

**Schriften der Arbeitsgemeinschaft
Deutscher Betriebsingenieure • Band VI**

Was muß der Maschineningenieur von der Eisengießerei wissen?

Bearbeitet von

Dipl.-Ing. A. Blotenberg, Oberingenieur H. R. Henning
Dipl.-Ing. F. Janssen, Dr.-Ing. H. Jungbluth, Obering.
R. Lehmann, Professor Dipl.-Ing. U. Lohse

Herausgegeben von

Dr.-Ing. A. Lischka†

Mitglied der Geschäftsführung des Vereins
Deutscher Eisengießereien, Gießereiverbands
in Düsseldorf

Mit 243 Abbildungen im Text und auf 8 Tafeln
sowie 38 Tabellen



Berlin
Verlag von Julius Springer
1929

ISBN 978-3-7091-5199-0 ISBN 978-3-7091-5347-5 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-7091-5347-5

**Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung
in fremde Sprachen, vorbehalten.**

**Copyright 1929 by Julius Springer in Berlin.
Softcover reprint of the hardcover 1st edition 1929**

Vorwort.

Die Beziehungen zwischen Eisengießer und Maschinen-Ingenieur bestehen, seit Gußstücke im Maschinenbau verwendet werden. Die ständig steigenden Ansprüche an die Maschine und somit auch an die Gußstücke haben jedoch gerade in den letzten Jahren das Bedürfnis gezeitigt, die Verbindung dieser beiden Gruppen enger zu gestalten, als dies bisher der Fall war. Zudem hat es sich allmählich gezeigt, daß der Gießereileiter, der früher meist Maschineningenieur war und die Eisengießerei mehr oder weniger dem Gießerreister überließ, einer Spezialausbildung als Gießereifachmann bedarf. Es hat sich also dieser Spezialberuf gebildet, der Zusammenhang ging verloren und droht immer mehr verloren zu gehen.

Zu den mannigfachen Bestrebungen, die nach dem Ziel des Wiedernäherbringens strebten, gehörte auch die Veranstaltung einer Vortragsreihe der ADB-Ortsgruppe Berlin im Winter 1925/1926: „Was muß der Maschineningenieur vom Gießereiwesen wissen?“ unter der Patenschaft des bekannten Gießereifachmannes Generaldirektor Alexander Kremener, Berlin. Die große Beteiligung der Maschinen-Ingenieure an dieser Veranstaltung sowie das Fehlen brauchbarer Literatur über dieses Fragengebiet ließ die Absicht reifen, die Vorträge als ADB-Band zu veröffentlichen. Bei der Bearbeitung zeigte es sich, daß eine Beschränkung auf die Eisengießerei notwendig wurde, da der Umfang des Bandes sonst zu groß geworden wäre. Zudem waren einzelne Vorträge für eine Zusammenstellung in der vorliegenden Form nicht geeignet, so daß sich eine teilweise Überarbeitung und die Heranziehung neuer Mitarbeiter notwendig machte. Daraus ist die lange Zeit bis zur Herausgabe des Bandes zu erklären.

Um die Bedeutung der Eisengießereien zu zeigen, seien im folgenden einige Zahlen wiedergegeben. Es gibt in Deutschland rund 1500 Eisengießereien mit 180000 Arbeitern und einer Jahreserzeugung von 2 Millionen Tonnen fertigem Guß, davon ungefähr 60% Maschinenguß. Der Wert der Gesamterzeugung beträgt rund 600 Millionen Reichsmark. Die Eisengießereien verbrauchen etwa 25% des gesamten Roheisens und beschäftigen 22% der Arbeiterschaft der deutschen Eisen- und Stahlindustrie.

Der vorliegende Band ist für den Maschineningenieur als Konstrukteur und Abnehmer bestimmt. Er soll dem Mann der Praxis die Fühlung-

nahme mit seinem Gußlieferanten und das Auffrischen seiner Schulkenntnisse auf technologischem Gebiet erleichtern. Soll der Maschinenbauer jedoch Gießereimaschinen konstruieren oder eine Gießerei leiten, beispielsweise als Betriebsleiter einer Maschinenfabrik mit Gießerei, so wird auch ihm zwar zur Einführung hier manches Wissenswerte gegeben werden, er wird aber nicht umhin können, sich etwas eingehender mit dem Fachgebiet zu beschäftigen, was die Literaturangaben der einzelnen Abschnitte erleichtern sollen.

Düsseldorf, im Februar 1929.

A. Lischka.

Der Herausgeber hat den Erfolg seiner Arbeit nicht mehr erlebt. Kurz vor Drucklegung des Buches riß ihn der Tod unerwartet aus einem schaffensreichen Leben. Der Verein Deutscher Eisengießereien, Gießereiverband, Düsseldorf, hat die Arbeit zu Ende geführt.

Arbeitsgemeinschaft deutscher Betriebsingenieure.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Einführung in das Eisengießereiwesen. Von A. Lischka.	
1. Wesen und Verwendungszweck des Gußeisens	1
2. Die verschiedenen Arten der Eisengießereien	3
3. Die Wissenschaft in der Gießerei	4
Aufbau und Eigenschaften des Gußeisens. Von H. Jungbluth.	
A. Die Erzeugung des Gußeisens	8
1. Der Hochofenprozeß	8
2. Die Umschmelzverfahren	8
3. Synthetischer Guß	11
B. Die Vorgänge beim Erstarren und Abkühlen des Gußeisens	11
1. Das Schwinden	11
2. Das Lunkern	12
3. Das Seigern.	12
4. Die Spannungen.	13
C. Schmelzpunkte und Feingefüge des Gußeisens	14
1. Allgemeines	14
2. Der Einfluß der Elemente auf das Feingefüge	15
3. Der Einfluß der Schmelzbedingung auf das Gefüge	22
4. Der Einfluß der Abkühlungsbedingungen auf das Gefüge	22
5. Der Einfluß des Glühens auf das Gefüge	24
D. Die Eigenschaften des Gußeisens	25
1. Die mechanischen Eigenschaften	25
a) Die Härte	25
b) Die Zug- und Biegefestigkeit.	30
c) Die Schlagfestigkeit	40
d) Die Dauerfestigkeit	43
e) Die Druckfestigkeit, Schubfestigkeit, der Elastizitätsmodul, die Torsionsfestigkeit	46
f) Verschleißfestigkeit	46
g) Die Bearbeitbarkeit	48
h) Die Festigkeit bei hoher Temperatur	49
2. Die Säure- und Alkalibeständigkeit	50
3. Die Feuerbeständigkeit	52
4. Das Wachsen	52
5. Die Wärmeleitfähigkeit, die elektrischen und magnetischen Eigenschaften, das spezifische Gewicht	55
E. Normung des Gußeisens	55
F. Zusammenstellung der wichtigsten Gußeisensorten	56
Roh- und Hilfsstoffe der Gießerei. Von F. Janssen.	
A. Einleitung	61
B. Rohstoffe	62
1. Roheisen	64
2. Schrott und Gußbruch	68

	Seite
C. Hilfsstoffe	70
1. Brennstoffe	70
2. Kalk und Flußspat	72
3. Feuerfeste Stoffe	72
4. Formstoffe	73
5. Sonstige Hilfsstoffe	77
Ofenanlagen in der Gießerei. Von A. Blotenberg.	
A. Schmelzöfen	81
1. Kupolofen	81
a) Die Bestandteile und Nebenanlagen des Kupolofens	82
b) Rohstoffe für den Kupolofenbetrieb	90
c) Der Betrieb des Kupolofens	91
d) Störungen beim Kupolofenbetrieb	100
e) Die Überwachung des Kupolofenbetriebes	101
f) Kupolofen-Bauarten	111
g) Entschlackungs- und Entschwefelungseinrichtungen	120
h) Richtlinien für den Neubau eines Kupolofens	122
2. Die übrigen Schmelzöfen in der Gießerei	124
B. Trockenöfen	132
Konstruktionsregeln für Grauguß. Von R. Lehmann.	
A. Einleitung	143
B. Allgemeines	144
C. Stoffgerechter Entwurf	150
D. Formgerechter Entwurf	152
E. Gießgerechter Entwurf	160
F. Besondere Regeln zur Vermeidung von Lunkern und Spannungen	169
G. Putzgerechter Entwurf	177
Modellbau und Formtechnik. Von H. R. Henning.	
A. Modellbau	182
B. Kernkästen	186
C. Ziehbretter	191
D. Äußeres und Zubehör	194
E. Modellkasten	196
Die Formmaschine als Grundlage der Mechanisierung des Gießereibetriebes. Von U. Lohse.	
A. Einteilung der Formmaschinen	206
1. Abhebeverfahren	208
2. Wendeplattenverfahren	209
3. Durchzugverfahren	209
4. Vereinigung mehrerer Verfahren	210
B. Pressen	210
C. Rütteln	221
D. Schleudern	230
Die Selbstkostenberechnung. Von A. Lischka.	
A. Die Modelle	243
B. Fertigungswerkstoff	245
C. Fertigungslöhne	249
D. Unkosten	251
E. Abhängigkeit der Selbstkosten vom Beschäftigungsgrad	262
Anhang. Deutsche Normen (Gußeisen)	265

Einführung in das Eisengießereiwesen.

Von A. Lischka.

1. Wesen und Verwendungszweck des Gußeisens.

Die in der Eisengießerei hergestellten Gußstücke haben als Fertigungswerkstoff das „flüssige Eisen“, das in einem besonderen Schmelzbetrieb aus dem dem Hochofen entstammenden Roheisen und Zusätzen erschmolzen wird. Das flüssige Eisen wird in Formen gegossen und erstarrt in ihnen zum Gußeisen. Nach dem Erkalten werden die Formen geleert und die Gußstücke von anhaftenden Formteilen, Graten und Trichtern befreit, sie werden „geputzt“. Die genaue Definition des Gußeisens lautet nach dem Normblatt DIN 1690:

Gußeisen wird aus Roheisen allein oder mit Brucheisen, Stahlabfällen und anderen Schmelzzusätzen erschmolzen und in Formen gegossen, jedoch keiner Nachbehandlung zwecks Schmiedbarmachung unterworfen. Je nach der Menge des ausgeschiedenen Graphites ist zu unterscheiden:

- a) Graues Gußeisen (Grauguß) mit reichlicher Graphitausscheidung,
- b) halbgraues Gußeisen mit geringer Graphitausscheidung,
- c) weißes Gußeisen ohne oder nur mit Spuren von Graphitausscheidung,
- d) Schalengußeisen (Hartguß oder Schalenguß) mit weißer Außenzone und grauem Kern.

Dies möge zur Einführung genügen. Die Begründung der Vorgänge beim Erkalten, sowie alle Einflüsse der Zusammensetzung des Schmelzvorganges auf die Qualität sind in dem Abschnitt „Die Metallurgie des Gußeisens“ auseinandergesetzt. Die mannigfachen Anwendungsgebiete des Gußeisens sind im Normblatt DIN 1691 gegeben (siehe Anhang S. 265). Das Normblatt enthält zunächst die allgemeinen Vorschriften, die sich auf die äußere Beschaffenheit, Form, Abmessungen und Gewicht, sowie die Eigenschaften des Werkstoffes beziehen und denen nichts hinzuzufügen ist. Dann folgt die Klasseneinteilung und die Werkstoffeigenschaften. Das Normblatt sieht eine Einteilung in 9 Klassen vor, und zwar zunächst Bau- und Handelsguß, dann Fein- und Kunstguß, es folgen die beiden Klassen Maschinenguß ohne und mit besonderen Gütevorschriften, mit besonderen magnetischen Eigenschaften, Hartguß, säure- und alkalibeständiger Guß, feuerbeständiger Guß und besondere Gußerzeugnisse, d. h. solche, die sich in keiner der oben genannten Klassen einreihen lassen. Die Einteilung der Klassen ist nicht nach einem einheitlichen Gesichtspunkt durchgeführt. Wenn die ersten 5 Klassen,

also bis zum Maschinenguß mit besonderen magnetischen Eigenschaften, nur nach ihrem Verwendungszweck aufgestellt sind, so sind die Klassen 6 bis 8 nach Beschaffenheit und Eigenschaften, bzw. Herstellungsart unterschieden. Diese Einteilung ergab sich jedoch teils aus handelsüblichen Gepflogenheiten, teils aus der Tatsache, daß gewisse Gußarten, wie z. B. Hartguß, in speziell dafür eingerichteten Gießereien hergestellt werden und deswegen zu einer besonderen Klasse zusammengefaßt sind, obgleich ihr Verwendungszweck stark unterschiedlich ist und die einzelnen in dieser Klasse zusammengefaßten Teile auch hätten in eine andere Klasse eingereiht werden können.

Außer den unter den allgemeinen Vorschriften genannten Eigenschaften, die sich in der Hauptsache auf die Bearbeitbarkeit beziehen, sind in einigen Klassen bestimmte Festigkeitseigenschaften vorgeschrieben, und zwar gilt für die Gruppe Maschinenguß ohne besondere Gütevorschriften die Forderung, daß außer guter Bearbeitbarkeit eine Mindestzugfestigkeit von 12 kg pro mm² erreicht werden muß. Die Bezeichnung dieser Güteklasse ist Ge 1291. Der Klasse Maschinenguß mit besonderen Gütevorschriften sind 4 Güteklassen zugeordnet, die nach ihrer Mindestzugfestigkeit von 14, 18, 22, und 26 kg/mm² die Güteklassenbezeichnung Ge 1491, Ge 1891, Ge 2291 und Ge 2691 tragen. Noch nicht lange besteht die Möglichkeit, bei Gußeisen größere Festigkeiten als 18 kg pro mm² vorzuschreiben, denn erst in den letzten Jahren gelang es einer Anzahl Gießereien, ihre Treffsicherheit bei der Erreichung höherer Festigkeitseigenschaften zu verbessern. Trotzdem soll auch an dieser Stelle ausdrücklich hervorgehoben werden, daß für den überwiegenden Teil aller Konstruktionen aus Gußeisen eine Zugfestigkeit von 12 oder 14 kg/mm² ausreichend ist und vom Abnehmer lieber größerer Wert auf den Erhalt eines gut bearbeiteten Gußeisens gelegt werden sollte. Es hat sich gerade bei der Aufstellung des Normblattes Gußeisen gezeigt, daß sich die Abnehmerschaft darüber, was man vom Gußeisen verlangen kann und soll, oft nicht im klaren ist. Es soll also auch hier besonders darauf hingewiesen werden, daß keinesfalls eine höhere Güteklasse zu verlangen sei, wenn man mit einer niedrigeren auskommen kann, da dies naturgemäß die Herstellungskosten erhöht. Wenn man jedoch hochqualifiziertes Gußeisen gebraucht und bestellt, dann darf man auch nicht verlangen, daß dieses zum selben Preise geliefert wird wie früher, weil naturgemäß bei der Erzeugung hochwertigen Gußeisens ein größerer Aufwand an Werkstoff und Sorgfalt entsteht, der sich in einer Erhöhung der Gestehungskosten ausdrücken muß. Mit Ge 2691 beginnen die Sondergüten, die nicht als normal anzusprechen sind. Die Festsetzung der Eigenschaften einer Sondergüte ist durch Übereinkunft zwischen Erzeuger und Verbraucher zu regeln. Hierher gehören beispielsweise Gußeisensorten mit besonders

hoher Biegefestigkeit und Durchbiegung für Gußstücke, bei denen es besonders auf diese Eigenschaften ankommt.

Die in den einzelnen Klassen aufgeführten Verwendungsbeispiele sind nicht erschöpfend, sondern eben nur als Beispiele gedacht, wenn sie auch das Wesentlichste enthalten.

2. Die verschiedenen Arten der Eisengießereien.

Wir unterscheiden zunächst nach der Verschiedenheit der Erzeugnisse „Handelsgießereien“ und „Maschinengießereien“, je nachdem, ob vorwiegend Handelsguß oder Maschinenguß erzeugt wird. In der Herstellungsweise sind beide Gruppen nicht verschieden voneinander; erst in letzter Zeit sind Verschiedenheiten insofern eingetreten, als eigentlich nur noch in Maschinengießereien die Gußformen getrocknet werden. Den Handelsgießereien sind im allgemeinen Veredlungswerkstätten angeschlossen, wie Emailliererei, Vernickelei und Lackiererei. Auch ihr Verrechnungswesen unterscheidet sich von dem der Maschinengießereien dadurch, daß die Erzeugnisse fast immer auf Lager gearbeitet und in größerem Umfange durch Händler abgesetzt werden, während die Maschinengießereien fast immer unmittelbar an den Verbraucher liefern. Die Maschinengießerei ist entweder eine sog. „Kundengießerei“, d. h. sie liefert ihren Guß an verschiedene Maschinenfabriken, ihre „Kunden“, oder sie ist einer Maschinenfabrik angeschlossen und deckt deren Bedarf an Gußeisen. Vielfach ist auch beides miteinander verbunden, d. h. eine an eine Maschinenfabrik angeschlossene Gießerei liefert auch den fremden Verbrauchern Gußstücke. An Spezialgießereien kennen wir zunächst die „Röhrengießereien“, das sind diejenigen, die speziell für die Herstellung von Gußrohren aller Art eingerichtet sind. Auch die „Walzengießereien“ bilden eine Gruppe für sich, da auch hier besondere Einrichtungs- und Herstellungsmethoden üblich sind. Endlich kennen wir noch die sog. „Schwergießereien“, die Gußstücke von größerem Gewichte, etwa von 5 t aufwärts, herzustellen imstande sind.

Über Bezugsquellen der verschiedenen Gußeisensorten und Gußstücke gibt der Verein Deutscher Eisengießereien, Gießerverband Auskunft, der sich auch mit allen wirtschaftlichen und technischen Fragen des Gießereiwesens beschäftigt. Die Gießereileute sind daneben im Verein deutscher Gießereifachleute zusammengeschlossen. Engere Preisbindungen sind in größerem Ausmaße nur beim Handelsguß zu beobachten, der für verschiedene seiner Erzeugnisse Preisvereinigungen und Syndikate gebildet hat. Sämtliche Verbände, auch die Stahl-, Temper- und Metallgießer, haben als gemeinsame Zeitschrift „Die Gießerei, Zeitschrift für die Technik und Wirtschaft des gesamten Gießereiwesens“.

Die Bearbeitung technisch-wissenschaftlicher Fragen geschieht im „Technischen Hauptausschuß für Gießereiwesen“, dem sämtliche Gießereiverbände und der Verein deutscher Eisenhüttenleute angehören. In diesem Ausschuß werden die zu untersuchenden Fragen auf einzelne Arbeitsausschüsse verteilt, Erfahrungen ausgetauscht und Anregungen für neue Arbeiten gegeben. Auf diese Weise ist erreicht, daß Doppelarbeit vermieden wird.

3. Die Wissenschaft in der Gießerei.

Die heutigen Gießereien sind meist aus alten Handwerksbetrieben hervorgegangen und auch die Methoden des Eisengießers haben sich eigentlich nicht grundlegend geändert. Dies dürfte wohl auch der Grund sein, weshalb die Wissenschaft sich dieses Fachgebietes verhältnismäßig spät angenommen hat und weshalb in vielen Verbraucherkreisen noch die Meinung besteht, Grauguß müsse notwendigerweise ein minderwertiger und unzuverlässiger Werkstoff sein. Es ist nun wirklich früher so gewesen, daß die Herstellung von einwandfreiem Gußeisen nur nach geheimen Rezepten möglich war und mit den Kenntnissen des Meisters stand oder fiel. Erst in neuerer Zeit wurden die Grundlagen des Gießereiwesens wissenschaftlich untersucht und dadurch die Möglichkeit geschaffen, das Gießereiwesen schulisch und praktisch zu erlernen und den Betrieb mit verhältnismäßig einfachen Mitteln zu überwachern. Es mögen nun im folgenden die wichtigsten Teilgebiete der Wissenschaft in der Eisengießerei erörtert und jeweils auf die zugehörigen Abschnitte des Buches hingewiesen werden.

Das größte und wesentlichste Gebiet ist der „Aufbau und die Eigenschaften des Gußeisens“. Gußeisen ist eine Legierung mit dem wesentlichsten Bestandteil Eisen und den Begleitern Kohle, Silizium, Mangan, Phosphor und Schwefel. Es hat sich gezeigt, daß nicht allein das Verhältnis der einzelnen Legierungsbestandteile wesentlich für die Eigenschaften des Gußeisens ist, sondern daß auch die Art der Schmelzung und des Vergießens eine große Rolle spielt. Der größte Wert dieser Untersuchungen ist darin zu erblicken, daß Eigenschaften, die früher nur hin und wieder erreicht wurden, nunmehr mit großer Treffsicherheit erzielbar und einzuhalten sind. Dieses wichtige Fragengebiet ist im ersten Abschnitt des Buches ausführlich behandelt.

Neben der Metallurgie ist auch der eigentliche „Schmelzprozeß“ vielfach Anlaß der Forschung geworden, wobei die Art und Form der Schmelzöfen, aber auch die Ofenführung durch wesentliche und wichtige Erkenntnisse bereichert wurden, was im Abschnitt 2 „Ofenanlagen“ erörtert ist.

Nun kommen wir zum 2. Teil der Gießerei, dem sog. „Formbetrieb“ im Gegensatz zum erstbehandelten, dem „Schmelzbetrieb“. Wie schon

der Name sagt, wird hier die Form hergestellt. Man bedient sich dazu verschiedener Hilfsmittel. Der Werkstoff der Form ist im allgemeinen der „Formsand“, sie kann aber auch aus Lehm oder anderer Masse hergestellt sein. Im allgemeinen benötigt man zum Zusammenhalten der Formsand- oder Lehmform sog. „Formkästen“, die durchschnittlich aus Gußeisen, selten aus Blech, hergestellt sind. Diese Formkästen sind entweder rechteckig oder rund, selten und nur bei Massenherstellung der besonderen Form des Gußstückes angepaßt. Der Fachnormenausschuß für Gießereiwesen (Gina) ist im Begriffe ein Normblatt „Formkästen“ auszuarbeiten, der die Zahl der gebräuchlichen Formkästen bedeutend herabsetzen wird. Die Erforschung der Hilfsmittel in der Gießerei ist verhältnismäßig wenig fortgeschritten; es liegen zum mindesten wenig allgemein anerkannte Ergebnisse vor. So ist beispielsweise auf dem Gebiete der Formsandprüfung noch nichts Endgültiges geschaffen, wenn uns auch von Amerika her ganz ausgezeichnetes und umfangreiches Material vorliegt. Außer einer unvollständigen Formsandkarte besteht keine brauchbare Übersicht über Art und Vorkommen der deutschen Formsande; es sind allerdings augenblicklich ausführliche Arbeiten im Gange, die diesem Mangel abhelfen werden und neben einfachen wirtschaftlichen und praktischen Prüfmethode auch eingehende Beschreibung über Vorkommen und Brauchbarkeit der deutschen Formsande umfassen. Das Wichtigste dieser Arbeiten ist die Auffindung einer einwandfreien, aber doch einfachen und kurzen Formsandprüfung, die im Betrieb von einem Angelernten in spätestens einer halben Stunde für eine Probe durchgeführt werden kann. Diese Prüfung ist deshalb so außerordentlich wichtig, weil der richtige und fehlerfreie Ausfall der Gußstücke in großem Maße von der einwandfreien Beschaffenheit des Formsandes, seiner Festigkeit und Gasdurchlässigkeit, abhängt. Sehr wesentlich ist auch die Herstellung der „Kerne“, zu der besondere Arten Sande mit Bindemitteln verwendet werden. Darüber ist das Wesentlichste im Abschnitt 2 „Roh- und Hilfsstoffe“ enthalten. Zum Befestigen der Form dienen Drahtstifte, die sog. „Formerstifte“, die bereits genormt sind (DIN 1163). Auch die „Kernstützen“, die im allgemeinen aus Eisenblech und verzinkt sind, werden augenblicklich von einem Arbeitsausschuß des Gina bearbeitet, um die Hunderte verschiedenen Arten und Größen zu vereinheitlichen und zu verbilligen.

Das Maschinenwesen der Gießerei gewinnt mit der fortschreitenden Entwicklung dieses Industriezweiges ständig an Bedeutung und die Maschine findet immer mehr in allen Teilen der Gießerei neue Arbeitsgebiete. Das Wichtigste ist das maschinelle Formen, das besonders bei Serien- und Massenherstellung angewendet wird. Ihm ist der Abschnitt 6 „Die Formmaschine als Grundlage der Mechanisierung“ gewidmet. Auch die Aufbereitung der Formstoffe (Sand,

Lehm u. a.) wird heute fast nur noch maschinell vorgenommen. Das Putzen kleiner und mittlerer Stücke geschieht ebenfalls größtenteils mit Hilfe von Maschinen und Apparaten wie Sandstrahlgebläsen, Putztrommeln, Preßluftwerkzeugen und ähnlichem. Auch das Putzen mit Preßwasser wäre hier zu erwähnen. Ein sehr wichtiges Anwendungsgebiet der Maschine ist auch das Förderwesen in der Gießerei. Seine Bedeutung geht schon daraus hervor, daß je nach der Art der Fertigung zur Erzeugung eines Gußstückes das 30—40fache seines Eigengewichts bewegt werden muß. Die Fördereinrichtungen des Schmelzbetriebes sind Aufzüge aller Art. Das flüssige Eisen wird durch Hängebahnen und Krane vom Ofen zu den Gießstellen gebracht. Der Transport der Formen und Kerne wird durch Krane und Rollbahnen besorgt, die auch Modelle, Gußstücke, Formkasten u. a. von den Lägern zu den Verbrauchstellen und umgekehrt schaffen. In modern eingerichteten Betrieben werden auch immer mehr Transportbänder für Formstoffe, Gußstücke und Formkasten verwendet, sofern sich ein regelmäßiger Fluß durchführen läßt. Auch der Elektrokarren hat sich für vielerlei Verwendungszwecke Eingang in die Gießerei verschafft.

Auf organisatorischem Gebiete ist im Gießereiwesen bereits Grundlegendes geleistet worden, vieles ist noch zu tun übrig. Die Selbstkostenrechnung, die Grundlage des wirtschaftlichen Arbeitens jeder Industrie, hat schon früh Beachtung gefunden. Hier näher darauf einzugehen erübrigt sich, da im Abschnitt 7 „Die Selbstkostenberechnung“ in knapper Darstellung das Wesentliche gegeben ist. Die Buchhaltung ist zur Zeit gemeinsames Arbeitsgebiet des Ausschusses für wirtschaftliche Verwaltung (AWV) und des Vereins Deutscher Eisengießereien, die eine „Normalbuchführung für mittlere Eisengießereien“ aufstellen. Gemeinsam mit dem Reichsausschuß für Arbeitszeitermittlung (Refa) wurde die Stückzeitermittlung bearbeitet und die Ergebnisse dieser Arbeit sind in der „Refa-Mappe für Gießereiwesen“ (Beuth-Verlag) niedergelegt. Darüber hinaus bildet das Werk Tillmann, „Lehrbuch der Stückzeitermittlung in der Maschinenformerei“ (Verlag Oldenbourg) eine umfassende Darstellung dieses so wichtigen Gebietes.

Die Normungsarbeiten werden durch Mitarbeit der Gießereiverbände im Deutschen Normenausschuß gefördert, soweit es sich um Gießereierzeugnisse handelt*. Für die Normung des Gießereibedarfs ist der dem Deutschen Normenausschuß zugehörige „Fachnormenausschuß für Gießereiwesen“ (Gina) gebildet. Sehr große Bedeutung für die Gießerei hat das Zusammenarbeiten mit dem Konstrukteur. Auf die Wichtigkeit dieser Zusammenhänge ist schon oft hin-

* Ein Verzeichnis der bisher genormten Teile aus Gußeisen findet sich im Anhang S. 269 Tabelle 2.

gewiesen worden. In letzter Zeit mehren sich erfreulicherweise auch die Bestrebungen in Schule und Praxis, diese Beziehungen inniger zu gestalten und auch das vorliegende Buch soll ein Beitrag dazu sein. In dem Abschnitt 5 „Modellbau und Formtechnik“, insbesondere aber in Abschnitt 4 „Konstruktionsregeln für Gußeisen“ ist diese Frage ausführlich behandelt. Auch der Deutsche Ausschuß für technisches Schulwesen (Datsch) sowie die Technisch-Wissenschaftliche Lehrmittelzentrale (TWL) haben sich durch Herausgabe von Lehrmaterial über dieses Gebiet verdient gemacht.

Hiermit wäre alles das über das Eisengießereiwesen Wissenswerte in kurzen Zügen gesagt. Die vielen Berührungspunkte zwischen Gießereimann und Maschineningenieur bedingen ein enges Zusammenarbeiten und es wird die glücklichste Aufgabe des vorliegenden Bandes sein, etwas dazu beizutragen.

Aufbau und Eigenschaften des Gußeisens.

Von H. Jungbluth.

A. Die Erzeugung des Gußeisens.

1. Der Hochofenprozeß.

Bis zum frühen Mittelalter bestanden alle Eisenwaren aus schmiedbarem Eisen, das heißt aus einem Material, das, in teigigem Zustande aus „Stücköfen“ gewonnen, erst durch mechanische Formgebung in die gewünschte Gestalt gebracht werden mußte.

Seit dem Ende des 14. Jahrhunderts kennt man das Verfahren, Eisen in flüssigem Zustande aus Hochöfen zu erzeugen und ihm durch Vergießen leicht jede gewünschte Form zu geben. Wenn sich auch technisch diese Art der Roheisenerzeugung seit jener Zeit bedeutend entwickelt hat, so sind die chemischen Grundlagen die gleichen geblieben. Nach wie vor reduziert man die oxydischen Eisenerze in einem Schacht-ofen mit Kohlenstoff, den man heute in Form von Koks verwendet, zu Metall. Liegen die Erze in Form von Schwefelverbindungen (z. B. Pyriten) vor, so werden sie durch „Rösten“ in oxydische Eisenverbindungen überführt und dann im Hochofen verschmolzen. Dabei nimmt das Metall durch den Überschuß an Koks, der zu gleicher Zeit zur Erreichung der nötigen Reaktionstemperatur als Brennstoff dient, Kohlenstoff auf (3 bis 4%) und wird dadurch leichter flüssig. Das den Erzen anhaftende Fremde, nicht eisenhaltige Gestein, die „Gangart“, wird durch Beigabe von „Zuschlägen“ (Kalkstein usw.) verschlackt. Durch die Gangart kommen Silizium und Phosphor, durch den Koks Schwefel in das Roheisen. Da die meisten Erze etwas Mangan enthalten, findet sich auch dieses Element vor.

Durch die unterschiedlichen Erze und verschiedenes Betreiben des Hochofens kann man die mannigfachsten Roheisensorten herstellen, wie Hämatit, Gießereirohisen, Puddelisen, Spiegeleisen, Thomasrohisen, Silikoeisen usw. Sie unterscheiden sich durch die Analyse, die der weiteren Verwendung der Sorten angepaßt ist.

2. Die Umschmelzverfahren.

Nur selten wird das vom Hochofen kommende flüssige Roheisen direkt zu Formstücken vergossen, obgleich dadurch eine bedeutende Er-

sparsam an Schmelzkosten erzielt wird. Einige Röhrengießereien und andere Betriebe mit ähnlichen billigen Massenartikeln bedienen sich dieses Verfahrens. Güsse solcher Art heißen „Gußwaren erster Schmelzung“. Der in den meisten Gießereien geübte unterbrochene Formbetrieb hingegen, das Mißverhältnis zwischen Form- und Schmelzzeit, die gesteigerten Ansprüche an die Güte der Gußstücke bezüglich Aussehen, mechanischer Eigenschaften, unterschiedlicher Zusammensetzung usw. führten zu einer anderen Arbeitsweise. Man gießt das Roheisen des Hochofens zu Eisenbarren, „Masseln“ genannt, die in geeigneter Mischung von verschiedenen Roheisenmarken und Gußbruch erneut niedergeschmolzen und dann erst zu Formstücken vergossen werden. Das sind „Gußwaren zweiter Schmelzung“.

a) Der Kupolofen.

Am billigsten wird die zweite Schmelzung im Kupolofen* durchgeführt, einem Schachtofen, in den oben abwechselnd Eisen, Koks und Zuschläge (Kalk, Flußspat usw.) eingefüllt, unten Verbrennungsluft, „Wind“, eingeblasen wird. Im Bereiche der Winddüsen, der „Formenebene“, herrscht die höchste Temperatur, hier kommt das Eisen zum Schmelzen und sammelt sich am Boden an, wo es von Zeit zu Zeit abgestochen wird. Die heißen Verbrennungsgase durchstreichen den ganzen Schacht, in dem das Gemisch von Eisen, Brennstoff und Zuschlag langsam niedersinkt, und geben der niedergehenden „Beschickung“ den größten Teil ihrer Wärme ab. Gerade durch diese Ausnutzung des Gegenstromprinzips wird der für Ofenanlagen außerordentlich hohe thermische Wirkungsgrad von über 50% beim Kupolofen erreicht. Der Brennstoffaufwand beträgt insgesamt 12 bis 18% des Eisengewichts, hin und wieder auch weniger. Natürlich kommt beim Kupolofen das Schmelzgut für ziemlich lange Zeit wiederum mit dem Brennstoff, Koks, in Berührung und nimmt von ihm Fremdkörper, insbesondere Schwefel, auf. Die im Ofen sich abspielenden Verbrennungsvorgänge bringen es mit sich, daß ein Teil des Eisens und des im Eisen enthaltenen Siliziums und Mangans abbrennt und zwar in Gehalten, die man ihrer Größe nach durch Erfahrung ziemlich gut kennt und bei der Zusammenstellung der einzelnen Roheisen- und Schrotsorten, beim sog. „Gattieren“, in Rechnung stellen kann. Jedoch ist der Abbrand nicht so regelmäßig, daß man ihn auf das Prozent genau berücksichtigen könnte. Naturgemäß führt das zu Schwankungen in der Zusammensetzung des Gußeisens, die man dulden muß und auch dulden kann. Es sei hier nachdrücklichst betont, daß der Kupolofen infolge seiner vorzüglichen Gebrauchseigenschaften der für den allergrößten Teil der

* Abbildungen des Kupolofens und der anderen Schmelzöfen siehe Abschnitt „Ofenanlagen in der Gießerei“.

Gießereien geeignetste Schmelzapparat ist, da in den weitaus meisten Fällen sein Eisen den gestellten Anforderungen genügt.

b) Der Flammofen.

Trotzdem kommt man in einigen Sonderfällen ohne Spezialofen nicht aus. Bei der Fabrikation ganz großer Stücke, wie sie die Walzengießereien z. B. zu bewältigen haben, kann man den sog. Flammofen nicht entbehren. Er besteht aus einem Herd, auf dem das Metall eingeschmolzen wird, einem Rost, auf dem die Brennstoffe, meist Flammkohle, verbrennen, vom Herd durch die „Feuerbrücke“ getrennt, und dem „Fuchs“, einem Verbindungskanal zwischen Herd und Esse, durch den die Abgase entweichen. Durch seine Bauart bietet er in erster Linie die Möglichkeit, ganz schweren Gußbruch, wie z. B. dicke Walzen, die man im Kupolofen nie würde chargieren können, einzuschmelzen und damit wieder verwendbar zu machen. Das Gewölbe ist abnehmbar, so daß der Ofen von oben beschickt werden kann. Sein Fassungsraum schwankt in weiten Grenzen (3 bis 25 t). Da die Charge nicht, wie beim Kupolofen, mit dem Brennstoff in Berührung kommt, ist man in der Lage, ihre Zusammensetzung viel genauer zu treffen, insbesondere den Kohlenstoffgehalt niedrig zu halten, was in einigen Sonderfällen wünschenswert ist. Auch kann man in Flammöfen mit großem Fassungsraum (25 t) eine Charge mit absolut der gleichen Zusammenstellung herstellen, während man beim Kupolofenschmelzen solche Eisenmengen nach und nach abstechen muß, wobei, wie oben erwähnt, die einzelnen Abstiche durchaus nicht die gleiche Zusammensetzung haben. Sein Brennstoffaufwand beträgt etwa 40%. Er arbeitet thermisch wesentlich ungünstiger als der Kupolofen.

c) Der Tiegelofen.

In einigen Gießereien, insbesondere in kleineren, die Spezialguß herstellen, findet man Tiegelöfen. Das Schmelzgut befindet sich in Tiegeln, die entweder in einem Koksbedt stehen oder mit Gas oder Öl geheizt werden. Diese Öfen bieten den Vorteil eines sehr reinen Schmelzens, sie haben den Nachteil hohen Brennstoffaufwandes, der 75 bis 100% erreichen kann. Tiegelguß kann deshalb nicht billig sein.

d) Der Elektroofen.

Neuerdings führt sich der Elektroofen immer stärker in der Gießerei ein. Vom Standpunkte bequemer, sauberer und exakter Arbeit aus betrachtet, stellt er das Ideal eines Schmelzapparates dar. Seine Wirtschaftlichkeit hängt aber sehr vom Strompreis und von der Arbeitsweise ab. Mit kaltem Einsatz zu schmelzen dürfte in Deutschland stets unwirtschaftlich sein. Man muß den Elektroofenbetrieb mit

einem Kupolofenbetrieb kombinieren und dem Elektroofen den Einsatz flüssig zuführen; er dient dann nur noch zum Überhitzen und Raffinieren. Aber selbst unter diesen Umständen ist die Rentabilität des Betriebes bei einem Strompreis von etwa 4 Pfg/kWh in Frage gestellt, wenn man pro Tonne eine Leistung von etwa 200 Kwh in Ansatz bringt. Bei 3,5 Pfg/kWh ist der Betrieb meist durchführbar.

3. Synthetischer Guß.

Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, daß man in Ländern mit billigem Strompreis, angeblich mit technischem und wirtschaftlichem Erfolg, Gußeisen aus weichen Stahlspänen, Koks und einigen anderen Zuschlägen zur Erzielung einer geforderten Zusammensetzung synthetisch hergestellt hat. Für Deutschland kommt das Verfahren nicht in Frage.

B. Die Vorgänge beim Erstarren und Abkühlen des Gußeisens.

Das technische Eisen erstarrt, wie fast alle Metalle, unter Verkleinerung seines spezifischen Volums. Diese Volumänderung, die übrigens beim Schmelz- bzw. Erstarrungspunkt eine Unstetigkeit aufweist, führt zu Erscheinungen, die man mit Schwindung, Lunkerung, Seigerung und Spannung bezeichnet, und die vom Konstrukteur beim Entwerfen von Gußstücken sehr beachtet werden müssen.

1. Das Schwinden.

Mit Schwinden bezeichnet man das Kleinerwerden von Gußstücken gegenüber dem Modell. Das Maß, um das das Gußstück kleiner wird, nennt man Schwindmaß. Die Größe des Schwindmaßes ist von den unterschiedlichsten Faktoren abhängig, in erster Linie von der chemischen Zusammensetzung und den Abkühlungsverhältnissen, dann aber auch von der Gestalt des Gußstückes. Der Einfluß der chemischen Zusammensetzung ist zwar wissenschaftlich nachweisbar, aber von solcher geringer Größe, daß er in der Praxis vernachlässigt werden kann. Viel bedeutender ist der Einfluß der Gestalt. Ein langes schmales Gußstück schwindet nicht so stark wie ein kurzes massiges. Die Reibungsverhältnisse in der Gußform bedingen dieses verschiedenartige Verhalten. Wenn in Handbüchern angegeben wird, daß Stahl und Hartguß etwa 2%, Grauguß 0,8 bis 1% schwindet, so ist das der Größenordnung nach richtig. Der Konstrukteur tut aber gut, es dem erfahrenen Gießereimann und Modellschreiner zu überlassen, mit welchem Schwindmaß im besonderen Falle gerechnet werden soll. Im allgemeinen können diese Fachleute die Verhältnisse hinreichend übersehen, so daß ernstere Schwierig-

keiten durch Schwindung nicht zu befürchten sind. Allerdings ist es klar, daß eben durch die Schwindung die Forderung „auf Maß gießen“ cum grano salis verstanden werden muß. Bei kleinen Gußstücken kann man die Maße einigermaßen einhalten, bei großen muß man gelegentlich ein paar Millimeter Mehrbearbeitung hinnehmen.

2. Das Lunkern.

Unangenehmer ist die Eigenschaft des Lunkerns. Die Erscheinung kommt dadurch zustande, daß das Metall nicht gleichmäßig über den ganzen Querschnitt, sondern lagenweise von der Außenseite her erstarrt. Abb. 35* verdeutlicht dies im Falle eines Blocks. In Wirklichkeit sind die Lagen unendlich dünn und im Gußstück nicht mehr zu erkennen, wohl aber bleibt der obere Hohlraum, der Lunker. Man hat an Wachsmoellen die Lunkerung näher studiert und dabei als wichtigstes Resultat gefunden, daß der Lunker stets da erscheint, wo das Eisen am längsten flüssig bleibt, praktisch also in der größten Wandstärke. In Gußstücken von der Gestalt der Abb. 35 tritt der Lunker nach außen, kann gesehen und durch eine kleine Abänderung der Form oder durch Abschneiden leicht unschädlich gemacht werden. In einem Gußstück wie Abb. 36 es zeigt, liegt der Fall viel verwickelter. Der obere Lunker kann ähnlich behandelt werden, wie der in Abb. 35, der innere ist schwerer zu beseitigen. Der Konstrukteur und der Gießer haben gemeinsam das Problem in Angriff zu nehmen. Der Konstrukteur muß möglichst Wandstärkendifferenzen vermeiden, der Gießer an gefährdeten Stellen, soweit das möglich ist, Köpfe und Saugtrichter setzen. Wenn es sich um sehr große Gußstücke handelt, kann er durch „Pumpen“ und Nachgießen der Lunkerbildung im Stück vorbeugen. Im übrigen sei noch besonders darauf hingewiesen, daß der Natur der Sache nach auch durch diese Arbeitsverfahren der Lunker nicht vermieden, sondern nur an Stellen verlegt wird, wo er nicht schaden oder mechanisch beseitigt werden kann.

3. Das Seigern.

Wenn auch bei Gußeisen die Frage der Seigerung nicht von der gleichen Bedeutung wie bei den Stählen ist, sei der Vollständigkeit halber doch auf sie eingegangen. Wie eingangs erwähnt, ist Gußeisen kein einheitliches Metall, sondern eine Legierung, die im flüssigen Zustande eine Reihe metallischer und nichtmetallischer Elemente gelöst enthält. Es kann nun vorkommen, daß diese Elemente nach der Erstarrung nicht mehr so gleichmäßig im festen Metall verteilt sind wie sie es in der Schmelze waren. Dies tritt insbesondere bei sehr dicken Gußstücken auf. Die Erscheinung beruht auf der Tatsache, daß Legierungen, mit geringen Ausnahmen, ein Schmelzintervall statt eines

* Gieß.-Zg. Bd. 23, S. 265. 1926 entnommen.

Schmelzpunktes haben, wie er bei reinen Metallen beobachtet wird, und daß sich zu Beginn der Erstarrung stets reinere Kristalle abscheiden als am Ende. Da aber, wie oben bei Besprechung der Lunkerung erwähnt, die Erstarrung schichtenweise vor sich geht, setzen sich die reineren Kristalle außen am Gußstück ab, während die mit Fremdkörpern verunreinigten nach innen kommen. Man findet sie deshalb auch meist im Lunker. Die Größe der Seigerung hängt von der Größe des Erstarrungsintervalls ab. Da Gußeisen nur ein verhältnismäßig kleines hat, ist auch die Seigerung nicht sehr bedeutend. Lediglich in der Nähe der Trichter und Köpfe findet man sie in größerem Maße, und zwar ist es insbesondere der Schwefel, der sich an diesen Stellen anreichert.

4. Die Spannungen.

Die Abkühlung in Gußstücken^{1*} erfolgt nach dem Newtonschen Abkühlungsgesetz, daß die jeweilige Temperatur mit der Zeit in Beziehung bringt und das lautet:

$$t = t_0 \cdot e^{-k \cdot z}, \quad (1)$$

wobei t_0 = Anfangstemperatur,

z = Zeit,

k = eine Konstante ist, die nicht nur von der Art des Werkstoffes, sondern auch von seiner Form, insbesondere vom Verhältnis des Volums zur Oberfläche abhängt. Je kleiner dieses Verhältnis ist, um so schneller erfolgt die Abkühlung. Da nun an den verschiedenen Teilen eines Gußstückes das Verhältnis des Volums zur Oberfläche wechselt, muß das Gußstück zu einer bestimmten Zeit in seinen verschiedenen Teilen verschiedene Temperatur haben.

Auf der anderen Seite gilt das Gesetz

$$l = l_0 (1 + \alpha (t_0 - t)), \quad (2)$$

worin l_0 = Anfangslänge eines betrachteten Metallstabs, t_0 seine Anfangstemperatur im betrachteten Augenblick bedeuten. Wie aus dem Temperatur-Zeitgesetz ersichtlich ist (1), müssen in einem abkühlenden Gußstück mit verschiedenem Querschnitt zu einer bestimmten Zeit nach Beginn der Abkühlung Temperaturdifferenzen auftreten, da der Wert k für die verschieden dicken Teile eines Gußstückes verschieden ist. Aus dem Temperatur-Längengesetz (2) geht hervor, daß diese verschiedenen Teile, die bei Beginn der Abkühlung gleiche Länge gehabt haben, außerdem miteinander gekuppelt sein sollen, in eben diesem betrachteten Zeitpunkt infolge ihrer verschiedenen Temperatur verschiedene Längen haben müßten. Da sie aber fest miteinander verbunden sind, müssen sie sich auf eine gemeinsame Länge einigen. Geschieht dies bei Temperaturen, bei denen das Metall noch bildsam ist, so sind die resultierenden

* Die hochgestellten Ziffern entsprechen den Nummern des Literaturverzeichnisses am Ende jedes Beitrages.

Deformationen plastische und dieser Ausgleich geht ohne Spannungen vor sich. Findet der Vorgang aber bei tieferen Temperaturen statt, bei denen nur noch elastische Deformationen möglich sind, so stellen sich Spannungen ein. Die am schnellsten abgekühlten Teile stehen unter Druck-, die am langsamsten abgekühlten unter Zugspannungen. Unter dem Einfluß dieser Spannungen verzieht sich das Gußstück, wenn seine Form es erlaubt. Da fast jedes Gußstück von einiger Größe in seinen verschiedenen Teilen mit verschiedener Geschwindigkeit abkühlt, sei es, daß die Querschnitte verschieden groß sind, sei es, daß durch Kerne usw. die Wärmeableitung mit verschieden großer Geschwindigkeit erfolgt, so ist es klar, daß auch in jedem Gußstück Spannungen sein müssen. Wie bei Bekämpfung der Lunkerung und Seigerung ist es auch hierbei Sache des Konstrukteurs und des Gießereimannes, die Größe der Spannungen auf ein Minimum zu reduzieren. Durch geeignete Querschnittsbemessungen kann der Konstrukteur diesem Bestreben entgegenkommen, der Gießer durch geeignetes Formverfahren (nicht zu feste Kerne, rechtzeitiges Loßstoßen der Formen an dicken Querschnitten, eventuell Anwärmen der Formen, wenn nach dem Lanzverfahren gearbeitet werden kann usw.).

Wirkungsvoll lassen sich die Spannungen auch durch Glühen beseitigen. Nur hat das Anwärmen und Abkühlen möglichst langsam zu geschehen, um alle unterschiedlichen Querschnitte durch gleichmäßiges Durchwärmen stets auf gleicher Temperatur zu halten und damit die alten Spannungen auszuglühen und die Bildung neuer zu verhindern.

C. Schmelzpunkte und Feingefüge des Gußeisens.

1. Allgemeines.

In einfacher, ziemlich zuverlässiger, wenn auch etwas roher Weise kann man die Qualität eines Gußeisens nach seinem Bruch beurteilen. Im Grunde ist die von der Wissenschaft gepflegte mikroskopische Eisenuntersuchung, die Metallographie, auch nichts anderes als eine mit verfeinerten Mitteln durchgeführte Bruchuntersuchung. Nicht nur die äußere Form, auch der innere Aufbau des Korns, das Feingefüge, erschließt sich dabei dem bewaffneten Auge. Man ist in der Lage, Beziehungen zwischen chemischer Zusammensetzung, thermischer Vorbehandlung des Materials usw. und seinen Eigenschaften aus dem Feingefüge abzuleiten und für die Praxis nutzbar zu machen.

Wie bereits oben erwähnt, ist das in der Technik verwendete Eisen kein reines Metall, sondern eine Legierung, d. h. ein Material, dessen Hauptbestandteil, dem Eisen, man absichtlich oder unabsichtlich andere Elemente beigefügt hat. Die wichtigsten Eisenbegleiter sind Kohlenstoff, Silizium, Mangan, Phosphor und Schwefel. Sie haben

eine einschneidende Wirkung auf den Aufbau und damit auf die Eigenschaften des Eisens. Man untersucht ihren Einfluß auf das Gefüge durch Aufstellung sog. Temperatur-Konzentrationsdiagramme. Da nur durch eingehendes Studium der Metallographie² ein rechtes Verständnis für diese Diagramme erworben werden kann, sei hier versucht, auch ohne sie zu einer Anschauung über den Kristallaufbau des Gußeisens zu kommen.

2. Der Einfluß der Elemente auf das Feingefüge.

Am einschneidendsten beeinflußt der Kohlenstoff das Eisen. Er kommt in zwei Arten im Eisen vor, einmal in Form einer Eisenkohlenstoffverbindung von der Formel Fe_3C , Eisenkarbid genannt, ein andermal als elementarer Kohlenstoff, Graphit mit Namen. Man muß eine Untersuchung über den Einfluß des Kohlenstoffs deshalb so führen, als hätte man zwei getrennte Körper nach ihrer Wirkung auf das Eisen hin zu studieren, nämlich einmal das System Eisen-Eisenkarbid, ein andermal das System Eisen-Graphit.

Was das System Eisen-Eisenkarbid angeht, so sei auf zwei sehr wichtige Erscheinungen als Erstes aufmerksam gemacht: Während reines Eisen einen Schmelzpunkt hat, haben alle Eisenkohlenstofflegierungen*, abgesehen von einer einzigen, Schmelzintervalle. Während reines Eisen einen relativ hohen Schmelzpunkt hat, erniedrigt der Kohlenstoff in den technisch vorkommenden Gehalten den Erstarrungsbeginn um so stärker, in je größerer Menge er vorhanden ist. Zahlenmäßig sind die Verhältnisse in Tabelle 1 wiedergegeben. Die Werte sind annähernde.

Tabelle 1.

	0 % C	1,7 % C	4,3 % C
Beginn der Erstarrung	1500°	1380°	1150°
Ende der Erstarrung	1500°	1150°	1150°

Über 4,3% hinaus erhöht der Kohlenstoff wiederum den Erstarrungsbeginn und bewirkt das erneute Auftreten eines Erstarrungsintervalls. Da diese Legierungen technisch aber nur sehr selten Verwendung finden, sei auf sie nicht näher eingegangen. Wie aus Tabelle 1 ersichtlich, nimmt die Legierung mit 4,3% C eine Sonderstellung ein: sie hat wie das reine Metall einen Erstarrungspunkt, der aber rund 350° niedriger liegt als der des reinen Eisens. Solche Legierungen nennt man „eutektische“, die dabei auftretenden Schmelzpunkte „eutektische Punkte“, die entsprechenden Feingefüge „eutektische Gefüge“ oder „Eutektika“.

* Der Einfachheit halber seien auch die Eisen-Eisenkarbidlegierungen mit diesem Namen bezeichnet. Es ist wissenschaftlich zulässig.

Wenn man in der Lage wäre, die Legierungen unmittelbar nach der Erstarrung mikroskopisch zu untersuchen, so würde man in solchen bis 1,7% C ein Konglomerat von völlig gleichen Kristallen wahrnehmen, denen man in keiner Weise ansehen kann, daß sie kohlenstoffhaltig sind. Der Kohlenstoff ist in ihnen gelöst, wie etwa Salz in Wasser, nur mit dem Unterschiede, daß im Falle des Salzes das Lösungsmittel eine Flüssigkeit, nämlich Wasser, im Falle des Kohlenstoffs aber ein fester Körper, nämlich Eisen, ist. Man nennt eine solche Lösung deshalb auch „feste Lösung“. Eine andere Bezeichnung für diese „feste Lösung“ ist „Mischkristall“, ein der Mineralogie entlehnter Begriff. Man versteht darunter einen Kristall, der aus zwei Körpern gleicher Kristallform aber veränderlicher Menge aufgebaut ist. Legierungen mit mehr als 1,7% C zeigen unmittelbar nach der Erstarrung außer den Mischkristallen noch Eisenkarbid. Diese „feste Lösung“ macht bei weiterer Abkühlung Umwandlungen durch, die mit thermisch nachweisbaren „Umwandlungspunkten“ verbunden und erst bei etwa 700° beendet sind. Es hängt vom Kohlenstoffgehalt ab, zu welchen Endgefügen bei dieser Umwandlung des Mischkristalls die Legierung gelangt. Während reines Eisen nur aus einer Ansammlung gleicher Körner besteht, die den Namen „Ferrit“ führen (Abb. 37), zeigt Eisen mit 0,9% Kohlenstoff gleichfalls wieder ein Konglomerat von Körnern derselben Art, „Perlit“ genannt (Abb. 38). Die im Relief vorstehenden Lamellen sind Eisenkarbid, die Grundmasse reines Eisen (Ferrit). Als Gefügebestandteil nennt man das Eisenkarbid „Zementit“. Alle Legierungen zwischen 0 bis 0,9% C weisen eine Mischung dieser beiden Kornarten auf (Abb. 39), in der je nach dem Kohlenstoffgehalt der eine oder der andere Gefügebestandteil überwiegt. Wie eine Legierung mit 4,3% C als einzige einen Schmelzpunkt hat, hat eine solche mit 0,9% C als einzige einen Umwandlungspunkt, alle anderen haben Umwandlungsintervalle. Man nennt deshalb diese Legierung eine „eutektische“ als Analogie zur „eutektischen“. Zwischen 0,9 bis 1,7% C besteht das technische Eisen aus einer Grundmasse von Perlitkörnern, die häufig von weißen Adern umgeben sind (Abb. 40), oder in die weiße Adern einschließen (Abb. 41). Auch diese Adern und Nadeln sind Eisenkarbid, man nennt es in dieser Ausbildungsform „Sekundärzementit“. Er kann höchstens 13 bis 14 Flächenprozent in Anspruch nehmen, was bei 1,7% C der Fall ist, dann nimmt er wieder an Raum ab, bis er bei 4,3% verschwindet. Bei 1,7% C beginnt ein neuer Gefügebestandteil aufzutreten, der bei 4,3% C 100% der Schlißfläche bedeckt. Dieses ist der „Ledeburit“ (Abb. 42), aus Perlit und Zementit bestehend. Wie zwischen Ferrit und Perlit, sind auch zwischen Perlit und Ledeburit alle Mischungen möglich (Abb. 43), nur ist es schwer zu unterscheiden, welcher Anteil des Perlits zum Ledeburit zu zählen ist, und welcher

nicht zum Ledeburit gehört. Von 4,3% C ab tritt als neuer Bestandteil in steigenden Mengen mit Anwachsen des Kohlenstoffs meist in Form von langen Nadeln der sog. „Primärzementit“ auf (Abb. 44), der theoretisch bei 6,67% C das ganze Gesichtsfeld ausfüllen und den Ledeburit verdrängen muß. Dieser Fall läßt sich aber praktisch nicht verwirklichen.

In Tabelle 2 ist eine zusammenfassende Darstellung über die in den angegebenen Kohlenstoffgrenzen auftretenden Gefüge gegeben.

Tabelle 2.

- 0,0% C = reiner Ferrit,
- 0,0 bis 0,9% C = abnehmende Mengen Ferrits, steigende Mengen Perlits.
- 0,9% C = reiner freier Perlit,
- 0,9 bis 1,7% C = abnehmende Mengen freien Perlits, steigende Mengen Sekundärzementits,
- 1,7 bis 4,3% C = abnehmende Mengen freien Perlits, und Sekundärzementits, steigende Mengen Ledeburits,
- 4,3% C = reiner Ledeburit,
- 4,3 bis 6,67% C = abnehmende Mengen Ledeburits, steigende Mengen Primärzementits,
- 6,67% C = reiner Primärzementit.

Übersichtlicher lassen sich die Gefüge der Menge ihres Auftretens nach durch Abb. 1 darstellen.

Eine Legierung mit 3,0% C besteht dann z. B. aus etwa 50 Flächenprozent Ledeburit, 43% Perlit und 7% Sekundärzementit. Dabei ist zu beachten, daß in den 50% Ledeburit auch noch Perlit enthalten ist, denn er besteht etwa zur Hälfte aus Perlit, zur anderen Hälfte aus Zementit, wie man rechnerisch nachweisen kann. Im Gesichtsfeld des Mikroskops erscheinen dann $43 + 25 = 68\%$ Perlit, wovon wie gesagt 25% dem Ledeburit zugehören.

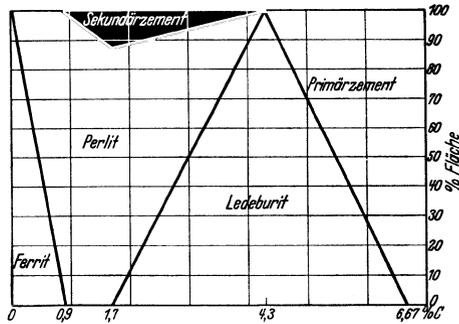


Abb. 1. Menge der Gefügebestandteile in Abhängigkeit vom Kohlenstoffgehalt.

Diese Gefügeübersicht ermöglicht es, die Frage vom wissenschaftlichen Standpunkt aus zu entscheiden, was Gußeisen ist. Unter Gußeisen, und zwar unter weißem Gußeisen versteht man alle Eisenkohlenstofflegierungen, in denen Ledeburit auftritt, d. h. also alle Eisenkohlenstofflegierungen mit mehr als 1,7% C. Legierungen mit weniger als 1,7% C sind Stahl oder schmiedbares Eisen.

