Strukturwandlungen in der Giessereiindustrie

Autor(en): **Marincek, Borut**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **86 (1968)**

Heft 24: **Zur 3. Internationalen Giesserei-Fachmesse Düsseldorf 20.-26. Juni 1968**

PDF erstellt am: **24.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-70055

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

HERAUSGEGEBEN VON DER VERLAGS-AKTIENGESELLSCHAFT DER AKADEMISCHEN TECHNISCHEN VEREINE, ZÜRICH

Zur dritten Internationalen Giesserei-Fachmesse

Sechs Jahre nach der letzten Internationalen Giesserei-Fachmesse, wird in Düsseldorf vom 20. bis 26. Juni 1968 die dritte GIFA stattfinden. Die Giessereiindustrie ist ein Wirtschaftszweig, dessen besondere Stellung durch seine traditionelle Bindung an die Grundstoffindustrie einerseits sowie anderseits und heute in immer stärkerem Masse durch die Anforderungen der modernen technischen Entwicklung gekennzeichnet ist. Der weite Bogen, der sich in der geschichtlichen Entwicklung von der Bronzezeit bis in das Atomzeitalter spannt, wird an keiner anderen Branche so deutlich sichtbar. An dieser Veranstaltung nehmen mehr als 350 Firmen aus 16 Ländern teil, darunter 17 aus der Schweiz und Liechtenstein. Diese werden dem Besucher zeigen, dass die technische Entwicklung heute vornehmlich unter dem Zeichen der Kostensenkung, der Qualitätssteigerung und der besseren Treffsicherheit in allen Stufen der Fertigung steht.

Strukturwandlungen in der Giessereiindustrie

DK 621.74.001

Von Prof. Dr. **B. Marincek**, ETH, Zürich

1. Einleitung

Seit dem letzten Weltkriege kann in den Giessereien im allgemeinen, und in den Eisengiessereien im speziellen, von einem Strukturwandel gesprochen werden, der nicht nur die Giessere*itechnik*, sondern die gesamte Tätigkeit in der Giesserei erfasst hat. Bei dieser Entwicklung, die sowohl für die Giessereiindustrie als eine der Schlüsselindustrien wie auch für die darin tätigen Menschen von besonderer Bedeutung ist, sollen im folgenden die wichtigsten Ursachen besprochen, die zurzeit ablaufende Entwicklung diskutiert und die voraussichtliche Richtung erörtert werden.

2. Vorteile des Giessens

Wesentliche Vorteile des Giessens, die auch in der Zukunft erhalten bleiben werden, sind einmal die Herstellung auch kompliziertester Formen, dann die Erzeugung eines weitgehend fertigen, massgerechten, glatten Gussstückes, das nur wenig oder überhaupt nicht mehr bearbeitet werden muss, weiterhin die Möglichkeit der Massenanfertigung und zuletzt die günstige Wirtschaftlichkeit, die z. B. durch die Dünnwandigkeit noch verbessert werden kann. Als Beispiel kann die Herstellung eines komplizierten Motorenblocks dienen, der mit keinem andern Verfahren als nur durch das Giessen wirtschaftlich zu erzeugen ist. Auf lange Sicht sind diese Vorteile zu beachten und die Herstellung der Gussstücke, die diesen Anforderungen entsprechen, besonders zu pflegen.

Aber auch die wichtigsten Eigenschaften des Werkstoffes sollen im Gussstück zur Geltung kommen. Diese sind z. B. beim Gusseisen einerseits gutes Dämpfungsvermögen, ausgezeichnete Druckfestigkeit und Bearbeitbarkeit, vorteilhafte Korrosionsbeständigkeit, sowie gute Formfüllung und Wärmeleitfähigkeit. Konstruktionen, bei denen diese Eigenschaften notwendig sind, sollen vor allem aus Grauguss ausgeführt werden. Im Gegensatz dazu sind aber z. B. die Zugfestigkeit und das Schlagbiegevermögen nicht besonders gut, und die Konstruktionen, bei denen diese Eigenschaften entscheidend sind, sollen daher aus einem andern Werkstoff, z. B. aus Stahl, angefertigt werden.

