde für gießereitechnische Berufe, Verlag Europa-Lehrmittel, Haan-Gruiten, 5. Auflage, 2007
- [2] Gießereitechnik kompakt – Werkstoffe, Verfahren, Anwendungen, Giesserei-Verlag GmbH, Düsseldorf, veränderter Nachdruck 2005
- [3] CD Grundlagen der Gießereitechnik, Herausgeber VDG e. V., Düsseldorf
- [4] B. Gottsauner: Automatisierter Gießprozess – intelligente Kameras sparen Kosten, Giesserei 96 (2009) Nr. 1, S. 60-65
- [5] wueko.wuerth.com