Nach den obigen Erörterungen kann man die Betrachtungen über das System Eisen-Graphit sehr vereinfachen. Rein theoretisch be-

trachtet liegt im Idealfall die Sache so, daß im Eisengraphitsystem an Stelle der Eisenkohlenstoffverbindung Fe_3C der Graphit tritt. An Stelle des Perlits hätte eine Mischung von Ferrit und Graphit, an Stelle des Sekundärzementits Sekundärgraphit, an Stelle des Ledeburits eine Mischung von Ferrit + Graphit (für den Perlit) + Graphit (für den Zementit) und an Stelle des Primärzementits Primärgraphit zu treten. Im Laboratorium lassen sich diese Verhältnisse bei Benutzung bestimmter Kunstgriffe auch verwirklichen, in den praktisch vorkommenden Fällen nur teilweise. Z. B. gelingt es nur in ganz vereinzelt Fällen, in Eisenkohlenstofflegierungen mit unter 1,7% C eine Graphitabscheidung zu erzielen. Nur in Legierungen mit mehr als 1,7% C findet das statt. Wenn man deshalb mit grauem Gußeisen alle diejenigen Eisenkohlenstofflegierungen bezeichnet, in denen Graphit auftritt, so kann man auch diesmal alle mit weniger als 1,7% C ausscheiden und zu den Stählen und schmiedbaren Eisensorten zählen und unter Gußeisen nur solche mit mehr als 1,7% C verstehen. Aber auch in diesen grauen Gußeisensorten geht die Erstarrung nicht allein nach dem System Eisen-Graphit vor sich, sie bestehen nicht nur aus Ferrit und Graphit, vielmehr findet man stets auch Perlit, manchmal Sekundärzementit, bisweilen sogar Ledeburitreste vor. Man hat sich das so vorzustellen, daß die Erstarrung zu gleicher Zeit sowohl nach dem Eisen-Karbid- als auch nach dem Eisen-Graphitsystem vor sich geht. Je mehr die Erstarrung zur Graphitabscheidung führt, um so grauer ist das Eisen, je mehr sie die Karbidbildung begünstigt, um so weißer wird es. In Abb. 45 ist ein Gußeisen mit viel Ferrit, etwas Perlit und dazu Graphit, in Abb. 46 ein solches mit viel Perlit, wenig Ferrit und dazu Graphit, in Abb. 47 ein solches mit nur Perlit und Graphit und in Abb. 48 endlich eins, das auch noch Reste von Ledeburit enthält, abgebildet. Da Graphit kein Metall ist, kann man bei grauen Gußeisensorten von der metallischen Grundmasse und dem eingelagerten Graphit sprechen, eine Bezeichnungsweise, die die Beschreibung der Gefüge erleichtert. Nach welchem System die Erstarrung nun vornehmlich erfolgt, nach dem karbidischen oder graphitischen, das hängt von einer Reihe von Umständen ab, auf die im Laufe der Ausführungen hingewiesen wird, wie chemische Zusammensetzung, Abkühlungsgeschwindigkeit usw. Was

Tabelle 3.

C ges. %	Graphit %	Silizium %
2,66	1,3	1,6
2,99	1,5	1,6
3,21	1,9	1,6
3,39	2,1	1,6
3,99	2,6	1,6

hierbei die Rolle des Kohlenstoffs angeht, so wirkt er in dem Sinn, daß mit steigendem Gehalt an diesem Element die Neigung zur graphitischen Erstarrung wächst. Aus Tabelle 3 und Abb. 2 ist dieses Verhalten zahlenmäßig zu erkennen. Es ist selbstverständ-

lich, daß hier sowie in den noch mitzuteilenden Fällen solche Zahlenangaben stets nur für den besonderen Fall, nicht allgemein gelten.

Nachdem durch den vorstehenden Überblick über das gesamte System Eisen-Kohlenstoff der Begriff des Gußeisens sich von selbst herauskristallisiert hat, soll im folgenden der Einfluß der übrigen Elemente nur auf Gußeisen allein, also auf Eisenkohlenstofflegierungen mit mehr als 1,7% C erörtert werden. Das Silizium nimmt an Bedeutung die nächste Stelle ein. In den üblichen Gußeisensorten, in denen es in Gehalten von etwa 0,3 bis 3,0% vorkommt, bildet es keinen eigenen Gefügebestandteil, sondern ist im Ferrit als „feste Lösung“ gelöst, dem Mikroskop also unsichtbar. Jedoch besitzt es die sehr

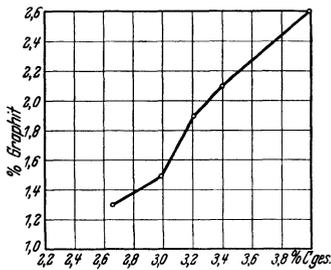


Abb. 2. Einfluß des Gesamtkohlenstoffgehaltes auf die Graphitmenge (Wüst und Kettenbach).

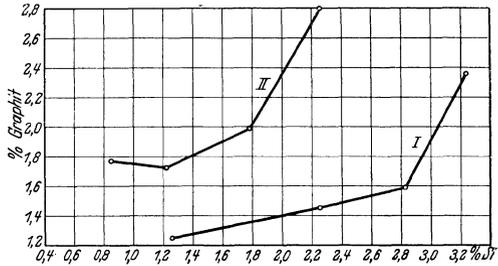


Abb. 3. Einfluß des Siliziums auf die Graphitbildung (Wüst und Kettenbach).
Reihe I: C ~ 2,61 %
,, II: C ~ 3,21 %.

wichtige Eigenschaft, die Graphitabscheidung bei der Erstarrung des Gußeisens zu begünstigen und zwar mit wachsendem Gehalt in steigendem Maße. Wenn in dem dem Kohlenstoff gewidmeten Abschnitt die graphitische Kristallisation besprochen wurde, so geschah das nur aus prinzipiellen, theoretischen Gründen. Praktisch ist es in den in handelsüblichen Güssen vorkommenden Querschnitten gar nicht möglich, ohne Silizium eine nennswerte graphitische Kristallisation zu erreichen. Aus Abb. 3³ ist die graphitbildende (graphitisierende) Wirkung des Siliziums ersichtlich. Man erkennt zu gleicher Zeit aus diesem Schaubilde, daß sowohl steigende Siliziumgehalte, als auch steigende Kohlenstoffgehalte stets zu höheren Graphitgehalten führen. Beide Elemente wirken also in demselben Sinne. Sehr anschaulich kommt das in einem Diagramm⁴ zum Ausdruck, das in Abb. 4 wiedergegeben ist. Solange sich die Gußeisenzusammensetzung in Grenzen hält, die beispielsweise durch das mittlere Feld angegeben sind, besteht das Gefüge des Materials aus einer rein perlitischen Grundmasse mit eingelagertem Graphit. Liegt der Guß seiner Zusammensetzung nach im linken Feld, dann besteht das Kleingefüge aus Ledeburit, liegt er im rechten Feld, dann enthält es Ferrit, Perlit und Graphit. Natürlich

ist der Übergang von einer Gefügeart zur anderen nicht un stetig, sondern stetig. Deshalb sind zwei Übergangsfelder eingezeichnet. Die Kurvenzüge des Diagramms können noch durch eine Reihe anderer Faktoren, wie Abkühlungsgeschwindigkeit, Wandstärken usw. in ihrer Lage verschoben werden, das ändert aber nichts an der prinzipiellen Richtigkeit des Diagramms. Geht man nun von einer bestimmten Eisenkohlenstofflegierung, z. B. einer mit 3% C und 1,5% Si aus, so kommt man bei konstantem Silizium- und steigendem Kohlenstoffgehalt (Bewegung nach oben), sowie bei konstantem Kohlenstoff- und steigendem Siliziumgehalt (Bewegung nach rechts) beide Male aus dem Bereich von Gußeisensorten mit rein perlitischer in Bereiche von solchen mit perlitisch-ferritischer Grundmasse. Es wird also nicht nur (bei steigen-

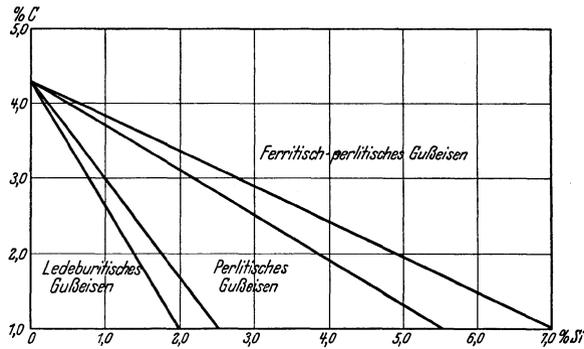


Abb. 4. Maurers Gußeisendiagramm.

dem Kohlenstoffgehalt) der die Ausgangslegierung übersteigende Kohlenstoffgehalt, sondern auch ein Teil des ehemals im Perlit als Karbidkohle vorhandenen Kohlenstoffs zu Graphit zerlegt und ausgeschieden.

Bei sehr hohen Gehalten (10 bis 20%), die bei hochsäurefestem Guß z. B. angewendet werden, bildet das Silizium auch eigene Gefügebestandteile wie Eisensilizide, Siliziumkarbide usw. Da die Gefügeverhältnisse dann aber bereits kompliziert werden, auch wissenschaftlich noch nicht restlos durchforscht sind, sei hier nicht näher darauf eingegangen. Die Schmelzpunkte werden durch Silizium erniedrigt.

Mit dem Eisen bildet das Mangan, ähnlich wie Silizium, feste Lösungen in Ferrit, dann aber auch ein Karbid. Metallographisch ist das Mangankarbid vom Eisenkarbid nicht unterscheidbar. Diese karbidbildende Eigenschaft bewirkt aber, daß Mangan im Gegensatz zu Silizium, jedenfalls von etwa 0,3% ab, die Graphitbildung behindert. Sehr hohe Gehalte von Mangan, etwa 6 bis 10%, die bei unmagnetischem Material z. B. in Frage kommen, können unter Umständen die „feste Lösung“, die, wie bei der Besprechung des Einflusses von

Kohlenstoff auf das Eisen schon erwähnt wurde, bei Zimmertemperatur nicht stabil ist, künstlich stabilisieren. Der dann beobachtete Gefügebestandteil heißt Austenit (Abb. 49). Im Gußeisen erscheint er fast immer als strukturlose, glatte Fläche. Ob dabei die Erstarrung nach der karbidischen oder graphitischen Seite hin erfolgt, hängt vom Siliziumgehalt oder anderen, noch zu besprechenden Elementen ab.

Auch mit dem Schwefel bildet Mangan einen Gefügebestandteil, das sogenannte Mangansulfid (Abb. 50). Da es eine rundliche Form hat, den Kristallzusammenhang also nicht stört, wird angestrebt, stets so viel Mangan dem Gußeisen zuzulegen, daß die Bildung dieser Verbindung möglich ist. Mangan beeinflusst in den in technisch verwerteten Gußeisensorten vorkommenden Mengen den Schmelzpunkt nicht.

Der Phosphor bildet mit dem Eisen zusammen einen sehr typischen Gefügebestandteil, das sogenannte Phosphideutektikum (Abb. 51), das sehr große Ähnlichkeit mit dem Ledeburit hat und häufig mit ihm wechselt wird. Meist kann nur der Fachmann für Metallographie beide Gefügebestandteile mit Sicherheit unterscheiden. Das Phosphideutektikum wird in jedem Gußeisen gefunden. Es erstarrt erst bei 950°C und verleiht dem Eisen eine große Dünflüssigkeit. Man findet es deshalb am meisten in ganz dünnwandigen Gußstücken und im Kunstguß, deren Herstellung nur mit hohem Phosphorgehalt möglich ist.

Der Schwefel bildet mit dem Eisen und dem Mangan Gefüge. Während aber, wie bereits oben erwähnt, das Mangansulfid in rundlichen Kristallen erstarrt, kommt das Eisensulfid in langen Fäden vor, die sich wie Häutchen um die Kristalle legen und den metallischen Zusammenhang der Grundmasse sehr schädlich beeinflussen. Das ist der Grund, weshalb man durch hinreichende Mengen von Mangan die Bildung des Manganschwefels an Stelle des Eisenschwefels befördern will. Das Eisensulfid wird wenig beobachtet, da der Mangangehalt meist hoch genug ist, um die Bildung des Schwefeleisens zu verhindern.

Während man die bisher besprochenen Elemente als die regelmäßigen Eisenbegleiter bezeichnen muß, die in keinem Gußeisen fehlen, seien im folgenden kurz noch einige andere erwähnt, die man gelegentlich zu besonderen Zwecken dem Eisen zufügt.

Nickel löst sich in niedrigen Gehalten (etwa 0,5 bis 2%) völlig im Ferrit bzw. im Ferrit des Perlit. In hohen Gehalten von etwa 6 bis 10%, die bei unmagnetischen Gußeisensorten vorkommen können, führt es, ähnlich wie Mangan, zur Austenitbildung. Im Gegensatz zu Mangan bildet es allerdings mit dem Eisen keine Karbide, vielmehr befördert es die Graphitausscheidung. Chrom andererseits bildet mit dem Eisen Karbide und wirkt so einer Graphitisierung entgegen. Vanadin und Titan sind Reinigungsmittel für das Gußeisen.

3. Der Einfluß der Schmelzbedingung auf das Gefüge.

In neuerer Zeit hat die Wissenschaft darauf aufmerksam gemacht, daß man außer durch chemische Zusammensetzung auch durch Schmelzüberhitzung das Gefüge des Gußeisens beeinflussen kann. Dieser Erscheinung liegen folgende Beobachtungen zugrunde:

Von zwei Gußeisen mit völlig gleicher chemischer Zusammensetzung, Gießtemperatur und Abkühlungsgeschwindigkeit scheidet dasjenige beim Erstarren die geringere Menge Kohlenstoff als Graphit aus, das auf eine höhere Temperatur im flüssigen Zustande überhitzt wurde. Nicht ganz einig ist sich die Forschung, ob der Effekt mit steigender Überhitzung dauernd wächst. Während einige Forscher^{5 6} dies annehmen, glauben andere⁷ bei etwa 1500° einen Umkehrpunkt im Verhalten des Gußeisens gefunden zu haben, d. h. bei Überhitzung der Schmelze bis 1500° nimmt mit zunehmender Überhitzung in der anschließenden Abkühlungsperiode die Abscheidung von Graphit um so mehr ab, je näher das flüssige Eisen an 1500° C mit seiner Überhitzungstemperatur kommt. Übersteigt aber die Überhitzungstemperatur des flüssigen Eisens die Temperatur von 1500°, so nimmt die Graphitabscheidung um so mehr zu, je stärker die Überhitzung die Temperatur von 1500° übersteigt. Da diese Verhältnisse noch nicht ganz geklärt sind, sei hier nicht näher darauf eingegangen. Darin aber sind beide Theorien sich einig, daß mit steigender Überhitzung der Schmelze der Graphit sich in immer feineren Blättchen abscheidet. Die Abb. 52 bis 54* zeigen dies. Der Einfluß dieser Erscheinung auf die Eigenschaften des Gußeisens soll später besprochen werden.

4. Der Einfluß der Abkühlungsbedingungen auf das Gefüge.

Es ist nicht gleichgültig, mit welcher Abkühlungsgeschwindigkeit das eben erstarrte Eisen die Zimmertemperatur erreicht. Je rascher das geschieht, um so mehr neigt das Metall bei gleicher chemischer Zusammensetzung zur Erstarrung nach dem Karbidsystem, je langsamer es erkaltet, um so graphitreicher wird sein Gefüge. Langsame Abkühlung wirkt demnach wie eine Erhöhung des Kohlenstoff- oder Siliziumgehaltes. Abb. 55 bis 58** zeigen einige Beispiele für diese Erscheinung. Normalerweise reguliert sich die Abkühlungsgeschwindigkeit von selbst durch die Wandstärke. Je dicker die Wandstärke, um so kleiner die wärmeabgebende Oberfläche im Verhältnis zum Gesamtvolum, um so langsamer also die Abkühlung. Wenn in der Abb. 4 eine Beziehung zwischen Kohlenstoff und Silizium einerseits und dem

* Der Arbeit von Piwowarsky (Gieß. Bd. 12, S. 837. 1925) entnommen.

** Der Arbeit von Bardenheuer (Mitt. K. W. I. Bd. 9, S. 215/25. 1927; Stahleisen Bd. 47, S. 857/67. 1927) entnommen.

Gefüge andererseits aufgestellt ist, so gilt diese natürlich nur für die hier eingehaltenen Arbeitsbedingungen, wie bereits oben erwähnt wurde. Insbesondere gilt das Diagramm korrekt für Wandstärken von etwa 30 mm.

Neuerdings hat man⁸ ein neues Gußeisendiagramm aufgestellt, das die Wandstärken berücksichtigt (Abb. 5)⁹. Es gilt nur für Kohlenstoffgehalte von 2,8% und höher, sowie für Siliziumgehalte von 1% und höher. Aus ihm folgt, daß man bei großen Wandstärken den Silizium- und Kohlenstoffgehalt erniedrigen muß, um zu gleicher Gefügeausbildung zu kommen, und weiter, daß man bei Konstruktionen gleiche Wandstärken nicht nur zur Vermeidung des Lunkerns, sondern auch zur Erzielung gleichen Kleingefüges anstreben soll.

Einige beim Bearbeiten des Gusses sich unangenehm bemerkbar machende Erscheinungen hängen gleichfalls mit der Neigung zur Karbidbildung bei rascher Abkühlung zusammen.

Unter diese gehört z. B. die, daß Gußnähte häufig weiß erstarren und hart sind; das läßt sich nicht vermeiden. Aufgabe des Putzers ist es, diese Nähte möglichst restlos zu entfernen. Andererseits

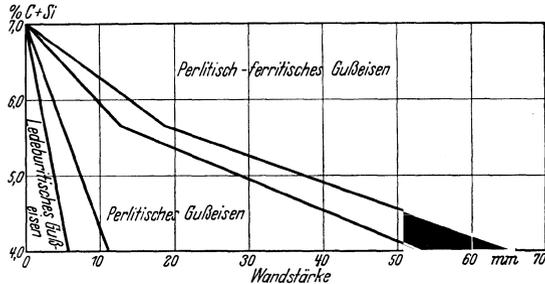


Abb. 5. Gußeisendiagramm nach Greiner-Klingenstein.

darf aus einer eventuell stehengebliebenen und weiß leuchtenden Gußnaht noch nicht gefolgert werden, daß nun auch das ganze Gußstück weiß und hart sei.

Praktisch macht man von der Möglichkeit, das Gefüge durch die Abkühlung zu beeinflussen, schon seit langem Gebrauch. Ein charakteristisches Beispiel ist der Schalenhartguß. Wie später gezeigt wird, beruht die Härte des Hartgusses auf seinem Ledeburidgehalt. Hat man nun Teile zu gießen, die teils hart, teils weich werden müssen, z. B. Hartgußwalzen, bei denen die Ballen hart, die Zapfen aber weich sind, so beschleunigt man die Abkühlung an den Stellen, die die Härte erhalten sollen, durch Anlegen einer eisernen Kokille, während man außerdem den Siliziumgehalt so niedrig hält, daß der Guß ohne Anwendung der Kokille gerade eben grau erstarren würde. Unmittelbar an der Kokille erfolgt die Abkühlung sehr schnell, da sie die Wärme besser und schneller ableitet als die Sandform, und so wird das Eisen hier ledeburitisch, d. h. weiß. Im Innern ist die Abkühlung langsamer, hier erstarrt das Eisen grau. Zwischen diesen beiden Extremen liegt eine melierte Übergangsschicht, die teils weiß, teils grau erstarrt. Abb. 59 zeigt im Bruch die

weiße, die melierte und die graue Schicht. Die Zapfen, die in Sand geformt werden, erstarren gleichfalls grau. Da Silizium und Kohlenstoff Regulatoren für die Stärke der Graphitisierung sind und in demselben Sinne wie eine Abkühlungsveränderung wirken, ist es einleuchtend, daß einerseits bei gleichem Kohlenstoffgehalt mit steigendem Siliziumgehalt die Tiefe der weißen Ledeburitschicht sich verkleinert und daß andererseits bei gleichem Siliziumgehalt mit steigendem Kohlenstoffgehalt die Ledeburitschicht ebenfalls schmaler wird. In Abb. 6¹⁰ ist die Abhängigkeit der Härtetiefe vom Siliziumgehalt wiedergegeben.

Manche¹¹ benutzen die beschleunigte Abkühlung durch eine Kokille bei hohen Siliziumgehalten, um bei im übrigen ferritischer Grundmasse eine besonders feine Graphitverteilung zu erzielen. In Abb. 60 ist ein solches „Graphitutektikum“ abgebildet*. Mit der graphitbildenden Wirkung von Silizium kann man natürlich auch erreichen, daß die weiße Ledeburitschicht immer kleiner, ja sogar null wird. Die angelegte Kokille verfeinert dann nur das Graugußgefüge.

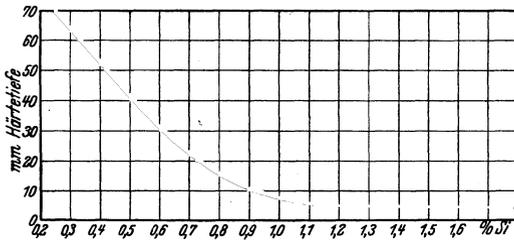


Abb. 6. Härtetiefe in Abhängigkeit vom Siliziumgehalt bei weißem Gußeisen (Goerens und Jungbluth).

niedrigen Siliziumgehalt im Gußeisen zu haben und doch einen gleichmäßigen grauen Bruch zu erzielen, der im Schlibbild eine rein perlitische Grundmasse mit eingelagertem Graphit zeigt. Die Erniedrigung des Siliziumgehaltes ermöglicht die Firma Lanz dadurch, daß sie die Formen, in die das Eisen gegossen wird, vorwärmt. Durch die so verzögerte Abkühlung wird ein Eisen, das in nicht vorgewärmte Formen vergossen, weiß oder meliert erstarren würde, grau. In Abb. 61 und 62** sind Bruchansichten wiedergegeben, die die Wirkung gut zeigen. Das verwendete Material hatte folgende Zusammensetzung: 2,76 % C, 0,51 % Si, 0,71 % Mn, 0,07 % P, 0,028 % S.

5. Der Einfluß des Glühens auf das Gefüge.

Endlich sei noch einer letzten Einwirkungsmöglichkeit auf das Gefüge gedacht, nämlich des Glühens. Das Eisenkarbid ist keine sehr stabile Eisenkohlenstoffverbindung. Es gelingt, selbst bereits in Form

* Der Arbeit von Schüz¹¹ entnommen.

** Von Herrn Direktor Meyersberg in liebenswürdiger Weise zur Verfügung gestellt, wofür ihm auch hier verbindlichst gedankt sei.

von Perlit-, Sekundär-, Ledeburit- oder Primärzementit ausgeschiedenes Karbid durch Erhitzen auf geeignete Temperatur in Ferrit und Graphit zu zerlegen. Wesentlich erleichtert wird der Vorgang durch Silizium. Der Graphit scheidet sich in Form von kleinen Knötchen ab und lagert sich an den vorhandenen Graphit an. Abb. 63 und 64 zeigen ungeglühtes und geglühtes Gußeisen im Feingefüge. Glüh-temperatur, Glühdauer und insbesondere Abkühlungsgeschwindigkeit stehen in einem gewissen Zusammenhang mit dem erreichten Ziel. Glühungen zwischen 675 bis 850 ° mit möglichst langsamer Abkühlung (höchstens 10 °/min, besser 1 bis 2 °/min) führen bei den gewöhnlichen Gußeisensorten stets zum Ziel. Hochwertige Gußeisensorten sind dagegen sehr glühbeständig.

D. Die Eigenschaften des Gußeisens.

Wenn die Eigenschaften des Gußeisens auch nicht allein eine Funktion des Gefüges sind, so werden sie von ihm doch so stark beeinflusst, daß es berechtigt erscheint, eine Besprechung der Eigenschaften möglichst unter Berücksichtigung der Feinstruktur durchzuführen. Wie bei den Erörterungen über das Feingefüge wäre es auch hier wünschenswert, den Einfluß der Elemente auf die Eigenschaften getrennt nach den Elementen zu besprechen. Das ist aber aus den verschiedensten Gründen schwierig. Wie bereits im Abschnitt III ausgeführt, beeinflussen sämtliche Elemente das Gefüge gleichzeitig. Häufig ist man deshalb genötigt, den Einfluß zumindest zweier Elemente zusammen zu behandeln. Es soll versucht werden, in folgendem den Einfluß der Elemente soweit als möglich herauszuschälen.

1. Die mechanischen Eigenschaften.

Als allgemein gültig kann man bezüglich der mechanischen Eigenschaften über die einzelnen Gefügebestandteile folgendes sagen: Der mechanisch weichste und zähste Bestandteil ist der Ferrit, der härteste und sprödeste der Zementit. Graphit hat eine geringe Zug-, aber eine hohe Druckfestigkeit. Ein großer Teil der Gußeiseneigenschaften erklärt sich aus diesem Verhalten der Komponenten.

a) Die Härte.

Die Härte wird zwar meist als Widerstand, den ein Körper dem Eindringen eines anderen Körpers entgegensetzt, erklärt, trotzdem hat man sich aber noch kein eindeutiges Bild von ihrem Wesen machen können. Man hat, je nach der Anschauung, die man über Härte haben kann, die verschiedensten Verfahren entwickelt, um ihre Größe zu bestimmen. Unter der Ritzhärte versteht man den Widerstand eines Körpers gegen das Eindringen eines scharfkantigen Körpers in seine

Oberfläche. Sie wird dadurch ermittelt, daß man die Spitze eines Diamanten unter bestimmter Last über die polierte Oberfläche des zu untersuchenden Körpers zieht und als Maß für ihre Größe die Breite des entstandenen Risses angibt. Unter Brinellhärte versteht man den Widerstand eines Körpers gegen das Eindringen einer gehärteten Stahlkugel unter bestimmtem Druck. Gewöhnlich verwendet man eine Kugel von 10 mm Durchmesser und einen Druck von 3000 kg. Als Maß für die Brinellhärte nimmt man den Quotienten aus dem Druck und der in mm^2 ausgedrückten durch den Eindruck der Kugel entstandenen Kalottenoberfläche. Außer der 10-mm-Kugel ist noch eine von 5 mm Durchmesser bei 750 kg Druck und eine von 2,5 mm Durchmesser und 187,5 kg Druck in Gebrauch. Für Gußeisen wendet man bei der 10-mm-Kugel häufig einen Prüfdruck von nur 1000 kg an. Unter Rockwellhärte versteht man gleichfalls den Widerstand eines Materials gegen das Eindringen einer Stahlkugel oder Diamantspitze unter einer bestimmten Last. Nur dient als Maß die Tiefe des Eindringens. Die Shorehärte ist wie die Ritzhärte eine Oberflächenhärte. Sie wird dadurch ermittelt, daß man ein Hämmerchen von bestimmtem Gewicht mit einer Spitze aus gehärtetem Stahl oder aus Diamant aus einer bestimmten Höhe auf das zu prüfende Material fallen läßt und die Höhe des Rücksprungs mißt, die dann als Maß für die Härte gilt.

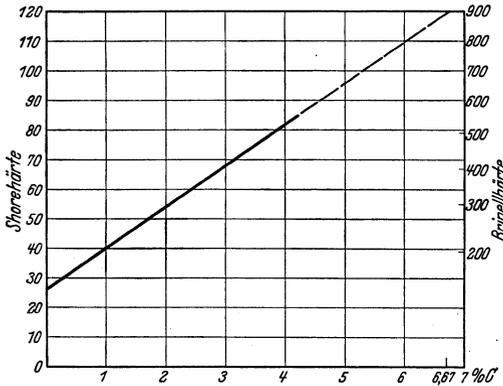


Abb. 7. Härte in Abhängigkeit vom Kohlenstoffgehalt bei weißem Gußeisen (Goerens und Jungbluth).

Bei den folgenden Betrachtungen sei unter Härte, wenn nichts anderes angegeben ist, die in der Praxis am meisten benutzte Brinellhärte verstanden.

Die Härte hat im weißen Gußeisen die eindeutigste Beziehung zum Gefüge. Sie ist eine lineare Funktion des Kohlenstoff- oder, was in diesem Falle dasselbe ist, des Zementitgehaltes. In Abb. 7¹⁰ ist

dieser Zusammenhang, ausgedrückt in Shorehärten, bildlich wiedergegeben. Die Kurve gilt natürlich nur in ganz großen Zügen, vermutlich läuft sie um ein geringes steiler. Für Gußeisen und zwar für Hartguß kommt der Teil zwischen 2 und 4% C in Frage, der in Abb. 8¹⁰ stärker vergrößert gezeigt ist. Wenn es beim Hartguß also auf eine unbedingt hohe Härte ankommt, dann muß ein möglichst hoher Kohlenstoffgehalt angestrebt werden.

Auch im grauen Gußeisen steht die Härte in Beziehung zum Gefüge. Graphit selbst ist weich, härtesteigernd kann also nur der Karbidkohlenstoff in Form von

Perlit, Sekundärzementit oder Ledeburit wirken. In grauem Gußeisen soll Ledeburit gar nicht und Sekundärzementit möglichst nicht oder in möglichst geringen Mengen vorhanden sein. Wesentliche Unterschiede in der Brinellhärte werden sich deshalb lediglich zwischen den ferritischen einerseits, ferritisch-perlitischen und rein perlitischen Gußeisensorten andererseits feststellen lassen. Zwischen rein perlitischen Gußeisensorten, die im übrigen, z. B. in bezug auf die Zerreißfestigkeit, sehr unterschiedlich in ihren Eigenschaften sein können, sind erhebliche Härte-

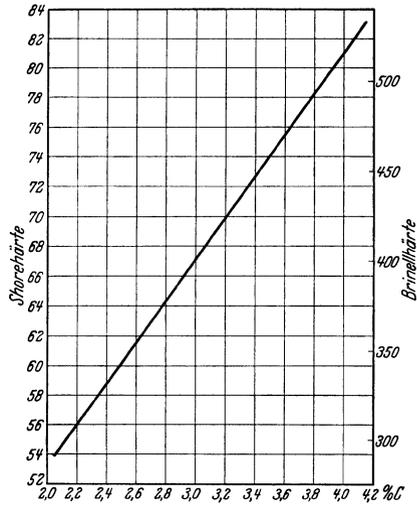


Abb. 8. Abhängigkeit der Härte vom Kohlenstoffgehalt bei weißem Gußeisen (Goerens und Jungbluth).

differenzen nicht zu erwarten. In Abb. 9¹² ist die Beziehung zwischen Brinellhärte und gebundenem Kohlenstoff dargestellt. Der

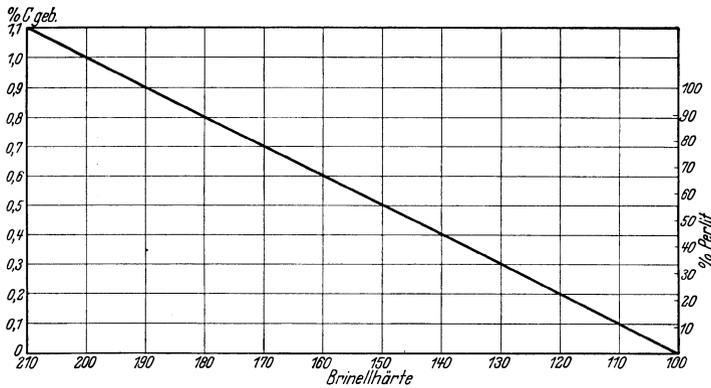


Abb. 9. Beziehung zwischen Härte und gebundenem Kohlenstoff bei grauem Gußeisen (Schüz).

Vollständigkeit halber wurde vom Verfasser dieses Buchabschnittes auf der rechten Seite der Perlitanteil in Prozent angegeben. Man sieht, wie die Brinellhärte mit wachsendem Perlitanteil steigt. Daß bei rein perlitischer Grundmasse und veränderlicher Festigkeit die Brinellhärte sich wenig ändert, wird später gezeigt (Seite 39).

In Abschnitt C, 2 wurde der Zusammenhang zwischen Gefüge und chemischer Zusammensetzung entwickelt. Auf dem Umwege über das Gefüge kann man deshalb auch von einem Einfluß der chemischen Zusammensetzung auf die Härte sprechen. Da Kohlenstoff und Silizium die am stärksten wirkenden Elemente sind, und da sie beide in derselben Richtung, wenn auch verschieden nachdrücklich wirken, so ist es bis zu einem gewissen Grade berechtigt, wenn man die Härte als Funktion von C + Si aufträgt (Abb.10). Wie sich die Verhältnisse im ursprünglichen Gußeisendiagramm darstellen würden, ist aus Abb. 11 ersichtlich, wobei zu berücksichtigen ist, daß Abb. 4 und 11 nur für gleiche Abkühlungsgeschwindigkeiten oder, was dasselbe ist, für gleiche Wandstärke, im vorliegenden Falle etwa 30 mm gelten. Wie richtig diese Einschränkung ist, geht aus

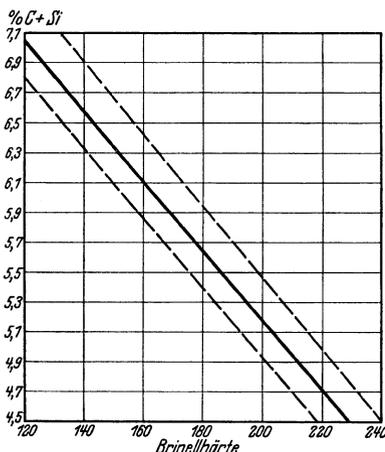


Abb. 10. Beziehung zwischen Brinellhärte und Gehalt C + Si (Klingenstein).

Abb. 12¹⁴ hervor. Ein Material von der Zusammensetzung: 3,41% C und 3,17% Si (Kurve I) liegt bei Wandstärke von 30 mm im alten

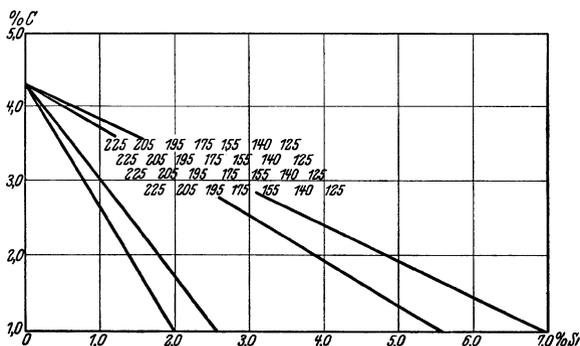


Abb. 11. Maurers Gußeisendiagramm mit Brinellhärten nach Klingenstein.

Diagramm weit im ferritischen Gebiet. Bei einer Wandstärke von 10 mm indessen hat es bereits eine Brinellhärte von 200 kg/mm², es muß also schon rein perlitisch oder jedenfalls fast rein perlitisch sein (vgl. Abb. 9). Im neuen Diagramm (vgl. Abb. 5) nähert es sich ja auch beträchtlich dem Perlitgebiet, so daß also in Anbetracht der natürlichen Fehlerquellen und der starken Streuung aller Werte eine hinreichende Übereinstimmung in den Diagrammen feststellbar ist.

Durch Mangan, das ja Karbide bildet, wird die Härte des Gußeisens erhöht¹⁵, gleichfalls durch Phosphor¹⁶ und durch Schwefel¹⁷. Der Einfluß von Nickel und Chrom ist in letzter Zeit insbesondere in Amerika, wo diese Metalle häufig dem Gußeisen zulegiert werden, mehrfach untersucht worden¹⁸. Chrom wirkt als Karbidbildner natürlich härtesteigernd. Der Einfluß des Nickels ist komplizierter. Da es graphitisierend wirkt (vgl. C, 2), erniedrigt es die Härte durch Karbidzerfall und verhütet harte Ecken und Nähte in Gußstücken. Andererseits soll es nach Beobachtungen einiger — nicht aller (!) — Forscher das Grundgefüge verfeinern und so in milder Weise die Härte steigern. Meist werden beide Elemente zusammen angewendet, um die richtige Härte einzustellen.

Abgesehen von den Elementen beeinflusst das Glühen die Härte am einschneidendsten. Glühversuche¹⁹ von dreistündiger und vierundzwanzigstündiger Dauer bei verschiedenen Temperaturen mit einem Material von etwa folgender Zusammensetzung:

C ges.	Gr	C geb.	Si
%	%	%	%
3,56	3,06	0,50	2,26
Mn	P	S	
%	%	%	
0,56	0,38	0,112	

führten zu Verhältnissen, wie sie in Abb. 13 zum Ausdruck gebracht sind. In dieser

Abbildung sind unten die Brinellhärten in Abhängigkeit von der Glühtemperatur, oben die Karbidgehalte, die nach dem Glühen bei den entsprechenden Temperaturen noch vorhanden sind, aufgetragen.

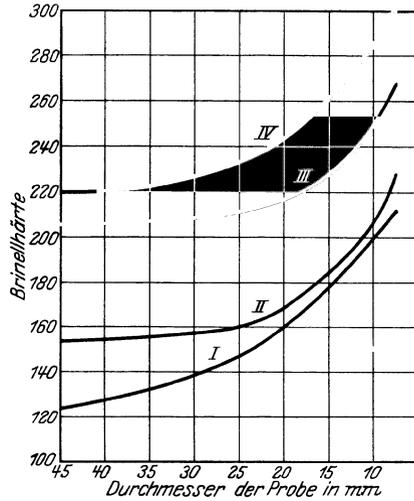


Abb. 12. Beziehung zwischen Brinellhärte und Wandstärke (Klingenstein).
 Kurve I 3,41 % C 3,17 % Si
 „ II 3,58 „ 2,12 „
 „ III 3,14 „ 1,76 „
 „ IV 3,12 „ 1,34 „

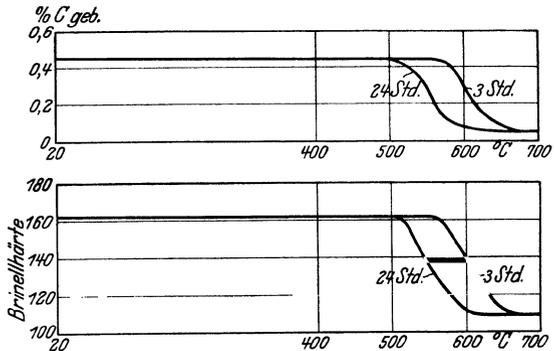


Abb. 13. Brinellhärte und Karbidgehalt in Abhängigkeit von Glühtemperatur und -dauer (Schütz).

Man sieht, daß ein unmittelbarer Zusammenhang zwischen Brinellhärte und Karbidgehalt und damit zwischen Brinellhärte und Gefüge besteht. Durch Glühen wird ein Teil des Karbids in Graphit und Ferrit zerlegt und dadurch die Härte erniedrigt. Die praktischen Folgerungen ergeben sich aus den Kurven von selbst.

b) Die Zug- und Biegefestigkeit.

Abgesehen von der Härte pflegt man beim weißen Gußeisen keine weiteren Festigkeitseigenschaften zu ermitteln. Sie sind so niedrig, daß eine Verwendung dieses Materials zu Konstruktionszwecken unmöglich ist. Im folgenden sollen deshalb nur die mechanischen Eigenschaften des grauen Gußeisens besprochen werden.

Am meisten interessieren zunächst die Zug- und Biegefestigkeiten. Unter Zugfestigkeit versteht man den Widerstand eines Materials gegen axiale Beanspruchungen. Sie wird durch Zerreißen eines geeignet dimensionierten Stabes in einer Zerreißmaschine bestimmt, wobei als Festigkeitsmaß der auf die Einheit des ursprünglichen Querschnittes entfallende Teil der Bruchlast gilt. Da Gußeisen fast keine Dehnung und Einschnürung beim Zugversuch zeigt, genügt die Feststellung der Bruchfestigkeit. Eine bestimmte Stabform für den Versuch ist durch keine Norm festgelegt, jedoch verwendet man immer bearbeitete Stäbe. Unter Biegefestigkeit versteht man den Widerstand eines Materials gegen radiale Beanspruchungen. Sie wird dadurch bestimmt, daß man einen Stab geeigneter Dimension an zwei Stellen auf Rollen frei unterstützt und durch eine in der Mitte zwischen den Rollen wirkende Einzellast zu Bruch bringt. Die Biegefestigkeit errechnet sich aus einer mathematisch abzuleitenden Formel, die sich aus dem Widerstandsmoment, der Länge des Stabes zwischen den Stützen und der angewandten Last aufbaut. Gleichzeitig wird die Durchbiegung des Stabes in mm festgestellt, die als Maß für die Zähigkeit gilt. Allgemein wird in Deutschland ein Stab als Prüfling verwendet, der einen Durchmesser von 30 mm und eine Länge von 650 mm hat, wovon 600 mm als Prüflänge dienen. Der Stab wird in unbearbeitetem Zustande, also mit Gußhaut geprüft.

Es ist schwierig, aus in der Literatur vorhandenen Zahlen eindeutig den Einfluß des Kohlenstoffs allein und den des Siliziums allein auf Zug- und Biegefestigkeit nachzuweisen, besonders schwierig, wenn man versucht, aus der Analyse Rückschlüsse auf das Feingefüge zu machen und auf dieser Grundlage zu einer Anschauung über die Zusammenhänge zwischen Gefüge und Eigenschaften zu kommen. Das hat die verschiedensten Ursachen. Einmal stimmt der durch die chemische Analyse ermittelte Karbidgehalt (meist durch Differenz aus Gesamtkohlenstoff- und Graphitgehalt bestimmt) nur unvollkommen mit dem durch mikroskopische Untersuchung festgestellten Perlitgehalt der Grundmasse

überein. Sodann spielt die Ausbildungsform des Graphits eine ausschlaggebende Rolle für die Zerreiß- und Biegefestigkeit. Bei gleicher Menge Graphit hat ein Gußeisen mit äußerst feiner Verteilung dieses Elementes wesentlich höhere Festigkeitseigenschaften als eins mit groblättriger Anordnung, worüber weiter unten Näheres ausgeführt wird. Wenn man aber die Forderungen bezüglich Genauigkeit nicht überspannt, kann man zu annehmbaren Werten kommen. In Tabelle 4³ sind Güsse mit steigendem Gesamtkohlenstoffgehalt bei annähernd

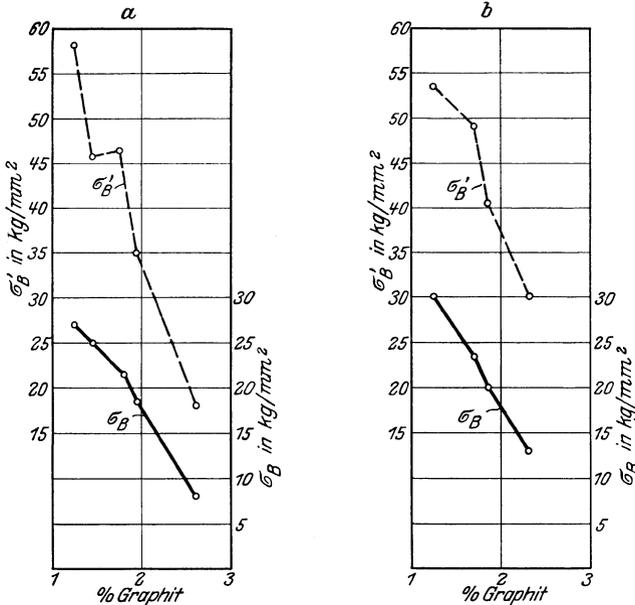


Abb. 14. Einfluß des Graphits auf die Festigkeit von Gußeisen (Wüst und Kettenbach).

gleichem Gehalt an gebundenem Kohlenstoff, bei also annähernd gleicher Grundmasse, zusammengestellt. Dabei wurde auf die Höhe des Siliziumgehaltes keine Rücksicht genommen. Das ist erlaubt²⁰, da bei Stählen mit etwa eutektischer Grundmasse die Festigkeit durch Silizium nur unwesentlich geändert wird, die festgestellten Unterschiede in den Festigkeitseigenschaften also auf die Unterschiede im Graphitgehalt zurückzuführen sind. In Abb. 14a und b sind die Festigkeiten deshalb als Funktion des Graphitgehaltes aufgetragen, und man erkennt, daß sie mit steigendem Gehalt an diesem Element sinken.

Da man nun bei fast jedem besseren Gußeisen — worunter durchaus nicht etwa nur sogenanntes „hochwertiges Gußeisen“ verstanden zu sein braucht — immer ein rein perlitisches Grundgefüge hat, besteht eine Möglichkeit, hohe Festigkeiten zu erzielen, darin, den Gesamt-

Tabelle 4. Einfluß des Graphits auf die Festigkeit des Graugusses.

Nr.	Analyse				Biege- festig- keit σ_B in kg/mm ²	Durchb. <i>f</i> in mm	Zugf. σ_B in kg/mm ²	Spez. Schlag- arbeit in mkg/cm ²
	C ges. %	Graphit %	C geb. %	Si %				
22	2,62	1,25	1,37	1,26	57,9	12,0	27,0	1,32
25	2,86	1,46	1,40	1,55	45,8	9,7	24,8	0,71
28	3,19	1,77	1,42	0,85	46,5	13,2	21,3	1,13
33	3,42	1,96	1,46	1,68	35,1	10,7	18,6	0,82
38	3,99	2,60	1,39	1,37	17,9	11,9	7,7	0,63
24	2,90	1,25	1,65	1,18	53,4	11,3	29,9	1,00
29	3,22	1,72	1,50	1,22	49,0	13,2	23,5	1,13
40	3,40	1,85	1,55	0,80	40,6	13,2	20,1	1,10
36	4,05	2,29	1,76	0,54	29,9	11,3	12,8	0,65

kohlenstoffgehalt zu senken und dadurch den Graphitgehalt zu verringern. Dieses Verfahren wird von einigen Firmen angewendet, z. B.

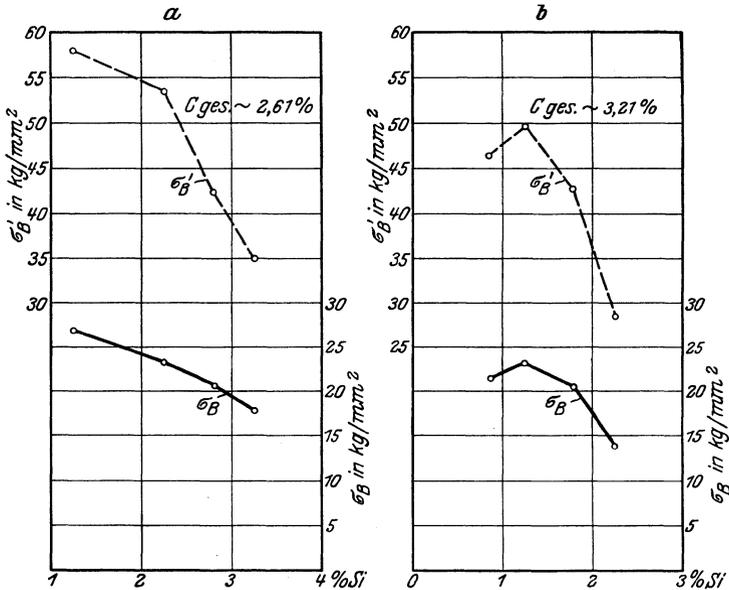


Abb. 15. Einfluß des Siliziums auf die Festigkeit von Gußeisen (Wüst und Kettenbach).

von Krupp beim Sternguß, von den Vereinigten Stahlwerken (früher von Thyssen) beim Emmelguß und von Schwartzkopff beim Corsalli-Verfahren. Die Durchbiegungen zeigen nicht so deutlich eine Gesetzmäßigkeit, es wurde deshalb auf eine graphische Wiedergabe verzichtet.

Da Silizium, wie aus Abb. 3 ersichtlich, graphitisierend wirkt, sinken die mechanischen Eigenschaften meist auch mit steigendem Siliziumgehalt. Aus Tabelle 5⁴ und Abb. 15a und b ist dies ersichtlich.

Gleichzeitig kann eine andere interessante Beobachtung gemacht werden. In der Versuchsreihe mit

Tabelle 5. Zusammenhang zwischen Siliziumgehalt und Festigkeit.

Nr.	C ges. %	Graphit %	C geb. %	Si %	Biegef. σ'_B in kg/mm ²	Durchb. f in mm	Zugf. σ_B in kg/mm ²	Spez. Schlag- arbeit in mkg/cm ²
22	2,62	1,25	1,37	1,26	57,9	12,0	27,0	1,32
21	2,56	1,45	1,11	2,25	53,4	11,8	23,4	0,86
27	2,63	1,59	1,04	2,82	42,5	10,2	20,4	0,68
23	2,63	2,36	0,27	3,23	35,2	10,7	17,9	?
28	3,19	1,77	1,42	0,85	46,5	13,2	21,3	1,13
29	3,22	1,72	1,50	1,22	49,0	13,2	23,5	1,13
30	3,23	1,99	1,24	1,78	43,0	12,7	20,3	1,06
31	3,20	2,81	0,39	2,25	28,3	12,6	14,1	?

dem höheren Kohlenstoffgehalt liegt der Wert der Probe 29 nicht im Verlauf des Kurvenzuges, obwohl der Siliziumgehalt stetig steigt. Aus den Werten für gebundene Kohle und Graphit erkennt man die Ursache.

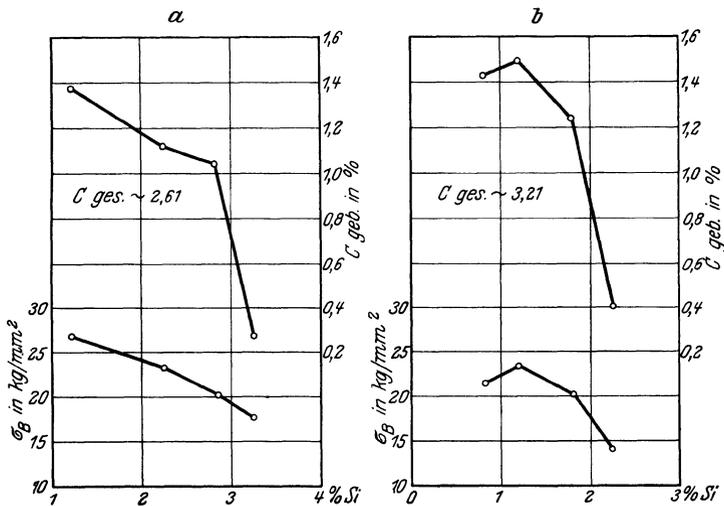


Abb. 16. Beziehung zwischen gebundener Kohle und Festigkeit bei Gußeisen (Wüst und Kettenbach).

Die metallische Grundmasse war zementreicher, daher waren die Festigkeiten höher. Aus Abb. 16b ersieht man an dieser Reihe die Parallelität der Zugfestigkeit mit dem Gehalt an gebundener Kohle. Die Festigkeit ist eben eine Funktion des Gefüges und nur mittelbar eine solche der chemischen Zusammensetzung. Silizium wirkt in den im Gußeisen vorkommenden Gehalten nicht unmittelbar auf die Festigkeitseigenschaften, sondern dadurch, daß es das Verhältnis der ge-

bundenen Kohle zur Gesamtkohle reguliert. In Abb. 16a ist die Parallelität zwischen Karbidkohle und Zugfestigkeit für das niedriggekohlte Material gezeigt.

Ähnlich wie zwischen Graphitgehalt und Festigkeit lassen sich auch zwischen Karbidgehalt und Festigkeit Beziehungen ermitteln. Abb. 17¹²

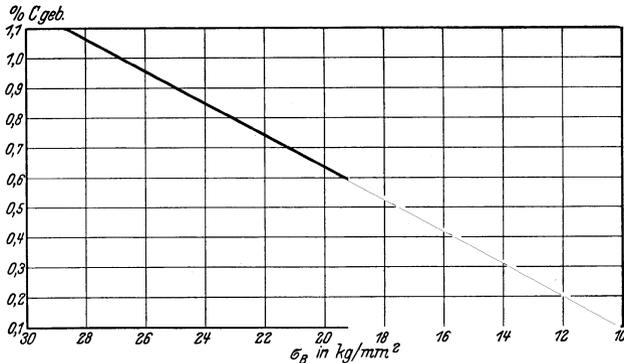


Abb. 17. Beziehung zwischen gebundenem Kohlenstoff und Zugfestigkeit (Schütz).

gibt die Verhältnisse wieder, es muß aber betont werden, daß infolge der Streuung von irgendeiner Genauigkeit keine Rede sein kann. Nur die

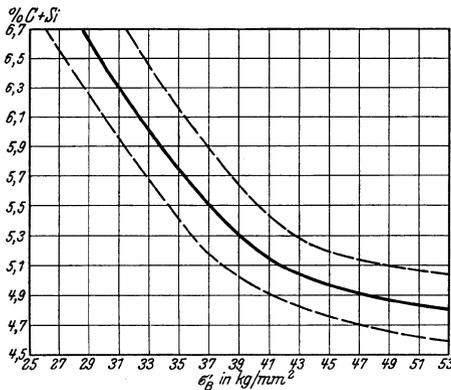


Abb. 18. Beziehung zwischen Biegefestigkeit und C + Si (Klingenstein).

allgemeine Tendenz ist zu sehen. Man kann hieraus die Erkenntnis herleiten, daß bei gleicher Graphitausbildung ein Gußeisen mit rein perlitischer Grundmasse die besten Festigkeitseigenschaften hat. Schon 1906 machte die Wissenschaft²¹ darauf aufmerksam, während die Firma Lanz dann als erste im Jahre 1916²² einen Weg angab, wie man technisch mit Sicherheit das perlitische Grundgefüge erreichen

kann. Sie gießt, wie früher (C, 4) schon erwähnt, Eisen bestimmter Zusammensetzung in vorgewärmte Formen.

Da Kohlenstoff und Silizium, wie oben ausgeführt, in derselben Richtung auf das Gefüge und demnach auf die Eigenschaften einwirken, ist es verständlich, daß der Versuch gemacht wurde, die Eigenschaften in Beziehung zur Summe Kohlenstoff und Silizium zu setzen. Abb. 18¹⁴ ist für die Biegefestigkeit in diesem Sinne entworfen worden, für das be-

züglich der Analyse dasselbe gilt wie für Abb. 5 (C, 4). Bemerkenswert ist der Knick bei etwa 5,4% C + Si. Von diesem Punkte ab ver-schwindet allmählich der Ferrit aus dem Gefüge, die Grundmasse wird rein perlitisch und eine Festigkeitssteigerung erfolgt nur noch, oder wenigstens in erster Linie durch Ver-ringerung und Verfeinerung des Graphits. Inwieweit auch hier die Abkühlungs-geschwindigkeit neben der chemischen Zusammen-setzung durch Gefügever-feinerung die Biegefestig-keiten beeinflusst, ist aus Abb. 19¹⁴ ersichtlich. In

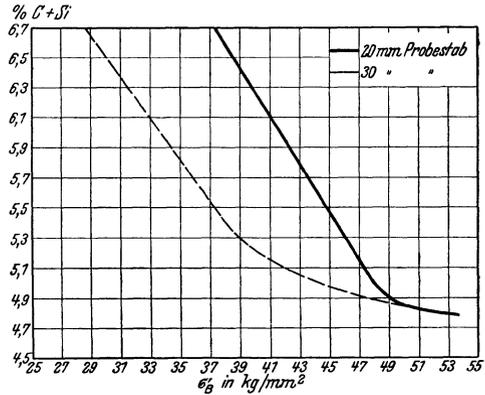


Abb. 19. Einfluß der Abkühlungsgeschwindigkeit auf die Biegefestigkeit (Klingenstein).

Abb. 20¹⁴ endlich gibt die ausgezogene (für 30-mm-Stäbe) und die gestrichelte (für 20-mm-Stäbe) Linie die Relation zwischen C + Si-Gehalt und Zerreißfestigkeit wieder. Sie biegt früher um als die mit Kreisen ge-zeichnete Kurve der Biegefestig-keit, die in entsprechendem Maß-stabe miteingezeichnet ist. Offen-bar sind die Graphitblätter auf die Zugfestigkeit von größerem Einfluß als auf die Biegefestig-keit, d. h. mit sinkendem C + Si-Gehalt wird die Graphitausbil-dung feiner, was in der Zugfestig-keit eher zum Ausdruck kommt als in der Biegefestigkeit.

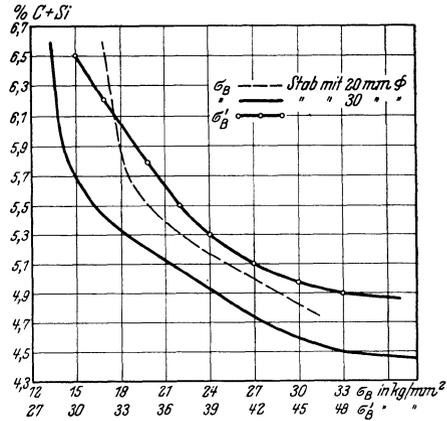


Abb. 20. Abhängigkeit der Zugfestigkeit von C + Si (Klingenstein).

Der Einfluß des Mangans auf die Zug- und Biegefestigkeiten ist in Tabelle 6¹⁵ zusammenge-stellt und in Abb. 21 bildlich ge-zeigt. Die Werte wurden der in der Literaturstelle¹⁷ aufgeführten Arbeit entnommen und zwar der Versuchsreihe 1 und 3*.

Man sieht zunächst, daß sowohl Zug- als auch Biegefestigkeit mit

* Die Schmelzen wurden so ausgewählt, daß sie etwa gleiche Gehalte an gebundener Kohle, also etwa gleiches Grundgefüge haben. Schmelze 1 und 3 der Versuchsreihe 1 wurden in der Abbildung nicht berücksichtigt, da die Karbidgehalte dieser Proben zu stark aus der Reihe fallen.

Tabelle 6.