3. Ursachen des Strukturwandels

Bei den Fertigungsverfahren sind in der letzten Zeit starke Verschiebungen eingetreten. Im Zusammenhang mit den Fortschritten auf dem Gebiete des Schweissens werden viele Konstruktionen, die früher gegossen wurden, heute durch Schweissen gefertigt. Als Beispiel sind die grossen Kaplanturbinen zu erwähnen, die in vielen Werken erfolgreich geschweisst werden, und dabei qualitativ den gegossenen nicht nur ebenbürtig sind, sondern im Falle eines Fehlers kurzfristig repariert werden können, während Gussstücke im Falle des Ausschusses, was vielmals erst bei der Bearbeitung zum Vorschein kommt, monatelange Verzögerungen zur Folge haben können. Schweissen kommt vor allem für Konstruktionen, die nicht in grossen Serien anzufertigen und aus Blechen oder Profilen herzustellen sind, und die eine hohe Festigkeit und Bruchsicherheit aufweisen sollen, in Betracht. Damit sind zwei Nachteile der Graugussteile erwähnt, nämlich die verhältnismässig lange Lieferzeit und die schlechte Reparaturmöglichkeit, die in vielen Fällen nur durch den niedrigen Preis ausgeglichen werden können.

Auch die Kunststoffe kommen immer mehr anstelle von Guss in Betracht. Heute werden vor allem Rohre und Rohrverbindungsstücke (anstelle der Schleuderrohre, Fittings usw.) aus Kunststoff angefertigt, der gegenüber Grauguss den Vorteil ausgezeichneter Korrosionsbeständigkeit, niedrigen Gewichtes und glatter Oberfläche aufweist. Die Festigkeitseigenschaften der Kunststoffe, besonders bei höheren Temperaturen, lassen allerdings zu wünschen übrig.

Als Nachteil für die Gussteile kann sich in vielen Fällen auch auswirken, dass die Konstrukteure mit den Eigenschaften der Werkstoffe im Gussstück wenig vertraut sind. Bekanntlich sind die Eigenschaften des Graugusses stark von der Wanddicke abhängig, so dass es unmöglich ist, ein Graugussstück mit verschiedenen Wanddicken mit allseits gleichen Festigkeitseigenschaften herzustellen. Dieser für den Konstrukteur wichtige Sachverhalt führt zur Forderung, dass ein Werkstück aus Grauguss möglichst überall die gleiche Wandstärke aufweisen soll.

Obgleich in den letzten Jahrzehnten auch auf dem Gebiete des Graugusses beachtliche Fortschritte zu verzeichnen sind, haftet diesem Material nach wie vor das Grundübel an, dass seine Treffsicherheit bei der Erschmelzung (z. B. im Kaltwind-Kupolofen), besonders in bezug auf die Graphitausbildung und somit auf die Festigkeits-Eigenschaften, bei zu wenig kontrollierten Verhältnissen zu wünschen übrig lässt. Gerade weil Grauguss auf sehr einfache Art zu erschmelzen ist – im einfachsten Falle genügt dafür ein selbstgebauter Kupolofen – kann die Qualität solcher Werkstücke besonders in Giessereien, die über keine Kontrollmöglichkeiten und über zu wenig geübte Belegschaft verfügen, im Vergleich zu anderen Werkstoffen, z. B. Stahlguss, sehr stark schwanken. Solche Verhältnisse führen

bei den Konstrukteuren natürlich nicht zum besten Ansehen dieses Werkstoffes. Weil im Interesse aller Graugussgiessereien die Qualität des Graugusses gehoben werden muss, soll einerseits die Graugussforschung, besonders auf dem Gebiete der Treffsicherheit in der Herstellung, gefördert werden. Anderseits sollte den kleinen Giessereien geholfen werden, da sonst die Gefahr besteht, dass die Graugussanwendung keine entsprechende Verbreitung erfährt, oder dass Grauguss sogar durch andere Werkstoffe verdrängt wird. Günstige Ergebnisse sind bezüglich der Treffsicherheit besonders durch das Schmelzen des Graugusses in elektrischen Öfen zu verzeichnen.

Ein Nachteil der Gussstücke liegt auch in der bis heute üblichen Kontrolle. Bekanntlich werden die mechanischen Eigenschaften der Gussstücke an einem getrennt gegossenen Probestab geprüft, was zu Schwierigkeiten führen kann, weil dabei Verwechslungen der Probestäbe möglich sind; weiterhin entsprechen die im Probestab ermittelten Eigenschaften vielfach nicht den Werten im Gussstück, so zum Beispiel wenn die Wanddicke unterschiedlich ist. In letzter Zeit neigt man immer mehr dazu, die Probestäbe aus dem Gussstück auszuarbeiten (z. B. wo Bohrungen vorgesehen sind), oder sie dem Gussstück wenigstens anzugiessen. Im Interesse der Qualitätsüberwachung sollte aber diese Arbeitsweise die Oberhand gewinnen, wenn nicht durch die zerstörungsfreie Prüfung (z. B. mit Ultraschall) die Kontrolle erfolgt.

Fasst man die Ursachen des Strukturwandels in der Giessereiindustrie zusammen, dann können diese in etwa drei Gruppen eingeteilt werden: erstens kommt die Konkurrenz anderer Formverfahren und Werkstoffe (Schweissen, teilweise auch Schmieden, Kunststoffe usw.) zur Geltung, zweitens sind es die Nachteile der heutigen Arbeitsweise (lange Lieferfristen, ungünstige Reparaturmöglichkeiten, mangelnde Treffsicherheit, ungenügende Kontrollmöglichkeiten usw.) und drittens die mangelnde Orientierung der Konstrukteure, die eigentlich entscheiden, ob ein Gussstück in Betracht kommt oder nicht; es liegt besonders im Interesse des Giessereiwesens, dem Konstrukteur die Vorteile des Giessens zu erklären und zu beweisen.

4. Entwicklungsrichtungen

In neuerer Zeit erwartet man von den Gussstücken, dass sie bezüglich der Abmessungen möglichst genau sind, um die Bearbeitung zu vermindern; gleichzeitig sollen sie eine möglichst glatte Oberfläche (besseres Aussehen) aufweisen. Bei den hochwertigen Gussteilen wird schon aus preislichen Gründen ein möglichst niedriges Gewicht und damit in vielen Fällen die Dünnwandigkeit angestrebt. Auch die Anforderungen an die technischen Eigenschaften der Gussstücke werden immer höher gestellt, besonders in bezug auf die Treffsicherheit und auf die Gleichmässigkeit des Gefüges, was wiederum zu gleichmässigen physikalischen Eigenschaften führt. Grosses Gewicht wird dabei auf die Fehlerfreiheit gesetzt; es wird erwartet, dass die Giessereien den Ausschuss behalten und nur einwandfreie Gussstücke liefern. Damit werden die Bearbeitungskosten der Gussstücke, deren Fehler erst bei der Bearbeitung sichtbar werden, und die verzögerte Nachlieferung allfälligen Ersatzes für defekte Gussteile vermieden. Dies führt zu einer stark ausgebauten Kontrolle der Gussteile, besonders bezüglich der Abmessungen, der harten Stellen, der Lunkerbildung, der Risse usw. in den Giessereien; in vielen Fällen erfolgt sogar die Vorbearbeitung solcher Teile in der Giesserei, um auch dadurch die giessereiinterne Kontrolle und deren Sicherheit zu begünstigen. Nicht zuletzt sollen die zur automatischen Bearbeitung, wie z. B. die an die Automobilindustrie gelieferten Gussstücke, eine gute, besonders aber eine gleichmässige Bearbeitbarkeit aufweisen, um die hohe Leistung der Bearbeitungsautomaten ausnützen zu können.