Nr.	Mn %	C ges. %	Gr %	C geb. %	σ_B in kg/mm ²	σ'_B in kg/mm ²	f in mm	Spez. Schlag- arbeit in mkg/cm ²
2	0,16	2,47	1,69	0,78	25,9	44,6	16,2	1,60
4	0,56	2,63	1,94	0,69	33,0	53,4	17,8	1,66
5	0,71	2,80	2,15	0,65	32,7	57,9	20,1	1,94
6	0,79	2,74	1,95	0,79	32,5	58,1	17,6	1,77
7	0,93	2,90	2,12	0,78	32,0	60,1	16,0	1,54
8	0,96	2,79	2,15	0,64	33,1	59,6	16,6	1,60
9	1,34	2,97	2,25	0,72	32,0	57,1	16,7	1,61
10	1,55	2,92	2,22	0,70	26,1	52,5	9,7	1,01
21	0,17	3,23	2,25	0,98	21,8	38,2	12,3	1,01
22	0,37	3,24	2,63	0,61	23,3	46,2	21,8	2,00
23	0,49	3,25	2,59	0,66	26,7	48,5	20,9	1,94
24	0,63	3,30	2,76	0,54	26,2	47,3	20,5	1,95
25	0,90	3,26	2,70	0,56	27,7	47,7	17,7	1,79
26	1,06	3,38	2,58	0,80	26,7	48,0	18,0	1,76
27	1,24	3,27	2,60	0,67	27,6	47,5	17,1	1,47
28	1,46	3,44	2,71	0,73	27,2	48,7	17,2	1,44
29	1,73	3,44	2,61	0,83	28,0	47,0	15,8	1,39
30	1,93	3,40	2,59	0,81	22,8	45,0	12,9	1,23

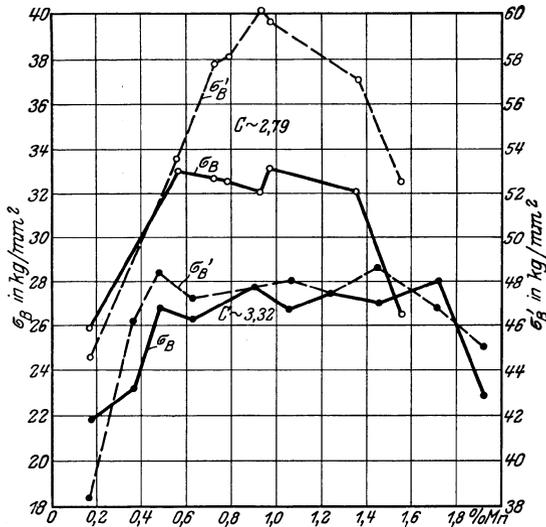


Abb. 21. Einfluß des Mangans auf Zug- und Biegefestigkeit des Gußeisens (Wüst und Meißner).

steigendem Mangengehalt durch ein Maximum gehen, und daß dieses Maximum zu gleicher Zeit vom Kohlenstoffgehalt abhängig ist. Bei niedrigen Kohlenstoffgehalten liegt es bei etwa 1% Mn, bei höheren bei 1,4 bis 1,5%.

Phosphor hebt die Zug- und Biegefestigkeiten bis zu einem Gehalt von 0,3 bis 0,6% P¹⁶, bei höheren Gehalten sinken die Werte wieder. Die Durchbiegung sinkt mit steigendem Phosphorgehalt kontinuierlich.

Bezüglich des Schwefels bleibt noch manches zu klären¹⁷. In manganarmen Gußeisensorten beeinflusst er die Zug- und Biegefestigkeit sowie die Durchbiegung wenig, in manganhaltigen aber wirkt er festigkeitserniedrigend¹⁷.

Nickel¹⁸ und Chrom¹⁸ heben die Festigkeit, aber nicht in einem solchen Maße, daß sich ein Zulegieren der Elemente aus diesem Grunde lohnt. Es sind wohl vielmehr die guten Gebrauchseigenschaften, insbesondere die vorzügliche Bearbeitbarkeit nickelchromlegierten Materials, die in Amerika zu weitgehender Verwendung dieser Metalle als Legierungszusätze führten. Zwar hat man letzthin an schmelzüberhitztem, nickelchromlegiertem Gußeisen durch Wärmebehandlung beträchtliche Festigkeitssteigerungen festgestellt²³, es läßt sich aber noch nicht überschauen, inwieweit die Versuche praktisch verwendbar sind.

Da die Festigkeitseigenschaften des Gußeisens am meisten vom Gefüge abhängig sind, müssen außer den Elementen alle die anderen Faktoren, die das Gefüge beeinflussen, auch auf die Festigkeiten wirken.

In Abschnitt C, 3 wurde der Einfluß der Schmelzbedingungen auf das Gefüge erörtert. Leider ist in dem vorhandenen Schrifttum keine Gegenüberstellung der Festigkeiten ein und desselben Gußeisens, das bei verschieden hoher Temperatur erschmolzen und bei gleicher Temperatur abgegossen wurde, zu finden. Immerhin findet man in der Literatur eine Reihe überhitzter Gußeisenproben angeführt, die man auf Grund der Erfahrung mit nicht überhitzten vergleichen kann. Aus ihnen sei eine mit folgender Analyse herausgegriffen²⁴:

% C	% Si	% Mn	% P	% S
3,20	1,92	0,93	0,80	n. b.

Ein solches Material hat günstigsten Falles eine Zerreißfestigkeit von 20 bis 22 kg/mm², wenn es normal erschmolzen ist. In vorliegendem Falle war es im Elektroofen überhitzt und erhielt dadurch eine Zerreißfestigkeit von 35,0 kg/mm². Hiermit dürfte erstmals an Hand praktischer Schmelzversuche gezeigt worden sein, daß in der Tat ein ganz gewöhnliches Gußeisen mit normaler Analyse und aus ziemlich billiger Gattierung erschmolzen durch starke Überhitzung hervorragende Festigkeitswerte erreichen kann. Des weiteren findet man die Angabe²⁵, daß ein Kupolofeneisen mit z. B. folgender Analyse:

% C	% Si	% Mn	% P	% S
3,31	2,40	0,76	0,46	0,055

das im allgemeinen eine Zugfestigkeit von 14 bis 16 kg/mm² haben würde, im Wüstschen Ölofen mit Überhitzung hergestellt eine solche von 22,3 kg/mm² hat. Ein anderer Fachmann²⁶ teilt von einem heißerschmolzenen Kupolofeneisen folgender Analyse:

% C	% Si	% Mn	% P	% S
2,96	1,46	0,79	Sp.	0,10

mit, daß es 36,5 kg/mm² Zugfestigkeit habe, während es normalerweise 26 bis 30 kg/mm² haben würde.

Die Festigkeitssteigerung beruht zum Teil auf der Verfeinerung des Graphits durch die Schmelzüberhitzung (C, 3).

Im Abschnitt B, 4 wurde gezeigt, daß rasche Abkühlung die Karbidbildung befördert und das Gefüge verfeinert, langsame zur Graphitbildung führt und das Gefüge vergrößert. Infolgedessen kann man — innerhalb gewisser Grenzen natürlich — durch rasche Abkühlung die Festigkeit steigern, durch langsame sie verringern. Beispielsweise²⁷ hatte ein Probestab aus Kupolofenguß mit:

% C	% Si	% Mn	% P	% S
3,69	1,63	0,68	0,60	0,061

in Sand gegossen eine Zugfestigkeit von 16,5 kg/mm², in heiße Form gegossen, in der er natürlich langsamer erkaltet, nur 13,9 kg/mm². Der Grund ist einleuchtend. Im ersteren Falle betrug der Graphitgehalt 3,01%, das Grundgefüge war etwa perlitisch, im letzteren aber enthielt der Stab 3,31% Graphit, das Grundgefüge bestand aus Perlit und Ferrit. Ein Elektroofenguß²⁷ mit:

% C	% Si	% Mn	% P	% S
3,36	1,98	0,95	0,025	0,016

ergab in Sand gegossen 24,1 kg/mm² Zugfestigkeit bei 2,63% Graphit und perlitischem Grundgefüge, in heiße Form gegossen aber 18,9 kg/mm²

Zerreißfestigkeit bei 3,00% Graphit und perlitisch-ferritischer Grundmasse.

Was nun endlich noch den Einfluß des Glühens auf die Zug- und Biegefestigkeiten angeht, so kann allgemein gesagt werden, daß sämtliche mechanischen Eigenschaften durch diesen Vorgang eine Minderung erfahren. Bezüglich der Zugfestigkeiten nach kurzem Glühen bei 300 bis 800 °C stellte man²⁸ gelegentlich die in

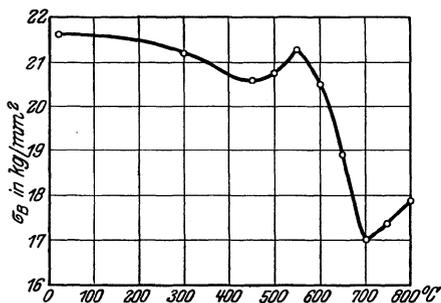


Abb. 22. Zugfestigkeit von Gußeisen nach kürzerer Glühung (Rolfé).

Abb. 22 wiedergegebenen Werte fest. Es ist bemerkenswert, daß das Absinken der Zerreißfestigkeit bei etwa den gleichen Temperaturen einsetzt wie die Erniedrigung der Härte (Abb. 13).

ber den Einfluß des Glühens auf die Biegefestigkeit liegen leider nicht so systematische Versuche vor. In Tabelle 7 sind 3 Werte²⁹ zusammengestellt. Das Abfallen der Biegefestigkeit in Verbindung mit einer Abnahme des Karbid- und dementsprechend einer Zunahme des Graphitgehalts ist auch hier wieder ersichtlich.

Da alle mechanischen Eigenschaften des Gußeisens innerhalb gewisser Grenzen durch das Gefüge bestimmt sind, lag der Versuch

Tabelle 7.

Analyse				Ungeglüht		Bei 870° 3 Std. geglüht	
C ges. %	Si %	Mn %	S %	C geb.	σ'_B in kg/mm ²	C geb.	σ'_B in kg/mm ²
3,19	1,95	0,52	0,094	0,99	56,7	0,09	10,9
3,22	1,92	0,53	0,071	0,35	46,7	0,20	29,4
3,23	2,16	0,55	0,108	0,93	47,2	—	37,0

nahe, gesetzmäßige Beziehungen der einzelnen Eigenschaften untereinander aufzusuchen. Die folgenden Abbildungen¹⁴ geben einige

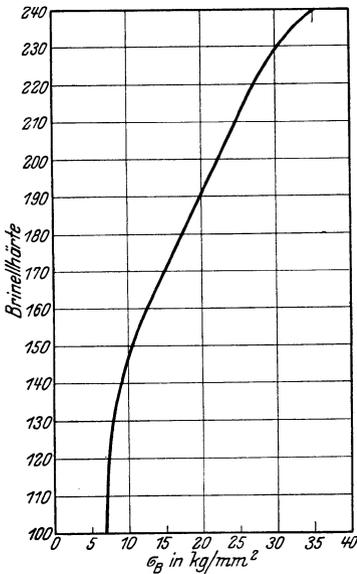


Abb. 23. Beziehung zwischen Brinellhärte und Zugfestigkeit (Klingenstein).

Kurven wieder, die die Relationen zwischen Zugfestigkeit und Brinellhärte (Abb. 23), Biegefestigkeit und Brinellhärte (Abb. 24) und Zugfestigkeit und Biegefestigkeit (Abb. 25)

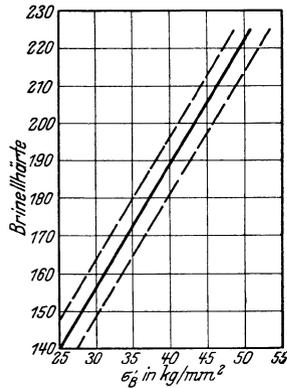


Abb. 24. Beziehung zwischen Brinellhärte und Biegefestigkeit (Klingenstein).

zeigen. Sie haben wegen der großen Streuung aller Festigkeitswerte wohl nur prinzipielle Bedeutung; für den einzelnen Fall sind sie kaum anwendbar, es sei denn, daß man ziemlich große Toleranzen zulassen will.

Die Kurven geben Gelegenheit zu einigen interessanten Feststellungen. In Abb. 23 wächst die Brinellhärte mit steigender Festigkeit zunächst stark, dann etwas schwächer und bei hohen Festigkeiten noch schwächer an. Das hat seine Erklärung darin, daß mit steigender Zugfestigkeit zunächst die Perlitgehalte wachsen, bis sie 100 Flächenprozent der Grundmasse eingenommen haben. Die weitere Festigkeitssteigerung erfolgt dann nicht mehr durch Zuwachs an Perlit, sondern durch Abnahme und feine Verteilung des Graphits, was natür-

lich auf die Brinellhärte ohne Einfluß ist. Oben wurde darauf ja auch schon aufmerksam gemacht (siehe S. 27).

Gemeinhin nimmt man an, daß bei Gußeisen die Biegefestigkeit

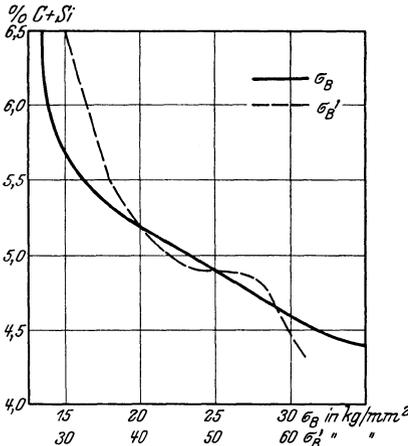


Abb. 25. Beziehung zwischen Biege- und Zugfestigkeit und C + Si (Klingenstein).

etwa den doppelten Wert der Zugfestigkeit besitzt. Um nachzuweisen, daß das nur für enge Gebiete stimmt, ist Abb. 25¹⁴ über die Beziehung zwischen diesen beiden Größen so gezeichnet worden, daß für die Zugfestigkeit ein doppelt so großer Maßstab gewählt wurde wie für die Biegefestigkeit. Die beiden Kurven hätten dann aufeinanderfallen müssen. Mit hinreichender Genauigkeit tun sie das aber nur in dem Intervall von 19 bis 27 kg/mm². Darüber hinaus wächst die Biegefestigkeit langsamer als die Zugfestigkeit. Auch dies hängt wohl mit der Art der Graphitbildung zusammen.

Über den Kurvenverlauf, der die Relation zwischen Brinellhärte und Biegefestigkeit wiedergibt (Abb. 24)¹⁴, ist nichts Besonderes zu sagen.

c) Die Schlagfestigkeit.

Die Schlagfestigkeit ist eine Größe, die für gewöhnlich bei Gußeisen nicht bestimmt wird. Das mag damit zusammenhängen,

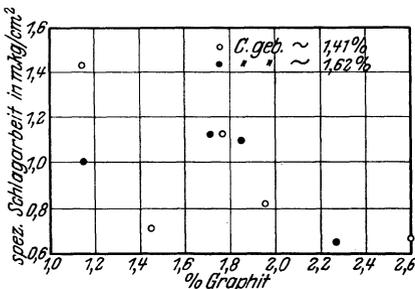


Abb. 26. Beziehung zwischen Schlagarbeit und Graphitgehalt (Wüst und Kettenbach).

daß man bisher dem Gußeisen noch keine rechte Beachtung geschenkt hat. Man versteht unter dieser Größe den Widerstand eines Materials gegen schlagartige Beanspruchungen in radialer Richtung. Man stellt sie fest, indem man Proben bestimmter Dimension durch einen Pendelhammer, dessen Schlagmoment man kennt, durchschlagen läßt und die Schlagenergie aus der Differenz zwischen ursprünglicher Energie und überschüssiger Energie des Hammers, aus der Steighöhe nach dem Schlag ermittelt, bestimmt. Die Schlagenergie wird auf die Querschnittseinheit der Probe bezogen. Ihr Wert ist

Die Schlagenergie wird auf die Querschnittseinheit der Probe bezogen. Ihr Wert ist

nicht leicht einwandfrei zu bestimmen, die Prüfungsergebnisse streuen stets sehr stark. Eine bestimmte Probeform ist gleichfalls noch nicht vereinbart, so daß die in der Literatur erhältlichen Werte sich sowohl auf runde als auch auf kantige Querschnitte, auf gekerbte wie auf ungekerbte Proben beziehen. Meist wird eine Vierkantprobe von $30 \times 30 \times 160$ mm oder von $10 \times 10 \times 100$ mm benutzt, erstere gewöhnlich gekerbt, letztere ungekerbt. Da wegen der großen Verschiedenheit der angewandten Proben die in der Literatur erwähnten Kerbschlagwerte doch nicht miteinander vergleichbar sind, sollen nur beispielsweise einige Zahlen vorgeführt werden, um wenigstens einen Begriff von den Zusammenhängen zu geben.

In Tabelle 4 sind Zahlen aus einer Arbeit³ angegeben, in der der Einfluß des Kohlenstoffgehaltes auf die Schlagfestigkeit

untersucht wird. Es wurden Rundproben mit 30 mm Durchmesser bei 120 mm Auflageentfernung und ein Pendelhammer von 15 mkg Energie benutzt. Es ist also eine ganz ungewöhnliche Probenform gewählt worden, so daß die Werte nur unter sich vergleichbar sind. In Abb. 26 sind die Zahlen als Funktion des Graphitgehaltes (da ja die Gehalte an gebundenem Kohlenstoff annähernd gleich sind!) aufgetragen. Die Werte streuen ziemlich, man erkennt aber, daß mit steigendem Graphitgehalt die Schlagfestigkeiten kleiner werden.

In Tabelle 5 und Abb. 27³ sind die Werte für die Schlagfestigkeit bei steigenden Siliziumgehalten zusammengestellt. Sie nimmt ab, und zwar geht die Abnahme parallel mit steigendem Graphitgehalt. Auch hier wirkt Silizium nur mittelbar durch die Gefügeveränderung auf die betrachtete Eigenschaft ein.

In Tabelle 6 und Abb. 28¹⁵ endlich ist der Einfluß des Mangans

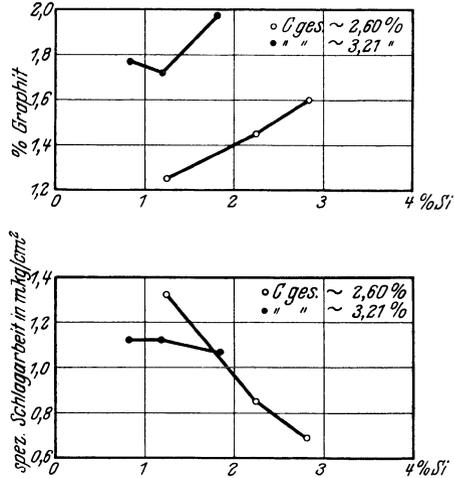


Abb. 27. Beziehung zwischen Schlagarbeit und Siliziumgehalt (Wüst und Kettenbach).

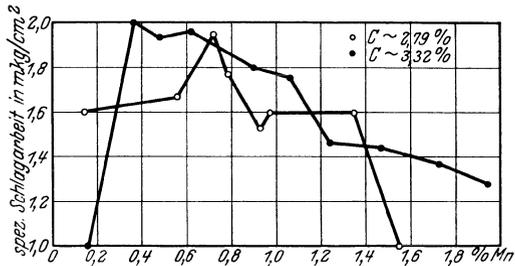


Abb. 28. Beziehung zwischen Schlagarbeit und Mangan-gehalt (Wüst und Kettenbach).

auf die Schlagfestigkeit wiedergegeben. Bei steigenden Mangangehalten sinkt die Schlagfestigkeit, und zwar bei niedrigen Kohlenstoffgehalten stärker als bei höheren.

Phosphor¹⁶ erniedrigt die Schlagfestigkeit stark. Beispielsweise hat ein Material mit etwa 3,37% C, 1,63% Si, 1,26% Mn und 0,004% S mit steigendem Phosphorgehalt einen Abfall in der spezifischen Schlagarbeit, wie er in Abb. 29 wiedergegeben ist.

Bezüglich des Schwefels¹⁷ wurde nur bei manganhaltigem Material eine deutliche Verschlechterung in der spezifischen Schlagfestigkeit festgestellt, manganarmes zeigte darin keine Regelmäßigkeit.

Diesen mehr theoretisch interessanten Werten seien einige praktische entgegengehalten.



Abb. 29. Beziehung zwischen Schlagarbeit und Phosphorgehalt (Wüst und Scholz).

tische entgegengehalten.

In Tabelle 8³⁰ sind die Mittelwerte der Schlagfestigkeit von gewöhnlichem Maschineneisen (G), Zylindereisen (Z) und Lanzschem Perlitguß (P) zusammengestellt. Die Probestäbe hatten die Abmessungen

10 × 10 × 100 mm,

ohne Kerb, aus 42- bzw. 32-mm-Rundstäben

herausgearbeitet. Zum Durchschlagen wurde ein

kleiner Pendelhammer mit 150 cmkg Schlagenergie verwendet. Vergleichshalber sind die Zugfestigkeiten mit angegeben worden, wobei σ_{B42} sich auf Proben aus dem 42-mm-Gußstab, σ_{B32} sich auf solche aus dem 32-mm-Gußstab bezieht.

Tabelle 8.

Bezeichnung	Analyse							Zugfestigkeit		Spez. Schlagarbeit cmkg/cm ² Probe aus	
	C ges. %	Gr %	C geb. %	Si %	Mn %	P %	S %	σ_{B42} kg/mm ²	σ_{B32} kg/mm ²	42 mm	32 mm
G	3,29	2,99	0,30	2,79	0,56	1,15	0,08	13,1	14,6	22,8	18,6
Z	3,51	2,84	0,67	1,74	0,66	0,50	0,07	18,3	21,5	31,2	27,8
P	3,25	2,41	0,84	1,11	0,79	0,40	0,15	25,0	28,2	39,8	39,9

An Kruppschem Sternguß³¹, einem niedriggekohlten Material mit etwa 2,6 bis 2,7% C, 1,5 bis 2,3% Si, 1% Mn, 0,3% P und 0,1% S, wurden die in Tabelle 9 mitgeteilten Werte gefunden.

Tabelle 9.

Nr.	Querschnitt in cm	Spez. Schlagarbeit in mkg/cm ²	Bemerkung
1	1,0 × 0,5	0,43	} Hammer mit 10 mkg Schlagenergie
2	1,0 × 0,5	1,18	
3	1,0 × 0,49	0,49	
4	1,0 × 0,51	0,43	
5	1,1 × 0,5	0,56	
6	0,94 × 0,48	0,52	
7	1,0 × 0,49	0,45	
8	1,0 × 0,48	0,75	
1	3,2 × 1,52	0,938	} Hammer mit 75 mkg Schlagenergie
2	3,0 × 2,98	0,712	
3	3,0 × 1,50	0,836	
4	3,1 × 2,98	0,592	

(Man beachte den Unterschied in der Dimension der Schlagarbeit: Tabelle 8 in cmkg/cm², Tabelle 9 in mkg/cm².)

d) Die Dauerfestigkeit.

In neuerer Zeit legt man wie bei allen Metallen so auch beim Gußeisen der Dauerfestigkeit, auch Ermüdungsfestigkeit oder Schwingungsfestigkeit genannt, mit Recht eine erhöhte Bedeutung bei. Das Untersuchungsverfahren ist aber noch zu neu, als daß sich einheitliche Prüfbedingungen bereits herausgearbeitet hätten, oder als daß systematische Forschungen über den Einfluß der Elemente auf diese Eigenschaft angestellt worden wären. Die Untersuchung gewann für das Gußeisen erst mit dem Auftreten der sog. hochwertigen Gußeisensorten ein näheres Interesse.

Es wird im allgemeinen die Wechselschlagfestigkeit und die Dauerfestigkeit ermittelt. Die Wechselschlagfestigkeit wird dadurch bestimmt, daß man auf eine mit oder ohne umlaufenden Rundkerb versehene Probe einen Hammer von bestimmtem Gewicht unter dauernder Drehung der Probe um 180° oder kleinere Winkel fallen läßt, bis die Probe zu Bruch geht. Die Anzahl der Schläge bis zum Bruch nimmt man als Maß für die Wechselschlagfestigkeit. Die Dauerbiegefestigkeit findet man dadurch, daß man eine einseitig eingespannte, rotierende Rundprobe am freien Ende durch bestimmte Gewichte belastet. Die größte durch das aufgelegte Gewicht hervorgerufene Spannung, bei der der Stab trotz beliebig vieler Umdrehungen gerade nicht mehr zu Bruch geht, wird als Ermüdungsfestigkeit oder Schwingungsfestigkeit bezeichnet. Man kann die Belastung auch so vornehmen, daß man den Stab an beiden Enden lagert und an zwei symmetrischen Stellen zwischen den Enden belastet. Für die Zug-Druckfestigkeit hat man gleichfalls Maschinen zur Feststellung

der Schwingungsfestigkeit gebaut. Da die Ermittlung dieser Größe aber große versuchstechnische Schwierigkeiten macht, die Maschinen sehr teuer sind und deshalb wenig benutzt werden, sei nicht weiter hierauf eingegangen.

Die bereits oben in Tabelle 8 erwähnten Proben verschiedener Gußeisensorten wurden auf Dauerschlagfestigkeit untersucht³⁰, und zwar auf dem Kruppschen Wechselschlagwerk mit 3,142 kg Bärgewicht, 30 mm Fallhöhe und 180° Drehung der Probe. Die Stützweite betrug 100 mm, der Rundkerb in der Mitte der Probe war 5 mm breit bei 3,6 mm Radius und 13 mm Probendurchmesser im Kerbgrund. In Tabelle 10 sind die Ergebnisse zusammengestellt.

Tabelle 10.

Bezeichnung	Anzahl der Schläge bis zum Bruch	
	aus 42-mm-Gußstab entnommen	aus 32-mm-Gußstab entnommen
<i>G</i>	5	4
<i>Z</i>	18	19
<i>P</i>	72	60

Ein Vergleich zwischen Tabelle 8 und 10 lehrt, daß der Lanzsche Perlitguß gegenüber gewöhnlichem Maschineneisen eine Steigerung der Zugfestigkeit und der spezifischen Schlagarbeit nur auf etwa das Doppelte erzielt, eine Steigerung der Dauerschlagfestigkeit aber auf das 14- bis 15fache, ein Beweis, wie wichtig die Feststellung dieser Eigenschaft ist.

Ähnliche Vergleichsversuche über Dauerhaftigkeit wurden mit folgender Einrichtung ausgeführt³²:

Bärgewicht: 12 kg,

Versuchsstab: 45 mm Durchmesser, 200 mm Länge,

Stützweite: 160 mm,

Fallhöhe: 250 mm,

Schlagzahl in der Minute: 60.

Nach jedem Schlag Drehung der Probe um 180°.

Der Untersuchung stand gewöhnlicher Grauguß zur Verfügung, Riemenscheibenguß, Zylinderguß und Lanzscher Perlitguß. Die Resultate sind aus Tabelle 11 zu ersehen.

Tabelle 11.

Art des Gußeisens	Anzahl der Schläge bis zum Bruch	
	Stab roh	Stab bearbeitet
Gewöhnlicher Grauguß .	21	17
Riemenscheibenguß . . .	28	24
Zylinderguß	63	81
Perlitguß	502	610

Die Überlegenheit des modernen hochwertigen Gußeisens selbst gegenüber Zylindereisen ist wiederum klar zu erkennen.

Auch von den bereits in Tabelle 9 aufgeführten Proben des Krupp'schen Sterngusses sind in der Werkstätten- und Stoffabteilung des Eisenbahnzentralamtes Dauerschlagfestigkeiten festgestellt und mit denen von Zylindereisen und Maschineneisen verglichen worden³¹. Das Bärgewicht betrug in diesem Falle 2,63 kg, die Fallhöhe 10 mm, die Proben hatten im Rundkerb einen Durchmesser von 13 mm und wurden nach jedem Schlag um 180° gedreht. Aus den mitgeteilten Zahlen lassen sich nebenstehende Mittelwerte errechnen (Tabelle 12).

Tabelle 12.

Material	σ_B in kg/mm ²	Anzahl der Schläge
Maschineneisen	13—14	3190
Zylindereisen	21—24	7267
Sternguß	31—34	35723

Wie in den beiden vorigen Fällen, zeigt auch der Sternguß

dem gewöhnlichen Gußeisen gegenüber eine wesentliche stärkere Steigerung der Dauerschlagfestigkeit als der Zugfestigkeit.

Die Dauerbiegefestigkeit kann im Verhältnis zur statisch festgestellten gegebenenfalls sehr kleine Werte annehmen. Man fand z. B.^{33 34 35 36 37} die in Tabelle 13 festgestellten Werte.

Tabelle 13.

Analyse						σ_B kg/mm ²	σ'_B kg/mm ²	Dauerbiege- festigkeit kg/mm ²	Lite- ratur
C ges. %	C geb. %	Si %	Mn %	P %	S %				
—	—	2,42	0,65	1,37	0,112	—	35,3	15,3	33
—	0,30	2,30	0,76	0,641	0,054	18,8	36,0	10,1	34
—	0,70	1,74	0,75	0,65	0,07	15,5	31,4	5,06	34
3,5	—	1,957	0,59	0,48	0,081	28,0	—	6,5	35
3,56	0,84	1,42	0,32	0,75	0,065	18,5	—	8,5	36 37
3,44	0,68	1,10	0,62	0,51	0,093	22,3	—	7,4	36 37
3,32	0,52	1,10	0,61	0,49	0,095	17,9	—	6,4	36 37
3,31	0,05	1,15	0,59	0,39	0,102	14,6	—	5,1	36 37

Im ersteren Falle ist die Dauerbiegefestigkeit noch 42 % der statischen Biegefestigkeit, im zweiten Falle 28 %, im dritten Falle gar nur noch 16 %.

Es sei an dieser Stelle gestattet, darauf aufmerksam zu machen, daß Dauerfestigkeit mit Alterung nichts zu tun hat, wie man wohl manchmal in Kreisen der Maschinenbauer meint. Unter gealtertem Material versteht man ein solches, das durch natürliche oder künstliche Eingriffe plastisch deformiert wurde und dann nach Verweilen auf Raumtemperatur in sehr langer Zeit, nach Verweilen bei etwas erhöhter Temperatur aber (100 bis 200°) und Abkühlen auf Raumtemperatur in kurzer Zeit spröde wird. Da man Gußeisen aber fast

gar nicht plastisch deformieren kann, können auch Alterungserscheinungen bei diesem Material nicht beobachtet werden.

e) Die Druckfestigkeit, Schubfestigkeit, der Elastizitätsmodul, die Torsionsfestigkeit.

Über sämtliche anderen mechanischen Eigenschaften liegen nur spärliche Werte vor, meist aus älteren Arbeiten stammend, die aus Mangel an Besserem als Richtwerte mitgeteilt seien. Es wurde deshalb auch darauf verzichtet, eine nähere Definition der Eigenschaften zu geben und ihre Ermittlung zu beschreiben.

Tabelle 14.

Querschnitt	τ_B in kg/mm ²	Verhältnis $\sigma_B : \tau_B$
Kreis	16,2	1,02
Kreisring	13,0	0,82
Rechteck: $b : h$		
1 : 1	22,3	1,42
1 : 2,5	25,3	1,60
1 : 5	23,7	1,50
1 : 9	25,1	1,59
Hohlquadrat	17,9	1,13

Die Druckfestigkeit eines Gußeisens, das 22,6 bis 25,4 kg/mm² Zerreißfestigkeit besitzt, wird zu 80,8 bis 87,3 kg/mm² angegeben³⁸.

Die Schubfestigkeit ist etwa gleich der der Zugfestigkeit³⁹.

Die Torsionsfestigkeit (τ_B) wurde für die verschiedenen Querschnittsformen bestimmt⁴⁰ (Tabelle 14).

Für den Elastizitätsmodul fand man folgende Werte⁴¹ (Tabelle 15):

Tabelle 15.

Gußeisen mit σ_B in kg/mm ²	Spannung in kg/mm ²	E	α in $\frac{1}{10000}$
23—24	1,6—4,8	11350	0,881
	4,8—8,0	9710	1,030
	8,0—11,20	8410	1,189
	11,2—14,40	6415	1,559
	14,4—17,61	5520	1,812
16,5	2,37—4,73	8600	1,163
	4,37—7,10	6310	1,585
	7,10—9,46	4930	2,028

f) Verschleißfestigkeit.

Ähnlich wie die Dauerschlagfestigkeit hat die Verschleißfestigkeit des Gußeisens mit dem Erscheinen hochwertiger Gußeisensorten erhöhte Beachtung gefunden. Aber auch hier sind wie bei der Dauerschlagprobe die Untersuchungsmethoden noch nicht soweit entwickelt worden, daß mehr als richtungsweisende Ergebnisse erzielt worden sind. Aus einer für Gußeisen grundlegenden Arbeit⁴² seien deshalb

nur summarisch die Hauptergebnisse mitgeteilt. Die Verschleißfestigkeit wurde dadurch geprüft, daß man eine sorgfältig hergerichtete und gewogene Gußeisenprobe mit bestimmtem Druck gegen eine rotierende Prüfscheibe von unterschiedlichem Material während bestimmter Zeit laufen ließ, und daß nach der Versuchszeit der Gewichtsverlust festgestellt wurde. Einer Stahlscheibe als angreifendem Körper gegenüber war kein Zusammenhang zwischen Kugeldruckhärte, Analyse, Keßnerscher Bohrprobe⁴³, Graphitmenge und -ausbildung und Verschleißfestigkeit feststellbar. Wohl aber nahm die Verschleißfestigkeit mit steigender Perlitmenge zu. Grauguß mit rein perlitischer Grundmasse zeigte die geringste Abnutzung. Einer Scheibe aus hartem Gußeisen als angreifendem Körper gegenüber war gleichfalls kein Zusammenhang zwischen Kugeldruckhärte, chemischer Zusammensetzung und Verschleißfestigkeit zu finden. Jedoch wurde in diesem Falle eine schmierende Wirkung des Graphits beobachtet. Mit steigendem Perlitgehalt nahm die Verschleißfestigkeit wieder zu und erhielt ihr Optimum bei rein perlitischem Grundgefüge. Das Phosphideutektikum wirkte nicht schädlich, gegebenenfalls kann es sogar die Verschleißfestigkeit erhöhen⁴⁴. Einer Scheibe aus weichem Gußeisen als angreifendem Körper gegenüber verhielt sich der jeweilige Prüfling ähnlich wie bei hartem Gußeisen.

Daß reines Perlitgefüge in der Tat hohe Verschleißfestigkeit gibt, zeigen gleichfalls neuerliche Versuche³² an Lanz-Perlit. Man ließ zwei Versuchsstücke gleichen Materials mit einer Berührungsfläche von 58,75 cm² und 110 Hüben in der Minute trocken gegeneinanderschleifen. Dabei verlor Zylindereisen in 32 Stunden 10 g, Lanzscher Perlitguß in 180 Stunden 7 g.

Wenn es auch gewiß richtig ist, daß für den Einzelfall die oben⁴² ermittelten Feststellungen bezüglich Brinellhärte und Verschleißfestigkeit gelten, insbesondere wenn man sich auf graues Gußeisen mit einem relativ geringen Intervall der Brinellhärte von 100 bis 200 kg/mm² allein beschränkt, so wäre es doch übereilt, nun auch ganz generell einen solchen Zusammenhang bestreiten zu wollen. Vergleicht man Gußeisensorten miteinander, die weit genug in der Brinellhärte auseinander liegen, etwa Grauguß und Hartguß, und schaltet man austenitisches Material bei der Untersuchung aus, so kann man sehr wohl eine Relation zwischen Brinellhärte und Verschleißfestigkeit feststellen. Ein dankbares Studienobjekt hierfür sind Grauguß- und Hartgußwalzen. In Tabelle 16 und Abb. 30* sind einige Werte zu-

* Das Zahlenmaterial wurde den Unterlagen entnommen, die die Firma Gontermann, Siegen, der Werkstoffschau in Berlin im Jahre 1927 zur Verfügung gestellt hatte.

sammengestellt. Die Proben hatten eine Abmessung von $30 \times 20 \times 15$ mm, waren mit 20 kg belastet und liefen eine Stunde lang.

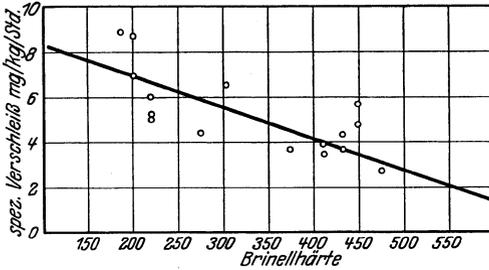


Abb. 30. Beziehung zwischen Brinellhärte und spez. Verschleiß.

Aus dem Kurvenverlauf ist klar und deutlich zu erkennen, daß in großen Zügen zwischen 150 bis 500 Brinelleinheiten ein Zusammenhang zwischen Verschleiß und Härte vorhanden ist. Man macht denn auch praktisch von dieser Tatsache längst Gebrauch, indem man Gegenstände,

die sehr starkem Verschleiß ausgesetzt sind, z. B. Teile von Zerkleinerungsmaschinen, Walzen in der Papier-, Gummi- und Metallindustrie usw., aus Hartguß herstellt.

Tabelle 16.

Probe Nr.	Analyse					Brinellhärte kg/mm ²	Spez. Verschleiß mg/kg/Std.
	C %	Si %	Mn %	P %	S %		
1	2,76	0,97	0,92	0,57	0,073	305	6,55
2	3,75	1,19	0,50	0,29	0,132	475	2,80
3	3,23	0,99	1,52	0,50	n. b.	444	5,60
4	2,85	0,86	0,83	0,56	0,08	410	3,40
5	3,33	0,69	0,68	0,40	0,11	410	3,90
6	3,38	1,05	0,65	0,30	0,162	432	3,45
7	2,98	0,81	0,92	0,43	0,082	370	3,70
8	3,58	0,99	0,50	0,29	0,193	430	4,15
9	3,32	0,94	0,54	0,48	0,145	445	4,85
10	2,38	1,30	0,95	0,41	0,07	225	5,35
11	2,48	0,66	0,86	0,32	0,105	183	8,95
12	2,48	0,67	0,89	0,22	0,118	202	7,05
13	3,20	0,63	1,09	0,46	0,06	194	8,85
14	2,64	1,34	1,04	0,38	0,084	226	5,25
15	2,26	0,95	0,80	0,29	0,097	195/240	5,96
16	2,80	1,61	0,89	0,52	0,082	273	4,4

g) Die Bearbeitbarkeit.

Die Bearbeitbarkeit steht zweifellos in einem gewissen Zusammenhang mit der Verschleißfestigkeit und der Brinellhärte. Aber auch hier beobachtet man, daß zwar bei sehr weit in der Brinellhärte auseinanderliegenden Gußsorten, z. B. Grauguß- und Hartguß, sich natürlich die härteren wesentlich schwerer bearbeiten lassen als die weicheren. Wenn es sich aber darum handelt, Beziehungen zwischen ähnlichen Gußeisensorten, z. B. zwischen Zylindereisen und hochwertigem Gußeisen zu finden, versagen meist die angewandten Unter-

suchungsmethoden. Es ist z. B. eine Relation zwischen Brinellhärte und Bearbeitbarkeit bei diesen Materialien im allgemeinen nicht festzustellen. Besonders typisch sind für dieses eigentümliche Verhalten die vor allem in Amerika so geschätzten nickel-chromlegierten Gußeisensorten mit etwa 0,25 bis 3% Ni und 0,3 bis 1,25% Cr. Durch diese Zusätze erzielt man, wie bereits früher erwähnt (D, 1, b), weniger eine Festigkeitssteigerung, als vielmehr eine größere Gleichmäßigkeit des Gefüges über dicke und dünne Querschnitte bei sehr guter Bearbeitbarkeit, obwohl die Brinellhärte steigt, z. B. in einem untersuchten Falle bei Zylinderblöcken von 180 auf 230 Einheiten.

h) Die Festigkeit bei hoher Temperatur.

Die Festigkeit verschiedener Gußeisensorten bei höherer Temperatur ist häufiger untersucht worden ^{31 45 46}, in Abb. 31 sind

Tabelle 17.

Material	Kurve Nr. (Abb. 31)	Analyse					Literatur
		C %	Si %	Mn %	P %	S %	
Zylindereisen	6,7	3,16	1,48	0,97	0,704	0,054	45
Lanz-Perlit	4,5	3,35	0,65	0,85	0,17	0,117	46
Sternguß	1,2	2,5	2,1	1,48	0,23	0,06	31
Zylindereisen	3	3,2—3,3	1,2—1,4	0,7—0,8	0,2—0,3	0,1	31

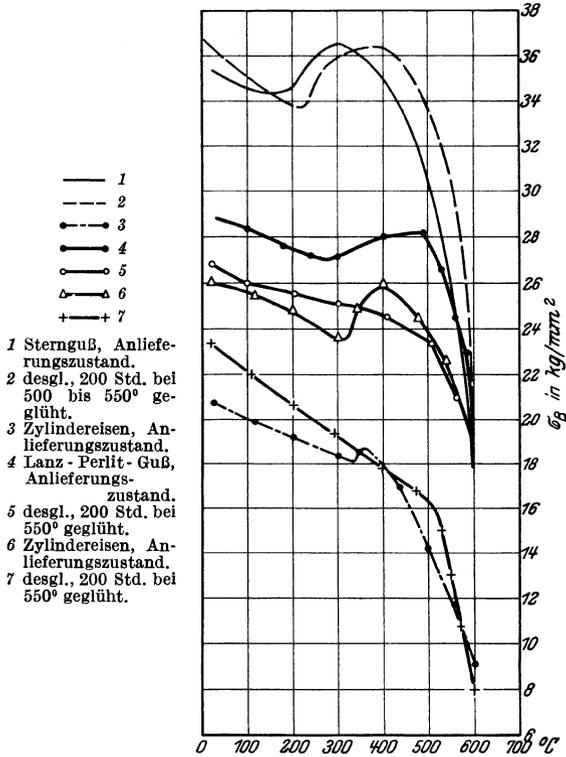


Abb. 31. Zugfestigkeit von Gußeisen bei erhöhter Temperatur.

einige Kurven wiedergegeben. Die Zusammensetzung des Ausgangsmaterials ist aus Tabelle 17 ersichtlich.

Im aüßgemeinen bleibt bei allen hochwertigen Gußeisensorten (Sternguß, Lanzperlit usw.) und zum Teil auch bei Zylindereisen die Festigkeit bis 500° noch auf einer erträglichen Höhe, dann sinkt sie bedeutend ab. Vergleichsweise ist auch die Festigkeit des bei 550° 200 Stunden lang vorgeglühten Materials bei höheren Temperaturen eingetragen. Nach solcher thermischen Vorbehandlung sinkt die Festigkeit durchgehends mit steigender Prüftemperatur. Immerhin haben die hochwertigen Gußeisensorten, wie z. B. Sternguß und Lanz-Perlit, auch im geglühten Zustande selbst bei 500° noch ganz beträchtliche Festigkeiten.

2. Die Säure- und Alkalibeständigkeit.

Die Untersuchung über die Säure- und Alkalibeständigkeit des grauen Gußeisens⁴⁷ wurde auf die gewöhnlichen Gußeisensorten beschränkt und alle mit besonders hohen Gehalten an einem bestimmten Legierungselement, z. B. mit besonders hohen Siliziumgehalten, ausgeschieden. Als angreifende Agenzien dienten Schwefelsäure, Salzsäure, Salpetersäure, Kalilauge und Natronlauge.

Bezüglich der Säurebeständigkeit fand man folgendes: Reines Eisen wird stark von Säuren angegriffen. Graphit ist an sich säurebeständig, lockert aber das Gefüge auf und bietet so der Säure Angriffspunkte im Innern des Materials; man muß deshalb seine Menge einschränken. Weißes, karbidisches Eisen hat zwar ein dichtes und gleichmäßiges, nicht aufgelockertes Gefüge. Die Karbidkohle wird auch nur von den stärksten Säuren angegriffen. Es ist aber spröde und deshalb technisch meist nicht verwertbar. Man wählt demgemäß die Gußeisenzusammensetzung am besten so, daß das Verhältnis Graphit zu Karbid etwa den Wert 2,5 bis 3,0 annimmt. Die Regulierung des Graphitgehaltes erfolgt im groben durch Wahl eines richtigen Gesamtkohlenstoffgehaltes, im feinen durch richtige Einstellung des Silizium- und Mangangehaltes. Für Silizium findet man bei etwa 3,0 bis 3,7% C einen Bestwert bei etwa 1,3 bis 1,4%. Bezüglich des Mangans wird festgestellt, daß steigende Mengen keine Verbesserung der Säurefestigkeit bringen. Im Verein mit dem als besonders günstig befundenen Gehalt an Silizium von 1,3 bis 1,4% erhält man beim Ätzen die niedrigsten Gewichtsverluste mit einem Mangangehalt von 0,75%. Es ist empfehlenswert, diesen Gehalt nicht zu überschreiten, da säurefester Guß häufig auch eine gewisse Feuerbeständigkeit haben soll, wobei ein höherer Mangangehalt unerwünscht ist. Wenn auch Phosphor an sich einen günstigen Einfluß auf die Säurebeständigkeit auszuüben scheint, kann man diese Eigenschaft nicht ausnutzen, da wie oben erwähnt, gewöhnlich auch eine gewisse Feuerbeständigkeit gefordert wird. Der Phosphorgehalt sollte 0,2 bis 0,3% nicht übersteigen.

Schwefel wirkt äußerst schädlich auf die Säurefestigkeit, insbesondere wenn sein Gehalt 0,07% überschreitet. Man soll deshalb möglichst unter diesem Wert bleiben. Nickel übt einen guten Einfluß auf die Säurebeständigkeit aus, obwohl es selbst ziemlich leicht von Säuren angegriffen wird. Immerhin ist es edler als Eisen, so daß ein Teil des günstigen Verhaltens wohl auf einer Schutzwirkung im Mischkristall beruht. Außerdem verfeinert es das Grundgefüge und die Graphitbildung. Darin könnte eine weitere Ursache für seine schützende Wirkung zu finden sein. Man wendet deshalb mit Vorteil einen Zusatz von 0,3 bis 0,5% Ni bei säurefestem Guß an. Als günstigste Zusammensetzung ergäbe sich demnach:

C	3,3 bis 3,5 %	P	< 0,2 bis 0,3 %
Si	1,3 bis 1,4 %	S	< 0,07 %
Mn	~ 0,75 %	Ni	0,3 bis 0,5 %

Alkalien gegenüber ist reines Eisen sehr beständig, während Kohlenstoff sich ähnlich wie bei Säure verhält. Silizium wird leicht von Alkalien angegriffen, muß deshalb möglichst gering gehalten werden, nämlich so, daß das Eisen noch eben grau erstarrt. Das dürfte bei etwa 1,2 bis 1,4% Si der Fall sein. Mangan wird von Alkalien nicht angegriffen, färbt aber die Laugen braun und muß deshalb niedrig gehalten werden, etwa 0,3 bis 0,4%. Phosphor ist nicht alkalibeständig und sollte deshalb und auch wegen der meist noch zusätzlich geforderten Feuerbeständigkeit in nicht größerer Menge als 0,2 bis 0,3% vorhanden sein. Schwefeleisen ist nicht alkalilöslich. Der Schwefelgehalt könnte deshalb hoch sein. Aber wegen der häufig zugleich verlangten Feuerbeständigkeit hält man ihn möglichst unter 0,08%. Nickel wirkt in Mengen von 0,3 bis 0,5% förderlich auf die Alkalibeständigkeit. In der Praxis setzt man häufig sogar 1 bis 2% zu. Man kommt demnach zu einem Gußeisen mit etwa:

C	3,3 bis 3,5 %	P	< 0,3 %
Si	1,2 bis 1,4 %	S	< 0,08 %
Mn	0,3 bis 0,4 %	Ni	0,3 bis 0,5 %

Die Gußhaut ist ein ganz besonders wirksamer Schutz gegen den Angriff von Säure und Alkali. Man sollte sie möglichst unverletzt lassen.

Die Säurefestigkeit der hier besprochenen Gußeisensorten ist nicht eine sehr große. Liegen sehr hohe Anforderungen in dieser Beziehung vor, dann können diese nur durch hochsilizierte Gußlegierungen mit 14 bis 18% Si befriedigt werden. Ein Material mit 18% Si ist fast absolut säurefest, aber so spröde, daß man häufig sich mit einer geringeren Säurebeständigkeit begnügt, um mit dem Siliziumgehalt auf 14% heruntergehen zu können, wodurch es wenigstens um ein

Geringes zäher wird. Derartige Eisensorten sind nur mit Speziallegierungen (Widia, Miramant usw.) und auch damit nur sehr schwer bearbeitbar; meist müssen sie geschliffen werden.

3. Die Feuerbeständigkeit.

Die Feuerbeständigkeit des Gußeisens wird durch den Phosphorgehalt einschneidend beeinflusst. Er soll möglichst niedrig gehalten werden. Erklärlich wird dies Verhalten des Phosphors, wenn man bedenkt, daß er ein leicht schmelzendes Eutektikum bildet (C, 2). Eine besonders gute Feuerbeständigkeit erzielt man durch Zulegieren von Chrom in hohen Gehalten, etwa 20%. Sie beruht darauf, daß Chrom sehr wärmebeständige Karbide bildet. Solche Legierungen sind natürlich ziemlich spröde.

4. Das Wachsen.

In einem gewissen Zusammenhange mit der Feuerbeständigkeit steht das Wachsen des Gußeisens. Man versteht darunter eine bei Raumtemperatur bleibende Volumzunahme, die Gußeisen nach längerem Verweilen in höheren Temperaturen erleidet. Untersuchungen über die nähere Ursache für das Wachsen sind noch in vollem Gange. Bereits jetzt haben sich einige Ergebnisse als feststehend herauskristallisiert, während andere noch ungeklärt sind. Es ist sicher, daß der Zerfall des Karbids in reines Eisen und Graphit unter Einwirkung einer längeren Glühdauer eine sehr wesentliche Rolle spielt. Wenn man bedenkt, daß das Volumen des Graphits etwa dreimal so groß ist wie das des Eisenkarbids, so ist die Volumzunahme des durch Glühung graphitisierten Eisens leicht verständlich. Daneben spielen aber gewiß noch eine Reihe anderer Faktoren eine Rolle, wie Oxydationserscheinungen des Eisens und seiner Begleiter, Gas- und Sauerstoffgehalt des Gußeisens, die Ausbildungsform des Graphits usw. Da diese Einflüsse in ihrer Wirkung durch die Forschung noch nicht hinreichend geklärt sind, sei auf eine eingehende Besprechung verzichtet.

Wenn die Karbidzerlegung das Wachsen ausschlaggebend beeinflusst, dann steht zu erwarten, daß der Siliziumgehalt von großer Bedeutung sein wird. Das ist in der Tat der Fall. Aus der Fülle der Untersuchungen, die diese Tatsache einwandfrei belegen, seien zwei Kurven ⁴⁸ mitgeteilt (Abb. 32). Die Proben hatten folgende Zusammensetzung:

Nr.	C %	Si %	Mn %	P %	S %
1	3,28	2,79	0,56	1,19	0,084
3	3,20	1,11	0,79	0,40	0,154

Die Glühungen wurden in einem elektrisch geheizten Heräusofen bei Luftzutritt durchgeführt, die Temperaturen von 600, 700, 800, 900 und 1000° wurde je 6 Stunden gehalten; anschließend erfolgte noch eine Glühung von 4 × 4 Stunden bei 900°. Man sieht, daß die Probe mit dem höheren Siliziumgehalt bei Temperaturen oberhalb 800° stärker wächst als die mit dem niedrigen Siliziumgehalt. Wärmebeständiger Guß wird deshalb vorteilhafterweise niedrig in Silizium gehalten. Möglicherweise wird man mit niedrigem Kohlenstoffgehalt zu dem gleichen Ziele kommen. Abb. 33⁴⁸ soll die Verhältnisse prinzipiell darstellen. Nach neueren Pendelungsversuchen⁴⁹ scheint an und für sich bei Gußeisen die Neigung zu bestehen, bei feinerer Graphitausbildung weniger zu wachsen. Höchstschmelzüberhitztes Gußeisen

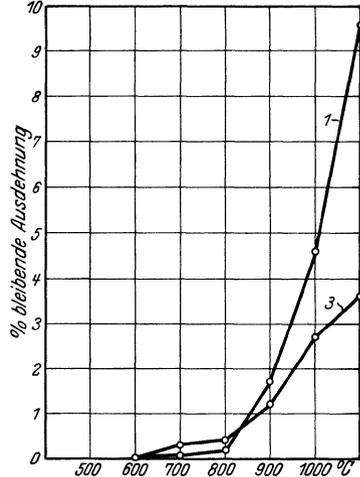


Abb. 32. Das Wachsen von Gußeisen bei Glühversuchen (Sipp und Roll).

(C, 3) wäre demnach sehr volumbeständig. Durch eine Überhitzung in mittleren Temperaturbereichen bei dem von einigen Forschern angenommenen Umkehrpunkt besteht aber offenbar ein geringem Wachsen entgegengesetzt sich auswirkender Faktor. Außerdem soll sowohl feinste Graphitausbildung als auch erniedrigter Kohlenstoffgehalt die Wirkung eines zu hohen Siliziumgehaltes, der das Wachsen stark begünstigt, nicht aufheben können und ein geringer Siliziumgehalt bei nicht genügend feiner Graphitausbildung durchaus nicht ein geringes Wachsen garantieren. Auf der anderen Seite soll man bei genügender Schmelzüberhitzung selbst bei einem Siliziumgehalt von 1,7 bis 1,8% noch genügend volumbeständiges Material bekommen. Allerdings war die thermische Beanspruchung bei diesen Versuchen so übersteigert, wie sie in der Praxis nie vorkommt. Eine ganze Reihe von den bei diesen Versuchen versagenden Proben dürften bis 700° völlig genügen.

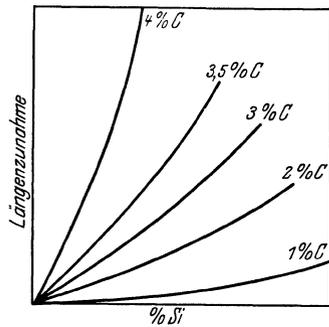


Abb. 33. Theoretische Kurven zur Darstellung der Abhängigkeit des Wachsens vom Kohlenstoff- und vom Siliziumgehalt (Sipp und Roll).

Zu ähnlichen Ergebnissen über den Einfluß der Graphitausbildung auf das Wachsen ist man bei Untersuchungen für die Turbinenkommiss-

sion des mitteldeutschen Bezirksverbandes der Vereinigung der Elektrizitätswerke⁵⁰ gekommen. Es stellte sich heraus, daß der Einfluß der chemischen Zusammensetzung weitgehend überlagert wird durch andere Faktoren, die restlos noch nicht ermittelt sind, von denen aber die Graphitbildung jedenfalls ein wichtiger ist. Man fand z. B., daß aus demselben Material Proben aus der Mitte stärker wuchsen als Proben vom Rande. Je feiner das Gefüge des Gußeisens war, um so kleiner war das Wachsen.

Das Wachsen des Gußeisens bei tieferen Temperaturen ist in Tabelle 18⁵¹ zahlenmäßig und zusammenfassend wiedergegeben. Das Material hatte ungefähr 3,5% C, 2,6% Si, 0,66% Mn, 0,48% P und 0,11% S, entspricht also etwa einem gewöhnlichen Maschineneisen.

Tabelle 18.

Temp.	Erhitzungsdauer in Std.		Längenwachstum in %
	pendelnd	dauernd	
200	141 × 9	—	0,00
320	—	768	0,00
450	6 × 9	—	0,01
450	6 × 48	—	0,04
550	42 × 3	—	0,37—0,72
550	—	124	0,51
600	18 × 3	—	0,75
650	31 × 3	—	0,75—1,00

Erst bei 550 bis 600° setzt ein besonders starkes Wachsen ein. Das geht auch aus Abb. 34 hervor. In ihr sind die Wachstumskurven für ein und dasselbe

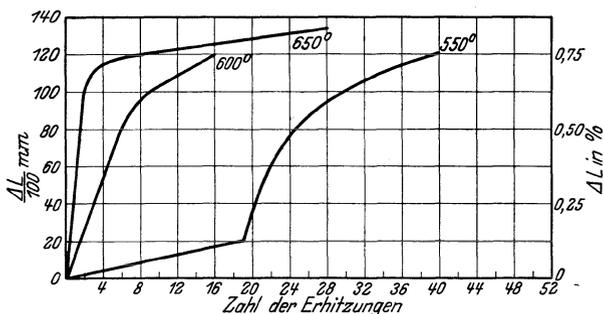


Abb. 34. Das Wachsen von Maschineneisen bei verschiedenen Temperaturen (Schwinnig und Flößner).

Wachsen ein. Während bei 550° erst nach 18 Temperaturpendelungen ein starkes Wachsen einsetzt, beginnt es bei 600° und 650° eigentlich sofort, ein Beweis, daß für das Wachsen 550° eine gewisse kritische Temperatur ist. Chrom- und Titanzusätze verringern die Größe des Wachstums, Nickel soll sie fördern, da es ähnlich wie Silizium wirkt.

Durch diese beim Wachsen entstehenden Volumvergrößerungen können natürlich Spannungen in die Gußstücke kommen, die an ge-

fährlichen Querschnitten zu Rissen führen. Die gesamte Auflockerung des Gefüges bedingt auch eine allgemeine Schwächung des Materials. Besonders unangenehm sind diese Erscheinungen für den modernen Turbinenbau, da gerade da die Bedingungen für das Wachsen des Gußeisens besonders günstig sind. Leider ist der Metallurge noch nicht in der Lage, ein unbedingt wachstumsfestes Material, das in allen Fällen genügt, anzugeben.

5. Die Wärmeleitfähigkeit, die elektrischen und magnetischen Eigenschaften, das spezifische Gewicht.

Die Wärmeleitfähigkeit des Gußeisens beträgt etwa 0,07 bis 0,11 cal/cm sec °C, die elektrische Leitfähigkeit 0,5 bis 2 m/mm². Auf die magnetischen Eigenschaften wirken Kohlenstoff und Mangan dadurch, daß sie Karbide bilden, verschlechternd ein, Silizium verbessernd, und zwar mittelbar durch Abscheidung des Kohlenstoffs in Form von Graphit, wodurch mehr Ferrit sich bilden kann, sowie auch unmittelbar durch Verkleinerung der Hysteresisverluste. Es können beispielsweise erzielt werden

bei H in Aw/cm	B
25	7000
50	8000

Durch Glühen eines magnetisch „harten“ Gußeisens, das also viel Perlit enthält, kann man magnetisch „weiches“ Material erhalten, das im Gefüge durch Karbidzerfall viel Ferrit ausgebildet hat und höhere Werte für Induktion, Remanenz und Permeabilität neben niedrigeren für Koerzitivkraft und Hysteresisverluste aufweist. Außerdem gibt es noch sog. unmagnetische Gußeisensorten, die meist mit Nickel und Mangan legiert sind, austenitisches Gefüge haben und sehr niedrige Ziffern für die Induktion besitzen, z. B.*

H in Aw/cm	B	H in Aw/cm	B
40	36	4000	656
80	72	8000	768
200	140		

Das spezifische Gewicht wird meist zu 7,1 bis 7,3 angenommen. Es ist vom Graphitgehalt abhängig.

E. Die Normung des Gußeisens.

In den letzten Jahren ist es den Bemühungen des Normungsausschusses geglückt, durch Zusammenarbeit mit Erzeugern und Verbrauchern wie bei anderen Materialien so auch bei Gußeisen ein Normblatt auszuarbeiten, der die von den Gießereien zu erzeugenden Sorten auf einige wenige bestimmte beschränkt, die sich an-

* Kruppscher Austenitguß.

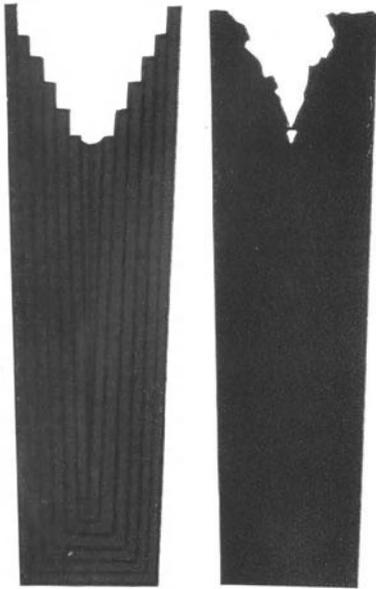
standslos und mit Sicherheit jederzeit herstellen lassen. Im Anhang S. 265 ist dieses Normblatt wiedergegeben.

Für den Maschinenbau ist Klasse 4, die den Maschinenguß mit besonderen Vorschriften enthält, am wichtigsten. Die vier Gruppen sind mit Absicht so gelegt worden, daß man bei einem Minimum an Gußeisensorten doch jeder Forderung bezüglich Festigkeitsdifferenzierung nachkommen kann. Es hätte z. B. gar keinen Zweck, zwischen die Festigkeitsklassen von 18 bis 22 kg noch eine solche von 20 kg zu legen. Der Gießer ist gar nicht in der Lage, die Festigkeit seines Materials durch richtige Gattierung oder, falls er nach dem Lanz-Verfahren arbeitet, richtige Formenbehandlung so genau zu treffen. Meist wird er z. B. in dem Falle, wo er 18 kg/mm² Mindestzugfestigkeit im Stück garantieren soll, seine Gattierung so einzustellen, daß er damit rechnen kann, 20 kg/mm² Festigkeit zu erreichen. Es ist selbstverständlich, daß Verbraucher, die von einer im Normenblatt fehlenden Qualität nicht abgehen zu können glauben, über den Normenvorschlag hinaus mit ihren Lieferanten besondere Vereinbarungen treffen können.

Es ist darauf aufmerksam zu machen, daß die Werte für Biegefestigkeit und Durchbiegung eingeklammert sind. Damit soll ausgedrückt werden, daß für die Abnahme vorerst nur die Zugfestigkeiten maßgebend sind. Weiterhin ist darauf hinzuweisen, daß Ge 26.91 bereits als hochwertiges Sondergußeisen gilt. Normalerweise sind die Festigkeiten von Sondergußeisen wohl höher. Da aber bei diesen Qualitäten immerhin mit Streuungen der Festigkeitswerte zu rechnen ist, und da die im Normenblatt angegebenen Zahlen als Mindestwerte gelten sollen, hat man mit Recht vorsichtigerweise einen Festigkeitswert als unterste Grenze festgelegt, der in der Tat mit Sicherheit einzuhalten ist.

F. Zusammenstellung der wichtigsten Gußeisensorten.

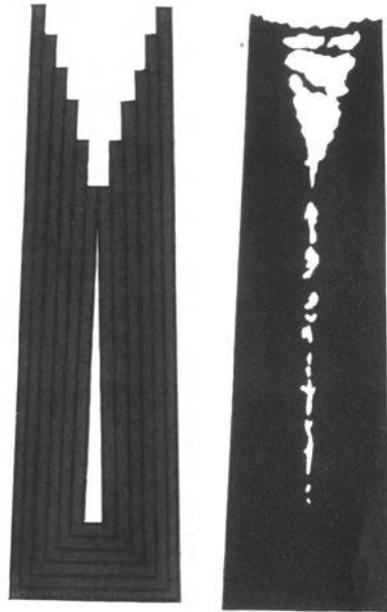
In Tabelle 19 sind nach Klingenstein⁵² Beispiele für die wichtigsten Gußeisensorten mit Festigkeitswerten, chemischer Analyse und Verwendungszweck angegeben. Es sei nachdrücklichst darauf hingewiesen, daß 1. die mitgeteilten Analysen nur als Richtanalysen zu betrachten sind, und daß der Gießer im Einzelfalle zu entscheiden hat, wie er sein Material zusammensetzen muß, um den geforderten Ansprüchen zu genügen, 2. der Abnehmer dem Gießer nur eines von beiden vorschreiben kann: entweder Festigkeitswerte oder Zusammensetzung, nie aber beides zusammen. Es wird sich meist empfehlen, die Eigenschaft, die man braucht, vorzuschreiben, also für Konstruktionsmaterial Festigkeitswerte und allenfalls für Guß, der chemischen oder thermischen Angriffen ausgesetzt ist, Analysen. Nur so kann man den Gießereimann vollständig für das gelieferte Material verantwortlich machen.



35 a.

35 b.

Abb. 35 a u. b. Erstarrung eines Gußblocks
in einer nach unten verjüngten Form.



36 a.

36 b.

Abb. 36 a u. b. Erstarrung eines Gußblocks
in einer nach oben verjüngten Form.

× 150

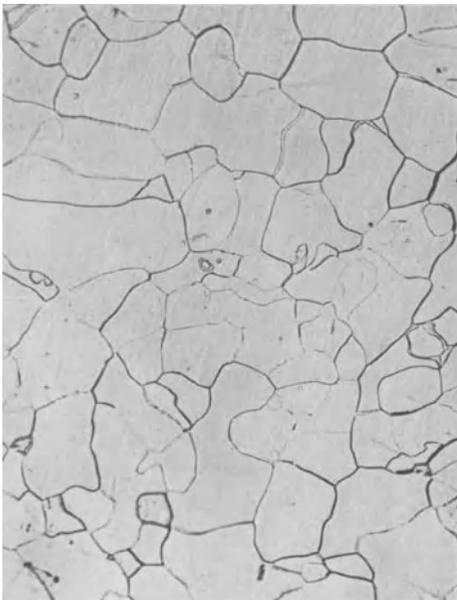


Abb. 37. Ferrit.

Lischka, Eisengießerei.

× 400

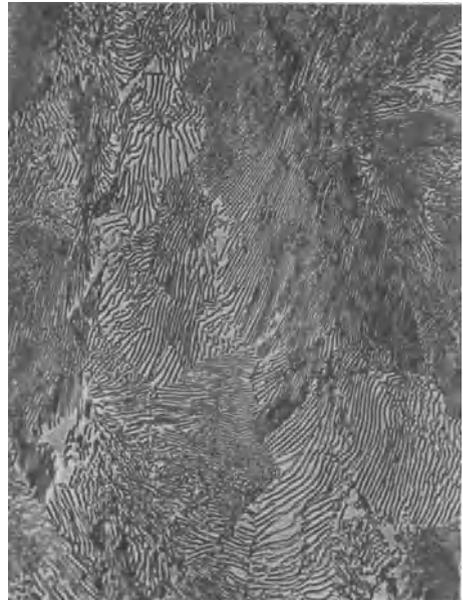


Abb. 38. Perlit.

Tafel II.

× 400

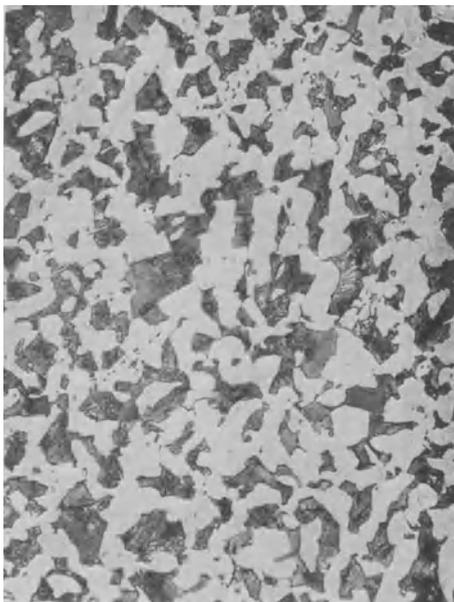


Abb. 39. Ferrit und Perlit.

× 400

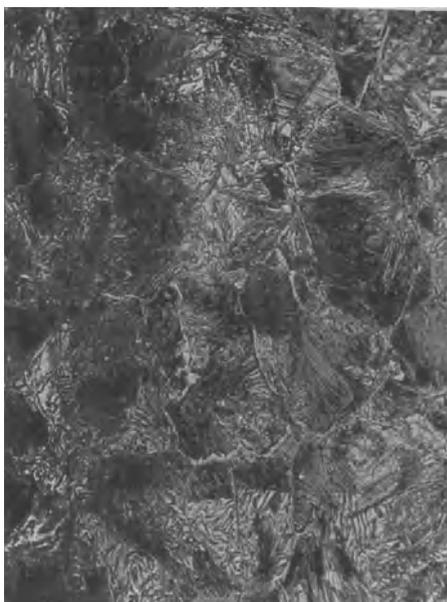


Abb. 40. Perlit und Sekundärzementit in Zellenform.

× 400



Abb. 41. Perlit und Sekundärzementit in Nadelform.

× 150

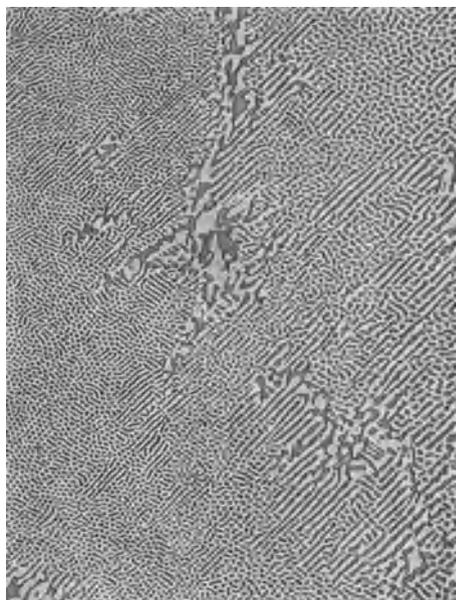


Abb. 42. Ledeburit.

× 150



× 40

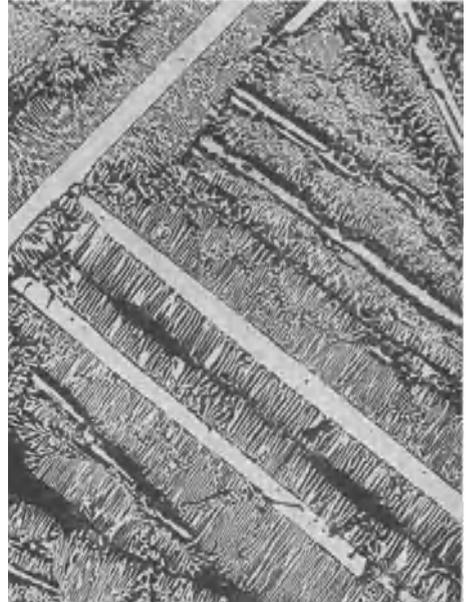
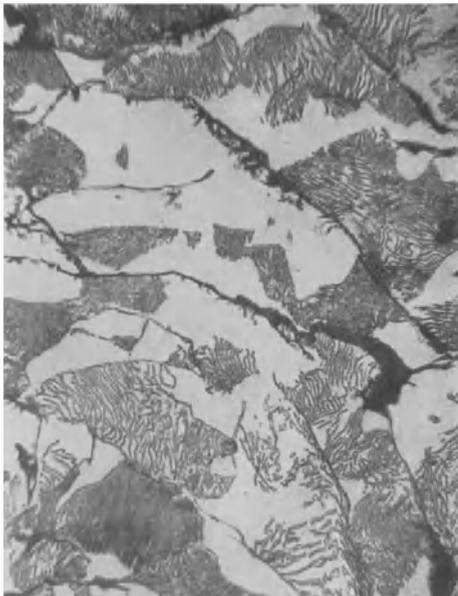


Abb. 43. Primäre Mischkristalle (Perlit) und Ledeburit.

Abb. 44. Primärzementit und Ledeburit.

× 400



× 400



Abb. 45. Grauguß mit viel Ferrit, wenig Perlit und Graphit.

Abb. 46. Grauguß mit wenig Ferrit, viel Perlit und Graphit.

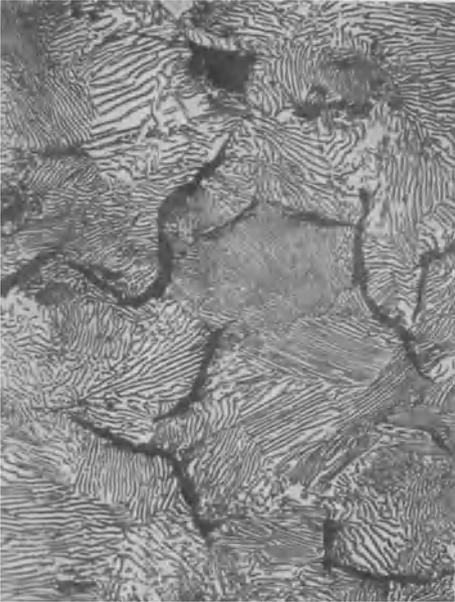


Abb. 47. Rein perlitischer Grauguß.

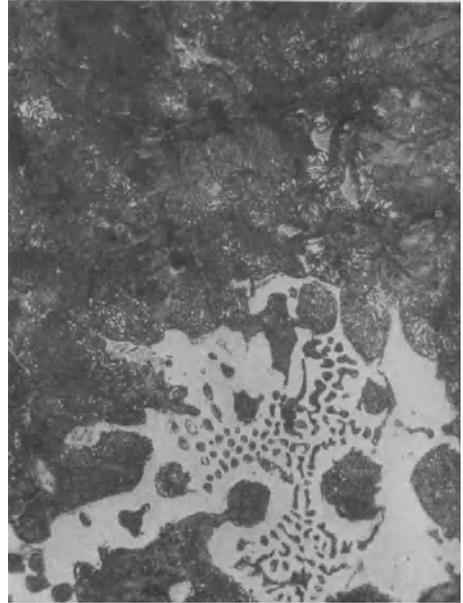


Abb. 48. Perlitischer Grauguß mit Resten von Ledeburit (meliertes Eisen).



Abb. 49. Grauguß mit austenitischer Grundmasse (unmagnetischer Guß).

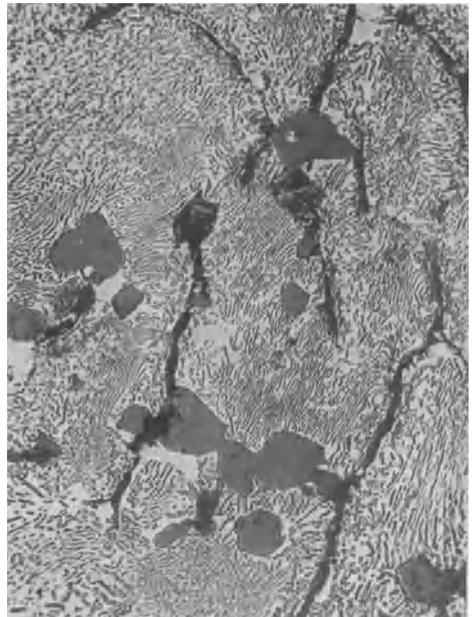


Abb. 50. Einschlüsse von Mangansulfid.

× 400

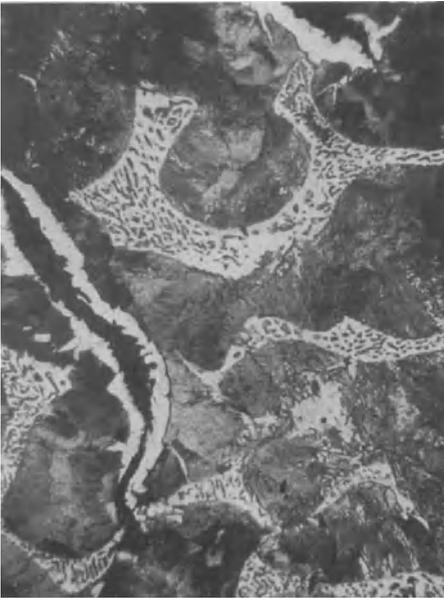


Abb. 51. Phosphideutektikum.

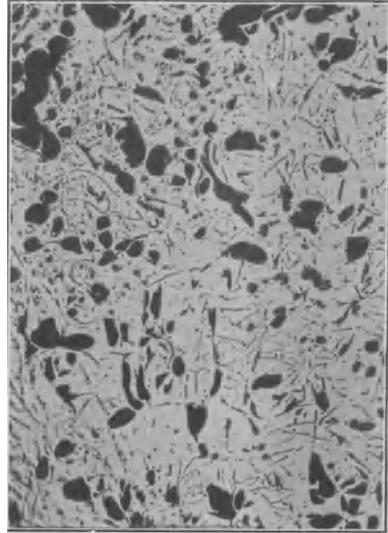


Abb. 52. Gußeisen auf 1250° erhitzt, normale Graphitausbildung.

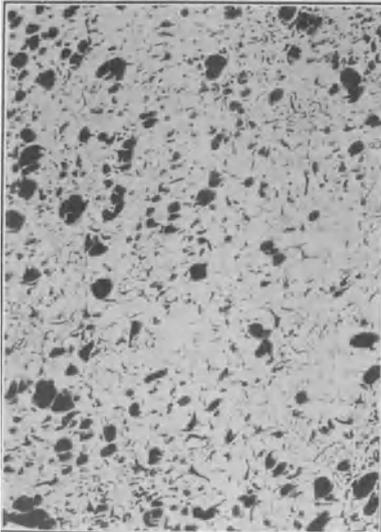


Abb. 53. Gußeisen auf 1425° erhitzt, feinere Graphitausbildung.

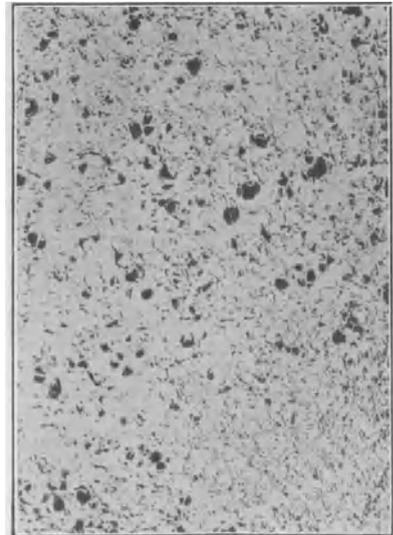


Abb. 54. Gußeisen auf 1600° erhitzt, sehr feine Graphitausbildung.

Tafel VI.

× 80

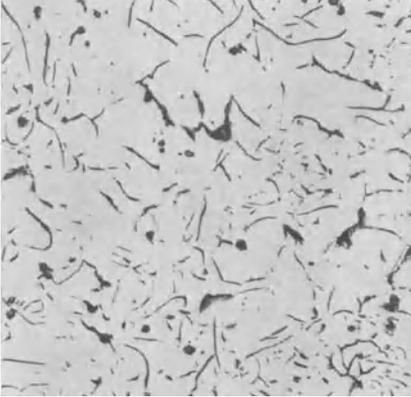


Abb. 55. Grauguß in Sandform gegossen, rasche Abkühlung, ungeätzt.

× 80

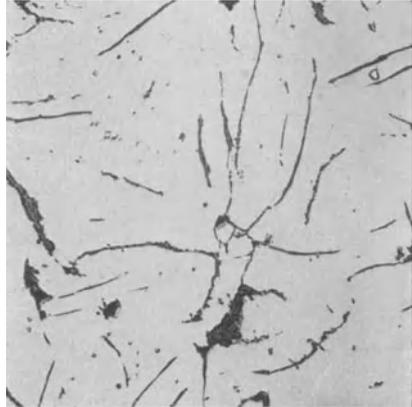


Abb. 56. Grauguß in heißer Form gegossen, langsame Abkühlung, ungeätzt.

× 400



Abb. 57. Wie Abb. 55, geätzt.

× 400

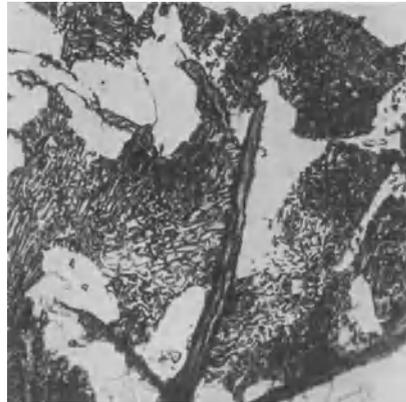


Abb. 58. Wie Abb. 56, geätzt.

$\frac{1}{4}$ nat. Gr.



Abb. 59. Bruch von Schalen-Hartguß.

× 800

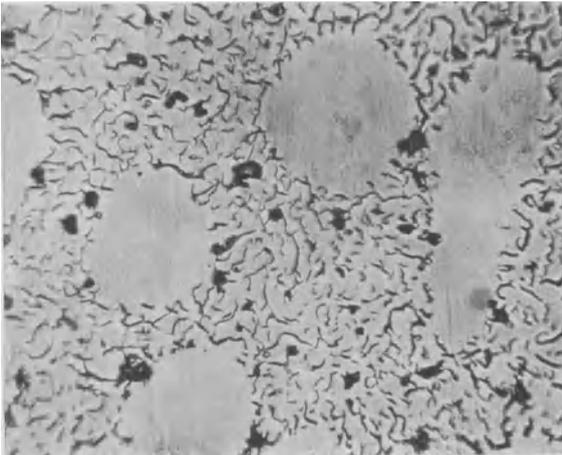


Abb. 60. Graphiteutektikum.

Tafel VIII.

$\frac{3}{4}$ nat. Gr.

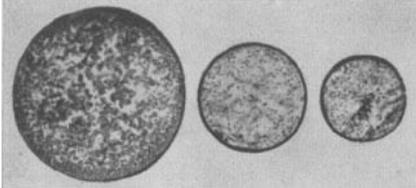


Abb. 61. Lanzperlit in kalter Form gegossen.

$\frac{3}{4}$ nat. Gr.

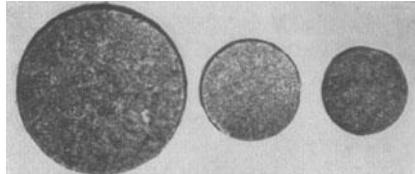


Abb. 62. Lanzperlit in heißer Form gegossen.

$\times 150$

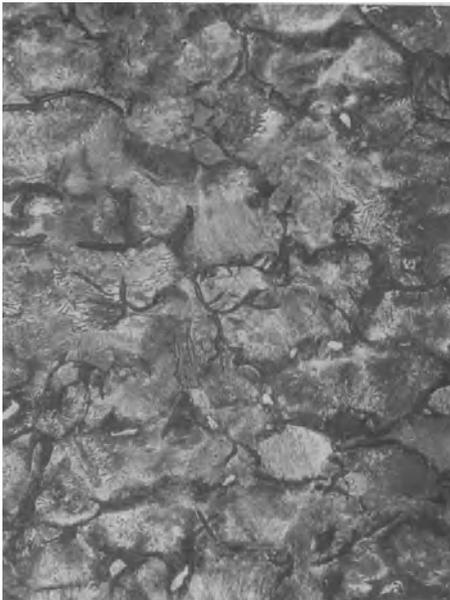


Abb. 63. Grauguß ungeglüht.

$\times 150$

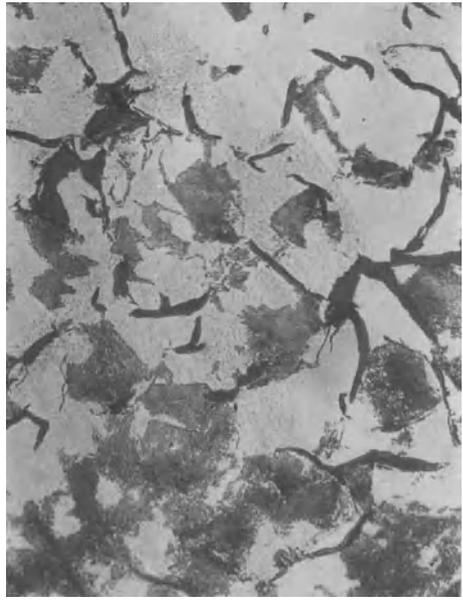


Abb. 64. Dasselbe Material wie Abb. 63, aber geglüht.

Tabelle 19. Zusammenstellung der wichtigsten Gußeisensorten mit Kennwerten und Zusammensetzung.

Klasse	Verwendungszweck	Mindestfestigkeiten			Chemische Zusammensetzung					
		Zugfestigkeit σ_B kg/mm ²	Biegefestigkeit σ_B kg/mm ²	Durchbiegung f mm	Härte nach Brinell	Ges.-C %	Si %	Mn %	P %	S % unter
Bau- und Handelsguß	Säulen, Fenster, Platten, Herde, Heizkörper, Kanalguß, Rohre usw.	—	—	—	—	3,3—3,6	2,0—2,5	0,4—0,8	0,6—1,2	0,120
Feinguß und Kunstguß	Säulen, Türen, Beleuchtungskörper, Statuen, Büsten, Reliefs, Vasen usw..	—	—	—	—	über 3,6	2,0—3,0	0,6—0,8	0,8—1,2	0,120
Gewöhnlicher Maschinenguß	Landmaschinen, Hausmaschinen, Textilmaschinen, Gehäuse und dünnwandige Teile für die Elektroindustrie	12	24	6	140—160	3,4—3,6	2,0—2,5	0,6	0,8	0,120
Maschinenguß mit besond. Vorschriften	Werkzeugmaschinenguß, Zylinderguß, Kolben, Kolbenringe usw.: a) leichter Maschinenguß . b) mittlerer „ . c) schwerer „ .	14 18 22	28 34 40	7 10* 10*	140—160 160—180 180—200	3,4—3,6 3,2—3,4 3,1—3,3	2,0—2,2 1,8—2,0 1,6—1,8	über 0,80 0,80 0,80	unter 0,6 0,5 0,4	0,120 0,120 0,120
Hochwertiger Guß	Hitzebeständige Gußstücke sowie Gußstücke, für die besondere Hochwertigkeit verlangt wird	26	46	10*	200—220	2,8—3,2	1,2—1,8	0,8—1,2	unter 0,30	je nach Wandstärke unter 0,120

* im Normenblatt 8 mm.

Tabelle 19 (Fortsetzung).

Klasse	Verwendungszweck	Mindestfestigkeiten			Chemische Zusammensetzung					
		Zugfestigkeit σ_B kg/mm ²	Biegefestigkeit σ'_B kg/mm ²	Durchbiegung f mm	Härte nach Brinell	Ges.-C %	Si %	Mn %	P %	S % unter
Hartguß	a) Vollhartguß: Ringe für Straßenwalzen, hydraulische Kolben usw. . . .	—	—	—	—	2,8—3,3	0,6—1,2	0,4—1,2	0,50	0,120
	b) Schalenguß (Oberfläche abgeschreckt): Brechbacken, Eisenbahnräder, Stempel, Ziehringe. . .	—	—	—	—	3,0—3,4	0,5—1,0	0,4—1,2	0,10	0,05
	c) Walzenguß: Hartgußwalzen für die verschiedenen Zwecke. . . .	—	—	—	—	2,8—3,2	0,5—1,5	0,6—0,8	0,03	0,05
Säurebeständiger Guß	Rohre, Schalen, Töpfe, Hähne usw.	—	—	—	—	—	12—14	—	—	—
Alkalibeständiger Guß	Sodakessel, Natronkessel .	—	—	—	—	3,0—3,4	1,2—1,6	0,80	0,20	0,12 Ni 1—2 %
Feuerbeständiger Guß	Schmelzkessel, Retorte, Glühtöpfe, Roststäbe. .	—	—	—	—	3,1—3,3	1,4—1,6	unter 0,5	unter 0,5	evtl. Chromzusatz
Sonderguß	je nach Verwendungszweck und Wandstärke	nach besonderer Zusammensetzung oder eine der oberen Klassen								

Literaturverzeichnis.

- ¹ Näheres vgl. Heyn: Materialkunde für den Maschinenbau, 2. Aufl., S. 331 bis 363. Berlin: Julius Springer 1912.
- ² Für Leser, die sich gründlich mit dieser Wissenschaft befassen wollen, seien folgende Lehrbücher empfohlen: Goerens, P.: Einführung in die Metallographie. 5. Aufl. Halle: Knapp 1926; Ruër, Rudolf: Metallographie in elementarer Darstellung. 2. Aufl. Hamburg und Leipzig: Leopold Voß 1922.
- ³ Wüst und Kettenbach: Ferrum Bd. 11, S. 51/4, 65/80. 1913/14.
- ⁴ Maurer: Kruppsche Monatshefte Bd. 5, S. 115/22. 1924.
- ⁵ v. Kerpely: Gieß.-Zg. Bd. 23, S. 435/46. 1926.
- ⁶ Hanemann: Monatsbl. d. Berliner Bezirksvereins deutscher Ingenieure 1926, S. 31/6.
- ⁷ Piwowarsky: Ber. d. Fachaussch. Ver. deutsch. Eisenh., Werkstoffausschuß. Bericht Nr. 63; Gieß.-Zg. Bd. 23, S. 380/81. 1926.
- ⁸ Klingenstein: Gußeisentaschenbuch 1926, S. 13; Z. V. d. I. Bd. 70, S. 387/90. 1926; Gieß.-Zg. Bd. 23, S. 680/86. 1926.
- ⁹ Letzthin haben auch Maurer und Holtzhausen (Stahleisen Bd. 47, S. 1805/12, 1977/84. 1927) diesen Einfluß untersucht.
- ¹⁰ Goerens und Jungbluth: Stahleisen Bd. 45, S. 1110/17. 1925.
- ¹¹ Schüz: Stahleisen Bd. 45, S. 144/47. 1925.
- ¹² Schüz: Stahleisen Bd. 43, S. 720/22. 1923.
- ¹³ Kühnel: Stahleisen Bd. 45, S. 1461/66. 1925.
- ¹⁴ Klingenstein: Gieß. Bd. 13, S. 169/73. 1926; Gieß.-Zg. Bd. 23, S. 680/86. 1926.
- ¹⁵ Wüst und Meißner: Ferrum Bd. 11, S. 97/112. 1913/14.
- ¹⁶ Wüst und Stotz: Ferrum 12, S. 89/96, 105/119. 1914/15.
- ¹⁷ Wüst und Miny: Ferrum Bd. 14, S. 97/105, 113/20. 1916/17.
- ¹⁸ Z. B. Piwowarsky: Stahleisen Bd. 45, S. 289/97. 1925; Smaley: Foundry Bd. 26, S. 519/23. 1922; Wickenden, T. H. und J. S. Vanick: Trans. Am. Foundrymen's Ass. Bd. 34, S. 347/430. 1927; Houston, D. M.: Foundry Bd. 55, S. 399/401, 423/25. 1927; Turner, J. H.: Foundry Bd. 35, S. 59/61, 71/73. 1927; Oberhoffer, P. und E. Piwowarsky: Gieß. Bd. 14, S. 585/92. 1927.
- ¹⁹ Schüz: Stahleisen Bd. 42, S. 1484/88. 1922.
- ²⁰ Guillet: Alliages métalliques. Paris 1906.
- ²¹ Goerens, P.: Stahleisen Bd. 26, S. 397/400. 1906.
- ²² D. R. P. Nr. 301913 vom 10. Mai 1916.
- ²³ Piwowarsky: Foundry Bd. 36, S. 4/6, 37/40. 1927; Gieß. Bd. 14, S. 509/15. 1927.
- ²⁴ v. Kerpely: Stahleisen Bd. 45, S. 2007. 1925.
- ²⁵ Klingenstein: Z. V. d. I. Bd. 70, S. 388. 1926.
- ²⁶ Piwowarsky: Gieß. Bd. 14, S. 255. 1927.
- ²⁷ Bardenheuer: Mitt. K. W. I. Bd. 9, S. 215/25. 1927; Stahleisen Bd. 47, S. 857/67. 1927.
- ²⁸ Werte von Rolfe, nach Hurst: Metallurgy of Cast Iron 1926, S. 173. London: Pitman and Sons.

- ²⁹ Potter, O. W.: Trans. Am. Foundrymen's Ass. Bd. 33, S. 294/346. 1926.
- ³⁰ Bauer: Mitt. a. d. Materialprüfungsamt Berlin-Dahlem 1922, H. 6; Stahleisen 1923, S. 553/57.
- ³¹ Kleiber: Kruppsche Monatshefte Bd. 8, S. 109/17. 1927.
- ³² Buffet, Bernard und Alphonse Roeder: Bull. Soc. Ind. Min. Nov. 1925; nach G. Meyersberg: Perlitguß, S. 32/34. Berlin: Julius Springer 1927.
- ³³ Bulleid, C. H.: Engg. Bd. 122, S. 429/30. 1926.
- ³⁴ — und A. R. Almond: Engg. Bd. 124, S. 827. 1927.
- ³⁵ Lehr, E.: Diss. Stuttgart 1925.
- ³⁶ Moore und Lyon: Trans. Am. Foundrymen's Ass. Bd. 35, S. 410/26. 1927.
- ³⁷ — Proc. Am. Soc. Test. Mat. Bd. 27, Teil II, S. 87/101. 1927.
- ³⁸ Bach: Elastizität und Festigkeit, S. 200. Berlin: Julius Springer 1920.
- ³⁹ — a. a. O. S. 415/16.
- ⁴⁰ — a. a. O. S. 366.
- ⁴¹ — Forsch.-Arb. Ing. 1921, H. 1, S. 58/59. Es sind die von Klingenstein im Werkstoff-Handbuch für Stahleisen L. 11—5 angegebenen Mittelwerte mitgeteilt. Der im Werkstoffhandbuch für ein Material mit $\sigma_B = 16,5 \text{ kg/mm}^2$ bei der Spannungsstufe 2,37—4,73 km/mm^2 unrichtig angegebene Wert wurde berichtigt.
- ⁴² Lehmann, O. H.: Gieß.-Zg. Bd. 23, S. 597/600, 623/27, 654/56. 1926.
- ⁴³ Keßner: Diss. Königsberg 1915.
- ⁴⁴ Piwowarsky: Gieß. Bd. 14, S. 743/47. 1927.
- ⁴⁵ Donaldson, J. W.: Iron Age Bd. 114, S. 1859. 1924.
- ⁴⁶ — Foundry Bd. 35, S. 145. 1927.
- ⁴⁷ Haase, G. H.: Diss. Clausthal 1927; Stahleisen Bd. 47, S. 2112/17. 1927.
- ⁴⁸ Sipp und Roll: Gieß.-Zg. Bd. 23, S. 229/44, 280/84. 1927; nach Meyersberg: Perlitguß, S. 82. Berlin: Julius Springer 1927.
- ⁴⁹ Piwowarsky: Gieß.-Zg. Bd. 23, S. 379/85, 414/21. 1926.
- ⁵⁰ Wüst, F. und O. Leihener: Forsch.-Arb. Ing. 1927, H. 295, S. 92/95.
- ⁵¹ Schwinning, W. und H. Flößner: Ber. d. Fachaussch. Ver. deutsch. Eisenh., Werkstoffausschuß, Bericht Nr. 103; Stahleisen Bd. 47, S. 1075/79. 1927.
- ⁵² Klingenstein: Werkstoffhandbuch Stahleisen L 11—13.

Roh- und Hilfsstoffe der Gießerei.

Von F. Janssen.

A. Einleitung.

Es will zunächst vielleicht nicht einleuchten, wieso für den Maschineningenieur die Kenntnis der Roh- und Hilfsstoffe der Gießerei Interesse haben könnte. Allenfalls wird den Nichtfachmann die Beschaffenheit und Herstellungsweise der verschiedenen Roheisensorten zunächst interessieren; dagegen scheinen die sonstigen Hilfsstoffe der Gießerei, wie Formsand, Graphit, Kernöl oder gar die Kleinmaterialien, wie Formpuder, Kernstützen, Formerstifte usw. doch allzu fernliegend und ausschließlich für den Gießer von Belang zu sein. In Wirklichkeit haben aber alle diese Hilfsstoffe der Gießerei einen außerordentlichen Einfluß auf den Ausfall der Gußstücke, und der beste Werkstoff und die größte Sorgfalt des Formers wird nichts nützen, wenn hinsichtlich der Beschaffenheit oder Verwendung der Hilfsstoffe auch nur der geringste Fehler übersehen wurde. War der Formsand zu feinkörnig oder zu fett, dann haben die beim Gießen entstehenden Gase nicht aus der Form entweichen können, und das Metall hat infolgedessen schlecht in der Form geruht. Das Gußstück hat eine häßliche, narbige Oberfläche erhalten, wenn es nicht überhaupt Ausschluß geworden ist durch zurückgebliebene Gasblasen. War der Formsand zu grobkörnig und wurde beim Naßguß mit dem Kohlenstaub oder beim Trockenguß mit dem Graphit gespart, dann ist der Sand auf der Gußhaut festgebrannt, und diese sandige Gußhaut greift hernach beim Putzen und Bearbeiten die teuren Werkzeuge wie Schmirgel an. Hat man der Kernmasse zu wenig Magerungsmittel zugesetzt, so daß der Kern beim Schwinden des Gußstückes nicht nachgeben konnte, dann ist das aufschumpfende Gußstück gerissen. Hat man umgekehrt mit dem Kernbindemittel gespart, dann war der Kern nicht fest genug, und das in die Form strömende Eisen hat Sandteilchen abgespült oder vorstehende Ecken vom Kern abgebrochen. Hat man zu starke Kernstützen verwendet, dann ist das Gußeisen daran abgeschreckt und schlecht verschweißt, hat man die Kernstützen zu schwach gewählt, dann hat das flüssige Eisen sie zu schnell gelöst, und der Kern hat sich infolgedessen aus seiner Lage gehoben. Die Aufzählung von Ausschluß durch Hilfsmaterialfehler ließe sich nach Belieben verlängern, doch genügen die angeführten Beispiele

wohl, um zu zeigen, daß die richtige Auswahl und Beschaffenheit der Roh- und Hilfsstoffe in der Gießerei neben der Sorgfalt des Formers für den Ausfall der Gießereierzeugnisse tatsächlich von entscheidender Bedeutung ist und daß daher auch für den Maschineningenieur eine gewisse Kenntnis der Roh- und Hilfsstoffe der Gießerei durchaus von Nutzen sein kann, um bei auftretenden Gußfehlern die Ursachen richtig zu erkennen und mit den Anforderungen an die Gießerei die Grenzen des zur Zeit Erreichbaren einzuhalten.

Zunächst sei eine kurze Bestimmung der Begriffe „Roh- und Hilfsstoffe der Gießerei“ gegeben: mit Rohstoffen sollen hier alle die Stoffe bezeichnet werden, die zum flüssigen Eisen gehören, wie Roheisen, Reste, Bruch und Ferro-Legierungen. Unter Hilfsstoffen sollen alle die Stoffe verstanden werden, die zum Schmelzen nötig sind, also Schmelzkoks und sonstige Brennstoffe, Kalkstein, Flußspat und andere Zuschläge. Schließlich bleiben dann noch diejenigen Hilfsstoffe, die in der Formerei und Kernmacherei gebraucht werden, und zwar in erster Linie Formsand, Kernsand, Lehm, Steinkohlenstaub, Graphit, Kernbindemittel, Magerungsmittel, die verschiedensten Kleinmaterialien usw. Tabelle 1 gibt einen zusammenfassenden Überblick über diese Roh- und Hilfsstoffe der Gießerei. Die beigefügten Zahlenwerte, die aus einer Eisengießerei für leichten und mittleren Maschinenguß stammen, gestatten gleichzeitig einen Vergleich über die Bedeutung der einzelnen Materialien. Die Zahlen sind bezogen auf 1000 t Ausbringen. Das entspricht in diesem Falle der Produktion von 700 qm Formfläche bei einer Belegschaft von 105 Mann einschließlich Putzern und Hilfsarbeitern. Der Gesamtwert der aufgeführten Roh- und Hilfsstoffe pro 1000 t Ausbringen ist 220073,50 RM, die für die gleiche Produktion gezahlten Löhne betragen insgesamt 104000 RM.

B. Rohstoffe.

Das Hauptelement der Gießerei ist der Schmelzbetrieb; und die rechte Zusammensetzung und Behandlung des Schmelzgutes ist vor allen Dingen entscheidend für die Beschaffenheit der Erzeugnisse. Die Eisengießerei verwendet in den meisten Fällen den Kupolofen zum Schmelzen, der in dem Abschnitt „Ofenanlagen in der Gießerei“ ausführlich beschrieben ist. Er wird abwechselnd mit Eisen- und Koks-schichten sowie geringen Mengen Kalkstein u. ä. beschickt. Am unteren Teil des Ofenschachtes wird durch eine Anzahl Düsen Wind von geringer Pressung hineingeblasen, der den Koks verbrennt und dadurch die nötige Schmelztemperatur für das Eisen erzeugt. Das geschmolzene Eisen sammelt sich auf dem Herde des Ofens und wird von Zeit zu Zeit abgestochen. Diese weitestverbreitete Schmelzweise hat den Vorteil, daß sie einen laufen-

Tabelle 1. Übersicht über die Roh- und Hilfsstoffe der Gießerei.

Verbrauch für 1000 t Ausbringen			
I. Schmelzerei und andere Feuerbetriebe		II. Formerei und Kernmacherei	
Rohstoffe	Preise pro t RM	Menge t	Wert RM
Roh- eisen { Haematit Deutsch I. Deutsch III. Zusatzzeisen weiß Stahl Gußbruch Reste	100,— 100,— 97,— 124,— 60,— 50,— 50,—	500,— 150,— 450,— 100,— 75,— 325,— 500,—	50000,— 15000,— 43650,— 12400,— 4500,— 16250,— 25000,—
Gesamt-Einsatz		2100,—	166800,—
Hilfsstoffe			
Brenn- stoffe { Schmelzkoks Trockenkammerkoks Holzkohle	36,— 35,— 112,50	210,— 280,— 3,—	7550,— 9800,— 337,50
Zu- schläge { Kalkstein Flußspat	6,60 39,40	26,3 19,3	173,50 760,—
Stampfmasse	27,—	36,—	972,—
Chamotte-Normalst. 100 Stck. ca. 4,0 kg	22,03	8500 Stck. 34 t	1870,—
” Steine für Gießtrommel 100 Stck.	11,52	5200 Stck. 9,4 t	600,—
” -Röhrensteine	32,23	4000 Stck. 10 t	1290,—
ca. 2,5 kg		628,—	23353,—
Formsand	ca. 11,63	600	6780,—
Kernsand	ca. 6,81	40	272,—
Lehm	ca. 11,—	350	3850,—
Mauersand	ca. 9,—	300	2700,—
		1290	13602,—
Hilfsstoffe			
Steinkohlenstaub	39,10	14	547,—
Graphit	140,70	17	2500,—
Ton, roh.	24,10	4	96,50
{ Kernöl (pat.)	600,—	3	1200,—
{ Sulfidlauge	100,—	4	400,—
{ Kern- binder { Dextrin	492,—	0,5	246,—
{ Leim	940,—	1	940,—
{ Roggenmehl	150,—	1	250,—
{ Flachssehäben	33,60	8	369,—
{ Eisen- u. Bindedraht	—	—	665,—
{ Formpuder	380,—	220 kg	84,—
{ Petroleum	250,—	600 kg	150,—
{ Kernstützen usw.	—	—	2140,—
{ Sonst. Kleinmaterialien	—	—	6050,—
{ Schwefelsäure	79,—	4,5	356,—
{ Gebläsekties.	170,—	2,5	425,—
			16318,50

den Betrieb gestattet und das geschmolzene Material sofort der schädlichen Einwirkung der Feuergase entzieht. Nachteilig ist dagegen die unmittelbare Berührung des Schmelzgutes mit dem Brennstoff, aus dem es insbesondere den schädlichen Schwefel aufnimmt. Um diesen Nachteil zu vermeiden, benutzt man vielfach Herdöfen, die mit Kohle, Gas, Öl oder elektrischen Strom geheizt werden. Die Herdöfen haben gegenüber dem Kupolofen den Vorteil, daß sie die Beobachtung der Charge während des Schmelzens gestatten, so daß die erwünschte Zusammensetzung des Schmelzgutes genauer erreicht werden kann. Ihr Hauptnachteil sind die weit höheren (5- bis 10fachen) Betriebskosten und dieser Grund wird uns, hier in Deutschland wenigstens, wohl auch in der nächsten Zeit noch an der allgemeinen Einführung besonders der Elektroöfen hindern. Der Vollständigkeit halber sei noch eine dritte Art von Schmelzöfen genannt: der Tiegelofen. Dieser hat den Vorteil, daß das Schmelzgut weder mit dem Brennstoff, wie im Kupolofen, noch mit den Heizgasen, wie im Herdofen, in Berührung kommt. Da die Schmelztiegel aber nur für eine geringe Fassung gebaut werden können, ist der Gebrauch des Tiegelofens auf Metallgießereien und Stahlformgießereien für ganz hochwertigen Stahlguß beschränkt.

1. Roheisen.

In diese Schmelzöfen wird nun also das Rohmaterial eingesetzt, und da man beim Herdofen nur bis zu einem gewissen Grade, beim Kupolofen aber fast gar nicht hinterher die Zusammensetzung des flüssigen Gutes mehr ändern kann, so ist man gezwungen, sich schon beim Aufgeben des Materials darüber klar zu sein, was für Eisen man erzeugen will. Man bezeichnet in der Eisengießerei das Zusammenstellen der Roheisensorten für das Schmelzen als Gattieren und die Zusammensetzung als Gattierung. Tabelle 2 zeigt einige solche Gat-

Tabelle 2. Einige Gattierungen für Grauguß.

Nr.	Für Gußstücke mit mm Wandstärke	% Silizium	% Mangan	% Phosphor	Schwefel
1	bis 5	2,50	0,5	0,7	möglichst niedrig, unter 0,1%,
2	5—10	2,00	0,5	0,6	
3	10—15	1,80	0,6	0,5	
4	15—20	1,50	0,7	0,5	
5	20—30	1,20	0,7	0,5	

tierungen. Diese führen in den Gießereien meistens Bezeichnungen nach den Stücken, die hauptsächlich damit gegossen werden: „hartes Eisen“, „Turbineneisen“, „Zylindereisen“, „weiches Eisen“ usw. Diese Bezeichnungen sind auf der Tabelle fortgelassen, stattdessen zeigt Spalte 1 die durchschnittliche Wandstärke der Gußstücke, für die die Gattierung geeignet ist.

Für die Eisengießereien kommt als Roheisen in erster Linie ein hochsiliziertes, graues Roheisen mit geringem Mangangehalt (0,6 bis 1,0 %) in Betracht. Der Phosphorgehalt richtet sich nach dem Verwendungszweck des Gußeisens. Dementsprechend wird verwendet:

- Hämatitroheisen mit geringem P-Gehalt ($\leq 0,1$ %);
 - Gießereiroheisen mit mittlerem P-Gehalt (0,6 bis 0,9 %);
 - Luxemburger Roheisen mit hohem P-Gehalt (1,5 bis 1,8 %).
- Hämatitroheisen enthält normal 2 bis 3 % Si, selten bis zu 5 % Si.
Das Gießereiroheisen teilt man nach dem Si-Gehalt in 3 Klassen:

Gießereiroheisen	I	mit ungefähr	3,0% Si
„	II	„	2,5% Si
„	III	„	1,8 bis 2,0% Si.

Gießereiroheisen II kommt indessen im Handel nicht vor.

Außer diesen Gießereiroheisensorten werden als Zusatzseisen verschiedene Roheisensorten mit geringem Si- und hohem Mn-Gehalt (kalterblasenes Siegerländer-Eisen), mit geringem C-Gehalt (Silbereisen, Concordiahütter Eisen), sowie Holzkohlenroheisen und Holzkohlenroheisen-Ersatz (Duisburger Kupferhütte), verwendet.

Tabelle 3. Normal-Analysen von deutschem Gießerei-Roheisen.
a) vom Roheisenverband geliefert.

Bezeichnung	Si %	Mn %	P %	S %
Hämatitroheisen	2—3	max. 1,2	max. 0,1	max. 0,04
Gießereiroheisen I (Deutsch I) .	2,25—3	„ 0,8	„ 0,7	„ 0,04
Gießereiroheisen III (Deutsch III)	1,8—2,5	„ 0,8	„ 0,9	„ 0,06
Gießereiroheisen Ersatz englisch III	2—2,5	„ 1	„ 1—1,5	„ 0,06
Gießereiroheisen III Luxemburg Qualität	1,8—2,5	„ 0,8	— 1,6—1,8	„ 0,06

b) nicht vom Roheisenverband geliefert.

Amberger Gießereiroheisen I .	2,3—3,0	max. 1,2	ca. 1,3	max. 0,02
Amberger Gießereiroheisen II .	2,3—3,0	„ 0,6	„ 1,3	„ 0,06
Amberger Gießereiroheisen III . (entsprechend dem Luxemburger Roheisen)	1,7—2,3	„ 0,6	„ 1,3	„ 0,06

Tabelle 3 gibt eine Übersicht über die in Deutschland hergestellten Roheisensorten. Man erkennt daraus, daß die verschiedenen Sorten nach der chemischen Analyse gehandelt werden, wobei einerseits der P-, andererseits der Si-Gehalt richtunggebend ist.

Der Durchschnittsgehalt an P und S bleibt in der Regel nicht unwesentlich unter der vorgeschriebenen Höchstgrenze.

Auf Wunsch der Abnehmer liefert der Roheisenverband gegen Berechnung besonderer Aufpreise auch Roheisen mit schärferen Analysenvorschriften, z. B.

Hämatitroheisen	Gießereiroheisen I
bis zu min. 4,5% Si	bis zu min. 4,5% Si
„ „ max. 0,25% Mn	„ „ max. 0,6% Mn
„ „ „ 0,05% P	„ „ „ 0,02% S
„ „ „ 0,02% S	
Gießereiroheisen-Ersatz englisch III	Gießereiroheisen III
bis zu min. 3,5% Si	Luxemburg. Qualität
	bis zu min. 4% Si

Zwischen dem Verein Deutscher Eisengießereien und dem Roheisen-Verband wurde am 7. Oktober 1924 ein Abkommen* getroffen, wonach sich der Roheisen-Verband bereit erklärte,

1. den Abnehmern Hämatit- und Gießereiroheisen innerhalb der Normalanalyse mit einer Spannung im Si-Gehalt von 0,5 % zu liefern, so daß die Verbraucher z. B. ein Hämatitroheisen mit 2 bis 2,5 % Si oder 2,5 bis 3 % Si bzw. ein Gießereiroheisen I mit 2,25 bis 2,75 % Si oder 2,5 bis 3 % Si abrufen können;

2. auf Wunsch den Abnehmern den von den Werken nach dem Abstich ermittelten Si-Gehalt als unverbindliche Werkanalyse in den Versandanzeigen kostenlos bekanntzugeben;

3. den Si-Gehalt in den Versandanzeigen bekanntzugeben, wenn die Normalanalyse überschritten wird, und nach Möglichkeit das Einverständnis der Abnehmer vorher einzuholen;

4. den Mn-Gehalt im Hämatitroheisen auf 0,6 bis 1,2 % anstatt bisher max. 1,2 % und im Gießereiroheisen I und III auf 0,4 bis 0,8 % anstatt bisher 0,8 % festzusetzen, welche Grenzen auch bisher in der Praxis eingehalten worden sind.

Die Anteile der verschiedenen Roheisensorten, die man zu einem Satz, der sogenannten Gattierung, zusammenstellt, sind je nach dem herzustellenden Gußstück verschieden. Für besondere Stücke muß diese Gattierung durchgerechnet werden. Als Beispiel sei das Schema einer Gattierungsberechnung angegeben (Tab. 4).

Der Einfluß der verschiedenen Eisenbegleiter auf den Ausfall der Gußstücke ist im Abschnitt „Aufbau und Eigenschaften des Gußeisens“, ausführlich behandelt, und es erübrigt sich daher, hier näher darauf einzugehen. Selbstverständlich erzeugt man nun Gußeisen nicht, indem man diese Elemente als solche zusammenschmilzt, sondern das Ausgangsmaterial der Eisengießerei ist das Roheisen.

Das Roheisen wird im Hochofen aus den in der Natur vorkommenden Eisenerzen mit Hilfe von koks- und schlackebildenden Zuschlägen erzeugt. Die Erze sind größtenteils Verbindungen des Eisens mit Sauerstoff. Der Sauerstoff wird dem Erz im Hochofen durch den Koks auf

* Gießerei-Handbuch, herausgegeben vom Verein Deutscher Eisengießereien, Gießereiverband, Oldenbourg.

Tabelle 4.

	Roheisenanalysen					Anteil an der Gattierung		Anteil am Fertigguß				
	C	Si	Mn	P	S	%	kg	C	Si	Mn	P	S
	%	%	%	%	%			%	%	%	%	%
Hämatiteisen .	3,5	3,26	0,38	0,07	0,048	10	50	0,35	0,326	0,038	0,007	0,0048
Deutsch I . .	3,5	3,52	0,74	0,19	0,01	5	25	0,175	0,176	0,037	0,0095	0,0005
Deutsch III .	3,5	1,72	0,62	1,35	0,016	15	75	0,525	0,258	0,093	0,2025	0,0024
Siegener, grau	2,8	2,33	1,37	0,31	0,17	10	50	0,28	0,233	0,137	0,031	0,017
„ weiß.	3,2	0,77	4,68	0,22	0,024	10	50	0,32	0,077	0,468	0,022	0,0024
Stahlschrott .	0,3	—	0,6	0,1	0,1	5	25	0,015	—	0,03	0,005	0,005
Gußbruch und Trichter dickwandig .	3,5	1,8	0,7	0,6	0,1	45	225	1,375	0,81	0,315	0,27	0,045
						100	500	3,04	1,88	1,118	0,547	0,0771
Ab- oder Zubrand								+0,16	-0,18	-0,118	—	+0,0229
Errechnete Analyse im Fertigguß								3,2	1,7	1,0	0,55	0,1

dem Umwege über Kohlenoxyd entzogen. Das durch diese „Reduktion“ freigewordene Eisen schmilzt beim Niedergehen in dem unteren Teil des Hochofens und sammelt sich schließlich im Gestell, aus dem es alle 4 bis 6 Stunden abgestochen wird. Es würde zu weit führen, hier den Hochofenbetrieb bis in seine Einzelheiten zu schildern. Es genügt uns, zu wissen, daß wir das für die deutschen Gießereien nötige Roheisen in inländischen Hochöfen aus hauptsächlich ausländischen Erzen erzeugen. Ich erwähne diese Verarbeitung von ausländischen Erzen, um zu zeigen, daß es von Ausnahmen abgesehen technisch unnötig ist, ausländisches Roheisen zu kaufen und in Deutschland zu verwenden; denn das ausländische Roheisen — meistens handelt es sich dabei um das englische — ist dem deutschen sehr ähnlich, weil die Engländer genau so wie wir hauptsächlich nichtenglische Erze aus Skandinavien, Spanien und Marokko für ihre Gießereisen-Darstellung verwenden.

Allerdings wird augenblicklich auch von den Gießern selbst viel geklagt über die schlechte Qualität unseres Roheisens, und zwar wird die Ursache darin gesucht, daß unsere Hochofenwerke sich die teure Erzeinfuhr zum Teil schenken und ihrem Möller größere Mengen Schrott zusetzen. Es hat sich nämlich im Kriege auch in der Eisenindustrie die Sitte eingebürgert, mehr und mehr Ersatzstoffe zu suchen und Schrott statt Erz bei der Roheisenerzeugung zu verwenden. Der im Hochofen zugesetzte Schrott besteht größtenteils aus rostigen Alteisenabfällen, wie sie vom Produkthändler kommen. Rost ist Eisenoxyd, chemisch also dasselbe wie Erz, und außerdem ist Alteisen zumeist als ehemaliges Walzeisen schwefel- und phosphorarm. Es ist deshalb in

der Tat verwunderlich, daß der Schrottzusatz im Hochofen das Roheisen verderben soll. Dennoch muß man es als Tatsache nehmen und die Gießereien bestehen mit Recht darauf, von den Hochofenwerken nur solches Roheisen zu erhalten, das aus reinen Erzen oder höchstens mit den vor dem Kriege üblichen geringen Schrottzusätzen erblasen ist. Die auf minderwertiges Roheisen zurückgeführten Gußfehler, über die zur Zeit viel geklagt wird, sind insbesondere harter, grobkörniger Guß von geringerer Festigkeit. Insbesondere stört die Ungleichmäßigkeit des Gefüges sehr bei der Bearbeitung. Ob und inwieweit das Roheisen mit Schrottzusatz tatsächlich verantwortlich ist für diese Mängel, ist leider trotz aller Mühe noch nicht einwandfrei festgestellt. Durch chemische Analyse ist keinerlei Unterschied nachzuweisen zwischen reinem Erzroheisen und solchem mit Schrottzusatz. Erst glaubte man, daß der Schrott Schwefel mit in das Eisen bringe und dieser das Eisen hart, brüchig und blasig mache. Dieser Schädling hätte aber chemisch unbedingt nachgewiesen werden können. Dann nahm man an, der Rost habe seinen Sauerstoff zum Teil mit in das Eisen eingeschleppt. In der Tat hat der Sauerstoff im Eisen fast dieselbe schädliche Wirkung wie der Schwefel, und da es bisher nicht möglich war, den Sauerstoff im Eisen chemisch einwandfrei zu bestimmen, so konnte natürlich der Verdacht zunächst nicht zerstreut werden. Erst kürzlich wurde von Oberhoffer ein Verfahren ausgearbeitet, mit dem der Sauerstoff im Eisen auch in den kleinsten Mengen bestimmt werden kann. Leider wurde mit Hilfe dieses Verfahrens nun im Grauguß keine Spur Sauerstoff gefunden. Zur Zeit nimmt man an, daß irgend einer der Legierungsbestandteile, Kohlenstoff oder Silizium, durch das wiederholte Umschmelzen irgendwie teilweise verändert oder totgebrannt wird. Dieser veränderte Teil bleibt im Eisen zurück und ist chemisch nicht von dem gesunden Rest des Elementes zu trennen usw. Eine einwandfreie Erklärung für diese Tatsachen gibt es jedoch noch nicht. Probleme sind im Gießereiwesen noch sehr viele und es erwachsen daraus der Wissenschaft noch viele lohnende Aufgaben.