Der Strukturwandel in den Giessereien wird aber auch durch die allgemeinen Tendenzen in der industriellen Fertigung beeinflusst, und zwar im Hinblick auf die Rationalisierung und Automatisierung der einzelnen Arbeitsvorgänge, Verbesserung der Arbeitsbedingungen, Qualitätssteigerung usw. Durch die Rationalisierung und durch die Automatisierung wird mit gleicher Belegschaft eine grössere Produktion bei besserer Gussstückqualität bewältigt. Vor kurzem gehörte ein Aufwand von rund 70 Arbeitsstunden/t Grauguss zum guten Durchschnitt; in einer mechanisierten Anlage sind etwa 40, in einer voll mechanisierten Anlage unter 20 h/t Grauguss notwendig. Die weitgehend automatisierte Anlage ergibt auch günstigere Arbeitsbedingungen, wo die Beschäftigten (vielmals Mechaniker, Elektroniker) nur noch mit den Kontrollfunktionen betraut sind, und führt auch zu besserer Qualität (bessere Masshaltigkeit, schönere Oberfläche, gleichmässigere Gefüge und Eigenschaften usw.) der Gussstücke.

5. Moderne Giesserei

Um hochwertige Gussstücke herzustellen, müssen zwei Bedingungen gleichzeitig erfüllt werden:

— die in Betracht kommende Legierung muss bei richtiger Zusammensetzung erschmolzen und auf die Giesstemperatur gebracht werden,

— eine geeignete Form, die das Abgiessen der Gussstücke mit den gewünschten Abmessungen und Oberfläche ermöglicht, ist herzustellen.

Die beste Giessform ist nutzlos, wenn die Schmelze nicht den Anforderungen entspricht; aber auch die richtige Schmelze führt bei ungeeigneter Form zu einem schlechten Gussstück oder zu Ausschuss.

Im allgemeinen sind die Giessereien besser mit Formanlagen ausgerüstet als mit Schmelzanlagen, obgleich im fertigen Gussstück das flüssige Metall einen beachtlichen Teil, in einigen Fällen (z. B. im Schleuderguss) sogar den weitaus grössten Teil der Gesamtkosten ausmacht. Aus diesen Gründen allein ist es schon wichtig, dem Schmelzen die grösste Aufmerksamkeit zu schenken.

6. Fortschritte auf dem Gebiete des Schmelzens

Auf dem Gebiete des Schmelzens sind in den letzten Jahren bedeutende Fortschritte zu verzeichnen. Während früher der Kupolofen praktisch das gesamte Gebiet des Graugusses und des Tempergusses beherrschte, werden heute auf diesem Gebiet immer mehr Elektroöfen eingesetzt. Die Ursache dafür liegt darin, dass der Kupolofen Schwankungen bezüglich der Zusammensetzung und der Temperatur während des Tages unterworfen sein kann. Unter den Elektroöfen hat sich besonders der Induktionsofen durchgesetzt; in diesem ist es zum ersten mal gelungen, die Temperatur und die Analyse bei beliebiger Zusammensetzung und ohne Aufschwefelung vollständig zu beherrschen und zu kontrollieren. Dies sogar bei Verarbeitung beliebiger Einsätze, auch des Stahlschrottes, und bei weitgehend staubfreier Arbeitsweise in- und ausserhalb der Giesserei. Dadurch konnten auch die Treffsicherheit des Gusseisens den heute üblichen hohen Anforderungen angepasst und der Ausschuss verringert werden. Diese Entwicklung ist besonders in der Schweiz auffällig. Einige Giessereien sind dazu übergegangen, nur noch in elektrischen Öfen Grauguss zu erschmelzen, eine Arbeitsweise, die für die Qualität des Werkstoffes die besten Voraussetzungen liefert.

7. Anforderungen an die Sandform

Die an eine Sandform gestellten Anforderungen sind vor allem eine möglichst weitgehende Masshaltigkeit, glatte Gussoberfläche und Widerstandsfähigkeit gegenüber dem flüssigen Metall; das Gussstück soll nach dem Vergiessen auch einfach von der Form getrennt und leicht geputzt werden können. Bis heute hat sich das Arbeiten mit der Sandform nach wie vor behauptet. Das wirtschaftlichste Verfahren ist dabei die Herstellung von Sandformen, die Bentonit als Binder enthalten.

Besonders auf dem Gebiet der Masshaltigkeit der grünen Sandformen ist in der letzten Zeit ein beachtlicher Fortschritt zu verzeichnen, nachdem die Herstellung der Formen in Maschinen erfolgt, die den Formsand bei hohen Drücken pressen. Dadurch werden eine weitgehende Masshaltigkeit und eine glatte, ausgezeichnete Oberfläche der Gussstücke erreicht; diese Vorteile werden allerdings durch teure Formmaschinen und Metallmodelle erkauft.

Parallel zu dieser Entwicklung, die begreiflich eher auf kleinere Gussstücke beschränkt bleibt, gehen in jüngerer Zeit die Bestrebungen erfolgreich dahin, die Gussteile in mit Kunstharz gebundenem Kernsand herzustellen, weil der kunststoffgebundene Formsand die an die Sandform gestellten Anforderungen fast in idealer Weise erfüllt und ausserdem leicht verdichtbar ist, wodurch die teuren Formmaschinen wegfallen.

Aber auch auf dem Gebiet der idealen Formherstellung, die als Fliessand-Verfahren bekannt ist und die so erfolgt, dass der Formkasten mit der flüssigen Sandmischung, die anschliessend zur festen Sandform erstarrt, ausgegossen wird, sind in der letzten Zeit beachtliche Erfolge zu verzeichnen. Dabei haben sich zwei Sandmischungen, eine auf Wasserglas-, die andere auf Zementbasis aufgebaut, besonders bewährt. Beide Verfahren haben den Nachteil, dass sie eine fliessende Sand-Schaum-Mischung darstellen, die zu einer Sandform mit niedriger Packungsdichte führt. Aus diesem Grund sind die genannten Systeme mit einigen Nachteilen behaftet, vor allem lassen sich mit ihnen keine glatten Oberflächen erzielen. Eine Verbesserung ist durch das Schlichten der Innenseite der Sandform zu erreichen, allerdings bei entsprechender Erhöhung des Arbeitsaufwandes. Gün-

stigere Ergebnisse sind deshalb von mit Kunststoff gebundenem Fliessand zu erwarten. Dieser führt zu Sandformen hoher Packungsdichte und stellt ein Verfahren dar, nach dem nicht nur grosse Gussstücke, sondern auch kleinere Formen ausgezeichneter Qualität gefertigt werden können.

Sowohl die Hochdruckverdichtung des Bentonitsandes als auch die Anwendung des kunststoffgebundenen Formsandes lässt sich weitgehend automatisieren, ein weiterer Vorteil der neuen Entwicklung. Die automatischen Formanlagen senken aber nicht nur die Lohnkosten und ermöglichen praktisch ohne körperliche Anstrengung die Herstellung hochwertiger Gussstücke ohne hochqualifizierte Former, sondern führen, was meist weniger zum Ausdruck kommt, zu gleichmässigeren und leichteren hochwertigen Stücken mit engen Toleranzen, deren Bearbeitung gering oder sogar nicht mehr notwendig ist.