2. Schrott und Gußbruch.

Zusammen mit dem Roheisen gattiert der Gießer oft kleine Mengen Stahlschrott (2 bis 10%), um den Kohlenstoffgehalt seines Eisens zu drücken. Das Eisen nimmt nämlich aus dem Schmelzkoks beträchtliche Mengen Kohlenstoff auf und übersättigt sich besonders bei heißem Ofengang mit diesem, so daß die Graphitausscheidung zu früh einsetzt und die Festigkeit leidet. Außerdem setzt man etwa 20 bis 40% rostfreien Bruch im Kupolofen. Dieser besteht zum Teil aus den Schmelzresten des Vortages, Abfall, Trichtern und eigenem Ausschuß, zum Teil aus gekauftem Gußbruch. Es versteht sich, daß mehr Bruch auch in

der Gießerei ebensowenig wie im Hochofen das Eisen veredelt, doch schadet bei normalem Eisen ein Bruchsatz von 30 bis 40% nicht.

Der Gußbruch ist im freien Handel zu beziehen und besteht aus unbrauchbar gewordenen Eisengußstücken. Je nach der Herkunft seiner Bestandteile unterscheidet man 5 verschiedene Sorten, die nach dem Handelsbrauch wie folgt eingeteilt werden*:

Sorte I: Spezialgußbruch. Hämatitkokillenbruch aus Stahlwerkskokillen (Hämatitroheisen-Ersatz), Ia Zylindergußbruch, hochsilizierter, säurebeständiger Guß und Hartguß, zerkleinert oder unzerkleinert.

Sorte II: Maschinengußbruch, kupulofenfertig zerkleinert. Teile von Werkzeugmaschinen, Maschinen aus der Textilindustrie, starkwandige Stücke von landwirtschaftlichen Maschinen, Motoren usw.

Sorte IIa: Maschinengußbruch unzerkleinert. Sonst wie vorher.

Sorte III: Sonstiger Gußbruch. Kupulofenfertig zerkleinert, dick- oder dünnwandiger Röhrenbruch, Bauguß (Säulen stehend oder liegend gegossen), Heiz- und Rippenkörper, Kanalguß, Belegplatten, Bremsklötze, Graugußgranaten, Feuerungsteile unverbrannt mit Ausnahme von Roststäben, Achslager (Achskisten), leichter Guß von landwirtschaftlichen Maschinen, Nähmaschinen, Automatenguß usw.

Sorte IV: Ofen- und Topfguß, kupulofenfertig zerkleinert.

Sorte V: Brandguß. Roststäbe jeder Gattung und Gruppe, angebrannte Feuerungsteile, ausgelaugte Röhren und Schalen aus der chemischen Industrie, zerkleinerte Tempertöpfe, verbrannte Retorten usw.

Der Gußbruch wird normalerweise „kupulofenfertig“ geliefert. Kupulofenfertig ist der Gußbruch, den ein normaler Arbeiter bei normalem Betrieb handhaben kann. Die einzelnen Stücke dürfen im allgemeinen höchstens 30 kg wiegen. Ausnahmsweise können Stücke bis 40 kg hereingenommen werden, vorausgesetzt, daß solche Stücke verschmolzen werden können, was jedoch häufig schwierig ist.

Bei der Gattierung, die grundsätzlich nur auf Grund von Analysen durchgeführt werden sollte, ist es nicht möglich, auch den eingesetzten Gußbruch nach seiner Zusammensetzung zu bewerten. Man muß daher bei der Verwendung von Gußbruch um so vorsichtiger sein, je höherwertig die herzustellenden Gußstücke sind. Grundsätzlich sollte man für Sondergüsse nur Bruchentfall der gleichen Art verwenden; Sondergießereien werden sich daher neben dem eignen Trichter- und Bruchentfall von seiten ihrer Abnehmer gleichwertigen Gußbruch (Sorte I) sichern. Das gilt natürlich nicht für feuer-, säure- und alkalibeständigen Guß, der bei seiner Verwendung durch chemische Einwirkungen wesentlich verschlechtert wird; Gußbruch von solchen Stücken ist nicht als vollwertiger Gußbruch in die Neugattierung einzusetzen.

* Gießerei-Handbuch, Oldenbourg.

Von den übrigen Gußbruchsorten sind am meisten gesucht die Sorten II und III. Sorte IV wird nur für die Herstellung von Poterieguß verwendet, während Sorte V für Eisengießereien überhaupt unbrauchbar ist und dem Hochofen überantwortet werden sollte.

Bei der Verwertung des Gußbruchs in der Gattierung kommt es in erster Linie auf seinen Si-Gehalt an. Sofern man nicht den von einzelnen bestimmten Gußstücken stammenden Bruch analysieren kann, sortiere man den Bruch nach der Wandstärke und schätze den Si-Gehalt etwa wie folgt:

Stücke mit weniger als 10 mm Wandstärke	2–2,5 % Si
„ „ 10–50 mm	„ 1,8–2 % Si
„ „ 55–100 mm	„ 1,5 % Si
„ „ über 100 mm	„ 1,2 % Si

Es ist wünschenswert, daß schon die Gußbruch-Entfall- oder Sammelstellen unter Leitung fachkundiger Vorarbeiter den Gußbruch nach diesem Gesichtspunkt ordnen.

Der Kohlenstoffgehalt des Gußbruchs kann zu 3,3 bis 3,5% (hochbeanspruchter Maschinenbruch, Zylinderbruch usw. 3,0 bis 3,2%), der Mangangehalt zu 0,6 bis 0,8% angenommen werden. Der Phosphorgehalt im Gußbruch schwankt zwischen weiten Grenzen. Man tut jedenfalls gut daran, bei Höchstgehalt-Vorschriften für Phosphor den P-Gehalt im Brucheseisen, wenn er nicht bekannt ist, vorsichtigerweise mit 0,8 bis 1,0% einzusetzen und ihn dann durch Zugabe von Hämatitroheisen oder Kokillenbruch auf den im Gußstück zulässigen Höchstgehalt herunterzubringen.

Auch den Schwefelgehalt des Gußbruchs nehme man mit 0,12 bis 0,15% an und setze nur so viel Bruch, daß unter Berücksichtigung eines Zubrandes von 0,03% der zulässige Höchstgehalt im Gußstück nicht überschritten wird.

Es existiert noch eine große Anzahl von Zusatzmitteln, die das Eisen von Gas, Schwefel und anderen Schädlingen reinigen sollen. Dahin gehören z. B. Ferro-Silizium, die sog. EK-Pakete, Aluminium u. a. Alle diese sog. Desoxydationsmittel sowie die Legierungszusätze, von denen besonders Nickel und Chrom für die Gießerei von Bedeutung sind, gehören zu den Hilfsstoffen. Da sie jedoch im Gießereibetriebe nur in sehr geringen Mengen gebraucht werden, erübrigt es sich, hier ausführlicher zu sein. Ihre Wirkung ist im Abschnitt „Aufbau und Eigenschaften des Gußeisens“ beschrieben.

C. Hilfsstoffe.

1. Brennstoffe.

Zum Schmelzen der Rohstoffe braucht man Wärme, also Brennstoffe. Der Kupolofen wird mit Koks gefeuert. Guter „Gießereikoks“

soll grobstückig, porös und doch dicht und fest sein; helle Farbe und heller Klang kennzeichnen ein brauchbares Material. Hohe Festigkeit muß darum verlangt werden, weil z. B. in einem 10 t-Ofen auf der untersten Koksschicht eine Beschickungssäule von Eisen- und Koksschichten im Gewicht von ca. 8 t ruht. Diese Last würde einen Koks von geringer Festigkeit ohne weiteres zerdrücken und der zermalnte Koks würde von der Verbrennungsluft als Staub emporgewirbelt werden und keine Wärme erzeugen. Die Folge wäre mattes Eisen und erhöhter Koksverbrauch. Außer den genannten mechanischen Eigenschaften soll der Koks chemisch einen möglichst kleinen Schwefel- und Aschegehalt aufweisen. Denn der Schwefel des Kokses wird zum Teil vom Eisen aufgenommen, und die Asche ist unnötiger Ballast im Ofen. Guter Koks enthält nicht über 1% Schwefel und unter 10% Asche.

Der Nachteil der Schwefel- und Kohlenstoffanreicherung des Eisens durch Koks im Kupolofen führt vielfach zur Verwendung von Herdöfen, die mit Kohle, Gas, Öl oder elektrischem Strom geheizt werden. Vergleicht man die letztgenannten Ofenarten mit dem Kupolofen, so erhält man für 1000 kg flüssiges Eisen folgendes Bild: Der Kupolofen braucht rund 14% Koks = RM 5, der Ölofen 20% Öl = RM 32, der Elektro-Ofen 500 kWh = RM 30. Dabei sind folgende Preise zugrunde gelegt: Koks RM 36 pro t, Öl RM 160 pro t, 1 Kilowattstunde Strom 6 Pfg. Wenn man bedenkt, daß obendrein die Anschaffung eines 5 t-Elektro-Ofens einschließlich Umformer RM 60 bis 80000 kostet gegenüber ca. RM 4000 für einen gleichen Kupolofen, dann sieht man ein, wie weit wir noch von der allgemeinen Einführung des Elektro-Ofens in der Gießerei entfernt sind.

Als Beispiel sind in folgenden Mittelwerte für chemische Zusammensetzung, physikalische Eigenschaften und Heizwert von wasserfreiem Ruhrkoks wiedergegeben:

Asche	9%
Schwefel	1,15%
Phosphor	0,025%
Scheinbares spez. Gewicht, 1 m ³ wiegt	950 kg
Wirkliches spez. Gewicht	1,85
Poren	50,5%
Heizwert	7200 WE
Kohlenstoff	70%.

Neben dem Ruhrkoks wird in Ober- und Niederschlesien, Sachsen und Saargebiet Gießereikoks hergestellt.

Etwa die gleiche Menge Koks wie im Schmelzofen verbraucht die Gießerei noch in Trockenkammern zum Trocknen von Formen und Kernen. Hier genügt natürlich eine minderwertigere Sorte Koks, z. B. oberschlesischer oder Gaskoks. Verschiedentlich wird auch Braunkohle oder aus dieser im Generator erzeugtes Gas zum Trocknen benutzt.

Die Gießereien, die an Hochofenwerke angegliedert sind, benutzen auch Hochofengas. Die Art der Trockenkammerfeuerungen richtet sich also ganz nach den örtlichen Verhältnissen. Im Interesse der Regulierbarkeit verdient ohne Frage die Gasfeuerung für Trockenkammern den Vorzug. Denselben Vorteil haben auch elektrische Trockenkammern, die indessen wegen der hohen Stromkosten in Deutschland noch wenig eingeführt sind. Holzkohle wird in der Gießerei zum Nachtrocknen von Formen und Gießpfannen und zum Anwärmen benutzt. Da die Holzkohle gasfrei ist und einen niedrigen Entzündungspunkt hat, läßt sie sich leicht überall ohne besondere Vorrichtungen als offenes Feuer benutzen.

2. Kalk und Flußspat.

Ähnlich wie im Hochofen muß man auch im Kupolofen und jedem anderen Schmelzofen dafür sorgen, daß die Asche, die durch den Koks mit in den Ofen gebracht wird, der Sand, der an den Roheisen-Masseln haftet und alle sonstigen Verunreinigungen als flüssige Schlacke wieder aus dem Ofen entfernt werden können. Man setzt daher zu jeder Koksschicht etwa 20% des Koksgewichtes an ungebranntem Kalk, der im Ofen mit Asche und Sand zu einer flüssigen Schlacke zusammenschmilzt, die sich auf dem flüssigen Eisen sammelt und von Zeit zu Zeit abgestochen wird. Würde man keinen Kalk zusetzen, dann würde Asche und Sand nicht in eine flüssige Schlacke, sondern lediglich in einen zähen Teig übergeführt, der sich in der Schmelzzone des Ofens ansetzen und den Ofengang stören würde. Der Kalk hat also den Zweck, den Schmelzpunkt der Schlacke zu erniedrigen. Noch besser erreicht man dies, wenn man nicht Kalk allein, sondern Kalk und Flußspat im Verhältnis von 2:1 zusetzt. Der Flußspat schmilzt nämlich schon bei 900° C und dient dann als Lösungsmittel für die anderen Schlacke bildenden Bestandteile.

3. Feuerfeste Stoffe.

Zu den Hilfsstoffen der Schmelzerei gehören weiter die feuerfesten Stoffe, mit denen die Schmelzöfen ausgekleidet werden. Die bekanntesten von diesen sind die Schamottesteine, die auch in jedem Zimmerofen, in den Glüh- und Schmiedeöfen, kurz bei Feuerungen jeder Art Verwendung finden. Während es aber bei diesen Ofenarten genügt, wenn das Mauerwerk eine gewisse Widerstandsfähigkeit gegen hohe Temperatur zeigt, wird es im Schmelzofen von dem flüssigen Eisen und der flüssigen Schlacke bespült und direkt angegriffen. Besonders die Schlacke hat je nach ihrer chemischen Zusammensetzung eine mehr oder weniger große Lösungsfähigkeit für das Ofenmauerwerk, und es kommt nicht selten vor, daß die Ausmauerung an irgend einer

Stelle von der Schlacke weggefressen wird und der Ofen infolgedessen „durchgeht“, d. h. sobald das Mauerwerk beschädigt ist, schmilzt der flüssige Ofeninhalte den eisernen Ofenmantel an der schadhaften Stelle durch und strömt in die Gießerei. Ein solcher Ofendurchbruch bringt natürlich für die Ofenbedienung erhebliche Gefahren mit sich, ganz abgesehen von den Unkosten, die entstehen, denn das teure Material geht verloren und die bereitstehenden Formen können nicht abgegossen werden. Aber auch wenn es nicht gleich zum Ofendurchbruch kommt, so hat doch ein schlechtes Mauerwerk stets einen ungünstigen Einfluß auf den Ofengang. Durch das Abschmelzen entsteht eine unnatürlich große Schlackenmenge; und die Art der Schlacke ändert sich, da man seine Zuschläge natürlich nicht auf die Verschlackung des Mauerwerks berechnet hat. Die Schlacke wird u. U. sehr schaumig und verstopft die Winddüsen, oder sie wird umgekehrt sehr zähe und friert im Ofen ein. Durch das Abschmelzen des Mauerwerks verändern sich ferner die Ofenmaße (beim Kupolofen zeigt sich das besonders als ein Ausbauchen in der Schmelzzone), und durch diese Vergrößerung des Ofenraumes erhält man wieder einen ganz anderen Ofengang. Die Windverteilung ist eine ungünstigere, das langsam niedersinkende Schmelzgut bleibt in den Ausbuchtungen des Mauerwerks hängen usw. Man verwendet daher für die Schmelzöfen nur ganz hochwertiges Schamottematerial. Beim Kupolofenbetrieb hat es sich gezeigt, daß die Fugen zwischen den Schamottesteinen besonders gern von der Schlacke angefressen werden. Wenn dann der Stein von mehreren Seiten zugleich angegriffen wird, verliert auch er an Widerstandsfähigkeit und schmilzt ab. Man nimmt deshalb in steigendem Maße als feuerfeste Auskleidung der Kupolöfen Ausstamfmasse. Dies ist eine Art Ton, also gewissermaßen derselbe Rohstoff wie Schamottesteine, nur ungeformt und ungebrannt. Man macht die Ausstamfmasse mit Wasser bildsam und stampft sie rundum in dem Ofenmantel hoch. Der Gebrauch von Ausstamfmasse erleichtert besonders auch das Ausflicken der Schmelzzone, das nach jedem Schmelztage vorgenommen werden muß.

4. Formstoffe.

Eine zweite Hauptgruppe bilden die Roh- und Hilfsstoffe der Formerei und Kernmacherei. Hierher gehören vor allen Dingen die Formsande, Kernsande, Lehm usw. Formsand ist ein in der Natur vorkommendes Gemenge von Quarzsand und Ton, in dem noch andere Mineralien in geringen Mengen enthalten sein können. Charakterisiert wird ein Formsand durch die Form und Größe seiner Quarzsandkörner sowie durch den Tongehalt (mager oder fett). Es gibt in Deutschland mehrere große Vorkommen von Formsand, deren wichtigste in Westfalen (Bottrop), Rheinland (Ratingen), Pfalz (Kaiserslautern), Harz

(Ellrich) und Sachsen (Halberstadt) liegen. Aufschluß über die Fundorte geben die von der preuß. geolog. Landesanstalt im Auftrage der Gießerei-verbände herausgegebenen Formsandkarten von Norddeutschland und Süddeutschland mit Freistaat Sachsen*. Bisher wird die Eignung eines Formsandes noch fast überall in der Weise kontrolliert, daß man eine Sandprobe zwischen den Fingern zerreibt oder knetet. Aber ebenso wie man beim Kaufen und Gattieren von Roheisen die unzuverlässige Beurteilung nach dem Bruchaussehen fast ganz verlassen hat, so ist man auch im Begriffe, für die Formsande chemische und mechanische Prüfungsmethoden auszuarbeiten. Man hat erkannt, daß es beim Formsand auf vier Haupteigenschaften ankommt: 1. Bildsamkeit, 2. Festigkeit, 3. Feuerbeständigkeit und 4. Gasdurchlässigkeit. Die Bildsamkeit des Formsandes ist nötig, damit die Form die feinsten Konturen des Modelles tadellos wiedergibt. Insbesondere ist dies nötig beim Kunstguß und beim Geschirrguß, der gewöhnlich ohne jede Nacharbeit in den Handel kommt. Die nächste Bedingung ist die Festigkeit. Diese erhält der Formsand durch seinen Tongehalt und durch die Gestalt seiner Körner. Ein Formsand mit runden Körnern hat eine geringere Festigkeit als ein Sand mit scharfkantigen Körnern, denn runde Körner können nur je einen Berührungspunkt haben, während kantige Körner an mehreren Punkten anliegen. Die Festigkeit des Formsandes ist darum von großer Bedeutung, weil der Sand den hohen Druck des flüssigen Eisens auszuhalten hat. Der Auftrieb des Eisens, der gegen vorstehende Ecken der Sandform drückt, ist nämlich 7,5mal so groß wie der des Wassers. Ferner muß der Formsand eine hohe Widerstandsfähigkeit gegen die Gießtemperatur zeigen, darf also bei 1350° nicht schmelzen, sonst brennt er auf der Gußhaut fest und muß hinterher erst mit Schwefelsäure wieder abgebeizt werden, oder die Sandkörnerchen schmelzen auf der Oberfläche der Form zusammen und verhindern den Austritt der Gase, die sich beim Gießen entwickeln. Damit ergibt sich die vierte Hauptbedingung für einen guten Formsand: Der Sand muß gasdurchlässig sein, so daß die beim Gießen entstehenden Gase und die in der Form enthaltene Luft durch den Sand schnell genug entweichen können.

Man verwendet nun in der Gießerei die Formsande nicht so, wie sie in der Grube gefunden werden, denn die grubenfeuchten Formsande haben meistens nicht den richtigen Wassergehalt; außerdem sind sie gewöhnlich zu fett, also zu tonreich, um im Anlieferungszustande verbraucht zu werden. Man trocknet sie daher und mischt sie dann mit 50 bis 75% gebrauchtem Sand (Altsand). Auch wird man aus wirt-

* Leider sind diese Karten noch sehr unvollständig; indessen arbeitet der Verein Deutscher Eisengießereien an der Zusammenstellung einwandfreier Unterlagen und der gründlichen Untersuchung sämtlicher Formsandvorkommen.

schaftlichen Gründen möglichst wenig Frischsand verwenden. Es wird daran gearbeitet, einfache und brauchbare Prüfmethode auszuarbeiten, die die schnelle Bestimmung des Mischungsverhältnisses für den jeweiligen Formzweck gestatten, während zur Zeit dies noch vielfach dem Gefühl des Formers überlassen ist. Zu dieser Mischung schlägt man etwa 5% Steinkohlenstaub und feuchtet dann erst das ganze Gemisch mit dem nötigen Wasser an, so daß es bildsam wird. Der auf diese Weise aufbereitete Formsand wird vom Former auf das Modell gesiebt als sog. Modellsand, und die richtige Zusammensetzung dieses Modellsandes ist ganz besonders wesentlich für das gute Gelingen des Gusses. Man unterscheidet in der Gießerei Trocken- und Naßguß, je nachdem, ob man die Formen vor dem Abgießen trocknet oder nicht. Der oben beschriebene Modellsand mit Steinkohlenstaubzusatz wird für Naßguß gebraucht. Beim Trockenguß läßt man den Steinkohlenstaub fort und bestreicht statt dessen die Oberfläche der Form mit Graphit. Steinkohlenstaub und Graphit haben den Zweck, das Festbrennen des Formsandes an der Gußhaut zu verhindern. Beim Steinkohlenstaub geschieht das in der Weise, daß der Staub beim Gießen vergast und das entstehende Gas sich zwischen Form und Gußstück legt. Der Graphit hat beim Trockenguß dieselbe isolierende Wirkung durch seinen hohen Schmelzpunkt. Übrigens verwendet man auch beim Naßguß außer dem Steinkohlenstaub häufig Graphit, den man aber nicht, wie beim Trockenguß, mit Wasser anmengt und wie Farbe auf die Form streicht, sondern in feingemahlenem Zustande mit einem Leinenbeutel auf die Formfläche aufstäubt. Den aufgestäubten Graphit muß man dann mit einem Streichblech vorsichtig auf der Oberfläche der Form festdrücken, da er sonst von dem einströmenden Eisen fortgespült werden würde. Es leuchtet ein, daß durch dieses Andrücken des Graphitstaubes und das Nacharbeiten die Genauigkeit des Abgusses leidet. Infolgedessen macht man von der aufgestäubten Graphitschicht nur bei schweren Naßgußstücken Gebrauch, während man beim Geschirrguß statt dessen lieber etwas mehr Steinkohlenstaub dem Modellsand zusetzt.

Alle Eigenschaften, die man von einem guten Formsand verlangt, sind noch viel wichtiger für einen brauchbaren Kernsand. Der Kern ist bekanntlich ein Sandkörper, der in die Form eingelegt wird und während des Gießens den Hohlraum ausfüllt, den man beim Gußstück erhalten will. Es ist klar, daß dieser Kern, der rundum vom Eisen umspült wird, eine viel höhere Festigkeit, Feuerbeständigkeit und Luftdurchlässigkeit besitzen muß als die Form, bei der das Gußstück in der Mitte liegt, und infolgedessen nur die innere Schicht des Formsandes angegriffen wird. Die Festigkeit erteilt man dem Kernsande dadurch,

daß man ihm durch Lehmzusatz einen höheren Tongehalt gibt. Wegen des höheren Tongehaltes spricht man dann gewöhnlich nicht von Kernsand, sondern von Kernmasse. Die höhere Festigkeit läßt sich aber durch den Tongehalt nur erreichen auf Kosten der Luftdurchlässigkeit und der Nachgiebigkeit des Kernes. Nachgiebigkeit muß aber vom Kern verlangt werden, damit das Gußstück, das sich beim Erkalten zusammenzieht, also auf den Kern aufschumpft, den Kern zusammendrücken kann und nicht reißt. Man erteilt dem Massekern diese Luftdurchlässigkeit und Nachgiebigkeit dadurch, daß man der Masse irgend ein Magerungsmittel zusetzt. Früher brauchte man dazu ausschließlich Kuh- und Pferdemit. Im Zeitalter des Automobils war man aber genötigt, sich nach einem Ersatzmittel umzusehen und fand dies in den Abfällen der Juteindustrie, den Flachsschäben. Wie überall, so ist es auch hier natürlich schwer, die Natur nachzuahmen, denn der Mist enthält außer den Verdauungsrückständen, wie Häcksel usw., als Verdauungsprodukt Ammonsalze, die beim Trocknen des Kernes sich verflüchtigen und kleine Hohlräume in dem Kern zurücklassen. Durch die mit Wasser aufgequellten Flachsscheven erreicht man dieses nur sehr mangelhaft. Beim Trocknen geben die Flachsscheven ihr Wasser ab und ziehen sich zusammen, denn soweit kann man die Trocknung gewöhnlich nicht treiben, bis die Flachsscheven, die durch den ganzen Kern verteilt sind, verbrennen. Man würde dabei den Kern mitverbrennen und seine Festigkeit zerstören. Für die Masse werden als Kernsande hauptsächlich sehr grobkörnige Sorten verwandt; auf den Tongehalt kommt es dabei weniger an, weil man gewöhnlich Ton besonders zusetzt.

Ein weiterer Formstoff der Formerei und Kernmacherei zugleich ist der Lehm. Er wird, in ähnlicher Weise wie die Masse, mit einem Magerungsmittel vermengt und reichlich mit Wasser angemacht, für die Schablonenformerei verwendet. Die Kernmacherei verfertigt außer Masse- und Lehmkernen noch eine dritte Art, die man allgemein unter dem Begriff „Patentkerne“ zusammenfaßt, weil dafür die verschiedenartigsten, teilweise patentierten Bindemittel verwendet werden. Bei allen diesen Bindemitteln kommt es darauf an, daß der Kernsand selbst so mager und tonerdefrei wie möglich ist. Man verwendet also eine Art Kies oder Mauersand, den man trocknet und dann in der Kernsandmischmaschine mit der nötigen Menge eines flüssigen Binders, wie Kernöl, Melasse, Sulfitlauge oder mit in Wasser gelösten festen Bindern, wie Leim, Dextrin, Mehl usw. mengt. Von den genannten Bindemitteln gibt es unter der Bezeichnung Kernöl eine Unmenge von Mischungen, die als Hauptbestandteil leichtflüchtige Teeröle enthalten. Ein gutes Kernöl soll eine gehörige Klebkraft haben und beim Trocknen bezw. Brennen des Kernes keine teerartigen Rückstände im Kern hinter-

lassen, weil diese sonst die Luftdurchlässigkeit stören und beim Gießen hinterher selbst vergasen und dann nicht aus dem Kern entweichen können, so daß das Eisen schlecht auf dem Kern ruht und der Abguß blasig wird. Das beste Kernöl ist fraglos reines Leinöl, das man am zweckmäßigsten gekocht verwendet. Die Melasse hat als Kernbindemittel den Vorteil, daß der Kern nur bei 60 bis 100° getrocknet zu werden braucht. Dafür hat der Melassekern den Nachteil, daß er leicht Feuchtigkeit aus der Luft oder aus der Form aufnimmt, dadurch seine Festigkeit verliert und durch das aufgenommene Wasser auch den Gießverlauf gefährdet. Die Sulfitlauge als Abfallprodukt der Zellstoffabrikation ist als Kernbindemittel natürlich außerordentlich billig. Leider hat die Sulfitlauge den Nachteil, daß sie beim Trocknen einen wasserglasartigen Rückstand im Kern hinterläßt, der die Zwischenräume zwischen den Sandkörnern verklebt und die Luftdurchlässigkeit beeinträchtigt. Die Sulfitlauge wird daher selten allein, sondern meistens mit Öl gemischt als Kernbinder verwendet. Einen gemeinsamen Nachteil haben noch alle flüssigen Bindemittel, nämlich daß der Kernsand durch sie oft zu schwer wird und infolgedessen hohe Kerne durch ihr eigenes Gewicht vor dem Trocknen zusammensinken und ihre Form verändern, so daß man ungenaue Abgüsse erhält.

Dieser Fehler tritt nicht so sehr in Erscheinung bei den festen Kernbindern, Leim, Dextrin, Mehl usw. Diese Bindemittel haben, mit Wasser zu einem Brei verrührt, etwa die Eigenschaft der Tonsubstanz in dem normalen Formsande. Sie geben daher den Kieskörnchen mehr Halt, so daß im allgemeinen die Kerne mit festen Bindern ihre Gestalt besser bewahren und infolgedessen genauere Abgüsse ergeben. Alle Patentkerne, ob mit flüssigen oder festen Bindemitteln, haben schließlich das charakteristische Merkmal, daß die Bindemittel beim Gießen durch die Temperatur des Eisens zerstört werden, so daß die Kerne beim Putzen ohne Schwierigkeiten aus den kompliziertesten Gußstücken entfernt werden können. Diese Eigenschaft macht die Patentkerne besonders unentbehrlich für den Guß von Automobilzylindern, Heizkörpern und ähnlichen komplizierten Stücken.

5. Sonstige Hilfsstoffe.

Um dem Sandkern den nötigen Halt zu geben und besonders schwere Kerne überhaupt transportieren zu können, legt man beim Kernmachen sog. Kerneisen ein. Diese Kerneisen dürfen nirgends aus dem Kern hervorragen, weil sie sonst durch das flüssige Eisen gelöst werden und infolgedessen am Gußstück festschweißen würden. Für schwere Kerne gießt man die Kerneisen als Gitter oder Platten. Für kleinere Kerne verwendet man Eisendraht, der dem Kern entsprechend vorher gebogen wird.

Um die Luft aus dem Kern abzuführen, muß man je nach der Größe des Kernes größere oder kleinere Luftkanäle anordnen, die durch die Kernmarken in die Form und damit ins Freie führen. Bei geraden Kernen sticht man diese Luftkanäle einfach mit sog. Luftspießen, ehe man den Kern aus dem Kernkasten nimmt. Bei komplizierten Kernen legt man Wachsschnur von $\frac{1}{2}$ bis 10 mm Durchmesser, mit der man genau den Windungen des Kernes folgen kann. Das Wachs schmilzt hernach beim Trocknen des Kernes und gibt den Luftkanal frei. Bei größeren Kernen nimmt man statt der Wachsschnur Holzwoollseile, diese auch besonders beim Lehmkern, und bei noch größeren Kernen stampft man Koksstreifen zur Entlüftung mit ein. Bei allen diesen Mitteln muß der Kernmacher natürlich darauf achten, daß die Einlagen an keiner Stelle nach der Form hin offen sind, sonst läuft beim Gießen das Eisen in die Luftkanäle, und man erreicht das Gegenteil von dem, was man wollte. Denn jetzt ist die Entlüftung des Kernes ganz unmöglich, die Luft bahnt sich nach allen Seiten ihren Weg aus dem Kerne durch das flüssige Eisen, sprengt evtl. den Kern und schleudert das flüssige Eisen aus der Form. Die Folge ist natürlich Ausschuß. Um welche Mengen Luft und Gas es sich dabei handelt, erkennt man übrigens, wenn man bedenkt, daß die Gase im kalten Kern die Zwischenräume zwischen den Sandkörnern einnehmen, das ist etwa $\frac{1}{3}$ des Kernvolumens. Beim Gießen erwärmen sich Luft und Gas bis auf die Temperatur des Eisens, also bis etwa 1200°. Nach den bekannten Gasgesetzen hat das aber bei gleichbleibendem Druck eine Vergrößerung des Volumens auf das 5,4fache zur Folge. Die aus dem Kern abzuführende Gasmenge ist also nicht mehr $\frac{1}{3}$ des Kernvolumens wie im kalten Kern, sondern fast das doppelte Kernvolumen. Die Voraussetzung des gleichbleibenden Druckes trifft übrigens in der Praxis nicht ganz zu, sondern infolge der sehr schnellen Erwärmung steigt der Druck erheblich, so daß die Kernluft in einer langen Stichflamme entweicht.

Zur Sicherung von vorspringenden Teilen der Form, zum Befestigen der Kerne usw. braucht der Former noch eine Anzahl Kleinmaterialien, deren Beschreibung im einzelnen hier zu weit führen würde. Es gehören dahin vor allem die Formerstifte (Din 1163), die Kernstützen, Kernnägeln, Kühleisen usw. Die Formerstifte sind lange Drahtstifte mit Kopf, die nach dem Ausheben des Modells in die Form gedrückt werden, um der Oberfläche der Form eine erhöhte Festigkeit zu geben. Kernstützen*, Kernböcke, Kernnägeln usw. dienen zum Befestigen der Kerne in der Form und zur Sicherung der Wandstärke zwischen Form und Kern. Sie bestehen zumeist aus Schmiedeeisen und werden gewöhnlich verzinkt, damit sie auf dem

* Der Fachnormenausschuß für Gießereiwesen (Gina) hat die Normung dieser Kleinmaterialien bereits begonnen.

Transport und beim Lagern nicht rosten. Der Rost löst sich nämlich, wie beim Roheisen erwähnt, im flüssigen Eisen, und der dabei frei werdende Sauerstoff bildet dann rings um die Kernstützen kleine Blasen im Gußstück. Der Zinnüberzug der Kernstützen ist übrigens häufig genug selbst ein Anlaß zum Ausschuß. Wenn die Verzinnung mehr als 10 bis 15% Blei enthält, dann legt sich beim Gießen ein Bleihäutchen isolierend zwischen Kernstütze und flüssiges Eisen, so daß man hinterher die Kernstütze ohne Mühe aus dem Gußstück herausziehen kann. Normalerweise soll aber die Kernstütze mit dem Gußeisen fest verschweißen, so daß man sie kaum mehr erkennen, auf keinen Fall aber aus der Gußwand entfernen kann. In Bearbeitungsflächen wird der Gießer nach Möglichkeit Kernstützen vermeiden, denn wenn auch das verwendete Material, Schmiedeeisen, und das umgebende Gußeisen an sich weich ist, so bildet sich doch meist unmittelbar um die Kernstütze herum eine abgeschreckte harte Zone. Diese bei den Kernstützen oft unangenehm empfundene Abschreckung des Eisens ist wiederum erwünschte und beabsichtigte Wirkung bei den sogenannten Kühleisen. Dies sind ebenfalls verzinnnte Nägel und Spiralen aus Schmiedeeisen, die bei Gußstücken mit stark wechselnder Wandstärke an den starken Stellen in die Form eingelegt werden, damit sie deren Abkühlung im Vergleich zu den dünnwandigen Teilen beschleunigen und so die Entstehung von Spannungen verhindern helfen.

Zu den Hilfsstoffen der Formerei gehören noch einige Mittel, die das Ausheben des Modelles aus der Sandform erleichtern sollen. Zu diesem Zwecke bläst man auf das Modell einen feinen Hauch Petroleum und stäubt danach mit einem Leinenbeutel eine dünne Schicht Formpuder auf. Dieser Formpuder soll insbesondere den Sand verhindern, am Modell festzukleben und darf deshalb vor allem keine Spur Feuchtigkeit aus dem Sande anziehen. Der beste Formpuder ist das Lykopolium, der Samen der Bärlapppflanze. Dies Material wird aber nicht in ausreichenden Mengen erzeugt, um den Bedarf sämtlicher Gießereien zu decken und ist infolgedessen so teuer, daß man sich im allgemeinen mit billigeren Ersatzstoffen begnügt.

Zum Schluß seien noch zwei Hilfsstoffe erwähnt, die in der Putzerei Verwendung finden. Das ist zunächst die Schwefelsäure, die manchmal auch zusammen mit verdünnter Flußsäure dazu benutzt wird, um die Sandkörner, die beim Gießen auf der Gußhaut festgebrannt sind, abzubeizen. Zur mechanischen Reinigung der Gußhaut wird schließlich dann noch das Sandstrahlgebläse benutzt, das mit 2 at Druckluft einen scharfkantigen Quarzsand oder Gebläsekies auf das Gußstück schleudert.

Damit ist die Reihe der Roh- und Hilfsstoffe der Gießerei im wesent-

lichen erschöpft. Aus der Darstellung geht hervor, auf wieviele scheinbare Kleinigkeiten der Gießer zu achten hat, und wieviele an sich unwesentliche Momente einen entscheidenden Einfluß haben auf das Gelingen des Gusses. Aber auch mengen- und wertmäßig spielen sie eine recht beachtliche Rolle. Zur Erzeugung von 1000 t Guß waren laut Tab. 1 nötig: 2100 t Roheisen und Reste, 600 t Brennstoffe, Zuschläge und Ofenmauerwerk, 1,300 t Formsand usw. Alle diese Stoffe müssen natürlich gefördert werden vom Anschlußgleis zum Lagerplatz, vom Lagerplatz zu den verschiedenen Verbrauchsstellen in der Gießerei usw., und diese Transporte sollen billig und schnell vonstatten gehen. Hier ist die Stelle, wo in den Gießereien zur Zeit überall der Hebel angesetzt wird, um den Betrieb und damit die Erzeugnisse der Gießerei zu verbilligen, und gerade auf diesem Gebiete liegt auch der Vorsprung, den die amerikanische Gießerei vor unserer Durchschnittsgießerei hat. Bei dieser Reorganisation des Transportwesens bedarf der Gießer aber vor allem der Mitarbeit des Maschinenbauers als Erbauer der Fördermittel und in noch viel größerem Maße als Abnehmer der Gußerzeugnisse. Denn nur durch weitgehende Vereinheitlichung der Gußstücke und somit auch Roh- und Hilfsstoffe läßt sich wirtschaftliche Erzeugung erreichen, die in der Gießerei mit der Vereinfachung der vielgestaltigen Förderung steht oder fällt.

Ofenanlagen in der Gießerei.

Von A. Blotenberg.

A. Schmelzöfen.

1. Kupolöfen.

Der gebräuchlichste Schmelzofen in den Eisengießereien ist heute immer noch der Kupolofen. Er ist zugleich der älteste Schmelzofen, den wir kennen. Trotzdem hat er grundlegende Änderungen im Laufe der Jahrhunderte kaum erfahren. Er ist heute noch der typische Schachtofen, wie ihn Abb. 1 in schematischer Darstellung als einfachste Form zeigt. Aus der Abbildung des Ofens ist gleichzeitig die Arbeitsweise zu erkennen. Durch die Windleitung wird vom Gebläse her Wind in den Windmantel, von dort durch die Düsen in den Ofen geblasen und dem glühenden Koks bei der Verbrennung so viel Wind zugeführt, wie er zur Verbrennung notwendig hat. Die verschiedenen Eisenmischungen, die je nach den herzustellenden Gußstücken gewählt werden, werden an der Gicht dem Ofen zugegeben und in der Schmelzzone zum Schmelzen gebracht. Das flüssige Eisen wandert allmählich nach unten, sammelt sich am Boden des Kupolofens an und wird von Zeit zu Zeit durch das Eisenabstichloch abgelassen und zum Vergießen in die fertigen Formen gebracht. An der Gicht wird durch dauernde Zugabe von Eisen, Koks und Kalkzuschlägen für einen kontinuierlichen Ofenbetrieb gesorgt.

Der eigentliche Kupolofen besteht aus dem schachtförmigen Gebilde, dem oft aus den verschiedensten Gründen ein Vorherd angebaut wird (Abb. 2). Die Ausbildung der

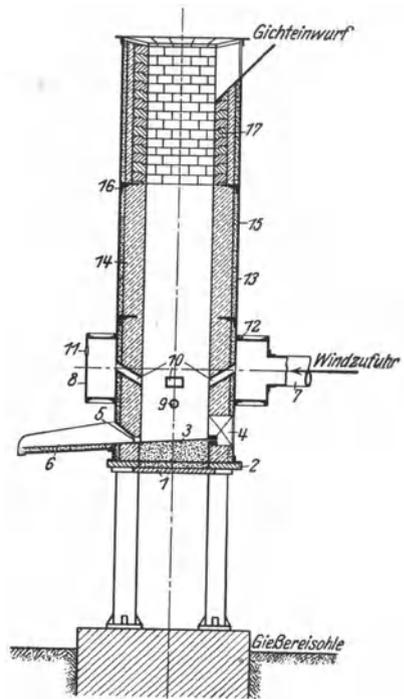


Abb. 1. Kupolofen ohne Vorherd. 1 Bodenklappe, 2 Grundplatte, 3 Ofenherd, 4 Einstiegtür, 5 Eisenabstichloch, 6 Abstichrinne, 7 Windzuführungsleitung, 8 Windmantel, 9 Schlackenloch, 10 Düse, 11 Schauloch, 12 Winkelring, 13 Isolierschicht, 14 Feuerfeste Auskleidung, 15 Ofenwand, 16 Tragring für Eisensteine, 17 Eisenstein.

Vorherde ist verschieden, man gestaltet sie manchmal kippbar ohne Verbindung mit dem Ofen. Vornehmlich bei kontinuierlichem Eisenablauf werden sie angewendet. Vorherde sind lediglich Eisensammler,

sofern sie nicht Aufgaben, die ihnen erst neuerdings zugewiesen sind, wie z. B. das Entschwefeln, mit übernehmen sollen.

a) Die Bestandteile und Nebenanlagen des Kupolofens.

Es ist wesentlich, sich zunächst mit den einzelnen Teilen des Schacht- oder Kupolofens vertraut zu machen. Durch den Ofenmantel bekommt der Schacht den äußeren Halt. Vielfach wird nicht berücksichtigt, daß dieser Ofenmantel mehr Beanspruchungen auszuhalten hat, als man bei oberflächlicher Beurteilung im allgemeinen annimmt. Nur so ist es zu erklären, daß gar nicht einmal sehr alte Öfen vollständig einbandagiert werden müssen, weil die Mäntel gesprungen sind. Erforderliche Blechstärken sind für den unteren Teil des Ofenmantels 8 bis

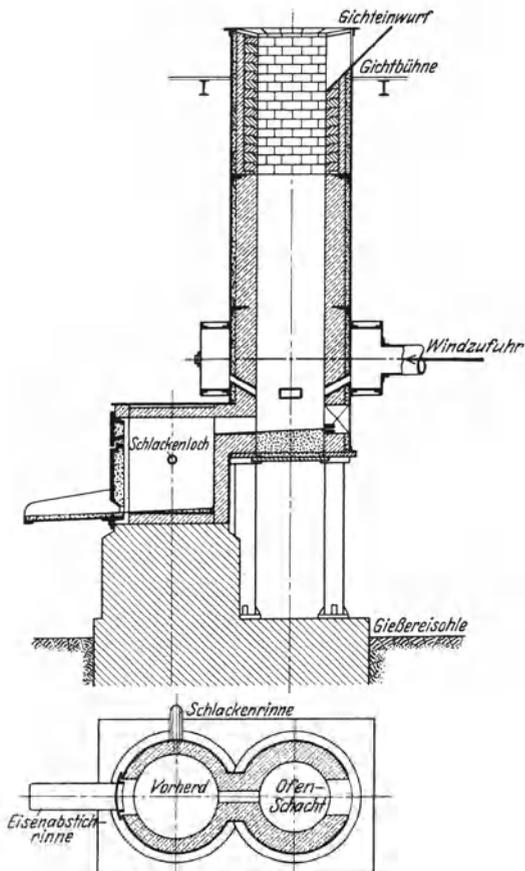


Abb. 2. Kupolofen mit Vorherde.

10 mm, während man oberhalb der Verbrennungs- und Schmelzzone den Ofenmantel mit ungefähr 6 mm ausführen darf. Die Größe des Ofens ist dabei ganz gleichgültig, denn die Beanspruchung, verursacht durch die Wärmeausdehnung, hängt nicht so sehr vom Durchmesser des Ofens ab.

Für den Windmantel, der keine Beanspruchungen auszuhalten hat, genügt eine Blechstärke von 5 bis 6 mm. Die Windmanteltiefe muß so bemessen sein, daß der lichte Querschnitt des Windmantels mindestens so groß ist wie die Summe aller Düsenquerschnitte, da sonst eine Dros-

selung des Windes im Windmantel stattfindet. Dadurch wird ein unnütz hoher Kraftverbrauch für das Gebläse bedingt. Nur bei ganz alten Ausführungen findet man noch Windmäntel mit zu geringen Querschnitten, heute macht man die freien Querschnitte durchweg größer. Die Winkelringe zur Befestigung des Windmantels ordnet man zweckmäßig wie in Abb. 2 angegeben an. Bei dieser Anordnung hat man bei der Montage weniger Schwierigkeiten. Die Niete sind leichter zugänglich und zu verstemmen. Bei Umänderungsarbeiten der Düsenanordnung kann der äußere Blechring schnell entfernt und wieder befestigt werden, jedenfalls besser, als wenn der äußere Winkelring im Windmantel selbst angebracht ist. Manchmal werden die Windmäntel geschweißt, um sie vollständig dicht zu bekommen.

Vom Windmantel leiten die Düsen den Wind in den Ofenschacht. Die Anzahl der Düsen richtet sich nach dem Ofendurchmesser in der Schmelzzone, die Form ist bei jedem System verschieden. Man hat rechteckige, quadratische, dreieckige, schlitzförmige, runde und ovale Düsen ausgeführt, radial und tangential ließ man sie einmünden. Viele Versuche wurden angestellt, um herauszufinden, welche Form der Düsen am zweckmäßigsten ist. Wesentliche Unterschiede im Ofengang wurden zumeist nicht festgestellt, so daß der Schluß zulässig ist, daß nicht so sehr die Form selbst, als die Größe der Düsen für einen günstigen Schmelzgang des Kupolofens maßgebend ist.

Bei einem Düsenquerschnitt von $\frac{1}{2}$ bis $\frac{1}{6}$ des Ofenquerschnittes in der Schmelzzone ist die Windgeschwindigkeit etwa 3 bis 10 m/sek, wenn man dem Ofen nach Buzek 100 m³ Wind in der Minute je m² Ofenquerschnitt zuführt. Es hat nicht an Fachleuten gefehlt, die einen übertrieben engen Düsenquerschnitt für richtig halten. Als Ziel wird von ihnen angegeben, die Windgeschwindigkeit auf 25 bis 30 m/sek zu erhöhen, was bei einem Düsenquerschnitt von ungefähr $\frac{1}{18}$ (6%) erreicht wird. Durch eine hohe Windgeschwindigkeit soll der Wind bis zur Mitte des Ofens vorgetrieben werden, um eine gleichmäßige Verbrennung über den ganzen Querschnitt zu erreichen¹. Wahrscheinlich wird aber der Wind auf die nächsten Koksstücke prallen und dadurch seine Geschwindigkeitsrichtung ändern und an Geschwindigkeit verlieren. Diese Möglichkeit ist um so größer, je kleiner die Düsen sind.

Solange diese Fragen nicht eindeutig geklärt sind, ist es ratsam, für die Düsenabmessungen die Werte zu wählen, die sich als durchaus brauchbar erwiesen haben. Mit einem Gesamtdüsenquerschnitt von ca. 20 bis 25% vom Ofenquerschnitt in der Schmelzzone hat man gute Erfahrungen gemacht. Fast allgemein verwendet man heute rechteckige Düsen mit einem Verhältnis der Seitenlängen von 1 : 2 bis 1 : 3. Die Düsen werden zweckmäßig mit dem Ofenmantel durch eine Dichtung fest verschraubt,

damit vermieden wird, daß zwischen Ofenmantel und Mauerwerk Wind hochsteigen kann, der den Ofengang dann ungünstig beeinflußt, wenn er durch die feinen Risse im Mauerwerk, die manchmal schon nach kurzer Zeit vorhanden sind, in das Ofeninnere gelangt. Bei ganz ungünstigen Verhältnissen erhält man sogar eine Verbrennungszone bis zur Gicht, also große Wärmeverluste.

Der Ofenmantel ruht auf der Grundplatte. Auf ihre Ausführung ist besonderer Wert zu legen, denn ein Springen während des Betriebes kann böse Folgen haben. An der Grundplatte ist die Bodenklappe befestigt, durch die am Schlusse der Schmelze das Restmaterial aus dem Schachtofen entfernt wird. Der Ofen wird durch die Bodenklappe „gezogen“. Um das gesamte Restmaterial leicht entfernen zu können, ist es notwendig, daß der Durchmesser der Bodenklappe so groß ist, wie der Durchmesser des Ofens in der Düsenebene. Jedenfalls darf dieser Durchmesser nicht kleiner gehalten werden, wie man es heute leider noch allzuoft antrifft.

Um eine genügende Höhe zum Untersetzen der Gießpfannen zu bekommen, setzt man den ganzen Kupolofen auf Säulen, die so hoch bemessen werden, daß die größte Gießpfanne untergestellt werden kann, denn eine Grube vor den Kupolöfen soll möglichst vermieden werden, weil sie leicht zu Unfällen Anlaß gibt.

Eine Einsteigtür ist notwendig, um den Herd des Kupolofens sorgfältig ausführen zu können. Derartige Türen haben durchschnittlich eine Größe von 500×400 mm. Sie dienen als Mannloch; es gelten also in der Bemessung dieselben Bedingungen.

Als feuerfestes Material zur Auskleidung des Schachtes verwendet man sowohl feuerfeste Radialsteine als auch feuerfeste Stampfmasse. Die Meinungen über die zweckmäßigste Auskleidung der Kupolöfen ist noch immer nicht zugunsten einer Seite einwandfrei entschieden. Ungünstige Ergebnisse bei Verwendung von Stampfmasse sind allerdings sehr häufig darauf zurückzuführen, daß die Masse schon beim Anmengen nicht richtig behandelt wird. Sie darf nicht zu naß, sondern muß plastisch, also leicht knetbar sein. Außerdem ist ganz besonders darauf zu achten, daß der ausgestampfte Ofen nach vorheriger Antrocknung bis zur Sinterung durchgebrannt wird. Bei den feuerfesten Steinen ist zu berücksichtigen, daß meistens nicht die Steine selbst, sondern in allererster Linie die Fugen von der Schlacke angegriffen werden, d. h. man muß zum Aufmauern auch für die Fugen hochfeuerfeste Materialien verwenden. Eine günstige Zusammensetzung für Stampfmasse enthält ungefähr 95% Kieselsäure (SiO_2), während der Segerkegel bei 33 bis 35 SK liegt. Nach dem Kieselsäuregehalt bemessen ist das Material als sauer zu bezeichnen. Das hochwertigste Auskleidungsmaterial muß natürlich für die Verbrennungs- und Schmelz-

zone verwendet werden, während am Ofenmantel und an der Gicht sowie oberhalb derselben nicht so hochfeuerbeständige Stoffe gebraucht werden.

Die Gichtzone wird zweckmäßig mit sogenannten Schutz- oder Eisensteinen versehen, weil an der Gicht nur mechanische Beanspruchungen für die Auskleidung auftreten. Es genügt, wenn diese Eisensteine ungefähr 1,3 bis 1,5 m vom Gichteinwurf abwärts angebracht werden. Es ist jedoch zu berücksichtigen, daß diese Eisensteine auf einem Tragring ruhen müssen, damit sie nicht zu sehr auf das darunter liegende Mauerwerk drücken. Aus demselben Grunde sollen sie hohl ausgebildet werden. Die Wandstärke dieser Eisensteine nach dem Ofeninnern zu wird mit ungefähr 40 mm ausgeführt (Abb. 3). Die Eisensteine werden mit Schamotte hinterstampft.

Für die Auskleidung der Vorherde, in denen eine Entschwefelung des Eisens stattfindet, muß ein basisches Futter zur Verwendung kommen. Der Übergang zum eigentlichen Schacht wird dann nach der Schachtseite sauer und nach der Vorherdseite basisch hergestellt.

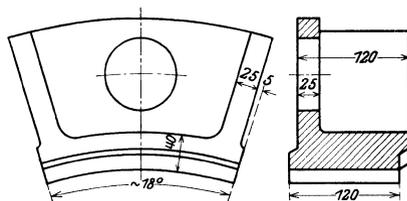


Abb. 3. Schutz- oder Eisenstein.

Über die Eisenabstrichrinne, sowie das Eisenabstich- und Schlackenloch ist nichts Wesentliches zu sagen. Es ist darauf zu achten, daß die Abstichöffnung für das Eisen sauber ausgeführt wird, damit beim Schließen und Öffnen des Abstichloches keine Schwierigkeiten auftreten. Der Durchmesser beträgt je nach der Schmelzleistung 15 bis 30 mm. Bei der Anordnung des Schlackenabstichloches ist zu berücksichtigen, daß die Schlacke schneller als das Eisen erstarrt, d. h. die Länge des Abstichloches muß kürzer, der Durchmesser zweckmäßig größer als beim Eisenabstichloch sein. Er schwankt je nach den einzelnen Ofengrößen zwischen 25 und 50 mm. Das Schlackenloch wird etwas über halber Höhe von Ofensole bis untere Düsenreihe angebracht. Die Höhe richtet sich nach der Schmelzleistung, sowie nach der Menge des Eisens, die im Ofen gesammelt werden soll. Bei Öfen mit kontinuierlichem Eisenablauf muß das Schlackenloch nur etwas oberhalb des Eisenabstichloches angebracht werden, da sonst Eisen und Schlacke zusammen aus dem Eisenabstichloch laufen würden. Bei Öfen mit Vorherd wird das Schlackenloch in entsprechender Höhe am Vorherd angebracht.

Zur Abführung der Gichtgase wird der Ofenmantel von der Gicht aus schachtförmig zum Dach hinaus fortgeführt. Bei normalem Kupolofen-

gang muß dieser Rauchabzug genügen. Die Haube auf dem Schornstein soll dazu dienen, den Gichtstaub und die Funken wieder in den Ofen zurückzuwerfen. Für Gießereien im Industriegelände ist diese Anordnung auch vollkommen ausreichend, für solche jedoch, die im Stadtgebiet liegen und bei denen jegliche Staubentwicklung vermieden werden muß, wird noch eine besondere Vorrichtung getroffen, und zwar der-

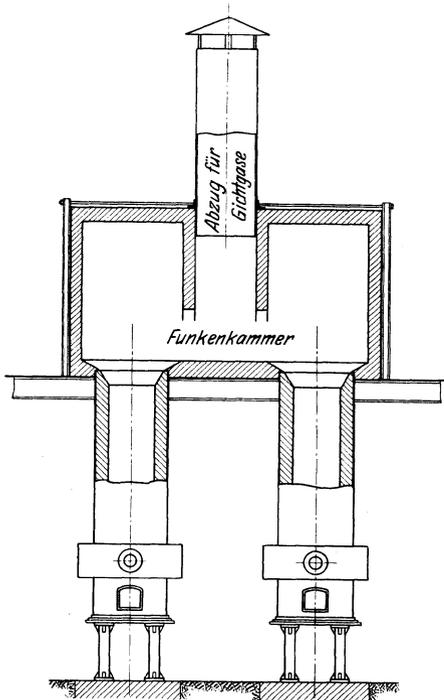


Abb. 4. Kupolofen mit Funkenkammer.

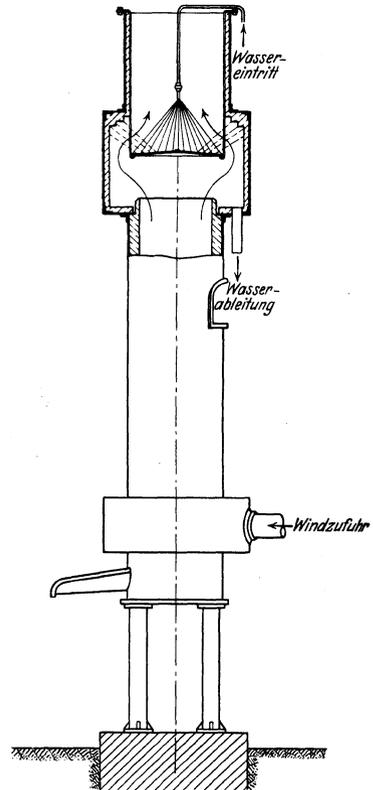


Abb. 5. Wasserberieselung zur Rauchbeseitigung.

gestalt, daß man eine Funkenkammer anbringt, wie sie als Beispiel Abb. 4 zeigt. Nicht immer gelingt es, durch die Funkenkammer den Funkenauswurf vollständig zu unterdrücken, vor allen Dingen dann nicht, wenn die Öfen selbst zu niedrig sind, so daß die Gichtflammen aus der Funkenkammer schlagen. Eine andere Anordnung für die Beseitigung von Staub und Qualm zeigt Abb. 5. Durch eine Wasserberieselung werden die Rauchgase vollständig unterdrückt. Die Anlage ist jedoch kostspielig, zumal sie nur als Hilfseinrichtung dient, die ebenso wie die Funkenkammer mit dem eigentlichen Ofen, bzw. mit dem Ofengang nichts zu tun hat.

Für den eigentlichen Betrieb des Kupolofens müssen noch einige maschinelle Anlagen erwähnt werden. Der Wind, der zum Verbrennen des Kokes dient, wird beim Kupolofenbetrieb sowohl durch Ventilatoren oder Turbogebläse als auch durch Kapselgebläse dem Ofen zugeführt. Beide Gebläsearten haben Vor- und Nachteile, so daß der Meinungsstreit über das günstigste Gebläse noch nicht zugunsten

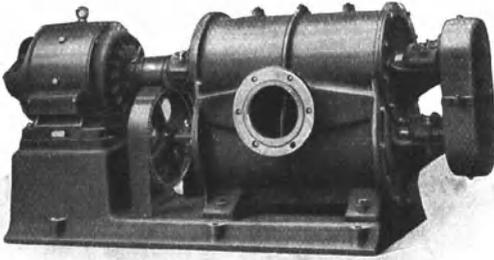


Abb. 6. Jäger-Kreiskolbengebläse.
(Jäger & Co., Leipzig.)

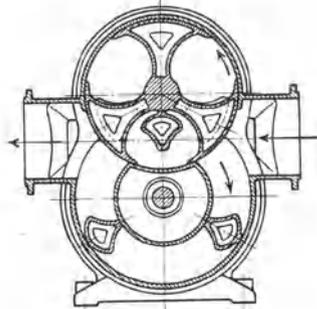


Abb. 7. Wirkungsweise eines
Kreiskolbengebläses.
(Jäger & Co., Leipzig.)

einer Maschinenart entschieden ist. Das Kapsel- oder Kolbengebläse (Abb. 6 und 7) hat den Vorteil, daß es immer dieselbe Windmenge fördert,

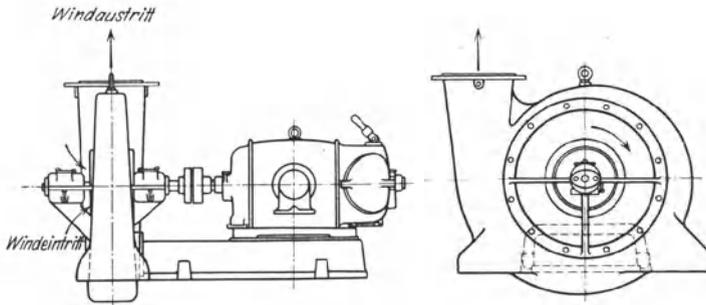


Abb. 8. Ventilator oder Turbogebläse.

selbst wenn die Düsen des Ofens verschlacken, was vornehmlich bei älteren Ausführungen am Ende der Schmelze der Fall ist. Beim Ventilator (Abb. 8) schwankt die Leistung je nach dem Gegendruck im Kupolofen. Diese Tatsache hat dazu geführt, daß das Kapselgebläse sehr häufig dem Ventilator vorgezogen wurde. Da aber bei Öfen neuerer Ausführung ein Verschlacken der Düsen vermieden ist, kann dieser Gesichtspunkt nicht mehr maßgebend sein. Beim Ventilator hat man den Vorteil, daß man in der Schmelzleistung sich viel mehr den wechselnden Betriebsverhältnissen anpassen kann, da die Regulierbarkeit

durch Drosselung sehr einfach ist, während sie beim Kapselgebläse mit Schwierigkeiten verbunden ist. Allerdings muß man beim Ventilator darauf achten, daß er für einen höheren Gegendruck gebaut wird, als dies früher üblich war. Die älteren Ventilatoren sind fast alle für einen Gegendruck von 500 bis 700 mm WS gebaut, ganz gleichgültig, welche nutzbare Höhe der Ofen hatte und welcher Gegendruck tatsächlich vorhanden war. In Wirklichkeit kommen aber sehr häufig Drucke von 900 bis 1000 mm WS vor. Das Gebläse ist dann nicht mehr in der Lage, gegen einen derartigen Druck zu arbeiten. Der Gegendruck kann allein aus den Abmessungen des Kupolofens im voraus nicht genau bestimmt

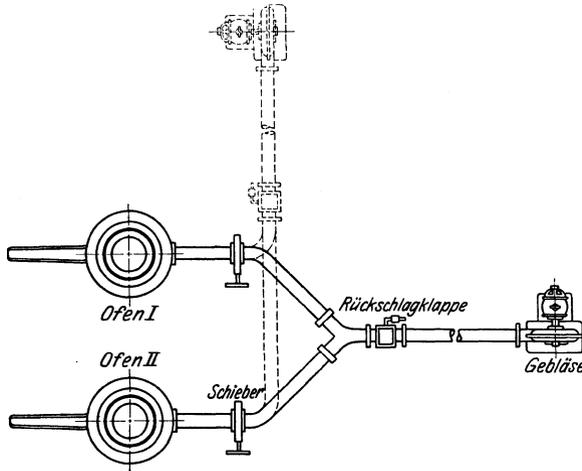


Abb. 9. Zweckmäßige Windzuführungsleitungen.

werden, denn er hängt nicht nur von der nutzbaren Höhe des Ofens ab, sondern von einer ganzen Reihe anderer Faktoren, wie z. B. der Stückgröße des Einsatzes und der Dichtigkeit der Lagerung des Gichtgutes. Schon aus diesem Grunde ist es ratsam, das Gebläse als Hochdruckventilator für einen Gegendruck von 900 bis 1000 mm WS zu dimensionieren. Ein Turbogebläse ist außerdem billiger als ein Kapselgebläse und beansprucht zudem einen viel geringeren Platzbedarf.

Ebenso wichtig wie die richtige Bemessung des Gebläses ist die zweckmäßige Wahl der Windzuleitung. Es genügt, wenn die Windzuführungsleitung aus Blech ausgeführt wird. Nur vereinzelt findet man gußeiserne Rohrleitungen. Sie sind zwar gut zu dichten, aber viel zu schwer. Der freie Querschnitt der Windzuleitung darf nicht geringer sein als die Summe der Düsenquerschnitte, da sonst dieselben Nachteile auftreten, wie sie oben bei einer falschen Bemessung des Windmantels angegeben wurden. Es ist noch zu beachten, daß nicht zu viele Krümmer in der Windleitung vorhanden sind, da durch die Krümmer

Druckverluste entstehen. Zu scharfe Krümmer sind überhaupt zu vermeiden, außerdem soll die Windleitung nicht zu lang sein. Absperrschieber in der Windleitung müssen mit Dichtungen versehen werden, da sonst der Windverlust zu groß wird. Abb. 9 zeigt Vorschläge von zweckmäßigen Ausführungen der Windleitung vom Gebläse zum Kupolofen. Die punktierte Rohrleitung ist bei einer größeren Anzahl von

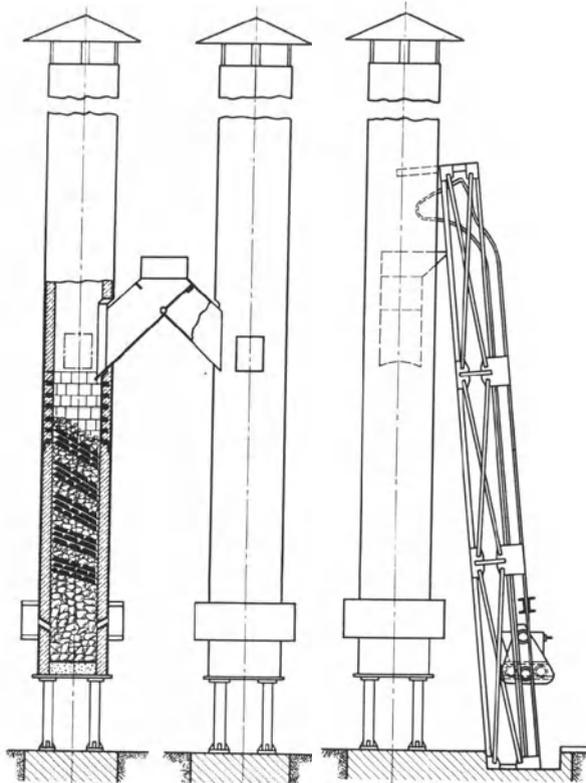


Abb. 10. Kupolofen mit Schrägaufzug.

Öfen angebracht. Eine zweiseitige Zuführung des Windes in den Windmantel hat eine gleichmäßige Verteilung des Windes und einen gleichmäßigen Ausbrand zur Folge.

Eine Hilfseinrichtung für den Kupolofenbetrieb ist die Begichtungsanlage. Das Setzen der Gattierung, d. h. die Aufgabe des Schmelzgutes geschah früher ausschließlich von Hand. Es gibt auch heute noch namhafte Fachleute, die eine Beschickung von Hand jeder maschinellen Beschickung vorziehen. Nichtsdestoweniger hat sich die maschinelle Begichtung in letzter Zeit gut eingeführt; man trifft sehr häufig einen Schrägaufzug an (Abb. 10). Wenn anfänglich Mißerfolge auf-

traten und man diese Mißerfolge der Anbringung eines Schrägaufzuges zuschob, so lag das in der Hauptsache daran, daß man versäumt hatte, den Kupolofen in der nutzbaren Höhe um ca. 1 m höher zu machen, denn durch die schräge Schüttung konnte ein Teil der Höhe nicht ausgenutzt werden.

Um die Anhäufung des Materials an einer Wand des Ofens zu vermeiden, ist man in neuerer Zeit dazu

übergegangen, die zentrale Begichtung einzuführen (Abb. 11). Es gibt eine ganze Reihe weiterer Ausführungsformen von zentralen Beschickungen. Die Unterschiede sind konstruktiver Art.

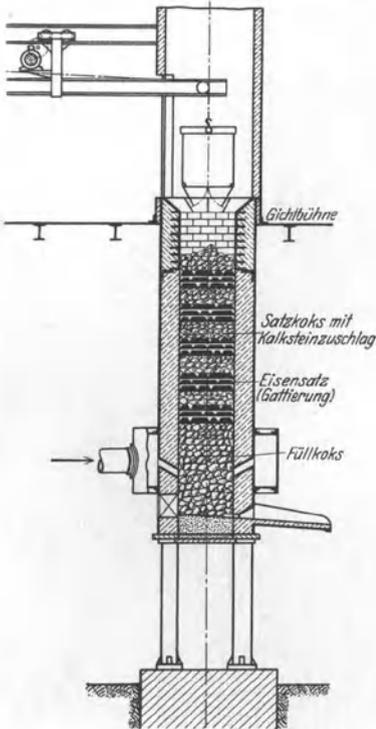


Abb. 11. Kupolofen mit zentraler Begichtung.

b) Die Rohstoffe für den Kupolofenbetrieb.

Für den Betrieb des Kupolofens ist neben der Konstruktion der Anlage in der Düsenebene und neben der Windzuführung die Beschaffenheit der eingesetzten Rohstoffe von Wichtigkeit. Die Güte des Kokes ist für den Ofengang von großem Einfluß. Früher beurteilte man den Koks ausschließlich nach seiner Elementaranalyse. Es wurden folgende Gehalte im guten Gießereikoks verlangt:

Aschegehalt	höchstens 8—10%
Schwefelgehalt	1—1,25% (möglichst niedriger)
Porenraum	. . 40—50%
Wassergehalt	. bis 5%
Kohlenstoff	. 70—85%

Vornehmlich nach dem Schwefelgehalt wird auch heute noch vielfach der

Wert eines Kokes beurteilt. Versuche haben jedoch bewiesen, daß der Schwefelgehalt gar keinen Einfluß ausgeübt hat, wenn der Koks hinsichtlich der Verbrennlichkeit die Eigenschaften erfüllte, die wir heute an ihn stellen; denn die Verbrennlichkeit eines Kokes ist viel wesentlicher als die Elementaranalyse, da beim Kupolofenbetrieb die Verbrennung erst in der Düsenebene stattfinden soll, d. h. der Koks soll möglichst unverbrannt in die Düsenebene gelangen². Dies ist nur möglich, wenn er schwer verbrennlich oder schwer reaktionsfähig, grobstückig und fest ist. Die Festigkeit ist beim Verladen an dem Abrieb zu erkennen. Stückgrößen mit einer Seitenlänge von im Mittel 150 mm sind als grobstückig gut verwendbar.

Schwer verbrennlicher Koks wird in breiten Kammern hergestellt. Es gibt nur noch wenige Zechen, die Batterien mit breiten Kammern haben. Dem Gießer muß diese Tatsache bekannt sein, denn ein Koks, der in schmalen Kammern hergestellt ist, ist leicht verbrennlich und nur für den Hochofenbetrieb geeignet.

Um die Koksasche und den am Roheisen anhaftenden Sand, sowie sämtliche Verunreinigungen und Rückstände zu verschlacken, ist es notwendig, daß ein Zuschlagmittel der Koksgicht mit aufgegeben wird. Als Zuschlag wurde früher fast ausschließlich der Kalkstein verwendet. Erst neuerdings wird auch Flußspat (CaF_2) als Zusatzmittel verwendet. Wenn man von den Vorteilen des Flußspates überzeugt ist, setzt man $\frac{2}{3}$ Kalk und $\frac{1}{3}$ Flußspat. Nur Flußspat als Zuschlag ist nicht zu gebrauchen. Eine Erhöhung der Temperatur des flüssigen Eisens tritt bei seiner Verwendung entgegen Behauptungen von anderer Seite nicht ein. Als Vorteil wird angegeben, daß Flußspat die Schlacke dünnflüssiger macht. Strittig ist noch, ob er einen großen Abbrand an Mauerwerk hervorruft. Überhaupt sind die Vorteile, die für eine Verwendung des Flußspates für den Kupolofenbetrieb sprechen, nicht eindeutig erwiesen³. Dagegen treten eine Reihe von Nachteilen beim Flußspatzusatz auf. Es hat sich gezeigt, daß die Rauchentwicklung an der Gicht vergrößert wird. Vor allen Dingen für Betriebe, die in der Stadt liegen, kann dies zu unangenehmen Folgen mit der Nachbarschaft führen. Außerdem wird durch diese Abgase die Vegetation der Umgebung vernichtet. Glasscheiben laufen bläulich an.

Solange der Meinungsstreit über die Verwendung von Flußspat für den Kupolofenbetrieb nicht entschieden ist, ist es richtiger, reinen Kalkstein als Zuschlagmittel zu benutzen. Es ist aber darauf zu achten, daß der Gehalt an kohlenstoffreichem Kalk (CaCO_3) im Kalkstein mindestens 95% übersteigt. Die andern Beimengungen, wie Kieselsäure, ton- und eisenhaltige Verbindungen dürfen nur sehr gering sein. Ein Kalk mit über 5% Kieselsäure oder 5% Magnesiumkarbonat oder Tongehalt soll nicht verwendet werden. Marmorbruch eignet sich wegen der Reinheit sehr gut als Zuschlagmittel.

An Roheisen werden die verschiedensten Sorten verwendet, und zwar in der Hauptsache Hämatitroheisen, Gießereiroheisen I (Deutsch I), Gießerei-Roheisen III (Deutsch III), Roheisen Luxemburger Qualität und verschiedene Zusatzseisen, wie z. B. Siegerländer Eisen. Näheres über Eigenschaften und Verwendung des Roheisens und der Zuschläge ist im Abschnitt II „Roh- und Hilfsstoffe“ enthalten.

c) Der Betrieb des Kupolofens.

Das Zustellen und Fertigmachen des Kupolofens zum Schmelzen geht in folgender Weise vor sich. Die Bodenklappe wird fest ver-

geschlossen, die Herdsohle gut aufgestampft, um ein Durchgehen während des Betriebes zu verhindern. Beim Aufstampfen der Herdsohle ist darauf zu achten, daß keine schüsselförmigen Vertiefungen entstehen, weil sich hierin später Eisen ansammeln kann. Die Neigung der Herdsohle und der Abstichrinne soll ca. 4 bis 6% betragen. Zum Trocknen der Herdsohle wird ein Holzfeuer angezündet. Die Luftzufuhr für die Verbrennung erfolgt durch den natürlichen Zug bei geöffneter Einsteigtür. Nachdem das Holz gut durchgebrannt ist, wird ein Teil des Füllkokes aufgegeben. Das Anheizen oder Anfeuern soll bei natürlichem Zug ungefähr 2 bis 3 Stunden betragen. Es gibt Hilfsmittel, wie Ölbrenneranzündung, die das Ziel verfolgen, die Anheizzeit zu verkürzen und zudem ein gleichmäßiges Anfeuern über den ganzen Querschnitt zu bewirken. Wenn das Holz und der Koks gut bis oberhalb der Düsen durchgebrannt sind, wird die Einsteigtür geschlossen. Der gesamte Füllkoks wird bis zu einer Höhe von ungefähr 80 cm bis 1 m über die obere Düsenreihe aufgegeben (Abb. 11). Es ist richtiger, die Menge des Füllkokes nach der Lagerung über den Düsen zu bemessen, als ihn nur nach dem Gewicht zuzugeben. Nach Aufgabe des Füllkokes wird das Gebläse ungefähr 5 Minuten angestellt, um ihn bis zur Hochglut durchbrennen zu lassen. Gleichzeitig hat man dann den Vorteil, daß schon ein Teil des Schwefels aus dem Füllkoks entweicht. Auch dem Füllkoks muß entgegen Behauptungen von verschiedenen Fachleuten bereits ein Kalkzuschlag beigegeben werden, denn auch die Restbestandteile, herrührend aus dem Füllkoks, müssen in die Schlacke übergeführt werden.

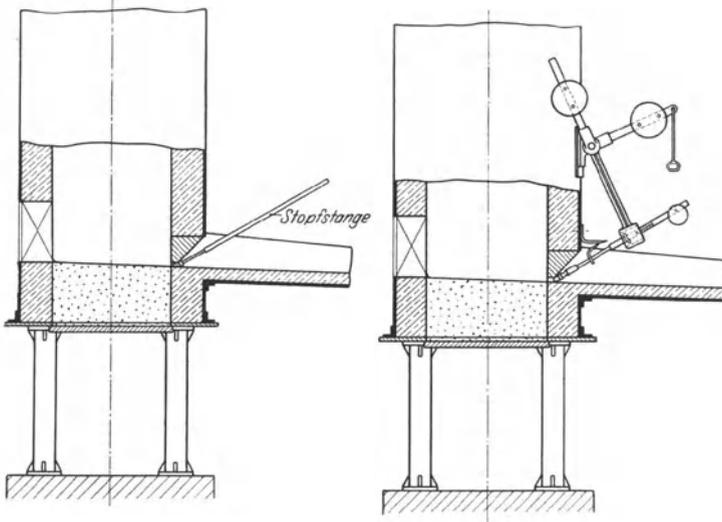
Beim Durchblasen des Füllkokes bleibt auch das Eisenabstichloch geöffnet, damit die heißen Gase den Eisenabstich vorwärmen können. Bei fest angebauten Vorherden wird bei geöffnetem Eisenabstich durch die heißen Gase gleichzeitig der Vorherd selbst mit vorgewärmt. Dadurch wird allerdings eine besondere Beheizung des Vorherdes mit Braunkohle, Holzkohle usw. nicht überflüssig, denn je besser man ihn vorwärmt, desto höher wird die Temperatur des ersten flüssigen Eisens.

Nach dem Durchblasen wird der Ofen vollständig gefüllt, d. h. die einzelnen Sätze Eisen und Koks mit den Zuschlägen aufgegeben. Für den Ofengang ist eine richtige Bemessung der Eisensatzgröße von Wichtigkeit. Früher wählte man im allgemeinen niedrigere Eisensätze. Heute nimmt man bei einem Ofendurchmesser von 800 mm in der Schmelzzone einen Eisensatz von 500 bis 600 kg gegenüber früher von 400 kg. Als allgemeine Regel kann gelten, daß der Eisensatz so groß bemessen sein soll, daß der aufgegebene Koksatz, der ungefähr 10 bis 12% vom Eisensatz beträgt, im Ofen eine Schicht bildet und so zwei Eisensätze voneinander trennt.

Die Menge des Satzkokses im Verhältnis zum Eisensatz hängt einerseits von der Koksqualität, andererseits aber auch von der zu er-

schmelzenden Gattierung ab. Bei Poterieguß ist der Phosphorgehalt verhältnismäßig hoch, das Eisen daher leichtflüssiger. Im allgemeinen kommt man hier mit einem niedrigen Kokssatz aus, während man bei Stahlzusätzen in der Gattierung je nach der Höhe dieses Stahlzusatzes den Kokssatz erhöhen muß. Der Satzkokk dient zur Ergänzung des Füllkokkes. Der Kalkstein wird gleichzeitig mit jedem Kokssatz aufgegeben und zwar in einer Höhe von 4 bis 5% vom Eisensatz.

Nachdem der Ofen abwechselnd mit Eisen- und Kokssätzen mit Kalksteinzuschlag bis zur Gicht gefüllt ist, werden Eisenabstich- und



a) Abstopfen mit der Stopfstange.

b) Mechanischer Abstich.

Abb. 12. Abstopfvorrichtungen.

Schlackenloch geschlossen. Das Gebläse wird angestellt. Der Wind tritt durch die Düsen in den Ofen und verbrennt in der Verbrennungszone den Koks. Nach ungefähr 10 Minuten erscheint das erste Eisen, das sich am Boden ansammelt. Bei fest angebauten Vorherden fließt es mit der Schlacke sofort in den Vorherd und wird hier aufgespeichert. Bei richtiger Kupolofenführung muß der erste Eisenabstich ungefähr nach einer halben Stunde erfolgen können. Das erste Eisen ist immer etwas matter, weil es sich an den Ofenwänden abkühlt. Bei Vorherden ist der Temperaturabfall unter Umständen groß. Man muß sie daher sehr gut vorwärmen.

Das Abstechen geschieht in der Weise, daß das Abstichloch mit einer spitzen Stange geöffnet wird. Das Schließen erfolgt durch Zuführung eines Pfropfens mit der Stopfstange. Der Pfropfen besteht aus einer Mischung von blauem und gelbem Ton mit Formsand (Abb. 12a).

Es gibt auch mechanische Abstichvorrichtungen, die sich sehr gut bewähren, wenn sie einmal genau eingestellt sind (Abb. 12b). Jedenfalls ist die Handhabung der mechanischen Vorrichtung viel ungefährlicher als das Arbeiten mit der Stopfstange. Wenn die Betriebsverhältnisse kontinuierlich fließendes Eisen erforderlich machen, muß das Eisenabstichloch entsprechend der stündlichen Schmelzleistung des Ofens kleiner im Durchmesser gehalten werden. Beim kontinuierlichen Eisenablauf hat man den Vorteil der größeren Gleichmäßigkeit in der Temperatur des flüssigen Eisens als auch im gesamten Schmelzbetrieb.

Der Schmelzgang kann durch die Schaulöcher an den Düsen beobachtet werden. Kommt das Eisen ungeschmolzen bis vor die Düsen, ist entweder der Füllkoks zu niedrig bemessen oder aber die einzelnen Eisenstücke waren so groß, daß sie in der Schmelzzone nicht zum Erschmelzen gebracht werden konnten. Für eine gute Zerkleinerung der Roheisenmasseln sowie des Gußbruches muß gesorgt werden. Große Stücke, die nicht zerkleinert werden können, sind zweckmäßig am Ende einer Schmelze zu setzen.

Obwohl der Schmelzgang ohne Unterbrechung im Kupolofen stattfindet, ist es möglich, Gattierungen mit verschiedenen Zusammensetzungen und Anteilen der einzelnen Roheisensorten zu schmelzen. Durch Betriebserfahrung muß festgestellt werden, wie groß die Durchsatzzeit ist, d. h. wie lange ein Eisensatz, der an der Gicht zugegeben wird, gebraucht, um als flüssiges Eisen abgestochen zu werden. Im allgemeinen kann man mit einer halben Stunde rechnen, jedoch ist zu berücksichtigen, daß Gattierungen mit höherem Phosphorgehalt (über 1%) schneller schmelzen. Die Zusammensetzung des Übergangseisens wird unbestimmt. Es kann dann nur für Gußstücke verwendet werden, bei denen es auf die Zusammensetzung nicht so genau ankommt. Nach kurzer Überwachung des Schmelzanges wird man die für jeden Kupolofen verschiedenen Verhältnisse herausbekommen.

Zur eindeutigen Erklärung der Vorgänge im Kupolofen teilt man ihn zweckmäßig in Zonen ein (Abb. 13). Über der Herdsohle befindet sich die Düsenebene oder Düsenzone, die für den Schmelzbetrieb sehr wesentlich ist. In und oberhalb der Düsenebene findet die eigentliche Verbrennung des Kokes statt. Man nennt diese Zone daher auch Verbrennungszone. Über der Verbrennungszone liegt die Schmelzzone, in der das Eisen zum Schmelzen gebracht wird. In der Verbrennungszone ist also das Eisen schon flüssig. An die Schmelzzone schließt sich die Vorwärmzone, darüber die eigentliche Gicht an. Die Höhe über den Düsen bis zum Gichteinwurf bezeichnet man als nutzbare Höhe des Kupolofens. Sie soll mindestens 4 bis 4,5 m betragen.

Die Verbrennungsvorgänge im Kupolofen sind noch ungeklärt. Es sind viele Theorien aufgestellt und nach diesen Theorien Sonder-

konstruktionen von Kupolöfen gebaut worden. Selbst über die Grundbegriffe der Verbrennungsvorgänge gehen die Ansichten heute noch weit auseinander. Bekanntlich unterscheidet man eine vollkommene Verbrennung, d. h. der Sauerstoff verbrennt mit dem Kohlenstoff des Kokes zu Kohlensäure $C + O_2 = CO_2$, und eine unvollkommene Verbrennung, wobei nur ein Teil des Sauerstoffes an Kohlenstoff gebunden wird. Es entsteht hierbei Kohlenoxyd (CO), welches selbst brennbar ist. Man spricht in diesem Falle von einer Vergasung ($2C + O_2 = 2CO$).

Das Verhältnis von Kohlensäure zu Kohlenoxyd ($\frac{CO_2}{CO}$) nennt man Verbrennungsverhältnis. Es soll beim Kupolofenbetrieb mindestens über 1 sein. Je nach Wahl der Düsenanordnung sowie der Ofenführung erreicht man bei einem normalen Kupolofen Kohlensäuregehalte von 16 bis 18%, und zwar ohne daß dem Ofen Sekundärluft zugeführt wird. Zur Beurteilung der Zahlen sei angegeben, daß die Summe von $CO_2 + \frac{CO}{2} + O_2$ bei 20 bis 21% liegt, wobei zu berücksichtigen ist, daß ein Teil der Kohlensäure von dem Kalkstein herührt.

Bei der vollkommenen Verbrennung zu Kohlensäure (CO_2) werden aus 1 kg Kohlenstoff ungefähr 8100 WE entwickelt. Der Luftbedarf beträgt hierbei $8,91 m^3$. Verbrennt dieselbe Menge Kohlenstoff zu CO, werden nur ungefähr 2450 WE frei. Der Luftbedarf ist nur halb so groß wie bei der Verbrennung zu CO_2 , also $4,45 m^3$. Die dem Ofen tatsächlich zugeführte Windmenge liegt zwischen den angegebenen Werten von $4,45 m^3$ und $8,91 m^3$ je kg Kohlenstoff. Man wird daher zugeben müssen, daß mit der größten Wahrscheinlichkeit die Verbrennung in der Verbrennungszone so vor sich gehen wird, daß ein Teil des Kohlenstoffes in vollkommener Verbrennung zu Kohlensäure verbrennt, ein anderer geringerer Teil nur vergast wird.

Es ging also bislang für den Kupolofenbetrieb das Hauptbestreben dahin, den Koks in der Verbrennungszone zu Kohlensäure zu verbrennen, um möglichst viele Wärmeeinheiten und somit hohe Temperaturen des flüssigen Eisens in der Schmelz- und Verbrennungszone zu erzielen. Verwirrend für die Beurteilung der Verbrennungsvorgänge im Kupolofen

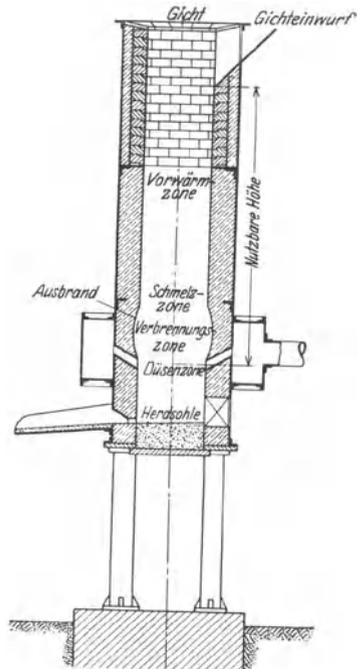


Abb. 13. Die Zoneneinteilung im Kupolofen und Darstellung des Ausbrandes.

wirkt jedoch die Tatsache, daß in den Gichtgasen sowohl CO_2 als auch CO und nur in geringen Mengen Sauerstoff (O_2) und noch geringer Wasserstoff (H_2) enthalten sind. Man hat auch durch einwandfreie Versuche festgestellt, daß schon kurz oberhalb der Düsenebene CO -Gehalte in den Verbrennungsgasen, z. T. in erheblichen Mengen, vorhanden sind⁴.

Das Kohlenoxydgas, das immer für den Kupolofenbetrieb einen Wärmeverlust darstellt, kann aber auf zweierlei Weise entstanden sein. Es kann herrühren aus dem freien Sauerstoff $2\text{C} + \text{O}_2 = 2\text{CO}$ oder aus gebundenem Sauerstoff durch die Reduktion der Kohlensäure $\text{CO}_2 + \text{C} = 2\text{CO}$. Durch welche chemische Umsetzung die Bildung von CO bei der Verbrennung im Kupolofen verursacht wird, darüber sind die Meinungen geteilt.

Diejenigen, die auf dem Standpunkt stehen, daß die Bildung von CO aus dem freien Sauerstoff der Verbrennungsluft erfolgt, führen dem Ofen ein Minimum an Wind zu, um mit Absicht eine CO -Verbrennung zu erreichen. Gleichzeitig wird ihm oberhalb der eigentlichen Düsen-ebene in verschiedenen Höhenlagen Sekundärluft zugeleitet, um so eine stufenweise Verbrennung zu Kohlensäure (CO_2) unter Umgehung der Reduktion zu bekommen. Auf diese Weise sollen sämtliche Wärmeverluste ausgeschaltet werden; denn die Reduktion von Kohlensäure zu Kohlenoxyd bedeutet wärmewirtschaftlich einen Wärmeverlust. Es muß zugegeben werden, daß durch eine stufenweise Verbrennung die Wärmeenergien des Kokes ausgenutzt werden, ebenfalls sind in den Gichtgasen niedrige CO -Gehalte zu erreichen. Dagegen wird die Verbrennungszone zu weit auseinandergezogen. An Stellen, wo man augenblicklich hohe Temperaturen und eine Konzentration von Wärmeinheiten haben will, nämlich in der Verbrennungs- und Schmelzzone, findet durch eine bewußte Verbrennung zu Kohlenoxyd nur eine geringe Wärmeentwicklung statt. Das flüssige Eisen, welches von der Schmelzzone durch die Verbrennungszone von Koksstück zu Koksstück tropft, um dadurch für längere Zeit überhitzt zu bleiben, kann nicht auf die Temperatur kommen, die es bei einer vollkommenen Verbrennung des Kokes zu Kohlensäure annehmen würde.

Fast allgemein herrschte in den letzten Jahren die Ansicht, daß der Kohlenstoff des Kokes zunächst zu Kohlensäure verbrennt. Es wurde dem Ofen so viel Wind zugeführt, daß die vollständige Verbrennung zu Kohlensäure nahezu erreicht wurde. Die Kohlensäure (CO_2) kommt beim Hochsteigen durch die Verbrennungszone mit dem glühenden Kohlenstoff des Kokes in Berührung. Bei hohen Temperaturen verbindet sich der Kohlenstoff leicht mit der Kohlensäure. Es findet eine sogenannte Reduktion statt ($\text{CO}_2 + \text{C} = 2\text{CO}$). Die Höhe der Reduktion hängt von der Beschaffenheit des Kokes ab. Schwerverbrennlicher

Koks läßt eine Reduktion weniger zu, als leicht verbrennlicher (leicht reaktionsfähiger) Koks, der zudem noch kleinstückig ist. Die CO_2 - und CO -Gehalte lassen sich an der Gicht durch verschiedene Apparate feststellen.

Die Windmenge müßte nach oben Gesagtem folgerichtig nach dem Kohlenstoffgehalt des Kokes berechnet werden. Man ist aber gewöhnt, sie je Quadratmeter Ofenquerschnitt anzugeben, weil bei gleichem prozentualem Koksatz vom Eisensatz eine gewisse Proportionalität mit dem Ofendurchmesser, also dem Querschnitt vorhanden ist. Buzek⁵ hält eine Windmenge von $100 \text{ m}^3/\text{min}$ je m^2 Ofenquerschnitt bei einem Satzkoksverbrauch von 10% für erforderlich. Neuerdings hat man jedoch die Windmenge wesentlich erhöht. Man geht ungefähr auf $160 \text{ m}^3/\text{min}$ je m^2 Ofenquerschnitt herauf. Es ist aber nicht möglich, diese hohe Windmenge bei einem Ofen mit einer Düsenreihe einzuführen; man muß eine zweite darüberliegende Düsenreihe anbringen.

Neben der hohen Temperatur des flüssigen Eisens, die man bei Öfen mit zwei übereinander liegenden Düsenreihen bekommt, hat man den weiteren Vorteil, daß bei gleichem Ofendurchmesser und Koksatz die Schmelzleistung des Ofens in der Stunde größer ist als bei einem Ofen mit einer Düsenreihe; denn die Schmelzleistung ist zwar einerseits abhängig von dem Ofendurchmesser, in der Hauptsache aber von der dem Ofen zugeführten Windmenge. Aus Öfen mit denselben Durchmessern kann man bis zu einem Höchstwert je nach der Windmenge verschiedene stündliche Schmelzleistungen erzielen. Tabelle 1

Tabelle 1. Stündliche Schmelzleistung und Windmenge bei einem Satzkoksverbrauch von 10%.

Abmessungen der Öfen in der Schmelzzone		Schmelzleistung in der Stunde kg/h	Windmenge m^3/min
Durchmesser in mm	Querschnitt in m^2		
500	0,196	1 800	32
600	0,282	2 800	45
700	0,384	4 000	61
800	0,502	5 200	80
900	0,636	6 500	102
1000	0,785	8 000	125
1100	0,950	9 700	152
1200	1,130	11 200	181

zeigt die Beziehungen zwischen stündlicher Schmelzleistung, Windmenge und dem Durchmesser des Ofens in der Schmelzzone bei einem Satzkoksverbrauch von 10% des Eisensatzes. Liegt der Satzkoksverbrauch höher, wird die Schmelzleistung bei sonst gleichen Verhältnissen niedriger.

Es ist nicht notwendig, daß man sich bei bestehenden Kupolofenanlagen mit den vorhandenen Windmengen abfindet. Leistungs-

steigerungen sind möglich, wenn auch einer Erhöhung der Windmenge manchmal Schwierigkeiten entgegenstehen, weil das Gebläse bis zur Leistungsfähigkeit ausgenutzt ist. In diesem Falle kann eine Steigerung nur durch Einbau eines neuen Schaufelrades in den Ventilator oder das Turbogebläse erreicht werden. Ist Riemenantrieb vorhanden, kann man durch eine größere Übersetzung das Gebläse schneller laufen lassen und eine Leistungssteigerung erzielen. Beim Ventilator ist eine Leistungssteigerung um 10 bis 20 % sehr häufig möglich, beim Kapselgebläse kann sie durch Erhöhung der Tourenzahl höchstens um 10 % vorgenommen werden. Die Regulierung der Tourenzahl ist einfach, wenn im Betrieb Gleichstrom vorhanden ist. Eine Steigerung der Windmenge findet ebenfalls statt, wenn es gelingt, durch eine zweckmäßige Ausbildung der Düsenebene mit dem Winddruck herunterzukommen.

Zu hohe Winddrücke haben außerdem verschiedene Nachteile. Die Düsen verschlacken schneller, der Ausbrand am Mauerwerk ist größer als bei niedrigen Drücken. Wenn der Kupolofen nicht übermäßig hoch ist, kann man Winddrücke nach Tabelle 2, auf den Durchmesser in der Verbrennungszone bezogen, als normal annehmen.

Tabelle 2.

Ofendurchmesser in der Verbrennungszone in mm	Winddruck in mm WS
500—700	400—700
700—1000	700—900

Für den Kupolofenbetrieb wäre es erwünscht, das flüssige Eisen in der Zusammensetzung zu erhalten, wie es durch die Gattierung der Gicht zugegeben wird. Tatsächlich ist dies jedoch nicht der Fall, denn ein Teil der Eisenbegleiter wird verbrannt, während andere Elemente zubrennen. Diese chemischen Vorgänge finden auf dem Wege des Eisens von der Schmelzzone über die Verbrennungszone statt. Im Ofenherd selbst erfährt das flüssige Eisen keinerlei chemische Reaktionen. Am leichtesten verbrennen Silizium und Mangan, erst danach Eisen. Durch diese Abbrände wird Wärme frei, die die Temperatur des flüssigen Eisens erhöht. Die Abbrände an Silizium, Mangan und Eisen werden als Sauerstoffverbindungen in die Schlacke überführt. Beim Kupolofenbetrieb rechnet man mit Abbränden von 8 bis 15 % an Si und 5 bis 15 % an Mn, im Mittel also ungefähr 10 %. Bei der Gattierungsberechnung ist hierauf Rücksicht zu nehmen, wenn auch zugegeben werden muß, daß durch den Gußbruch, dessen Analyse nie genau bekannt sein kann, eine Ungenauigkeit in die Gattierungsberechnung kommt.

Der gesamte Kohlenstoffgehalt des Eisens ist beim Kupolofenbetrieb unter 2,8% kaum herunterzubringen, da bei einem Roheiseneinsatz mit niedrigerem Kohlenstoffgehalt durch die Berührung mit dem glühenden Koks eine Aufkohlung stattfindet, es brennt Kohlenstoff zu. Ebenso erhöht sich der Schwefelgehalt. Er wird um 20 bis 50%, je nach der Qualität des Kokes, im Eisen erhöht. Nur der Phosphorgehalt erfährt keine wesentliche Veränderung beim Kupolofenbetrieb*.

Die in die Schlacke übergeführten Bestandteile, wie Koksasche, anhaftende Sandkörner der Roheisenmasseln, die verschiedenen Abbrände, das ausgebrannte Mauerwerk und sonstige Verunreinigungen werden von Zeit zu Zeit durch das Schlackenabstichloch abgelassen. Man kann die Schlacke durch das Schauloch und die unteren Düsen beobachten und so die Zeit, die für jeden Kupolofen verschieden ist, bestimmen, wann die Schlacke abgestochen werden muß. Die Schlacke ist spezifisch leichter als das Eisen, schwimmt also auf dem Eisenbad. Um ein plötzliches Übertreten der Schlacke in die Düsen und den Windmantel zu verhindern, gibt man den unteren Düsen eine Neigung zur Herdsohle. Die Schlackenhöhe ist dann rechtzeitig zu erkennen. Die Schlacke muß dünnflüssig sein. Bei zäher Schlacke besteht die Gefahr, daß die Düsen sich zusetzen, d. h. verschlacken. Der Ofengang wird dadurch ungleichmäßig, die Düsen müssen gereinigt werden.

Die erstarrte Schlacke ist glashart und spröde und hat normalerweise eine grüne Färbung. Ihre Zusammensetzung ist sehr verschieden, weil man in den seltensten Fällen ein vollständig gleichmäßiges Herunterschmelzen des Eisens und eine gleichmäßige Lagerung im Ofen erhält. Wenn der Eisenoxydulgehalt (FeO) 6 bis 8% nicht übersteigt, ist der Eisenabbrand normal, bei höheren Gehalten deutet schon die schwarze Färbung der Schlacke auf hohen Eisengehalt hin. Die Gesamtschlackenmenge ist zu berücksichtigen. Der Anteil an Tonerde (Al_2O_3) in der Schlacke soll 15 bis 20% nicht übersteigen. Die Tonerde stammt zum größten Teil aus dem Ofenfutter. Hohe Gehalte deuten also auf einen großen Abbrand des Ofenfutters hin.

Nachdem die Schlacke abgelassen ist, muß das Schlackenloch gut verstopft werden. Man stellt den Wind für kurze Zeit ab, um ein einwandfreies Schließen des Schlackenloches zu ermöglichen.

Den letzten Sätzen einer Kupolofenschmelze setzt man nicht mehr so viel Satzkoks zu. Der letzte Satz ist ein Eisensatz. Man läßt den Ofen heruntergehen. Es dauert dann noch $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{4}$ Stunde bis das letzte Eisen abgestochen ist. Beim Herunterbrennen des Ofens ist ein Nachwerfen von Eisen zu vermeiden, weil das Ofenfutter zu sehr beansprucht wird. Tropft vor den Düsen kein flüssiges Eisen mehr herunter,

* Siehe Jungbluth: Aufbau und Eigenschaften des Gußeisens.

ist die Schmelze beendet. Der Wind wird abgestellt, der Ofen gezogen. Beim Öffnen der Bodenklappe ist mit großer Vorsicht vorzugehen. Die Herdsohle, die in einer Stärke von 200 bis 250 mm ausgeführt wird, gibt allmählich dem Druck des darüber befindlichen Restkokes nach, der Ofen fällt, der glühende Koks wird abgelöscht.

Nach der Schmelze kann man den Ausbrand des Ofenfutters feststellen, denn oberhalb der Düsen brennt ein Teil des Futters weg (Abb. 13). Der größte Ausbrand ist 400 bis 500 mm über den Düsen in der Verbrennungszone. Die Stärke des Ausbrandes richtet sich nach der Güte des Ofenfutters, der Länge der Schmelzzeit, der Höhe der Temperatur des flüssigen Eisens, der Gattierung des Winddruckes und der Windmenge. Es kommen Ausbrände von 50 bis 100 mm nach einmaliger Schmelze vor.

Nach Beseitigung der Schlackenteile und Reinigung der Düsen wird der Ofen in der Schmelzzone ausgebessert. Die Schlackenglasur, die sich auf dem Futter bildet, darf unter keinen Umständen entfernt werden, da sie gegen hohe Temperaturen widerstandsfähiger ist, als das feuerfeste Material. Nur an den Stellen, wo eine Ausschmierung des Ofens stattfindet, muß die Glasur abgeschlagen und das Mauerwerk gut angefeuchtet werden, damit der feuerfeste Mörtel, der höchstens in einer Stärke von 4 bis 6 cm aufgetragen werden darf, mit dem Ofenfutter bindet. Bei stärkeren Auflagen platzt die Masse bei der nächsten Schmelze und bröckelt ab. Bei größeren Ausbränden verwendet man feuerfeste Platten in einer Stärke von 2 bis 2½ cm. Nachdem der Ofen sorgfältig ausgebessert ist, kann er zur neuen Schmelze angeheizt werden.

d) Störungen beim Kupolofenbetrieb.

Beim Kupolofenbetrieb können mancherlei Störungen vorkommen. Eine Erscheinung, die am häufigsten bei kleinen hohen Öfen auftritt, ist das Hängen der Sätze an der Gicht. Die Ursache des Hängens ist meistens darin zu suchen, daß das Einsatzmaterial zu sperrig ist. Nur 1 bis 1½ m unterhalb der Gichtbühne wird meistens ein Hängen des Einsatzgutes stattfinden, tiefer nicht mehr. Es ist daran zu erkennen, daß das gleichmäßige Rutschen der Gichtsätze aufhört. Man muß sogleich mit starken Eisenstangen die Gichtsäule durchstoßen. Die Arbeit ist sehr mühselig. Bei längerem Hängen muß für schnellen Wechsel der Bedienungsmannschaft gesorgt werden, evtl. ist der Wind abzustellen, damit man besser an die Gicht heran kann.

Beim Abstellen des Windes während des Betriebes ist darauf zu achten, daß ein Teil der Schauklappen am Windmantel geöffnet wird. Bleiben sie geschlossen, treten die Verbrennungsgase durch die Düsen in den Windmantel und können wegen ihres Kohlenoxydgehaltes leicht Explosionen hervorrufen.

Ein zu langes Abstellen des Windes kann auch ein Einfrieren des Abstichloches zur Folge haben, was allerdings bei gut gehenden Öfen niemals eintreten darf. Auch im Anfang einer Schmelze kann das Eisenabstichloch einfrieren, wenn das Anheizen und Anfeuern nicht sorgfältig durchgeführt wird, zumal wenn die Neigung, beim ersten Abstich mattes Eisen zu bekommen, durch die baulichen Verhältnisse des Ofens begünstigt wird. Das Einfrieren des Eisenabstichloches kann so stark sein, daß man es mit dem Sauerstoffbrenner öffnen muß.

Die Verschlackung der Düsen kann so weit fortschreiten, daß sich eine Schlackenbrücke bildet. Der Ofen wächst zu. Ein weiteres Schmelzen ist dann unmöglich. Die Neigung der Öfen, Schlackenbrücken zu bilden, kann nur dadurch beseitigt werden, daß die Düsenanordnung geändert wird.

Brennt die Herdsohle an der Bodenklappe durch, so kann man den Ofen noch einige Zeit in Betrieb halten, wenn man die Durchbruchstelle mit nassem Lehm abstopft. Beim Erglühen des Ofenmantels kann im Notfall der Wasserstrahl ein vollständiges Durchbrennen verhindern. Springt jedoch die Bodenplatte oder platzt der Ofenmantel, muß der Ofen abgestellt werden, weil ein weiteres Arbeiten zu gefährlich ist.

Beim Ziehen des Ofens muß man darauf achten, daß der Boden unter dem Ofen nicht naß ist, da sonst leicht Knallgasexplosionen entstehen können. Der Restkoks, der gleichzeitig noch flüssiges Eisen enthalten kann, geht mit großer Wucht nieder; es bildet sich durch Zersetzung des Wassers Knallgas⁶.

e) Die Überwachung des Kupolofenbetriebes.

Nicht allein die Abmessungen eines Kupolofens, sondern die Ofenbedienung und Überwachung der Ofenführung sind in erster Linie maßgebend für einen Kupolofengang. Es müssen zum mindesten die wesentlichsten Messungen vorgenommen werden, die allerdings heute noch an sehr vielen Kupolofenanlagen nicht durchgeführt werden. Eine Gattierungswaage, um die einzelnen Gattierungen und Anteile der verschiedenen Roheisensorten an der Gattierung abzuwiegen, ist bereits bei sehr vielen Anlagen vorhanden. Der aufgegebene Koks wird schon weniger gewogen, meistens nur gemessen. Man könnte darüber streiten, ob das Gewicht des Kokses maßgebender sei als das Maß, weil das Gewicht des Kokses durch aufgenommenes Regenwasser beeinflusst sein könnte. Indessen haben Versuche gezeigt, daß diese Wasseraufnahmefähigkeit des Kokses nicht so bedeutend ist, wenn der Koks im kalten Zustande mit dem Wasser in Berührung kommt. Das Wiegen des Kokses ist daher vorzuziehen. Für den Kalk genügt als Maß ein kleiner Blechkasten.

Die übrigen Messungen wurden bislang nur vereinzelt durchgeführt; nur die Bestimmung des Winddruckes hat weitere Verbreitung gefunden, da die Messung sehr einfach ist. Man schließt ein Glas-U-Rohr an die Windleitung oder den Windmantel an. Man kann dann den Winddruck in mm WS. ablesen (Abb. 14).

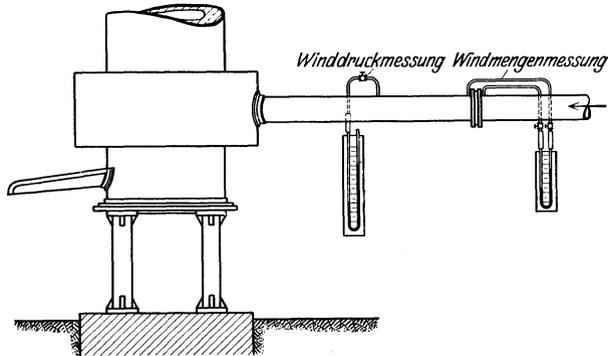


Abb. 14. Messung des Winddruckes und der Windmenge.

Die wichtigste Messung am Kuppelofen ist die Bestimmung der dem Ofen zugeführten Windmenge⁷. Auch heute trifft man

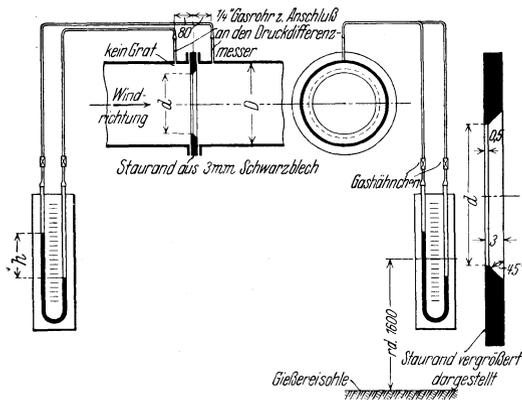


Abb. 15. Einbau eines Staurandes in die Windleitung.

Windmengenmesser nur selten an, obwohl die Windmenge mit einfachen Mitteln durch Einbau eines Staurandes (Abb. 15) bestimmt werden kann. Es ist darauf zu achten, daß die Anschlußstutzen so nahe wie möglich, nicht über 80 mm, am Staurand angebracht werden. Der beiderseitige Abstand muß gleich sein. Außerdem darf kein Grat in der Rohrleitung bleiben. Um einwandfreie Ergebnisse zu bekommen, ist es notwendig, daß der Staurand in ein gerades Rohrstück von ungefähr 2 m Länge eingebaut wird. Am besten und leichtesten erfolgt der Einbau zwischen zwei Flanschen. Bieten die Rohrleitungsverhältnisse keine andere Möglichkeit, kann der Staurand auch vor einem Krümmer angebracht werden, allerdings ist die Messung dann ungenau. In und hinter einem Krümmer einen Staurand einzubauen ist vollkommen

zwecklos, da hier Wirbelungen herrschen, die eine Messung in Frage stellen. Beide Anschlußstutzen der Stauscheibe werden mit einem U-Rohr verbunden, so daß die Druckdifferenz, also die Differenz der Drücke vor und hinter dem Staurand, angezeigt wird.

Die durchströmende Windmenge errechnet sich nach der Gleichung

$$V_x \text{ m}^3/\text{sec} = \frac{\pi d^2}{4} \cdot k \sqrt{\frac{2g}{\gamma_x} \cdot h}; \quad (1)$$

hierin bedeuten:

d = Durchmesser des Staurandes in m,

k = Durchflußkoeffizient,

g = Erdbeschleunigung = $9,81 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$,

h = abgelesene Druckdifferenz in mm WS,

γ_x = spezifisches Gewicht der Luft an der Meßstelle in kg/m^3 .

Das spezifische Gewicht der Luft an der Meßstelle (γ_x) ist nach der bekannten Beziehung:

$$\begin{aligned} \frac{\gamma_x}{\gamma} &= \frac{p_x}{p} \cdot \frac{T}{T_x}, \\ \gamma_x &= \frac{\gamma \cdot p_x \cdot T}{p_1 \cdot T_x}; \end{aligned} \quad (2)$$

hierin ist:

γ = das spezifische Gewicht der Luft bei 0°C und $760 \text{ mm Hg} = 1,293 \text{ kg}/\text{m}^3$,

p_x = der absolute Druck an der Meßstelle in mm Hg,

p = der atm. Druck = 760 mm Hg ,

T = die absolute Temperatur = 273°C ,

T_x = die absolute Temperatur an der Meßstelle in $^\circ \text{C}$.

Bei einem Rohrleitungsdurchmesser von $D = 300 \text{ mm}$ berechnet sich die Windmenge unter Zugrundelegung folgender Werte:

Stauranddurchmesser $d = 0,24 \text{ m}$

$$\frac{d}{D} = \sqrt{m} = 0,8,$$

Durchflußkoeffizient $k = 0,79$ bei $\sqrt{m} = 0,8$ (Abb. 16).

Durch Messung wurde festgestellt:

Druckdifferenz $h = 70 \text{ mm WS}$,

Überdruck in der Windleitung an der Meßstelle =

$$680 \text{ mm WS} = \frac{680}{13,6} = 50 \text{ mm Hg},$$

Barometerstand = 740 mm Hg

$$p_x = 740 + 50 = 790 \text{ mm Hg},$$

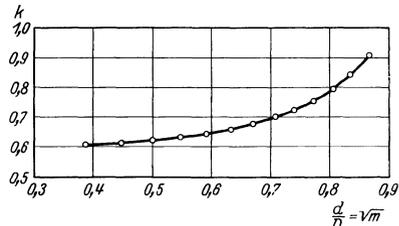


Abb. 16. Abhängigkeit des Durchflußkoeffizienten k vom Durchmesserverhältnis $\frac{d}{D}$.

Temperatur der Luft an der Meßstelle 30°C

$$T_x = 273^{\circ} + 30^{\circ} = 303^{\circ}\text{C}.$$

Bei diesen Verhältnissen errechnet sich das spezifische Gewicht der Luft nach Gl. (2) mit $\gamma_x = 1,21\text{ kg/m}^3$.

Die sekundliche Windmenge ist dann nach Gl. (1):

$$V_x = 0,045 \cdot 0,79 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 9,81}{1,21} \cdot 70}$$

$$V_x = 1,2\text{ m}^3/\text{sec} \text{ oder } 72\text{ m}^3/\text{min}.$$

Umrechnung der Windmenge auf 0°C und 760 mm Hg nach der Beziehung:

$$\frac{V}{V_x} = \frac{\gamma_x}{\gamma}; \quad V = \frac{V_x \cdot \gamma_x}{\gamma} \quad (3)$$

$$V = \frac{1,2 \cdot 1,21}{1,293}$$

$$V = 1,12\text{ m}^3/\text{sec}$$

oder

$$67,2\text{ m}^3/\text{min}.$$

Für Betriebsverhältnisse genügt die Annahme des spezifischen Gewichtes der Luft als Mittelwert, so daß sich leicht eine Umrechnungsskala für die Druckdifferenz auf die Windmenge aufstellen läßt.

Durch den Einbau eines Staurandes entsteht nur ein geringer Druckverlust, der sich aber dann bemerkbar macht, wenn das Gebläse schon an der Grenze der Leistungsfähigkeit ist. Je kleiner der lichte

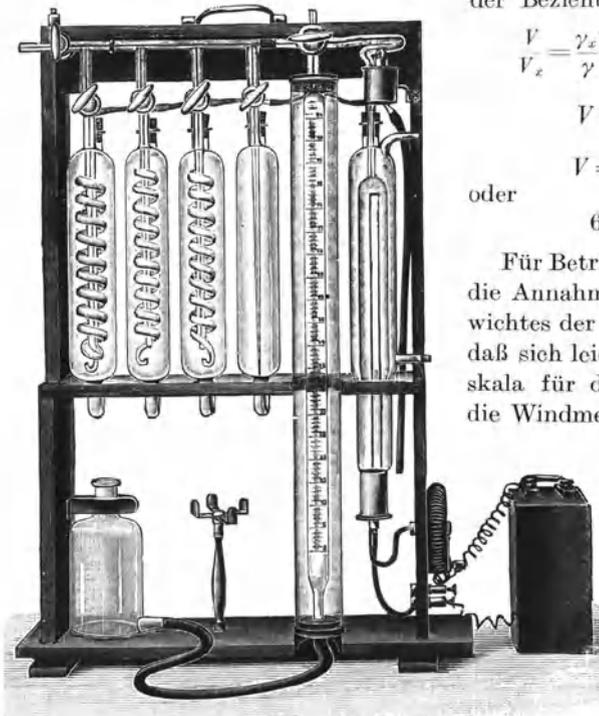


Abb. 17. Orsat-Apparat zur Untersuchung der Gichtgase nach Cornelius Heinz.

Durchmesser eines Staurandes ist, desto größere Druckdifferenzen erhält man bei derselben Windleitung. Die Ablesung ist also genauer. Man soll aber nur selten unter einen Stauranddurchmesser von $0,7 D$ gehen.

Es gibt noch eine ganze Reihe anderer Einrichtungen, um die Windmengen zu bestimmen, z. B. Staudüse, Pitotrohr und Venturimeter. Sie kommen zum Teil für den Kupolofenbetrieb nicht in Frage,

weil sie zu kompliziert sind, z. T. aber auch deshalb nicht, weil schon nach einiger Betriebszeit eine einwandfreie Messung wegen Verschmutzung nicht mehr möglich ist.

Die Windmenge kann ebenso wie der Winddruck durch selbstregistrierende Apparate angezeigt werden. Diese haben den Vorteil, daß der Betriebsleiter auch noch nach der Schmelze an Hand der Diagramme feststellen kann, ob der Kupolofen störungsfrei gelaufen ist.

In den Abgasen der Kupolöfen, den sogenannten Gichtgasen, befinden sich Kohlensäure (CO_2), Kohlenoxyd (CO), Sauerstoff (O_2) und Stickstoff (N). Wasserstoffgehalte (H_2), die der Koksfeuchtigkeit entstammen, treten in ganz geringem Maße auf. Sie werden daher meistens nicht bestimmt. An verschiedene Kupolöfen wurden mit dem Orsat-Apparat die in Tabelle 3 angegebenen Gehalte in den Gichtgasen festgestellt²:

Tabelle 3.

CO_2	CO	O_2
14,0	11,1	0,3
11,2	17,5	0,3
9,6	19,6	0,2
13,8	11,6	0,0
16,0	7,6	0,0
13,6	11,4	0,2
15,0	10,0	0,2
14,0	12,0	0,0
14,0	11,4	0,2
11,8	15,0	0,2

Der Sauerstoffgehalt ist sehr niedrig. Er übersteigt nicht einmal 1%. Findet man höhere Gehalte, so ist dies meistens auf nicht sorgfältig ausgeführte Probenahmen zurückzuführen. Das Gas enthält dann bestimmt Sekundärluft. Das Probenahmerohr muß ungefähr 10 bis 20 cm in das Gichtgut hineingebracht werden. Bei stationären Anlagen ist das Probenahmerohr ungefähr 1 m unter Gichtbühne, also 0,5 m unter normaler Höhe des Einsatzes, anzubringen, um zu vermeiden, daß in den Fällen, wo die Gicht etwas herunterbrennt, Sekundärluft angesaugt wird. Das Probenahmerohr soll wassergekühlt sein.

Der Wert einer Gichtgasuntersuchung wird durch den Nachteil vermindert, daß man durch die Anordnung der Probenahme nur einen Teil des Gichtgases untersuchen kann. Man erhält Zufallswerte, die keinen Schluß auf die Zusammensetzung des Gichtgases über den ganzen Ofenquerschnitt zulassen.

Die Analyse der Gichtgase wurde früher vielfach mit dem Orsat-Apparat ausgeführt (Abb. 17). Die Gase werden nacheinander durch verschiedene Gefäße geleitet und durchwandern die Absorptionsflüssigkeit. Es findet also keine Oberflächenabsorption statt. Das Ge-



Abb. 18. Selbstregistrierender Gichtgasprüfer „Duplex-Mono K“.

fäß *I* enthält Kalilauge zur Bestimmung der Kohlensäure (CO_2), das Gefäß *II* alkalische Pyrogallol-lösung für den Sauerstoff (O_2), die Gefäße *III* und *IV* ammoniakalische Kupferechlorür-lösungen für das Kohlenoxyd (CO). Bei den Gefäßen *I* und *II* genügt eine einmalige Durchspülung des Gases, bei *III* und *IV* muß das Gichtgas 2- oder 3 mal durchgeführt werden. Im Gefäß *V* wird durch Verbrennen der Wasserstoffgehalt bestimmt.

Neuerdings hat man auch registrierende Apparate für die Gichtgasuntersuchung gebaut (Abb. 18 und 19). Ihr Meßbereich soll mindestens von 0 bis 40% sein.

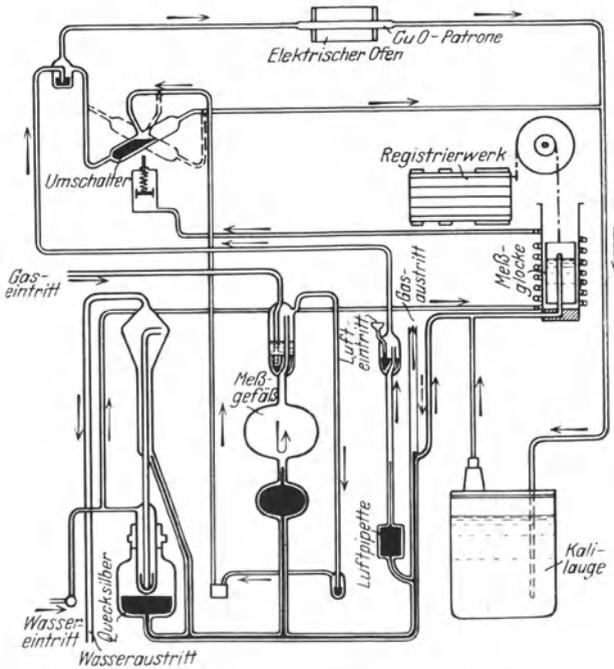


Abb. 19. Schematische Darstellung der Wirkungsweise des „Duplex-Mono K“.

Beim Mono-Dupler-K-Apparat werden einmal die CO_2 - und weiter die $\text{CO}_2 + (\text{CO} + \text{H}_2)$ -Gehalte in einem Diagramm angezeigt⁸. Das Ansaugen erfolgt kontinuierlich. Die gefundenen Werte bedeuten also keine Zufallserscheinungen. Der Apparat wird noch größere Bedeutung erlangen, wenn erst erkannt ist, daß die Zusammensetzung der Gichtgase zum erheblichen Teil von der Qualität des Kokes abhängt.