8. Mitarbeiter

Die Erörterung der modernen Giesserei wäre jedoch unvollständig, wenn der wichtigste Faktor, nämlich der Mensch, unerwähnt bliebe. Bei einer kürzlich erfolgten Umfrage der amerikanischen Giessereien kam übereinstimmend zum Ausdruck, dass die Frage der Mitarbeiter das brennendste Zukunftsproblem sein wird, weil von diesen ja weitgehend die Qualität, die Liefertermine, die neuen Entwicklungen usw. beeinflusst werden können.

In der Zukunft muss die moderne Giesserei kein Rohstofflager, sondern eine Veredelungsstätte sein, in der Gussstücke möglichst hohen Wertes, sei es nach giesstechnischen, werkstoffmässigen oder bearbeitungstechnischen Gesichtspunkten, erzeugt werden. Um diese Aufgabe erfüllen zu können, sind vor allem viel Geist und viel Arbeit erforderlich. Es könnten viele Beispiele angeführt werden, wo hohe Gewinne zu erzielen sind, wenn neue Wege beschritten und dem Abnehmer besondere Vorteile geboten werden. Diese neuen Gussstücke zu schaffen, das ist die Aufgabe einer modernen Giesserei. Dabei behält die eiserne Regel ihre Gültigkeit, dass der Abnehmer nur dann ein Produkt erwirbt, wenn er es vorteilhaft brauchen kann. Die Betreuung der Mitarbeiter auf dem Felde der neuen Wege ist deshalb nützlicher als jede andere Betätigung, denn nur das menschliche Gehirn besitzt die Gaben der Idee und der Initiative, diese beiden unbedingten Voraussetzungen für die schöpferische Leistung, obgleich dieses erregende Suchen nach neuen Wegen ein hartes Brot ist.

Dabei ist bekannt, dass gute Ideen nicht von Geldsummen abhängig sind; diese sind in hohem Masse die Angelegenheit von Einzelnen. Es kann die Idee einer einzigen Person den ganzen zukünftigen Verlauf einer Industrie ändern. In diesem Zusammenhang sind die Fragen der Weiterbildung der Mitarbeiter von besonderer Bedeutung, als unumgängliche Voraussetzung späterer erfolgreicher Leistungen.

9. Folgerungen

Kenner der Giessereientwicklung sind heute der Auffassung, dass die nächsten 10 bis 20 Jahre nur von einem Bruchteil der Giessereien überlebt werden; die technische Entwicklung wird den Giessereien, die sich rechtzeitig den neuen Verhältnissen anpassen, so grosse Vorteile bieten, dass die andern nicht mehr in der Lage sein werden, ihre Produkte wirtschaftlich in entsprechender Qualität herzustellen. Es scheint, dass diese Entwicklung bereits in den letzten Jahren eingesetzt hat, und dass sie immer schneller fortschreitet.

Um so bedeutungsvoller ist es deshalb heute für die Giessereien, die neue Entwicklung laufend zu verfolgen und sich dieser anzupassen, was vor allem durch die Hebung der Qualität und der Wirtschaftlichkeit der Gussstücke zum Erfolg führen kann.

Adresse des Verfassers: Prof. Dr. *Borut Marincek*, ETH Hauptgebäude, 8006 Zürich, Leonhardstrasse 33.

Fabrikationsgerechte Konstruktion gegossener Teile

DK 621.74.01:62.002.2

Von **F. Iten**, Bülach

1. Einleitung

Erhebliche wirtschaftliche Vorteile lassen sich bei Berücksichtigung einiger grundlegender fabrikationstechnischer Forderungen bei Gusskonstruktionen erzielen. Eine solche Rationalisierung hat aber eine enge Zusammenarbeit zwischen Konstrukteur und Giessereifachmann zur Voraussetzung. Nicht nur hat ein rechtzeitiger Meinungsaustausch kleinere Gestehungskosten der benötigten Gussstücke zur Folge, sondern schützt zugleich vor unliebsamen Überraschungen oder sogar kostspieligen Schadenfällen. Als noch bedeutungsvoller erweist sich diese Zusammenarbeit im Hinblick auf verbesserte Werkstoffe, neue, hochmechanisierte Fertigungsmethoden und nicht zuletzt wegen der ständig gesteigerten Beanspruchung der gegossenen Maschinenteile.

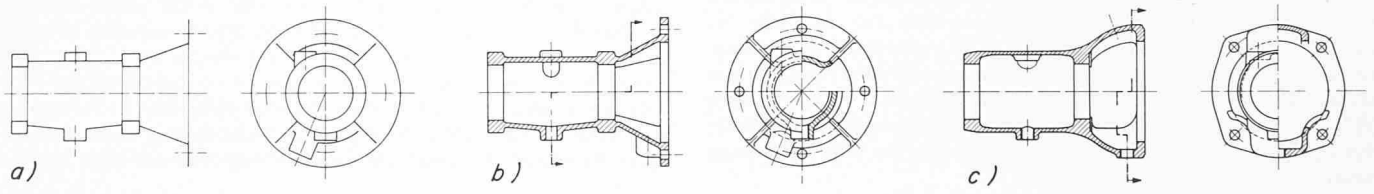

Bild 1. Entwurfsstadien bei der Konstruktion eines gegossenen Lagerträgers
a Grundprinzip der Konstruktion
b Funktionsgerechte Konstruktion; Kosten des Gussrohlings 100 %
c Giess- und fabrikationsgerechte Konstruktion; Kosten des Gussrohlings 78 %

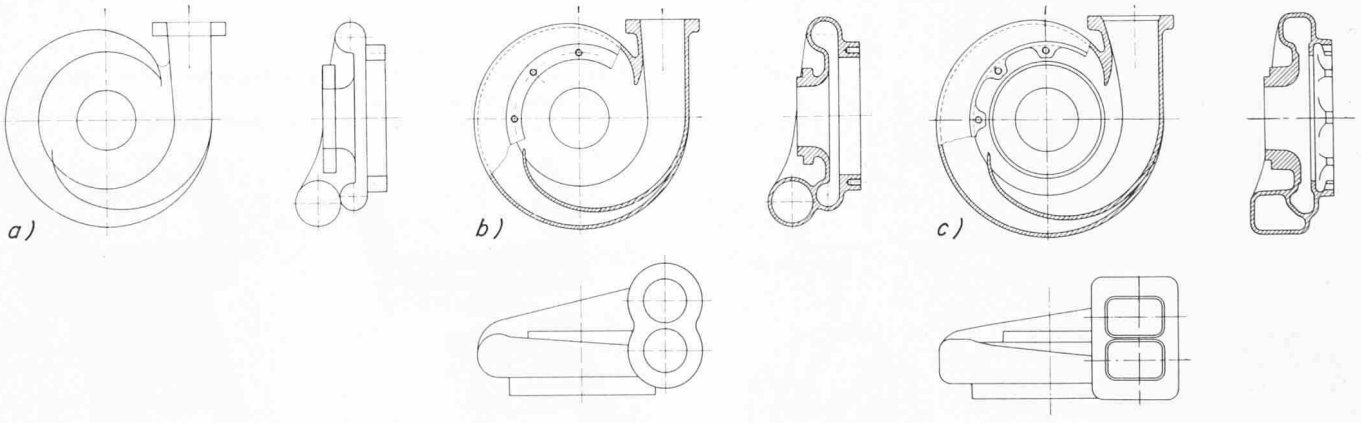

Bild 2. Entwurfsstadien bei der Konstruktion eines gegossenen Turboladergehäuses
a Grundprinzip der Konstruktion
b Funktionsgerechte Konstruktion; Kosten des Gussrohlings 100 %
c Giess- und fabrikationsgerechte Konstruktion; Kosten des Gussrohlings 78 %