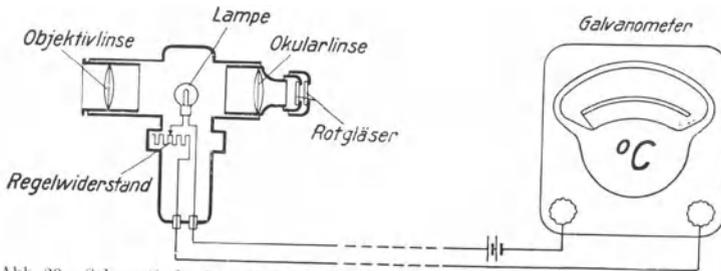


Abb. 20. Schematische Darstellung des Holborn-Kurlbaum-Pyrometers nach Siemens.

Bei gut gehenden Öfen mit einer richtig bemessenen nutzbaren Höhe soll die Temperatur der Abgase nur 100 bis 200 °C betragen. Die Temperaturen sind mit einem Präzisionsquecksilberthermometer

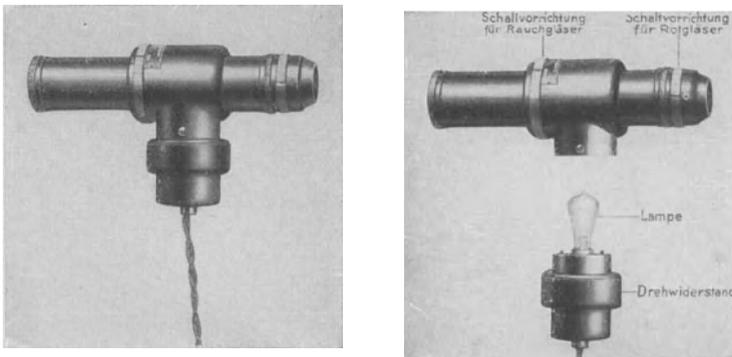


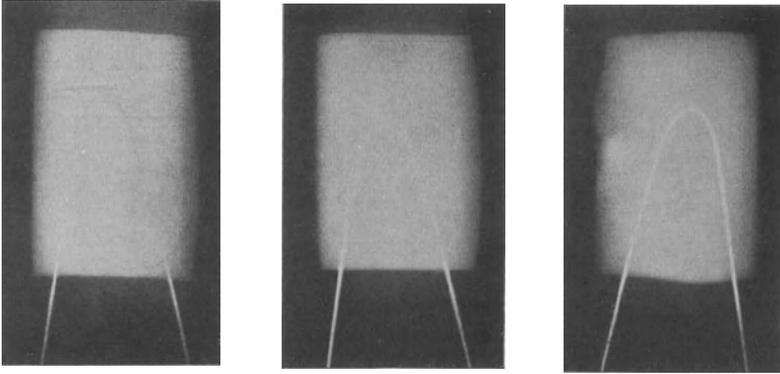
Abb. 21. Außenansicht des Glühfaden-Pyrometers (S. & H.).

mit einem Meßbereich bis 360 °C festzustellen. Bei sehr niedrigen Öfen mit hohen Temperaturen muß ein Thermoelement verwendet werden.

Die Temperaturen des flüssigen Eisens werden entweder mit optischen oder mit Gesamtstrahlungs-Pyrometern gemessen⁹. Andere Meßmethoden kommen vorläufig noch nicht in Betracht. Eintauch-Pyrometer, die bei Metallschmelzen vielfach verwendet werden, kommen für den Eisengießereibetrieb nicht in Frage, da der Eintauchkolben bei diesen hohen Temperaturen keine lange Betriebsdauer hat.

Bei einem optischen Pyrometer (Abb. 20, 21 und 22) beruht die Messung darauf, daß der Glühfaden einer Birne durch den elek-

trischen Strom auf dieselbe Helligkeit gebracht wird wie das zu messende Metall. Die Stromstärke dient als Vergleich für die Temperatur. Geringe Schwankungen der Spannung haben keinen Einfluß auf die



a) Fadentemperatur zu tief. b) Fadentemperatur richtig. c) Fadentemperatur zu hoch.

Abb. 22. Einstellbilder des Glühfaden-Pyrometers (S. & H.).

Genauigkeit der Messung. Das Instrument ist auf Grund des vollständig schwarzen Körpers im vollständig schwarzen Raum geeicht,

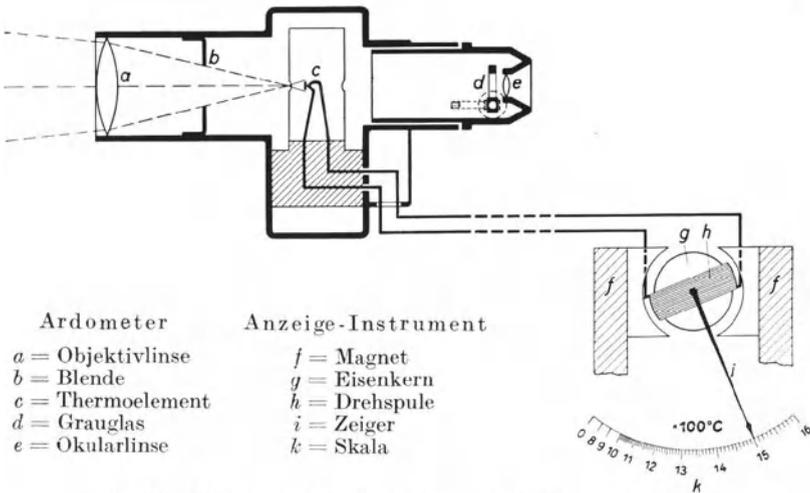


Abb. 23. Schematische Darstellung des „Ardometers“ nach Siemens.

also auf Verhältnisse, die im praktischen Betrieb nicht zutreffen. Es muß daher je nach dem zu messenden Metall ein Korrekturzuschlag gemacht werden. Die abgelesenen Werte schwanken für das flüssige Eisen von 1300 bis 1400° C. Der Korrekturkoeffizient¹⁰ liegt für das blanke Eisenbad für diese Werte zwischen 60 und 70° C. Man mißt zweckmäßig den auslaufenden Strahl zwischen Abstichrinne und Pfanne.

Beim Gesamtstrahlungs-pyrometer (Abb. 23, 24 und 25) werden die Wärmestrahlen des zu messenden Körpers von einer

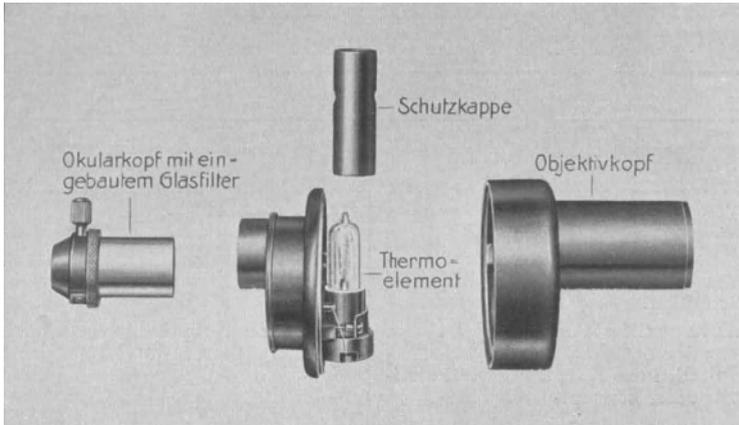


Abb. 24. Außenansicht des „Ardometers“ (S. & H.).

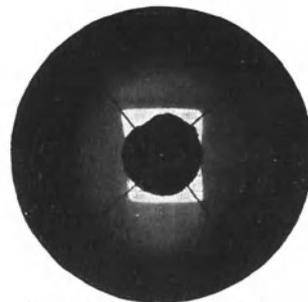
Objektivlinse gesammelt und auf ein geschwärztes Platinblättchen geworfen. Statt der Lampe des optischen Pyrometers ist ein Thermoelement angebracht. Es gelten also dieselben Gesetze wie bei den Thermoelementen. Die Entfernung des Strahlungskörpers von der Objektivlinse ist wesentlich. Der auslaufende Strahl kann nicht anvisiert werden, weil er meistens zu schwach ist. Man muß eine größere Fläche haben und mißt daher



a) Falsche Einstellung.



b) Richtige Einstellung.



c) Strahlungsfläche zu klein.

Abb. 25. Einstellungen des „Ardometers“ (S. & H.).

zweckmäßig in der Pfanne. Es ist aber darauf zu achten, daß die Oxydhaut entfernt wird, da man sonst zu niedrige Werte erhält.

Optische und Gesamtstrahlungs-pyrometer haben Vor- und Nachteile, wie sie in Tabelle 4 angegeben werden. Bei der Handhabung der Instrumente ist hierauf Rücksicht zu nehmen¹¹.

Tabelle 4. Optische oder Glühfadenpyrometer.

Vorteile.	Nachteile.
<p>1. Die erforderlichen Korrekturen bei Strahlung nicht schwarzer Körper sind verhältnismäßig klein und — wenn auch nicht zufriedenstellend — bekannt.</p> <p>2. Sie gestatten die Messung der Temperatur kleinerer Flächen, z. B. von Glühstrahlen.</p> <p>3. Der anvisierte Körper bleibt dem Beobachter sichtbar, so daß verschiedene Stellen des Körpers bewußt anvisiert werden können.</p> <p>4. Die Messung wird nicht durch heiße oder kalte Feuergase beeinträchtigt, soweit sie vollständig durchsichtig sind und nicht selbst in nennenswertem Maße leuchten.</p>	<p>1. Sie können bisher die Temperatur nicht selbsttätig aufzeichnen, sondern verlangen zu jeder Messung Einstellung durch Beobachter.</p> <p>2. Die Meßergebnisse unterliegen gewissen subjektiven Einstellungsfehlern.</p> <p>3. Sie sind empfindlich gegen Fremdstrahlung (Sonnen- und Tageslicht).</p> <p>4. Rauch im Strahlengang und Staub auf den Linsen führen zu Fehlmessungen.</p>

Gesamtstrahlungs-pyrometer.

Vorteile.	Nachteile.
<p>1. Sie können aufzeichnend gebaut werden.</p> <p>2. Sie unterliegen keinen subjektiven Einstellungsfehlern.</p> <p>3. Sie sind viel weniger empfindlich gegen von der Sonne herrührende Fremdstrahlen.</p>	<p>1. Die erforderlichen Korrekturen bei nicht schwarzen Körpern sind groß und meistens nicht bekannt. Vergleichsmessungen unter denselben Bedingungen sind möglich.</p> <p>2. Die zu messende Fläche muß eine erhebliche Ausdehnung besitzen, bzw. muß man mit dem Pyrometer nahe herangehen.</p> <p>3. Heiße oder kalte Feuergase im Strahlengang können selbst bei völliger Durchsichtigkeit die Anzeige fälschen.</p>

Außer dem optischen Pyrometer von „Holborn & Kurlbaum“, gebaut von Siemens & Halske, gibt es noch eine Reihe weiterer Instrumente, z. B. „Pyropto“ von Hartmann & Braun und das „Optix“ von Hase als Ersatz für das Wanner-Pyrometer. Von den Gesamtstrahlungs-pyrometern sind das „Ardometer“ von Siemens & Halske und das „Pyro“ die bekanntesten.

Zur Überwachung der Gebläseleistung und seines Stromverbrauchs ist die Anbringung eines Ampèremeters und Voltmessers zu empfehlen.

f) Kupolofen-Bauarten.

Das Schmelzen im Schachtofen läßt sich in seinen Anfängen bis zur Mitte des 15. Jahrhunderts zurückführen. Die ersten Öfen waren nur niedrig. Sie erreichten kaum eine Höhe von 1 m. Zum Schmelzen wurden feste Brennstoffe (Holzkohle) verwendet. Die Zuführung der Luft geschah durch einen Blasebalg, der von Hand in Tätigkeit gesetzt wurde. Als Einsatz wurden Erze verwendet; das fertige Gußstück war also ein Produkt erster Schmelze. Schon um die Mitte des 16. Jahrhunderts machte man je nach dem Einsatz einen Unterschied zwischen erster Schmelze (Erzschmelze) und zweiter Schmelze (Roheisenschmelze). Die Öfen wurden um diese Zeit transportabel gebaut. Das erschmolzene Eisen wurde nach beendeter Schmelze von dem Ofen sofort in die Formen gegossen. Diese Öfen sind die ältesten Vorläufer unserer heutigen Kupolöfen.

Im 17. bis 18. Jahrhundert hat der Schachtofen keine wesentliche Entwicklung durchgemacht. Auch als um 1800 die Holzkohle durch Koks als Brennstoff ersetzt wurde, traten keine grundlegenden Änderungen ein. Zwar wurden um diese Zeit die Blasebälge nicht mehr von Hand betrieben, man nutzte die Wasser- oder Pferdekraft aus (Abb. 26). Außerdem wurden die Öfen z. T. feststehend gebaut mit einem Abstichloch am Herdboden des Ofens. Der Koksverbrauch bei den Öfen dieser Zeit betrug im allgemeinen noch 35 bis 45%. Die Öfen arbeiteten also sehr unwirtschaftlich, was bei ihrer geringen Höhe leicht zu erklären ist.

Erst durch die weitere Entwicklung der Technik, vornehmlich durch die Erfindung der Dampfmaschine, machte

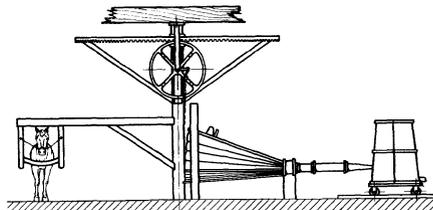


Abb. 26. Mechanischer Antrieb durch Göpelwerk (Geiger, Handbuch II, 1916).

auch der Kupolofen eine weitere Entwicklung durch und nahm die Form an, wie wir sie heute noch haben. Durch die Dampfmaschinen wurde man unabhängig von der Wasserkraft. Außerdem gelang es durch die Vervollkommnung der Maschinen, dem Ofen mehr Wind zuzuführen. Durch die Erhöhung der Windmenge leisteten die Öfen erheblich mehr als früher. Anfangs konnte man die erhöhte Schmelzleistung nicht recht ausnutzen, weil die Formtechnik nicht so schnell vorgeschritten war. Man baute daher Öfen mit mehreren Düsenreihen übereinander und setzte diese Düsenreihen von der Herdsohle angefangen nacheinander in Betrieb, bis der Ofen ein weiteres Ansammeln des Eisens nicht mehr zuließ (Abb. 27). Das Schließen der Düsen geschah durch Lehmpropfen. Um 1850 und auch noch

später waren derartige Öfen in Betrieb. Man erkannte aber bald die Unwirtschaftlichkeit dieses Verfahrens und baute bereits in den 60er Jahren des vorigen Jahrhunderts Kupolöfen mit Vorherd zum Eisensammeln. Die meisten Öfen der damaligen Zeit erhielten zudem eine Einschnürung des Ofenschachtes in der Verbrennungszone (Abb. 28). Öfen mit Windvorwärmung waren um diese Zeit bereits in Betrieb.

Die Hauptunterschiede der damaligen Öfen bestanden in der Ausbildung der Düsenenebene und der Windzufuhr. Um eine gleichmäßige

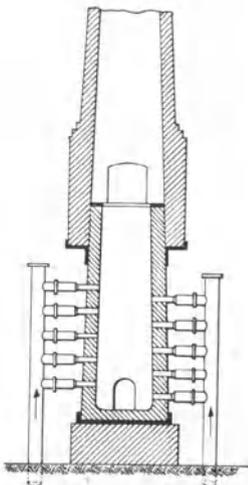


Abb. 27. Ofen mit mehreren Düsenreihen (Geiger, Handbuch II).

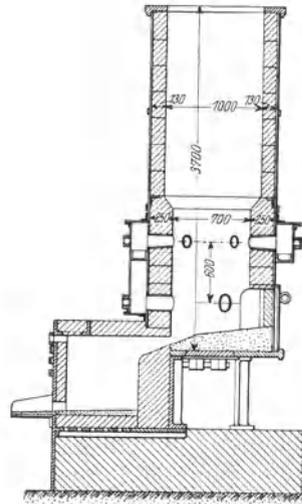


Abb. 28. Ofen mit Einschnürung des Schachtes und Vorherd als Eisensammler. (Geiger, Handbuch II).

Windverteilung zu erhalten, baute man zu Ende des vorigen Jahrhunderts Öfen mit Bodenmitteldüse (Abb. 29). Sie haben sich nicht durchsetzen können, weil es schwierig war, die Öfen nach der Schmelze zu entleeren. Ebenso sind die Saugkupolöfen (Abb. 30) heute wieder verschwunden. Sie waren von den 60er Jahren bis Ende des vorigen Jahrhunderts in Betrieb. Bei diesen Öfen wurde ein Teil des Gebläsewindes durch künstlichen Zug an der Gicht ersetzt.

Die Anzahl und Form der Düsen sind bei jeder kupulofenbauenden Firma verschieden. Es können daher nur einige Sonderheiten in der Konstruktion erwähnt werden. Abb. 31 zeigt einen Krigar- & Ihssen-Ofen, wie er heute noch in Betrieb ist. Das äußere Merkmal dieser Öfen ist der unterteilte Windmantel. Die Düsen selbst sitzen in großen viereckigen Kästen, die durch einen Windkanal verbunden

sind. Der Wind wird durch schmale Kanäle von einer Größe der geöffneten Düsen von ungefähr 9,5% vom Ofenquerschnitt zugeführt. Die Düsen selbst sind groß und rechteckig mit einem Betriebsquerschnitt von 33%. Sie liegen nicht in derselben Höhe, sondern sind um ca. 200 bis 300 mm von Mitte zu Mitte Düse versetzt. Jede Düse ist einzeln umstellbar. In Betrieb ist immer nur die Hälfte der Düsen, während die andere durch einen Schieber geschlossen ist. Das Abstellen der Düsen hat den Zweck, ein frühzeitiges Verschlacken zu vermeiden, denn bei den geschlossenen Düsen schmilzt die etwa angesetzte Schlacke

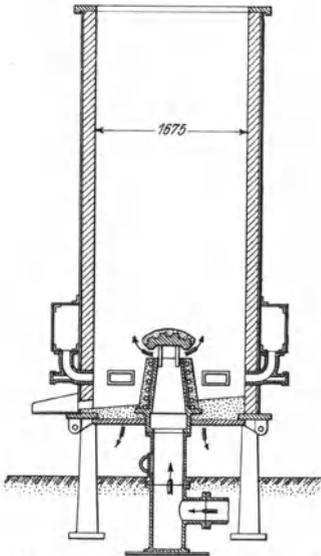


Abb. 29. Ofen mit Bodennitteldüse
(Geiger, Handbuch II).

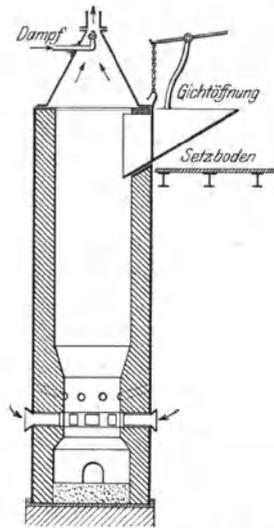


Abb. 30. Saugkupofofen
(Geiger, Handbuch II).

wieder fort, so daß man durch zeitweiliges Umstellen immer freie Düsen erhält. Nachteile des Ofens sind die zu geringe Düsenanzahl und die zu großen Düsenquerschnitte für die einzelnen Düsen, wodurch keine gleichmäßige Verteilung des Windes auf den Ofenquerschnitt erreicht wird.

Dem Krigar-&Ihssen-Ofen ist der Bestenbostel-Kupolofofen (Abb. 32) in der Düsenanordnung ähnlich. Auch hier wird der Wind durch schmale Kanäle eingeführt. Die Anzahl der Düsen ist allerdings größer. Der Gesamtquerschnitt der geöffneten Düsen beträgt ungefähr 25 bis 30% vom Ofenquerschnitt in der Verbrennungszone. Die Düsen sind rechteckig. Der Höhenunterschied der beiden Düsenreihen beträgt nur 200 mm. Gegenüber dem Krigar-&Ihssen-Ofen besteht ein Unterschied darin, daß die Hälfte der Düsen zwangsläufig durch eine Klappe in der Windleitung gemeinsam umgestellt wird. Gleichzeitig

liegt in dieser Anordnung der Nachteil des Ofens; denn durch die Umstellung werden einmal die unteren und das andere Mal die oberen Düsen

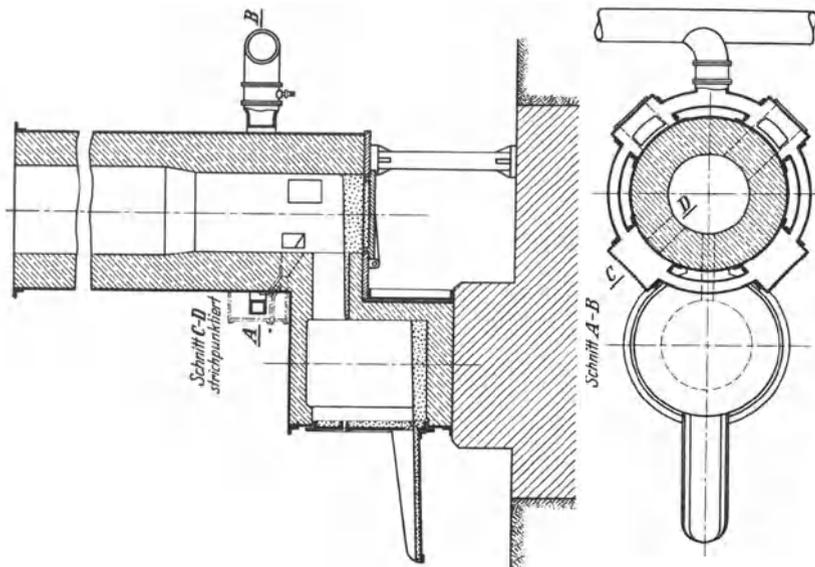


Abb. 31. Ofen nach Krigar u. Inssen.

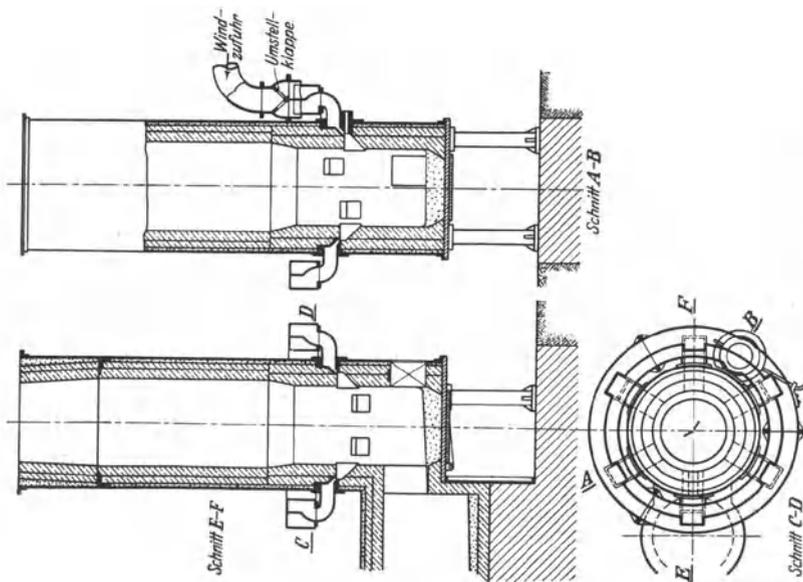


Abb. 32. Ofen nach Bestenbostel.

geöffnet. Dadurch wird die Verbrennungszone dauernd verschoben, was einen ungleichmäßigen Schmelzgang bewirkt.

Erst in neuerer Zeit wurden verschiedene Konstruktionen herausgebracht, angeregt durch die Versuche, die Schürmann auf dem Gebiete des Kupolofenbetriebes angestellt hatte. Es ist ein großes Verdienst von Schürmann, daß er wertvolle Anregungen gegeben und

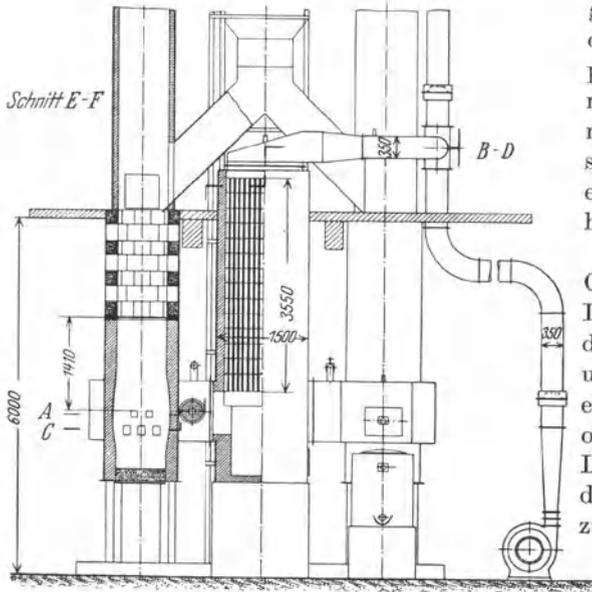


Abb. 33. Schürmann-Ofen nach Schmid.

gezeigt hat, daß auf dem Gebiete des Kupolofenbaues Verbesserungen möglich und notwendig sind. Er selbst brachte eine eigene Konstruktion heraus, den sogenannten Schürmann-Ofen (Abb. 33 und 34). Die Wirkungsweise¹² des Schürmannofens unterscheidet sich von einem normalen Kupolofen dadurch, daß die Luft vorgewärmt durch die Abgase dem Ofen zugeführt wird. Neben

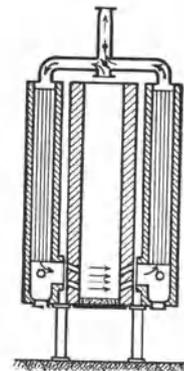
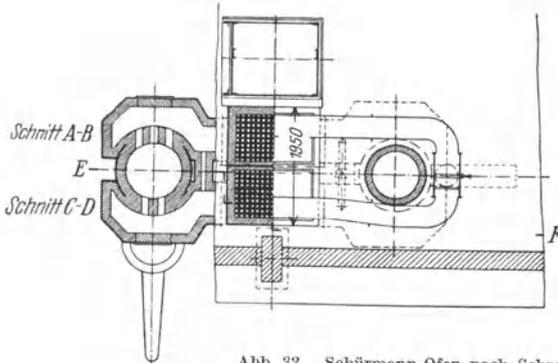


Abb. 34. Wirkungsweise eines Schürmann-Ofens.

dem eigentlichen Kupolofen ist daher noch ein besonderer Windvorwärmer notwendig. Bei einer Anlage mit mehreren Öfen kann die Anzahl durch entsprechende Schaltung vermindert werden, da man die Windvorwärmer an verschiedene Öfen anschließen kann. Nur ein Teil der eingeführten Luft entweicht wie beim Kupolofen an der Gicht, während der andere Teil durch die dem Eintritt gegenüberliegende

Seite in den Vorwärmer gedrückt wird. Nach etwa 10 Minuten wird die Stromrichtung umgestellt¹³.

Von der Gießerei-Beratungs-G. m. b. H. wurde eine Sonderkonstruktion ausgearbeitet (Abb. 35). Der Ofen wird mit zwei Düsenreihen betrieben; eine besondere Umstellvorrichtung ermöglicht es, daß man jede beliebige Anzahl der Düsen schließen und öffnen kann, wenn die Seilführung entsprechend eingestellt wird. Man bezweckt dadurch, mit diesem Ofen hohe Temperaturen des flüssigen Eisens zu erzielen und ein Verschlacken der Düsen zu vermeiden, so daß es auch bei Öfen mit kleinen Durchmessern möglich wird, sie für längere Schmelzdauern zu betreiben, ohne daß die Gefahr besteht, daß der Ofen durch Schlackenbrücken in der Düsenebene zuwächst. Außerdem erreicht man bei stets freien Düsen gleichmäßige Temperaturen von Anfang bis Ende der Schmelze¹³.

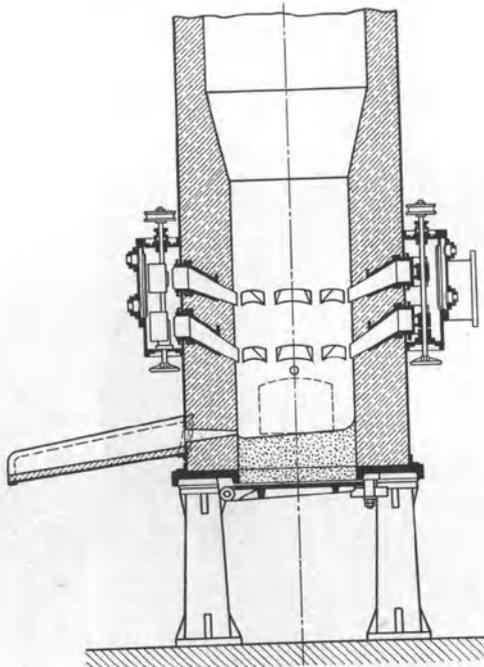


Abb. 35. Ofen nach Angaben der Gießerei-Beratungs-G. m. b. H.

Der Poumay-Ofen (Abb. 36) beruht auf dem Prinzip der stufenweisen Verbrennung, wie dies Greiner und Erpf 1885 mit ihren Kupolofenkonstruktionen bereits versucht haben¹⁴. Die Öfen

schmolzen mit 7 bis 8% Satzkoks; trotzdem haben sie sich nicht behaupten können, weil die Abbrände an Si und Mn bei diesen Öfen sehr groß waren. Beim Poumay-Ofen liegen die Verhältnisse ähnlich¹³. Er arbeitet mit zwei Düsenreihen in einem Abstand von ungefähr 160 mm. Die unteren Düsen werden radial mit einem Düsenquerschnitt von ca. 9,5% des Ofenquerschnittes eingeführt, die oberen Düsen radial mit einer tangentialen Abzweigung. Der Querschnitt der radialen oberen Düsen beträgt ungefähr 3%, der tangentialen Abzweigung ungefähr 4% des Ofenquerschnittes. Die unteren Düsen sind gegenüber den oberen versetzt. Die Sekundärluftzuführung erfolgt durch 1½''-Gasrohre. Der gesamte Querschnitt dieser Gasrohre beträgt ungefähr 2,8 bis 3%. Die

Tabelle 5.

	1. Schlacke	2. Schlacke	3. Schlacke
	%	%	%
Kieselsäure SiO_2	43,68	47,04	51,12
Tonerde Al_2O_3	8,64	9,18	9,69
Eisenoxydul FeO	23,71	17,30	12,83
Manganoxydul MnO	2,29	2,16	2,14
Kalziumoxyd CaO	20,70	23,40	23,25
Magnesiumoxyd MgO	0,79	0,63	0,71
darin Eisen Fe	18,43	13,44	9,97

niedrigste Windpfeife mündet ungefähr 80 cm bis 1 m über dem Windmantel, die höchste 2,7 bis 3 m je nach Ofenhöhe. Sie sind in 2 bis 3 Gruppen in Form einer Schraubenlinie angebracht und einzeln abstell- und regulierbar. Neuerdings werden auch Öfen mit einem zweiten Windring gebaut, bei denen die Sekundärluftzuführung durch einfache Klappen zu Anfang und Ende der Schmelze ganz abgestellt wird. Bei diesen Öfen haben verschiedene Versuche gezeigt, daß der Ofengang mit und ohne Sekundärluftzuführung vollständig gleich war. Schlackenanalysen hatten das aus Tabelle 5 ersichtliche Ergebnis. Die Analysen lassen erkennen, daß der Eisengehalt groß ist, d. h. die Abbrände im Ofen waren bei diesen Schmelzen übernormal. Über die Erzielung der Höchsttemperaturen des flüssigen Eisens besteht noch keine Klarheit, zumal das Hauptbestreben dahin ging, an Koks zu sparen¹⁵.

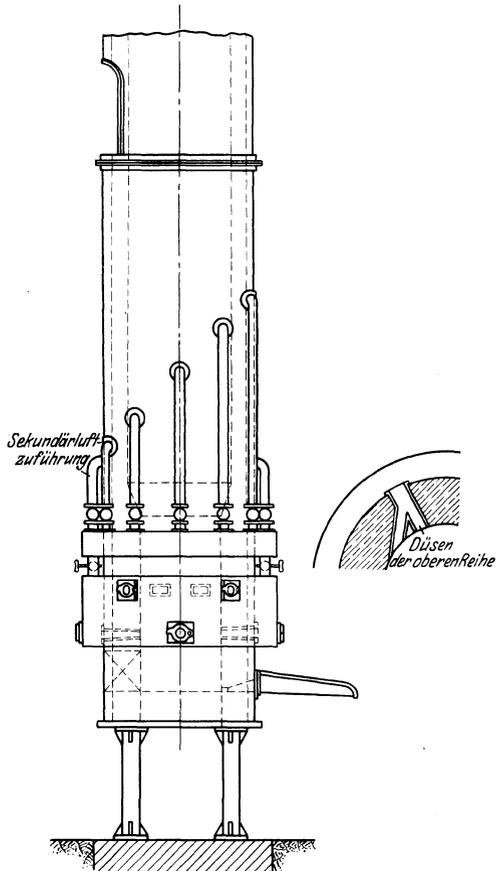


Abb. 36. Poumay-Ofen.

Beim Wassereinspritzverfahren der Vulcan-Feuerungs A.-G. (Abb. 37) wird das Wasser durch eine Verteiler-Düse fein zerstäubt und

mit dem Wind durch die Düsen in den Ofen geblasen¹⁶. Die Zerstäubung muß intensiv erfolgen, denn ein geringer Wasserstrahl würde schon eine Löschung des Kokes zur Folge haben und den Ofengang ungünstig beeinflussen. Das Verfahren wird unabhängig von den vorhandenen Düsen angebracht, d. h. eine Änderung der Düsen ist mit der Einführung

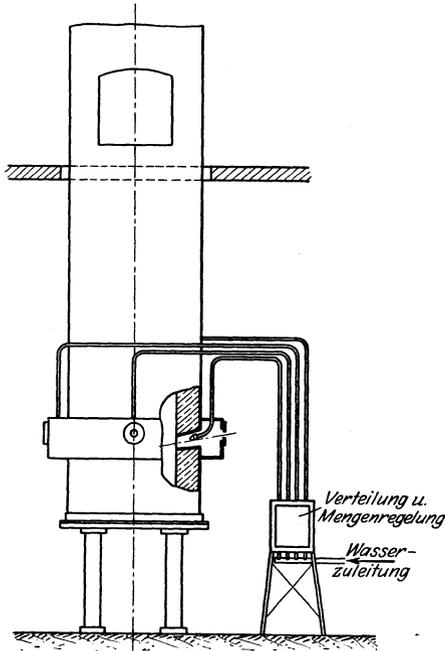


Abb. 37. Wassereinspritzverfahren der Vulcan-Feuerungs A.-G.

des Verfahrens nicht verbunden. Die Wassermenge ist nur sehr gering, so daß die Zuführungsleitung an eine Wasserleitung angeschlossen werden kann¹³. Die Verteilung erfolgt durch einen besonderen Apparat. Schwankungen in der Wasserleitung dürfen nicht stattfinden.

Von der Vulcan-Feuerungs A.-G. wurden für einen Ofen von 800 mm Durchmesser in der Schmelzzone die in Tabelle 6 zusammengestellten Versuchsergebnisse bekannt gegeben. Wärmewirtschaftlich sind beim Wassereinspritzverfahren keine Vorteile denkbar, denn das eingeführte Wasser wird zunächst dissoziiert. Dieser Vorgang ist endotherm, also wärmeverbrauchend. Ein Teil dieser

Wärme wird allerdings durch die nachherige Verbrennung des Wasserstoffes zurückgewonnen. Der Gesamtvorgang bietet aber wärmewirtschaftlich keinen Vorteil.

Tabelle 6.

	Ohne Wasserzuführungsverfahren	Mit Wasserzuführungsverfahren
Füllkoksverbrauch	ca. 500 kg	ca. 500 kg
Satzkoksverbrauch	17%	8,5—9%
Stündliche Schmelzleistung	3—4 t	ca. 15% höher
Tägliche Schmelzdauer	6 Stunden	6 Stunden
Minutlich zugeführte Windmenge	120 m ³	80—85 m ³
Abgelesene Temperatur des flüssigen Eisens, gemessen mit dem optischen Pyrometer von Holborn und Kurlbaum	ca. 1325 ⁰ C	ca. 1345 ⁰ C

Von den Herstellern der Öfen wird ein günstiger Einfluß der Wassereinspritzung durch katalytische Wirkung erklärt, um in der Schmelzzone höhere Temperaturen zu bekommen¹⁷. Gleichzeitig soll der Koksatz erniedrigt werden.

Poumay-Öfen wie Wassereinspritzverfahren sind noch nicht lange Zeit im Betrieb. Der Meinungsstreit über die Vor- und Nachteile dieser Öfen geht noch weiter. Er kann erst endgültig entschieden werden, wenn noch weitere Versuchsergebnisse vorliegen.

Ähnlich wie beim Wassereinspritzverfahren ist die Einrichtung der Kupolöfen mit Ölzusatzfeuerung (Abb. 38). Das Prinzip ist genau dasselbe. Auch hier werden Zerstäuberdüsen angebracht, um eine gute Verteilung des Öls zu bekommen. Die Versuche mit diesen Öfen gehen auf die 80er Jahre zurück. Vornehmlich in Amerika wurde dieser Ofen weiter ausgebildet, um die Billigkeit des Brennstoffes auszunutzen. Auch in Deutschland sind in den letzten Jahren verschiedene neue Versuche mit Ölzusatzfeuerungen für Kupolöfen gemacht worden¹⁸. Wenn hohe Temperaturen erreicht werden sollen, muß bei Ölzusatzfeuerungen die Verbrennungsluft vorgewärmt werden.

Die Öfen mit Kohlenstaubzusatzfeuerungen zeigen äußerlich ebenfalls eine ähnliche Anordnung (Abb. 39). Der Kohlenstaub (ungefähr 1 % des Eisensatzes) wird oberhalb der Düsen mit Preßluft in den Ofen eingeführt, wodurch eine örtliche hohe Wärmeentwicklung erreicht werden soll¹⁹. Weite Verbreitung haben diese Öfen nicht gefunden, weil einige Schwierigkeiten noch nicht behoben werden konnten. Zu einer wirksamen Verbrennung von Kohlenstaub gehört ein Verbrennungsraum, in dem sich eine Stichflamme entwickeln kann. Dieser Verbrennungsraum ist aber bei der Eigenart des Kupolofen-

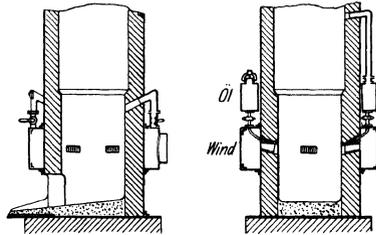


Abb. 38. Kupolofen mit Ölzusatzfeuerung (Geiger, Handbuch II).

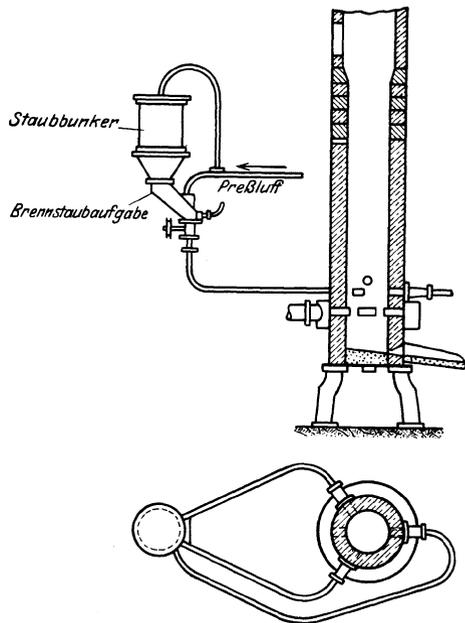


Abb. 39. Kupolofen mit Kohlenstaubzusatzfeuerung.

betriebes nicht vorhanden. Es ist dies der Grund dafür, weshalb die Kohlenstaubzusatzfeuerung, die sich bei geschlossenen Feuerungen bekanntlich bewährt hat, beim Kupolofenbetrieb vorläufig noch nicht zu dem erwarteten Ergebnis geführt hat²⁰. Allerdings ist man augenblicklich dabei, durch eine sinnvolle Konstruktion einen Brennraum zu schaffen.

In Verbindung mit der Veredelung des Gußeisens wurde in den letzten Jahren der Rüttelherd der Deutschen Industriewerke bekannt. Durch dieses System findet eine Beeinflussung des eigentlichen Schmelzprozesses nicht statt. Das Eisen wird im Kupolofen heruntergeschmolzen, die Schlacke mechanisch getrennt, das Eisen einem Vorherd zugeleitet. Durch rüttelnde und schüttelnde Bewegungen des Vorherdes sollen die Bestandteile des Eisens, vornehmlich Schwefel und Graphit, gleichmäßiger verteilt, das Eisen selbst gut entgast werden¹³.

g) Entschlackungs- und Entschwefelungseinrichtungen.

Die angeführten Konstruktionen hatten alle das Ziel, den Schmelzgang im Kupolofen zu beeinflussen. Entweder will man durch sie höhere

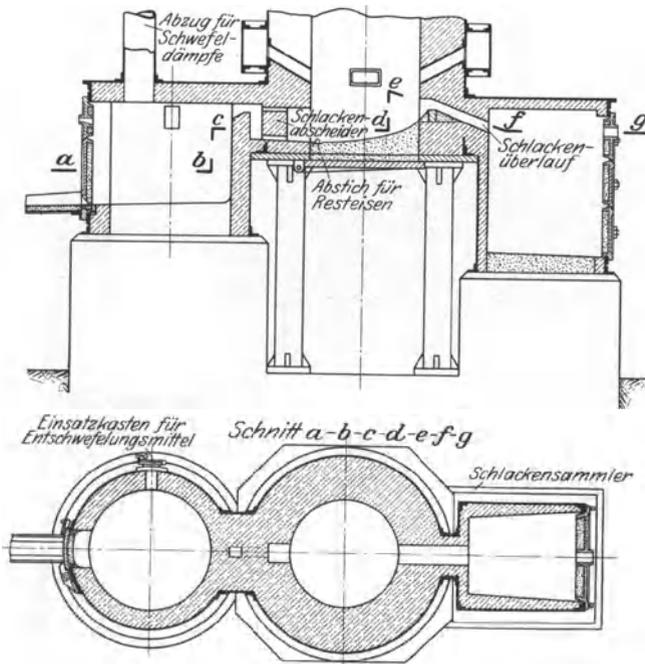


Abb. 40. Schlackenabscheider und Schlackensammler nach Dürkopp-Luyken-Rein.

Temperaturen des flüssigen Eisens erzielen, an Koks sparen, oder einen Teil des Kokses durch andere Brennstoffe ersetzen.

An den Kupolofenbetrieb wird heute noch eine andere Aufgabe gestellt. Vornehmlich im Kriege waren die Roheisensorten und der Koks sehr schlecht. Die Folge davon war, daß das flüssige Eisen sehr viel Schwefel enthielt. Der Schwefel wurde durch Entschwefelungsmittel, die in der Hauptsache aus Soda, also Alkalien bestehen, aus dem Eisen entfernt. Voraussetzung ist, daß das Eisen keine Schlackendecke hat, wodurch die Schwefeldämpfe zurückgehalten werden.

Um entschwefeln zu können, muß das Eisen daher zunächst entschlackt werden. Es gibt bereits eine Reihe Konstruktionen von mechanischen Schlackenabscheidern.

Beim Dürkopp-Luyken-Rein-Verfahren (Abb. 40) wird die Schlacke durch einen Z-förmigen Überlauf im Kupolofenschacht zurückgehalten²¹. Die obere Verbindung des Überlaufs zwischen Vorherd und Schacht des Kupolofens dient bei Störungen im Z-förmigen Teil (Einfrieren) als Reserveüberlauf. Bei normalem Betrieb ist er durch Lehmpropfen verschlossen. Die Schlacke läuft kontinuierlich in einen geschlossenen Schlackensammler und wird erst nach beendeter Schmelze aus diesem entfernt. Das Resteisen wird durch einen besonderen Abstich am Ende der Schmelze aus dem Ofenschacht entfernt. Der Schlackenabscheider bedingt einen angebauten Vorherd, der drucklos ist. Er steht also nicht unter dem Winddruck des Ofens. Die Entschwefelungsmittel können also ohne Gefahr durch eine Klappe eingeführt werden, die Schwefeldämpfe werden durch einen Abzug abgeleitet¹³.

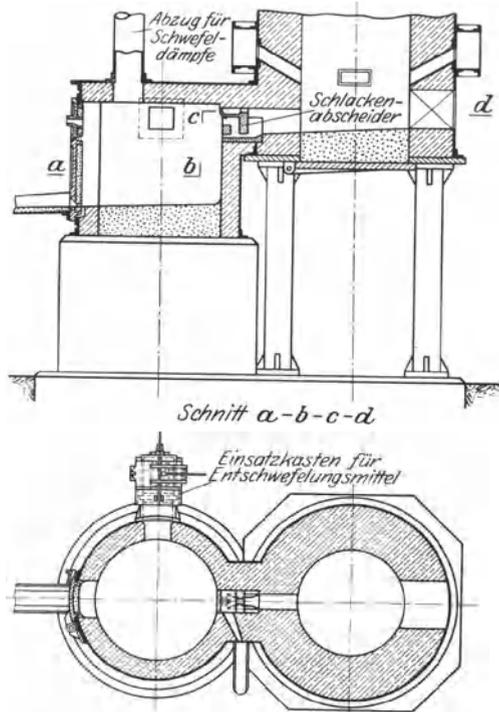


Abb. 41. Schlackenabscheider nach Heag-Meixner.

Ein ähnliches Entschlackungsverfahren ist das nach Heag-Meixner (Abb. 41). Auch hier ist ein angebauter Vorherd Bedingung. Er steht infolge anderer Ausbildung des Überlaufsteines unter dem Ofendruck. Dies hat den Vorteil, daß der Vorherd besser vorgewärmt werden

Ein ähnliches Entschlackungsverfahren ist das nach Heag-Meixner (Abb. 41). Auch hier ist ein angebauter Vorherd Bedingung. Er steht infolge anderer Ausbildung des Überlaufsteines unter dem Ofendruck. Dies hat den Vorteil, daß der Vorherd besser vorgewärmt werden

kann, und den Nachteil, daß man zum Einbringen der Entschwefelungsmittel einen besonderen Einsatzkasten notwendig hat. Die Entfernung des Resteisens geschieht durch den Überlaufstein und Vorherd, indem die untere Öffnung des Schlackenabscheiders, die während des Betriebes durch Lehmpropfen geschlossen ist, aufgestoßen wird.

Das Freier-Grunder-Verfahren (Abb. 42) weicht von beiden vorher beschriebenen Systemen insofern ab, als bei ihm Schlacke und Eisen gemeinsam aus dem Kupolofen laufen und erst außerhalb des

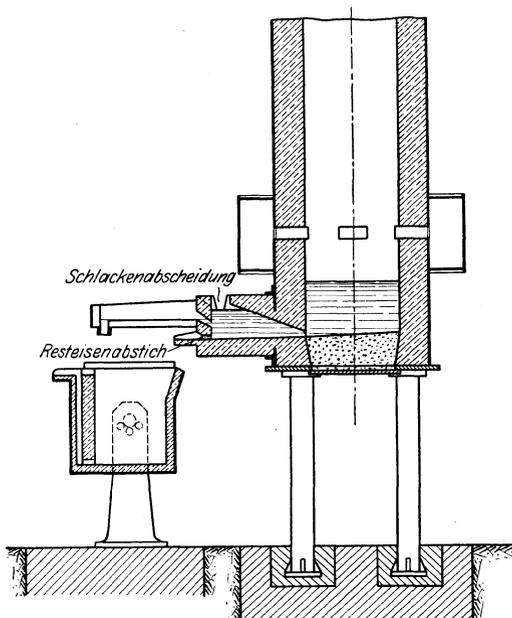


Abb. 42. Entschlackung nach dem Freier-Grunder-Verfahren.

Ofens voneinander getrennt werden. Ein angebauter Vorherd ist also nicht Bedingung. Der Eisenablauf ist kontinuierlich. Das Eisenabstichloch ist leicht zugänglich und kann auch während des Betriebes bei evtl. Störungen abgestopft werden. Das schlackenfreie Eisen wird in einen kippbaren Vorherd mit Teekannenausguß geleitet. Etwa mitübergelaufene Schlacke wird hier zurückgehalten. Der Vorherd muß vor dem Betrieb gut vorgewärmt werden, um den Temperaturabfall zu erniedrigen. Das Entschwefeln

kann im kippbaren Vorherd stattfinden¹³.

Es gibt noch eine Reihe weiterer Entschwefelungsverfahren. Prinzipiell bieten sie nichts Neues, sie unterscheiden sich nur in der Konstruktion des Schlackenüberlaufs.

h) Richtlinien für den Neubau eines Kupolofens.

Als Richtlinie für den Neubau von Kupolöfen gilt in allererster Linie, die Konstruktion so einfach wie möglich zu gestalten, da die Betriebsverhältnisse in den Gießereien komplizierte Einrichtungen nicht zulassen. Es gibt tatsächlich Öfen mit zwei und mehr Vorherden. Die Vorteile solcher Konstruktionen, falls sie überhaupt vorhanden sind, werden durch erhöhte Reparaturkosten ausgeglichen.

Unabhängig von den einzelnen Sonderkonstruktionen muß ein neuerzeitlicher Kupolofen folgende Bedingungen erfüllen:

I. Einrichtung von zwei Düsenreihen, um ein heißes Schmelzen zu ermöglichen.

II. Anbringung einer Umstellvorrichtung, um ein Verschlacken der Düsen, vornehmlich bei längeren Schmelzen, zu verhindern.

III. Einbau einer Entschlackungsvorrichtung, um schlackenfreies Eisen zu erhalten und entschwefeln zu können. Die Ausschußgefahr durch Einguß von Schlacke wird vermindert. Bei Poteriegießereien sollte man jedoch wegen des Temperaturabfalles keine mechanische Entschlackungsvorrichtung einbauen.

Neben diesen Haupterfordernissen sind beim Bau eines einfachen Kupolofens noch folgende Punkte zu berücksichtigen:

1. Vorherd als Eisensammler nur bei Herstellung von großen Stücken, bei kleinen, dünnwandigen Gußteilen ist ein Vorherd nicht angebracht.

2. Die Gichtbühne ist so groß zu wählen, daß das Rohmaterial einer täglichen Schmelze auf ihr gelagert werden kann, um bei Störungen an dem Aufzug weiterarbeiten und die Schmelze zu Ende bringen zu können.

3. Ofenmantelstärke nicht unter 8 bis 10 mm.

5. Windmantelstärke 5 bis 6 mm.

5. Der Durchmesser der Bodenklappe soll gleich dem lichten Schachtdurchmesser des Ofens an der Herdsohle sein.

6. Isolierschicht fällt fort, da die Steine nur geringe Ausdehnung haben.

7. Für die Stärke der Ausmauerung in der Vorwärmzone genügen 200 mm. In Sonderfällen kann als äußerstes Maß 150 mm gewählt werden. In der Verbrennungszone genügt eine Wandstärke von 250 mm.

8. Bei mechanischer Begichtung sind Eisensteine zur Schonung des Mauerwerks anzubringen.

9. Bei Anlagen mit Vorherd sind die Düsen niedriger zu legen als bei den Öfen ohne Vorherd, weil bei ihnen der Schacht nicht als Eisensammler zu dienen braucht.

10. Der gesamte Querschnitt der Düsen soll 20 bis 25% vom Ofenquerschnitt in der Verbrennungszone betragen.

11. Die Windleitung soll kurz und dicht sein, Schieber sind besonders abzudichten, denn der Verlust an Wind ist z. T. sehr erheblich (20%).

12. Wegen des Verlustes in den Leitungen ist die Leistung des Gebläses etwas größer zu wählen als der Schmelzleistung entspricht.

13. Die wichtigste Messung ist die Windmengenmessung, sie muß bei jeder Anlage durchgeführt werden.

2. Die übrigen Schmelzöfen in der Gießerei.

Außer den Kupolöfen trifft man in den Gießereien noch andere Schmelzanlagen an. Für die gewöhnliche Graugußherstellung kommen sie nicht in Frage, weil sie zu unwirtschaftlich arbeiten (Flammöfen), die Betriebsunkosten zu hoch sind (Elektroöfen), oder weil nur ein geringer Einsatz möglich ist (Tiegelöfen). Alle diese Öfen werden nur für die Herstellung von Spezialeisen verwendet. Die Flammöfen sind sehr viel bei der Herstellung von Temperguß in Gebrauch, aber auch in Walzgießereien trifft man sie an, weil man im Flammofen große Stücke erschmelzen kann, die beim Kupolofenbetrieb einen ungleichmäßigen Gang hervorrufen würden. Außerdem hat der Flammofen gegenüber

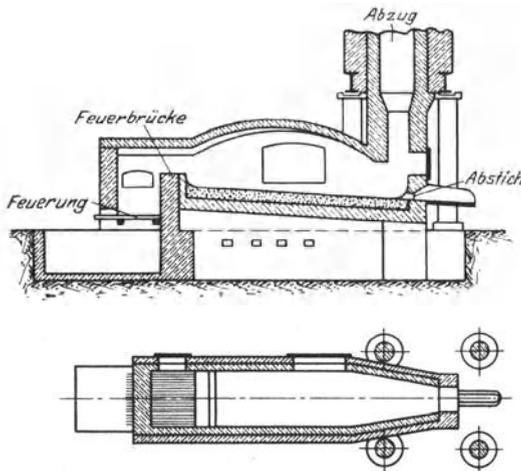


Abb. 43. Flammofen.

dem Kupolofen den Vorzug, daß das Schmelzgut mit dem Brennstoff nicht in Berührung kommt und daß man die Zusammensetzung des Fertiggusses so erhalten kann, wie man sie haben will, was vor allen Dingen bei der Herstellung von Walzen notwendig ist.

Der Flammofen (Abbild. 43) besteht aus dem eigentlichen Herd, der von der Feuerung durch eine Feuerbrücke getrennt ist, damit das Einsatzgut mit den Flammen direkt nicht in Berührung kommt. Die Rostfläche der Feuerung ist bei mittleren Öfen ungefähr ein Drittel des Herdes, bei größeren Öfen jedoch kleiner. Als Brennstoff kommt langflammige Steinkohle in Frage. Durch den natürlichen Zug des Schornsteins werden die Verbrennungsgase abgeführt.

Der Betrieb beim Flammofen geschieht in folgender Weise. Das Schmelzgut wird als Kalteinsatz in den Ofenherd gebracht, nur wenig Kalkstein wird zugegeben, um den anhaftenden Sand zu verschlacken. Erst dann wird die Feuerung angezündet. Die heißen Gase besorgen die Schmelze des Einsatzes. Die Wärmeübertragung erfolgt durch Leitung und Strahlung. Im Augenblicke des Schmelzens sind die Abbrände an Mangan, Silizium und Kohlenstoff, besonders aber Mangan, groß. Eisen brennt weniger ab. Die Flamme ist stark oxydierend, man erhält nahezu vollkommene Verbrennung. Sobald das Eisen geschmolzen ist, bildet

sich eine kleine Schlackenschicht. Von diesem Zeitpunkte ab hören die Abbrände fast vollständig auf, vor allen Dingen dann, wenn die Schlackenschicht etwas stärker auf der ganzen Oberfläche des Eisenbades schwimmt. Schwefel kann nicht zubrennen, der Phosphorgehalt verändert sich, genau wie beim Kupolofenbetrieb, nicht. Durch Umrühren erreicht man eine gleichmäßige Zusammensetzung des Eisens. Durch Schöpfproben stellt man fest, welche Zusätze an Silizium, Mangan, Phosphor usw. dem Bade noch zugegeben werden müssen. Nachdem die gewünschte Zusammensetzung erzielt ist, wird der Ofen durch den Abstich auf einmal entleert, für Walzengießereien ein Vorteil, weil man auf diese Weise große Mengen mit gleichmäßiger Zusammensetzung erschmelzen kann. Das Eisenabstichloch befindet sich am Kopfe des Ofens, also der Feuerung gegenüber. Nach dem Entleeren wird die Feuerung gezogen. Das Gewölbe kühlt ab, der Betrieb kann von neuem beginnen. Die Schmelze dauert bei einem 12 bis 15 t-Ofen ungefähr 8 bis 15 Stunden.

Bei kritischer Beurteilung des Flammofenbetriebes muß man zugeben, daß dem Vorteil der gleichmäßigen Zusammensetzung des Eisens verschiedene Nachteile gegenüberstehen. Das Mauerwerk wird sehr beansprucht, weil es abwechselnd hohe Temperaturen annehmen und sich dann wieder vollständig abkühlen muß, eine Betriebsweise, die für feuerfeste Steine sehr schädlich ist. Wenn man diesen Übelstand beseitigen will, muß man den Ofen noch im warmen Zustand wieder füllen. Für kleinere Öfen ist dies möglich, für größere jedoch nicht, weil die Einsatzzeit zu groß wird.

Ein weiterer Nachteil ist die unwirtschaftliche Brennstoffausnutzung. Man sucht sie dadurch zu verbessern, daß man dem Gewölbe eine besondere Form gibt, wodurch die Gase möglichst lange über den Herd gehalten werden. Ebenso ist die Bemessung des Abzuges wesentlich, zum mindesten soll der Zug regulierbar sein²².

Man hat auch Flammöfen mit Öl beheizt. Diese Ölflamöfen sind aber vorläufig nur wenig ausgeführt. Sie kommen höchstens für die Herstellung von Temperguß in Betracht²³.

Eine Kombination von Flamm- und Kupolofen ist der sogenannte Gaskupolofen (Abb. 44). Der Name Gaskupolofen ist falsch und nur aus den ersten Anfängen der Versuche zu erklären; denn das Schmelzen des Einsatzes findet nicht im eigentlichen Schacht des Kupolofens, sondern im Übergang bzw. im Frischherd selbst statt. Zum Schmelzen wird ausschließlich Gas verwendet, das Einsatzgut kommt also mit festen Brennstoffen (Koks) nicht in Berührung. Der Ofen vereinigt die Vorteile des Schmelzens im Kupolofen mit dem Vorteil der Flammofenschmelze. Trotzdem findet man heute keine Gaskupolöfen mehr, obwohl der Gedanke des Schmelzens mit Gas noch nicht aufgegeben ist.

Eine ganz ähnliche Einrichtung und ebenfalls eine Kombination von Flamm- und Kupolofen ist der ölgeheizte Flammkupolofen nach Wüst (Abb. 45). Statt Gas wird hier Öl verwendet, welches durch die Abgase des Kupolofens vorgewärmt wird. Der Ofen soll der Herstellung von Qualitätsguß dienen. Er hat in einigen Gießereien, die Zylinderguß herstellen, Aufstellung gefunden. Das Schmelzgut wird im Schmelzherd, also dem Übergang vom eigentlichen Kupolofen zum Flammofen, geschmolzen. Das flüssige Eisen gelangt in flüssigem Zustande in den Flammofen. Hier wird es durch die Flamme des Ölbrenners überhitzt. Eisen- und Schlackenabstich erfolgt in der Mitte des Flammofens, der Betrieb ist kontinuierlich²⁴.

Tiegelöfen trifft man im Eisengießereiwesen nur noch vereinzelt an, da sie wärme-wirtschaftlich zu ungünstig arbeiten. Der Koks-

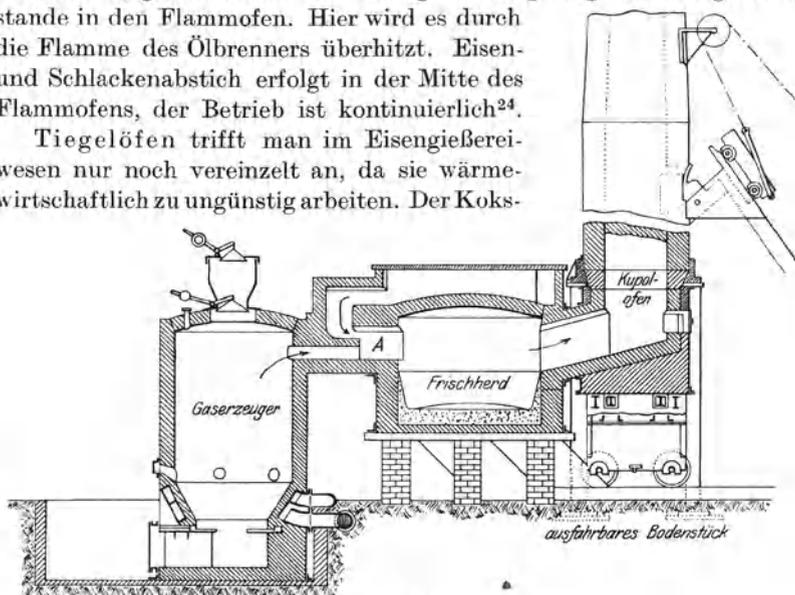


Abb. 44. Gaskupolofen (Geiger, Handbuch II).

verbrauch ist ungefähr 75% vom Eisensatz. Außerdem ist der Inhalt eines Tiegels für Graugußschmelzen sehr gering. Er beträgt im Höchsthalle 150 kg. In der Stahlfabrikation ist er vom Martinofen und Kleinkonverter verdrängt worden. Ebenso hat er in der Tempergießerei seine frühere vorherrschende Stellung dem Flamm-, Martin- und Kupolofen abgeben müssen. In der Metallgießerei jedoch wird er auch heute noch fast ausschließlich verwendet, da für die Herstellung von Metallguß der Kupolofen wegen seiner hohen Abbrände überhaupt nicht und der Flammofen nur für Herstellung größerer Schmelzen in Frage kommt. Die Vervollkommnung des Tiegelofens ist daher fast ausschließlich auf die Herstellung von Metallguß zugeschnitten.

Im Eisengießereiwesen wird er bei Versuchsschmelzen oder gelegentlicher Herstellung von kleinen Stahlteilen verwendet. Abb. 46 zeigt die allgemeine Form eines einfachen, feststehenden Tiegelofens. Der Tiegel, be-

stehend aus feuerfestem Ton und Graphit, erhält kalten Einsatz und wird auf einem Untersatz (Käse) in den Ofen gestellt und durch einen Deckel verschlossen. Um den Tiegel wird das Brennmaterial gelagert und angezündet. Erst wenn der Koks bis zur ganzen Tiegelhöhe durchgebrannt ist, darf der Tiegelofen geschlossen werden. Die Windzufuhr erfolgt bei

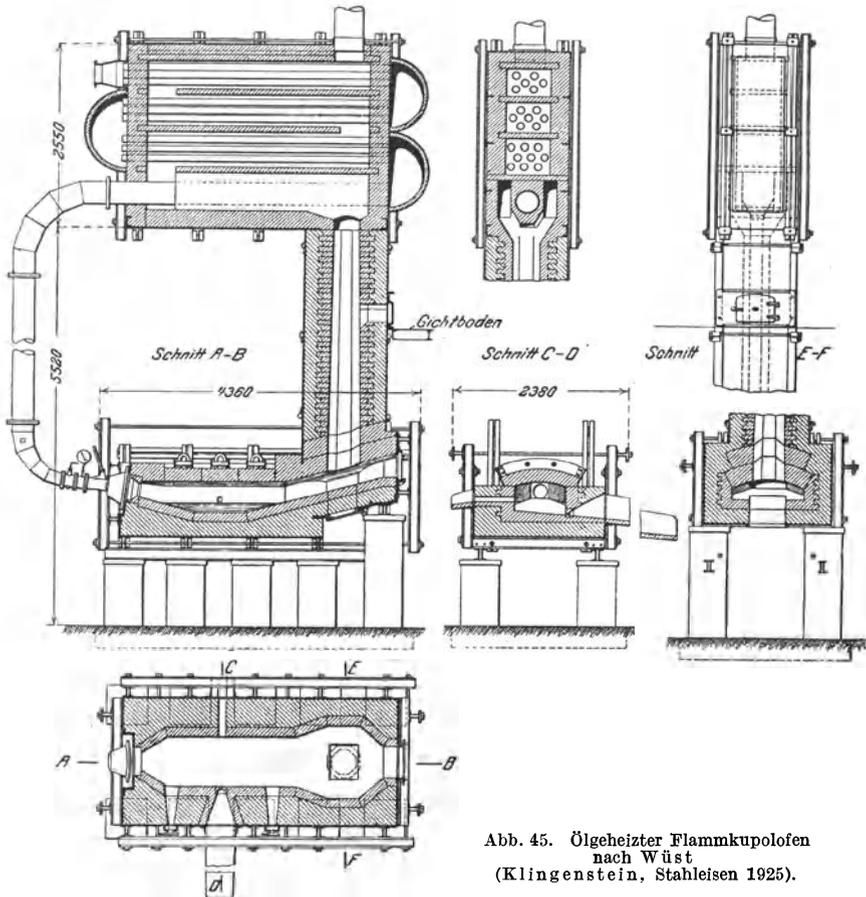


Abb. 45. Ölgeheizter Flammkupofofen
nach Wüst
(Klingenstein, Stahlisen 1925).

den älteren Ausführungen durch natürlichen Zug. Das Schmelzen geschieht durch Übergang der Wärme über die Tiegelwände auf den Einsatz. Obwohl das Schmelzgut den Einflüssen des Windes, des Brennstoffes und der Verbrennungsgase entzogen ist, erleidet es doch, vor allem bei neuen Tiegeln chemische Änderungen. Zu Anfang einer Schmelze brennen Mangan, Silizium und Kohlenstoff ab. Später nimmt das Eisen aus den Wänden des Tiegels Kohlenstoff und aus der Re-

duktion der Kieselsäure (SiO_2) Silizium auf. Als Endergebnis zeigt sich eine Verminderung des Mangans und eine wenn auch nur geringe Zunahme von Silizium und Kohlenstoff. Phosphor und Schwefel erleiden kaum merkbare Veränderungen.

Nach der Schmelze wird der Tiegel mit Zangen, manchmal durch mechanische Vorrichtungen, aus dem Ofen gehoben. Durch das Anfassen und Ausheben der Tiegel und den dadurch bedingten krassen Wärmeübergang leiden sie sehr. Im allgemeinen hält ein Grauguß-Schmelztiegel ungefähr 25 Schmelzen aus.

Es kommt häufiger vor, daß Tiegel während der Schmelze zu Bruch gehen. Aus diesem Grunde stampft man den Boden unter der Feuerung mit Formsand aus und gibt ihm eine stärkere Neigung zur Feuertür, die mit einem durch eine Bleiplatte oder anderes leicht schmelzbare Metall verschlossenen Abstichloch versehen ist. Durch diese Anordnung kann der Inhalt des zerbrochenen Tiegels schnell und ohne größere Betriebsstörung entfernt werden.

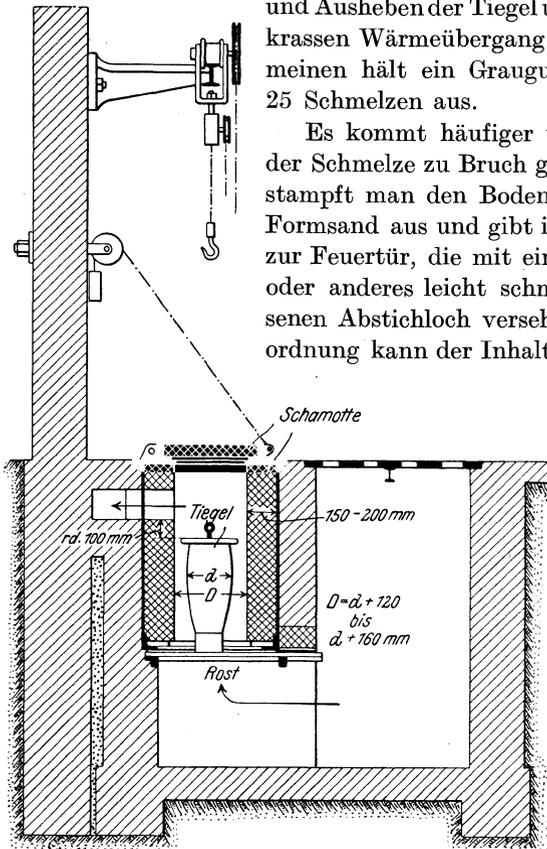


Abb. 46. Feststehender Tiegelofen mit natürlichem Zug (Geiger, Handbuch II).

Es gibt eine ganze Reihe von Ausführungsformen von Tiegelöfen. Man betreibt sie auch mit Unterwind. In diesem Falle ist zu berücksichtigen, daß der Zug stärker ist. Der Untersatz, auf dem der Tiegel steht, muß bei Unterwindfeuerungen mindestens 20 cm hoch sein gegenüber 8 bis 10 cm bei natürlichem Zug, damit vermieden wird, daß

der untere Teil des Tiegels durch die kalte Luftströmung abgekühlt wird. Bei der Unterwindfeuerung kann man die Betriebszeit einer Schmelze von 2 bis 3 Stunden auf ungefähr $\frac{1}{2}$ Stunde ermäßigen. Um eine weitere bessere Brennstoffausnutzung zu erreichen, setzt man mehrere Tiegel bis zur Höchstzahl von 4 in einen Ofen²⁵.

Die modernen Tiegelöfen sind heute kippbar angeordnet, um das jedesmalige Herausnehmen der Tiegel zu umgehen. Sie haben zudem

ein größeres Fassungsvermögen. Statt Koks verwendet man als Brennstoff Öl, Gas und Elektrizität.

Ausgehend von den ölgeheizten, kippbaren Tiegelöfen hat man in den letzten Jahren auch tiegellose Schmelzöfen mit Ölbeheizung, die so-

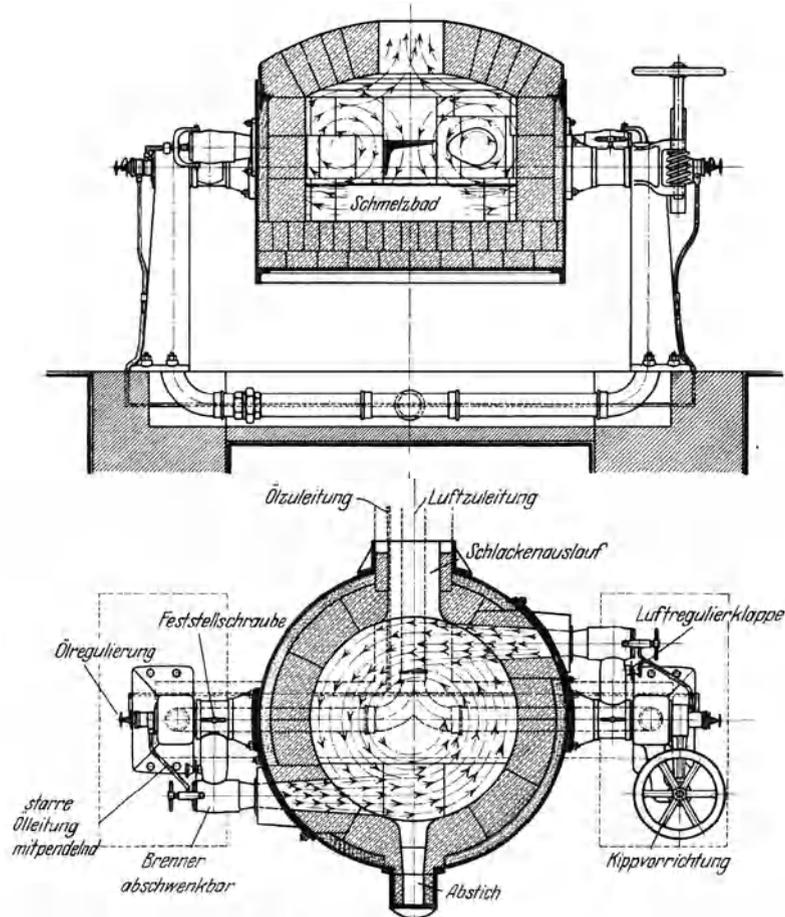


Abb. 47. Kippbarer Ölofen nach Schmidt, Neckarsulm.

genannten Ölöfen gebaut, die auch im Eisengießereiwesen für verschiedene Zwecke Eingang gefunden haben (Abb. 47). Ob die Öfen wie in vorliegender Form kippbar oder trommelförmig rotierend ausgebildet werden, spielt für das Prinzip der Ölöfen keine Rolle. Sie haben gegenüber den Tiegelöfen den Vorteil des größeren Fassungsvermögens und der besseren Brennstoffausnutzung. Sie werden für Inhalte bis zu 3 Ton-

nen und darüber gebaut. Abb. 48 zeigt eine allgemeine Anordnung eines Ölofens, wobei das Schmelzen nur mit Öl-, also nicht Ölzusatzfeuerung wie beim Kupolofen erfolgt.

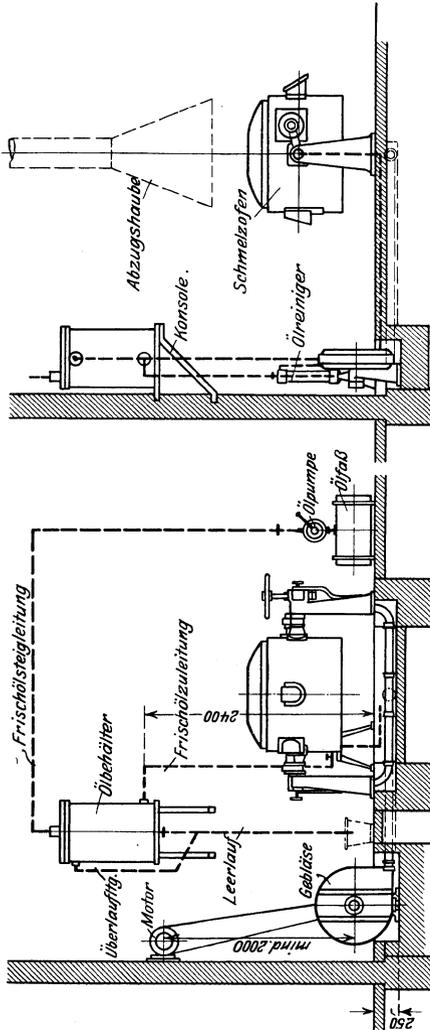


Abb. 48. Allgemeine Anordnung einer Ölofenanlage nach Schmidt, Neckarsulm.

Im Eisengießereiwesen werden die Ölöfen zur Herstellung von Spezialguß verwendet, z. B. wird der hochsäurebeständige Siliziumguß von den meisten Firmen im Ölofen hergestellt. Neuerdings werden rotierende Ölöfen mit Kupolofenanlagen kombiniert, und zwar dergestalt, daß man das im Kupolofen erschmolzene flüssige Eisen dem Ölofen zuleitet und in ihm so lange die notwendigen Temperaturen hält, bis man durch Zugabe von Zusatzmitteln die gewünschte Zusammensetzung des Eisens erzielt hat. Der Wind des Ölofens muß bei diesen Anlagen vorgewärmt werden, um die notwendigen hohen Temperaturen zu bekommen.

Als Trommelofen ist in der jüngsten Zeit ein kohlenstaubgefeuerter Drehofen nach Brackelsberg, der sogenannte Brackelsberg-Ofen bekannt geworden. Als Vorteil dieses Ofens wird angegeben, daß man in ihm hohe Temperaturen des flüssigen Eisens bei einem Brennstoffverbrauch von 12 bis 15% erzielen kann. Der Aus-

brand am Mauerwerk ist gering, was auf die Wirkung der Drehbewegung während der Schmelzzeit zurückgeführt wird. Für die Herstellung von Temperguß und hochwertigem Gußeisen hat er bereits Verwendung gefunden²⁶.

Der Elektroofen ist verhältnismäßig wenig in den Eisengießereien

zu finden. Dies kommt daher, weil die Anlage- und Betriebskosten beim Elektroofen groß sind, so daß er für die gewöhnliche Graugußherstellung nicht in Frage kommt. Der hohe Strompreis ist der Haupthinderungsgrund, der sich dort überwinden läßt, wo mit Nachtstrom gearbeitet wird, und in den Gegenden, wo die Strompreise niedrig sind, weil der Strom aus Wasserkraft billig bezogen werden kann. Die Strompreisgrenze für die wirtschaftliche Graugußherstellung liegt bei ungefähr 3 bis 4 Pf. je kWh. Das Material, welches im Elektroofen erschmolzen wird, ist von hervorragender Güte²⁷. Aus diesem Grunde hat sich der Elektroofen in der Stahlfabrikation gut eingeführt.

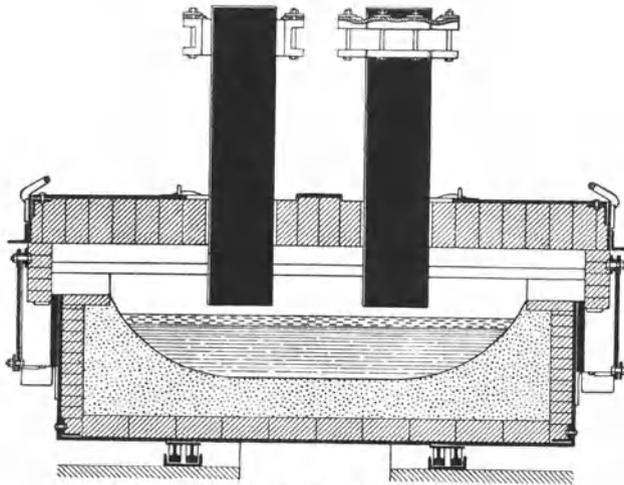


Abb. 49. Héroult-Ofen (Geiger, Handbuch II).

Man unterscheidet je nach Art der Wärmeübertragung zwei Ofenarten, Lichtbogen- und Induktionsöfen. Es gibt eine Reihe von Konstruktionen, die eine Kombination dieser beiden Ofenarten sind. Die Lichtbogenöfen (Abb. 49) arbeiten mit Kohlenelektroden. Beim Héroult-Ofen sind zwei Elektroden vorhanden. Sie sind hintereinander geschaltet. Der Strom tritt als Lichtbogen von der einen Elektrode ins Eisenbad und wird von hier zur andern Elektrode übergeleitet. Bei kaltem Einsatz ist der Stromverbrauch je Tonne Eisen 800 bis 1000 kWh bei flüssigem Einsatz unter 300 kWh. Das Schmelzen im Elektroofen dauert 2 bis 3 Stunden für einen Einsatz je nach Größe des Ofens. Die neuzeitlichen Öfen haben drei Elektroden.

In den Eisengießereien läßt man den Elektroofen im Duplexverfahren arbeiten, d. h. das Eisen wird im Kupolofen heruntergeschmolzen, im flüssigen Zustand in den Elektroofen gebracht und hier durch Nachbehandlung vergütet²⁸.

B. Trockenöfen.

Neben den Schmelzanlagen gibt es im Eisengießereiwesen noch eine andere Art von Öfen, die sogenannten Trockenöfen. Wenn auch das Gießen in nassem Sand in den letzten Jahren große Fortschritte gemacht hat, so muß doch eine ganze Reihe von Formen für den Abguß vorher getrocknet werden. Die kleineren Formen werden auf einen Wagen geladen und in den Trockenofen gebracht, während große Formen und diejenigen, die im Herde selbst hergestellt werden, also nicht transportabel sind, an Ort und Stelle getrocknet werden müssen.

Lange Zeit hat man auf die Ausbildung der Trockenkammer wenig Wert gelegt. Der Brennstoffverbrauch war außerordentlich hoch

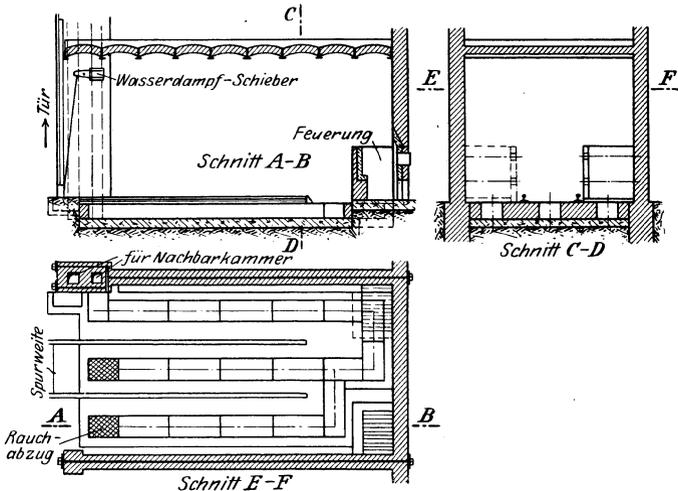


Abb. 50. Allgemeine Anordnung einer Trockenkammer.

und meistens den Betriebsleitern nicht einmal bekannt, weil allgemein keine Messungen angestellt wurden. Erst in den letzten Jahren, veranlaßt durch ein Preisausschreiben des Vereins Deutscher Eisengießereien, ist dies anders geworden²⁹. Es gibt heute bereits eine Reihe von Trockenkammersystemen. Es ist jedoch nicht notwendig, alte Kammern vollständig neu zu bauen, sie sind auch mit geringen Mitteln zu verbessern. Abb. 50 zeigt die allgemeine Anordnung einer Trockenkammer³⁰. Die Beheizung der Kammer erfolgt durch offenes Feuer und natürlichen Zug. Als Brennstoff wird fast ausschließlich Koks verwendet. Sobald der Wagen mit dem Trockengut in den Ofen geschoben ist, werden die Türen dicht verschlossen, der Wasserdampfschieber wird an der Decke geöffnet, damit der Wasserdampf, der in der ersten Zeit der Trockenperiode in größeren Mengen

entsteht, entweichen kann. Nach etwa 1 bis 2 Stunden wird der Wasserdampfschieber geschlossen und der Rauchschieber bleibt geöffnet. Der Rauchschieber muß der Feuerung gegenüber am Boden angebracht werden, damit die heißen Verbrennungsgase, die immer das Bestreben haben, nach oben zu steigen, gezwungen werden, die ganze Kammer zu durchwandern. Von der Größe der Rauchschieber und des Abzuges hängt die Schnelligkeit der Verbrennung, also der Brennstoffverbrauch ab. Werden die Formen immer an derselben Stelle im Trockenofen nur unvollständig getrocknet, kann man darauf schließen, daß Rauch- und Wasserdampfschieber nicht richtig dimensioniert und angebracht sind. Durch eine genauere Untersuchung kann hier leicht Abhilfe geschaffen werden.

Die Temperatur in den Trockenkammern darf nicht zu hoch sein, da sonst die Formen verbrennen. Im allgemeinen braucht man in Eisengießereien Temperaturen von ungefähr 350°C . Durch gute Isolierung der Außenwände muß dafür gesorgt werden, daß der Verlust durch Ausstrahlung verringert wird. Zweckmäßig wählt man Doppelwände mit einer dazwischenliegenden Luftisolierschicht. Die Außenwand wird mit ungefähr 1 bis $1\frac{1}{2}$, die Innenwand mit $\frac{1}{2}$ bis 1 Stein ausgebildet. Wenn die Trockenkammer nach diesen Gesichtspunkten gebaut wird, arbeitet sie wirtschaftlich. Grundbedingung ist, daß sämtliche Formen gut trocken werden, denn der Nachteil einer schlechten Trocknung und der dadurch bedingte Ausschuß, auch nur weniger Stücke, ist größer als die evtl. Brennstoffersparnis.

Ein Trockenofen soll nur so hoch sein, wie es die Höhe des beladenen Wagens bedingt. Eine größere Höhe bedeutet Wärmeverlust, da der Raum unnütz vorgewärmt werden muß³⁰. Vielfach wird der Brennstoffverbrauch pro Kubikmeter Rauminhalt der Trockenkammer angegeben. Dies ist nicht ganz einwandfrei und richtig, denn der Brennstoffverbrauch richtet sich nicht nach der Größe der Kammer, sondern nach der Menge des Trockengutes und noch richtiger nach seiner Oberfläche und seinem Feuchtigkeitsgehalt. Nur bei stets gleichem Einsatz ist als Basis ein Vergleich mit dem Rauminhalt des Trockenofens angebracht. Bei neueren Kammern rechnet man mit einem Brennstoffverbrauch von 4 bis 5 kg je m^3 Rauminhalt des Ofens.

Eine Überwachung der Trockenkammer geschieht bis heute nur in den seltensten Fällen, obwohl auch sie wichtig ist³¹. Zum mindesten sollte die Temperatur des Ofens an mehreren Stellen gemessen werden, denn ihre Höhe ist für die Aufnahmefähigkeit von Wasserdampf sehr wesentlich. Nach der allerdings angefochtenen Ansicht von Erbreich nimmt 1 m^3 Luft von 0°C nur einige Gramm Wasserdampf auf, bei 100°C jedoch bis zu 585 g, bei 250° höchstens noch 400 g. Darüber hinaus nimmt die Aufnahmefähigkeit mit der Höhe der Temperatur ab³⁰. Danach

wäre es zwecklos, auf eine Temperatursteigerung der Verbrennungsgase hinzuarbeiten: Die Messung des Feuchtigkeitsgehaltes der Luft wurde bislang aus dem Grunde nicht gemacht, weil es keine zuverlässigen Apparate gab. Neuerdings sind aber einwandfrei arbeitende Feuchtigkeitsmesser, die auch bei höheren Temperaturen genau anzeigen, gebaut worden.

Auch auf dem Gebiete der Trockenkammern sind in den letzten Jahren verschiedene Neukonstruktionen herausgekommen, von denen sich aber nur einige wenige gut in die Praxis eingeführt haben³².

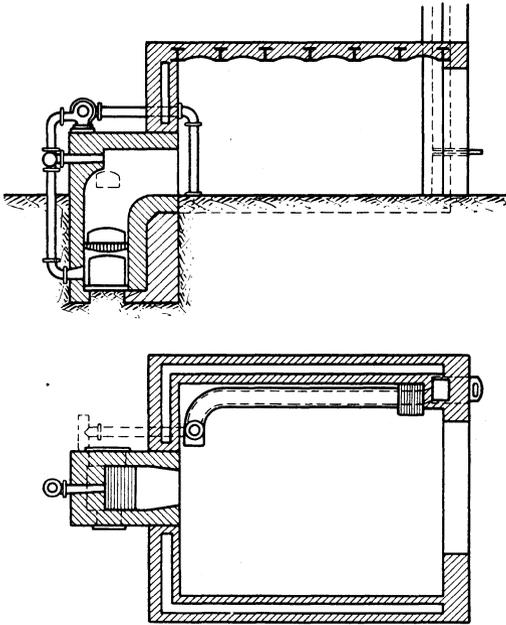


Abb. 51. Trockenkammer nach Voith.

Die Voith-Trocknung (Abb. 51) arbeitet bereits mit Unterwind und nutzt somit schon alle Vorteile einer Unterwindfeuerung aus. Es lassen sich hierbei bekanntlich auch minderwertige Brennstoffe, wie Rohbraunkohle, Koksgrus, Gasanstaltskoks usw. verbrennen. Die Regulierbarkeit der Feuerung ist besser. Das Voithsche Verfahren besteht darin, daß bei ihm ein Teil der Verbrennungsgase wieder angesaugt, mit frischer Luft gemischt und dem Rost erneut zugeführt wird. Dies Verfahren ist als Umwälzverfahren bekannt geworden und hat verschiedene Verbesserungen erfahren³³.

Im letzten Jahre hat Voith wiederum eine neuartige Feuerung für Trockenkammern herausgebracht. Bei dieser Konstruktion ist die eigentliche Feuerung nach Art der transportablen Trockenöfen vollständig von der Kammer getrennt. Die Verbrennungs- oder Trockengase werden der Kammer durch ein Rohr zugeleitet. Der Ofen arbeitet mit Unterwindfeuerung³⁴.

Eine andere Art der Wärmeübertragung und Ausnutzung zeigt die Kammer von Herrmann & Söhne (Abb. 52). Dieser Ofen hat im Laufe der letzten Jahre weite Verbreitung gefunden³⁵. Auch er arbeitet mit Unterwindfeuerung. Der Ventilator wird zu Beginn der Schmelze 2 bis 3 Stunden angestellt. Während dieser Zeit wird ein Gitterwerk aus feuerfesten Steinen als Wärmespeicher bis zur Hochglut vorgewärmt. Das Gebläse wird abgestellt, die Kammer fest verschlossen. Sie wird

dann nur durch den Wärmespeicher beheizt. Der Temperaturabfall ist nur sehr gering. Nach ungefähr 12stündiger Betriebsdauer ist die Temperatur immer noch ca. 150 bis 200 °C. Der Ofen mit Wärmespeicher hat den Vorteil, daß der Ventilator nicht während der ganzen Trockenperiode zu laufen braucht. Die Wartung des Ofens ist also gering, was wesentlich ist, wenn man berücksichtigt, daß die Trocknung in den

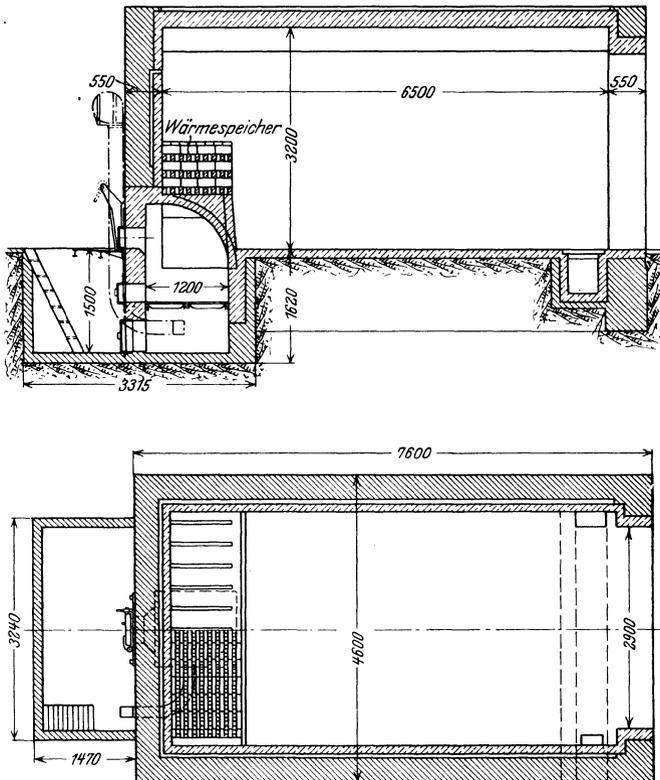


Abb. 52. Trockenkammer nach Herrmann & Söhne.

meisten Gießereien des Nachts vorgenommen wird. Über die Haltbarkeit der Wärmespeicher liegen abschließende Ergebnisse noch nicht vor.

Bei Trockenkammern hat man ebenfalls den Koks durch andere Brennstoffe ersetzt. Es gibt Halbgasfeuerungen, sowie reine Gasfeuerungen. Versuche, die Trockenkammer mit Dampf zu heizen, haben nicht das gewünschte Ergebnis erzielt. Dagegen haben sich Trockenkammern mit Heißwasserheizung gut bewährt. Sie haben den Vorteil, daß sie sauber arbeiten und in der Höhe der Temperatur gut regulierbar sind. Trockenkammern mit Ölbeheizung

sind noch in der Entwicklung begriffen. Abb. 53 zeigt die allgemeine Anordnung einer Trockenkammer mit Ölbrenner.

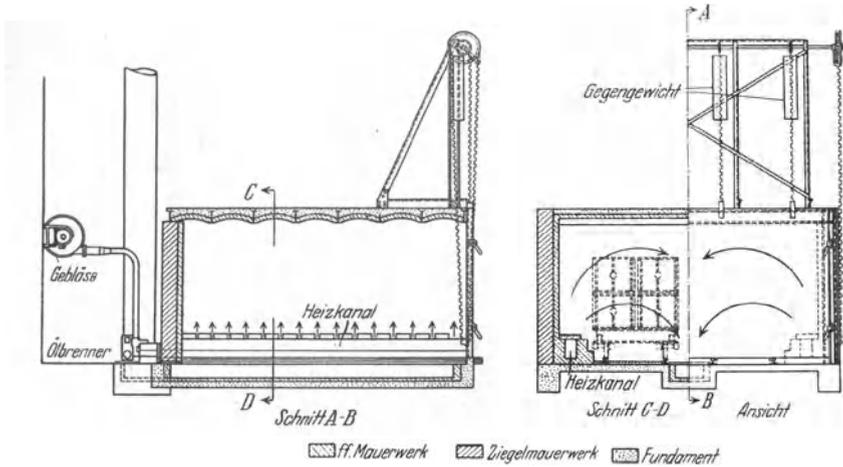


Abb. 53. Trockenkammer mit Ölbrenner.

Auch elektrische Trockenkammern sind verschiedentlich gebaut worden. Die elektrischen Heizkörper werden in die Kammern als Wärmeelement eingebaut. Die Betriebsweise ist für deutsche Verhält-

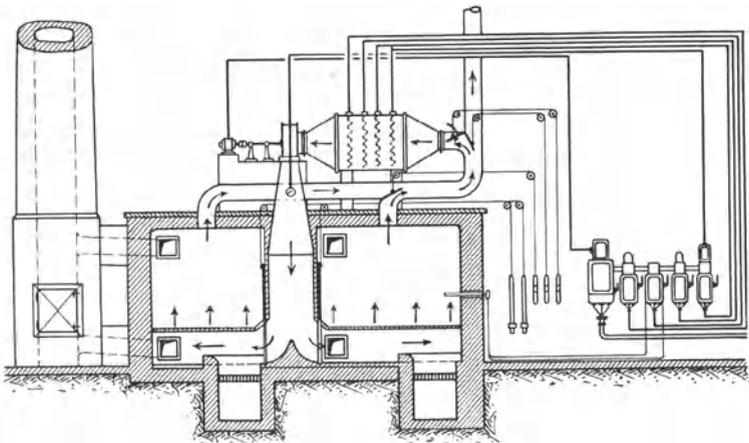


Abb. 54. Trockenkammer mit elektrischer Beheizung.

nisse meistens zu teuer. Auf einem Werk, wo billiger Strom durch Wasserkräfte erzeugt wird, hat man die elektrische Beheizung der Trockenkammer nach Abb. 54 eingerichtet³⁶. In einem Vorwärmer wird die Luft elektrisch auf die notwendige Temperatur gebracht und durch

einen Ventilator in die Kammer gedrückt. Die verbrauchte Luft wird teils ins Freie gelassen, teils aber in den Vorwärmer geleitet. Die alten Rostfeuer blieben bestehen, damit bei Stromstörungen der Betrieb der Kammern durch unmittelbare Beheizung fortgesetzt werden kann.

Bei der Trocknung der Kerne kommt es mehr noch als bei den Formen auf die Höhe der Trocknungstemperatur an, da auch auf ihre Zusammensetzung Rücksicht genommen werden muß. Kerne mit einem Zusatz von Stärkemehl, Sulfitlauge, Öl usw. bedürfen zum Trocknen bestimmter Temperaturen, da sie sonst nicht verwendungsfähig sind.

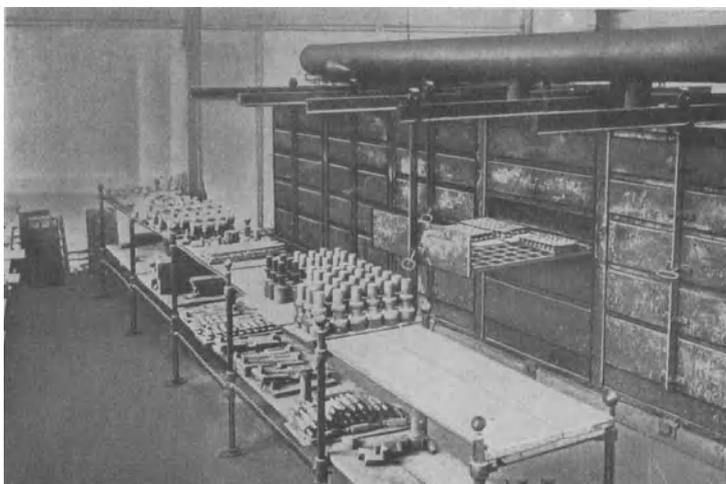


Abb. 55. Kerntrockenschrank, Bauart Vulcan.

Aus diesem Grunde hat man für die Trocknung derartiger Kerne besondere Kerntrockenöfen gebaut, die sich sehr gut für die Trocknung kleiner Kerne eignen. Diese Öfen werden vielfach schrankförmig in den verschiedensten Ausführungsarten ausgebildet und zum Teil durch Gas beheizt, um eine gute Regulierbarkeit der Trockentemperatur zu erreichen (Abb. 55). Sie haben den Vorteil, daß sie in der Nähe oder in der Kernmacherei selbst aufgestellt werden können, an Weg und Zeit wird gespart. Die Aufstellung dieser Öfen ist sehr vorteilhaft, wenn es sich um kleine und immer um die gleichen Kerngrößen handelt.

Zum Trocknen von Kernen als auch von Formen hat man in den letzten Jahren Trockengruben gebaut. Sie haben gegenüber den Trockenkammern den Vorteil, daß sie viel weniger Raum bedürfen als die Kammern, weil die Gleisanlagen, die vor den Trockenkammern zum Herausziehen des Wagens notwendig sind, fortfallen. Das Beschicken und Entleeren der Trockengruben geschieht durch den Kran einfacher

und schneller. Die bei den Trockenkammern vorhandenen Gänge fallen bei den Trockengruben fort, sie können also voll besetzt werden. Die Wärme in den Trockengruben wird besser ausgenutzt, da die Verluste durch Ausstrahlung der Seitenwände geringer sind als bei der Trockenkammer.

Eine Trockengrube, die sich gut zum Trocknen von Kernen eignet, zeigt Abb. 56. Die Kerne werden in ihrer Form entsprechende Fächer

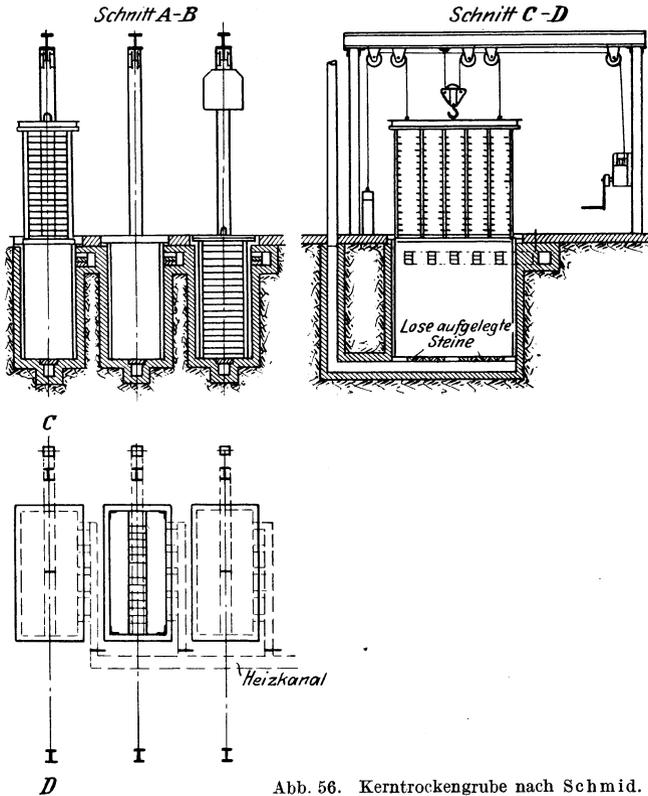


Abb. 56. Kerntrockengrube nach Schmid.

gelegt und durch mechanische Einrichtungen in die Trockengrube gesenkt. Die Heißluft zum Trocknen wird in einem besonderen Apparat erzeugt und der Trockengrube zugeführt (Abb. 57). Für die Trocknung von kleinen Massenkernen ist die Anlage sehr gut geeignet³⁷.

Die nichttransportierbaren Formen werden auch heute noch vielfach durch Braunkohlenbriketts, oder gar durch Holzkohle, bei kleineren Stücken auch mit Koksfeuerung in Heizkörpern, getrocknet. Die Betriebsweise ist sehr unwirtschaftlich, ganz davon abgesehen, daß eine starke Rauchentwicklung stattfindet, die das Arbeiten in einer

Gießerei sehr erschwert, zumal wenn für die Ventilation und Entlüftung nicht genügend gesorgt ist. Außerdem erreicht man nicht immer mit Sicherheit trockene Formen, während sie an einigen Stellen, die mehr Zug erhalten haben, verbrennen. Die Asche muß unter schwierigen Verhältnissen entfernt, die Formen neu geschwärzt werden. Die Ausführung dieser Arbeiten ist zeitraubend.

Für diese Art der Trocknung hat man transportable Trocken-

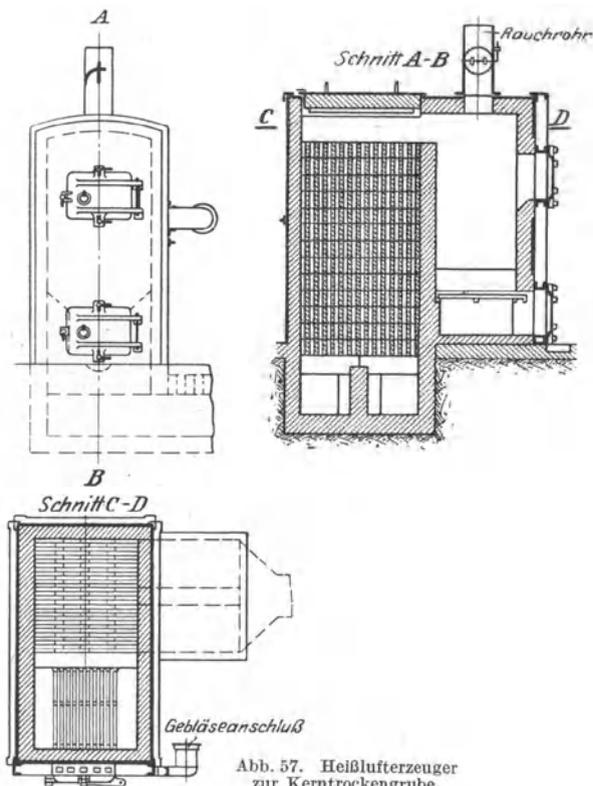


Abb. 57. Heißlufterzeuger zur Kerntrockengrube.

öfen gebaut. Sie haben den Vorteil, daß sie eine saubere Trocknung ermöglichen. Die Wirkungsweise dieser Öfen ist aus Abb. 58 und 59 ersichtlich. Abb. 58 zeigt die Trocknung mit Ventilator. Die Zirkulation der Verbrennungsgase ist groß, sie entweichen sofort durch die Steiger und Trichter. Bei Abb. 59 ist die Bewegung der Verbrennungsgase sehr gering, ähnlich wie dies bei der Trockenkammer nach der Bauart Herrmann & Söhne der Fall ist. Diese Zirkulation genügt aber, um ein vollständiges Trocknen der Formen zu bewirken. Die Feuchtigkeit der Form muß nach außen entweichen. Bei komplizierten Stücken ist es

jedoch richtiger, Steiger und Trichter etwa 2 Stunden offen zu lassen, bis der größte Teil des Wasserdampfes entwichen ist und erst nachher durch Lehmpropfen zu schließen. Der Apparat arbeitet mit Preßluft,

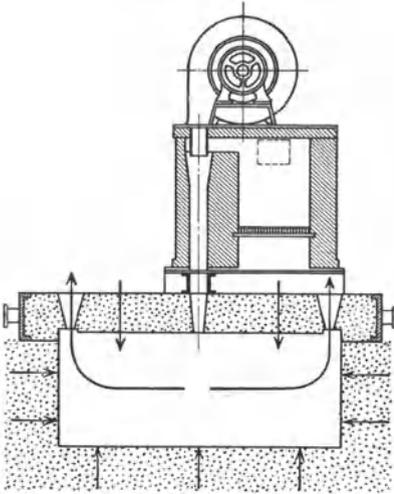


Abb. 58. Wirkungsweise der Trocknung mit Ventilator.

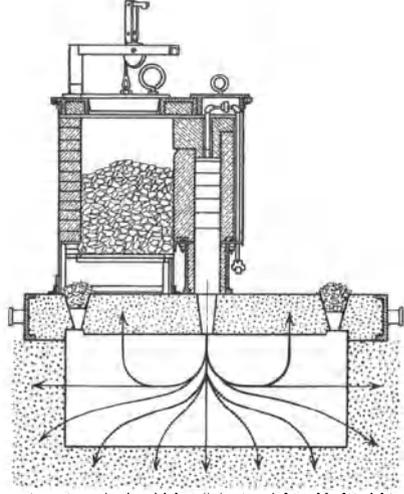


Abb. 59. Wirkungsweise der Trocknung mit Preßluft, Bauart Oehm.

die in dem Zylinder injektorartig wirkt. Nachteil des Apparates nach Abb. 59 ist sein Preßluftantrieb. Die Kompressoranlage muß während der ganzen Trocknungsperiode, meistens in der Nacht, laufen. Obwohl transportable Trockenöfen verhältnismäßig noch nicht lange eingeführt sind, gibt es bereits eine ganze Reihe von Konstruktionen.

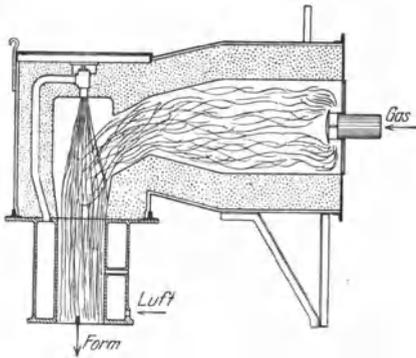


Abb. 60. Gasbrenner oder Gastrockenofen.

Erwähnt seien noch die Gasbrenner oder Gastrockenöfen (Abb. 60). Sie kommen dort zur Anwendung, wo Gas von anderen Betrieben her zur Verfügung steht³².

Sowohl bei den Schmelz- als auch den Trockenöfen konnten nur die hauptsächlichsten Konstruktionen erwähnt werden, sofern sie in der Praxis überhaupt einige Bedeutung erlangt hatten. Es ist heute unmöglich, auf sämtliche Konstruktionen näher einzugehen, weil es eine unübersehbare Reihe von Kombinationen gibt, die sich im Prinzip kaum unterscheiden. Auf die Erfassung der typischen Ofenanlagen des Eisengießereiwesens kam es in erster Linie an.

Literaturverzeichnis.

a) Einzelne Werke.

- Deutsches Gießerei-Taschenbuch. München und Berlin: R. Oldenbourg 1923.
 Geiger, C.: Handbuch der Eisen- und Stahlgießerei I—III, 2. Aufl. Berlin: Julius Springer 1925, 1927 u. 1928.
 Helbig, A. B.: Die Verbrennungsrechnung. Berlin: Georg Siemens, Kurfürstenstr. 8. 1926.
 Irresberger, Carl: Kupolofenbetrieb, H. 10. Berlin: Julius Springer 1922.
 Ledebur, A.: Handbuch der Eisen- und Stahlgießerei, 3. Aufl. Leipzig 1901.
 Derselbe: Handbuch der Eisenhüttenkunde, 1. Abt., 5. Aufl. Leipzig 1906.
 Osann, Bernhard: Lehrbuch der Eisenhüttenkunde. Leipzig: Wilhelm Engelmann 1915.
 Seufert, Franz: Verbrennungslehre und Feuerungstechnik, 2. Aufl. Berlin: Julius Springer 1923.

b) Abhandlungen.

- ¹ Weyer, O.: Die Verlustquellen: Windmenge, Düsenquerschnitt und Satzgröße beim Kupolofen. Gieß. 1926, S. 301 und 317.
² Hollinderbäumer, W.: Über die „Verbrennlichkeit“ (Reaktionsfähigkeit) von Koks und ihren Einfluß auf den Schmelzbetrieb im Kupolofen. Mitt. 9 der Gießerei-Beratungs-G. m. b. H., Düsseldorf.
³ Wilke-Dörfurth, E. und Th. Klingenstein: Die Wirkungsweise des Flußspats als Kupolofenzuschlag in der Eisengießerei. Stahleisen 1927, S. 128 u. 881.
⁴ Hüser, Fr.: Experimentelle Untersuchung des Kupolofen-Schmelzprozesses. Stahleisen 1913, S. 181.
⁵ Buzek, G.: Die Luftmenge und ihre Bedeutung für den Bau und Betrieb der Kupolöfen. Stahleisen 1910, S. 353, 567 u. 694.
⁶ Osann, B.: Eine interessante Kupolofenexplosion. Gieß.-Zg. 1926, S. 694.
^{7a} Jordan, H.: Die Mengemessung von Gasen, Dampf und Flüssigkeiten auf Hüttenwerken. Mitteilung Nr. 76 der Wärmestelle der Vereins Deutscher Eisenhüttenleute, Düsseldorf.
^{7b} Windmengenmessung am Kupolofen. Mitteilung Nr. 2 der Gießerei-Beratungs-G. m. b. H., Düsseldorf.
⁸ Pinsl, H.: Erfahrungen mit der automatischen Gasanalyse im Kupolofenbetrieb. Gieß. 1927, S. 374.
⁹ Keinath: Elektrische Temperatur-Meßgeräte. München: R. Oldenbourg 1923.
¹⁰ Fry, Ad.: Optische Temperaturmessung in der Praxis. Stahleisen 1924, S. 1398 u. 1783.
¹¹ Schmidt, H.: Die Grundgedanken der Strahlungs-pyrometrie. Mitteilung Nr. 77 der Wärmestelle des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute, Düsseldorf.
¹² Schmid, L.: Wärmetechnische Untersuchungen an einem Schürmann-Kupolofen. Gieß. 1925, S. 505, 521 u. 547.
¹³ Schmid, L.: Sonderbauformen und Sonderbetriebsformen des Kupolofens. Gieß. 1928, S. 781.
¹⁴ Geiger, C.: Handbuch der Eisen- und Stahlgießerei Bd. 2, S. 488/89. Berlin: Julius Springer 1916.
¹⁵ Geiger, C.: Der Kupolofen nach Poumay. Gieß. 1928, S. 816.
¹⁶ Ein neues Kupolofenbetriebsverfahren. Gieß. 1924, S. 413.

¹⁷ Langenohl: Übersicht über die derzeitigen Verfahren zur Gewinnung hochwertigen Gußeisens und Betrachtungen über einige Ofenfragen. Gieß. 1928, S. 566.

¹⁸ Berthold, K. K.: Neuere Versuche mit Ölzusatzfeuerung für Kupolofenbetrieb. Stahleisen 1921, S. 393.

¹⁹ Bardenheuer, P.: Die Verbrennungsvorgänge im Kupolofen und ihre Beeinflussung durch die Kohlenstaubzusatzfeuerung. Gieß.-Zg. 1927, S. 451.

²⁰ Bardenheuer, P., u. A. Kaiser: Der Einfluß der Kohlenstaubzusatzfeuerung auf den Schmelzgang im Gießereikupolofen. Stahleisen 1927, S. 1389.

²¹ Rein, C.: Kupolofenschmelzen und veredelter Guß. Gieß.-Zg. 1927, S. 173.

²² Geiger, C.: Handbuch der Eisen- und Stahlgießerei Bd. 2, S. 549. Berlin: Julius Springer 1916.

²³ Zankl, A.: Betriebserfahrungen mit dem Ölflammpfen in der Tempergießerei. Gieß.-Zg. 1927, S. 35.

²⁴ Klingenstein, Th.: Ein neuer Ofen „Bauart Wüst“ zur Veredelung von Qualitätsguß. Stahleisen 1925, S. 1476.

²⁵ Geiger, C.: Handbuch der Eisen- und Stahlgießerei Bd. 2, S. 417. Berlin: Julius Springer 1916.

^{26a} Bardenheuer, P.: Der Brackelsberg-Drehofen zum Schmelzen von Gußeisen und Temperguß. Gieß. 1928, S. 814.

^{26b} Bardenheuer, P.: Die Bedeutung des Brackelsberg-Ofens für die Eisengießerei, insbesondere zur Erzeugung von hochwertigem Gußeisen. Gieß. 1928, S. 1169.

²⁷ v. Kerpely, K.: Reaktionsvorgänge im basischen Elektrofen. Gieß.-Zg. 1927, S. 98 u. 207.

²⁸ Lemoine, R. P.: Anwendung des elektrischen Ofens im Eisengießereibetrieb (Duplexverfahren). Stahleisen 1927, S. 2121.

²⁹ Preisarbeiten des Vereins Deutscher Eisengießereien, Gießereiverband. Gieß. 1926, S. 609, 628, 634, 648 und 650.

³⁰ Erbreich: Bericht über den augenblicklichen Stand der Trockenvorrichtungen für Eisenguß- und Stahlgußformen. Gieß. 1926, S. 741.

³¹ Ebling, O.: Aufstellung von Richtlinien für Untersuchungen an Trockeneinrichtungen. Gieß. 1927, S. 394.

³² Luyken, H.: Die Trocknung der Formen auf der 4. Gießereifachausstellung 1925 in Düsseldorf. Gieß. 1926, S. 957, 977 und 997.

³³ Adämmer, H.: Die Voithsche Trockenkammerfeuerung für minderwertige Brennstoffe. Stahleisen 1921, S. 399.

³⁴ Hugo, H.: Über wirtschaftliche Heizung von Gießereitrockenkammern. Gieß. 1928, S. 819.

³⁵ Hollinderbäumer, W.: Ofenanlagen in der Gießerei. Gieß. 1926, S. 513.

³⁶ Müller, R. W.: Einrichtung zur elektrischen Trocknung von Gußformen bei der Gesellschaft B. A. G. in Turgi. Gieß. 1928, S. 163.

³⁷ Schmid, L.: Eine neuartige Trocknungsanlage für Gießereikerne. Gieß.-Zg. 1926, S. 386.

Konstruktionsregeln für Grauguß.

Von R. Lehmann*.

A. Einleitung.

Die Zusammenarbeit zwischen Konstrukteur und Gießereifachmann läßt immer noch sehr viel zu wünschen übrig. Eine gründliche Abhilfe kann eigentlich nur dadurch geschaffen werden, daß der Konstrukteur praktisch und theoretisch mit den grundlegenden Erfordernissen der Gießereitechnik vertraut ist. Fraglos ist dies bei der Ausbildung des Ingenieurs und Konstrukteurs in erster Linie zu berücksichtigen.

Um aber auch dem Mann der Praxis und demjenigen, der sich noch nicht eingehend auf diesem Gebiete beschäftigt hat, einen kurzen Hinweis und Überblick über das ganze Gebiet zu verschaffen, hat der Verein Deutscher Eisengießereien, Gießereiverband, umfangreiche Arbeiten und Erhebungen eingeleitet. Ihr Ergebnis sind die „Konstruktionsregeln für Grauguß“** (Betriebsblatt für Konstrukteure und Betriebsbeamte AWF 34), die trotz der kurzen Zeit ihres Bestehens bereits große Verbreitung gefunden haben. In diesen Konstruktionsregeln sind die wichtigsten Gesichtspunkte in 6 Hauptabschnitten und 31 Regeln zusammengefaßt. Diese Hauptabschnitte sind:

1. Allgemeines,
2. stoffgerechter Entwurf,
3. formgerechter Entwurf,
4. gießgerechter Entwurf,
5. besondere Regeln zur Vermeidung von Lunkern und Spannungen,
6. putzgerechter Entwurf.

Um das Verständnis dieser Regeln, die Einarbeit und ihre Anwendung zu erleichtern, um ferner die ganze Arbeit auch Schulungszwecken zugänglich zu machen, wurde zu den gesamten Konstruktionsregeln die vorliegende Erläuterung unter Berücksichtigung sämtlicher, bisher in der Literatur erschienenen Beispiele zusammengestellt. Auch hier

* Anregungen zu der Arbeit wurden mir als Vorsteher des Normenbureaus der Bamag-Dessau unter Leitung des Herrn Generaldirektor Bader, ferner ist insbesondere der zur Vortragsreihe gehörige Aufsatz von Dipl.-Ing. L. Scharlibbe (siehe Literaturverzeichnis ⁶) weitgehend berücksichtigt. Die Arbeit wurde zuerst in der Zeitschrift: Gieß. 1927, H. 41, 42, 44 u. 45 veröffentlicht.

** Siehe S. 180 u. 181.

wird versucht, nur das Notwendigste auf möglichst engem Raum zu geben und durch einfache Beispiele und klaren Text die einzelnen Regeln zu erläutern und leichter verständlich zu machen.

Dem Konstrukteur sind nunmehr Unterlagen gegeben, auf Grund deren er bei der Konstruktion die Erfordernisse der Gießereitechnik berücksichtigen kann; er bekommt hier Fingerzeige, um über die größten Schwierigkeiten hinwegzukommen, die sich bei falschen Konstruktionen in der Gießerei ergeben.

Die Regeln und die Erläuterungen dazu können der Lage der Dinge nach nichts Erschöpfendes sein; sondern sie können und sollen den Konstrukteur anregen, auf Dinge zu achten, denen er bisher vielleicht allzu wenig Wert beigelegt hat, und ihm helfen, die Zusammenarbeit mit der Gießerei nutzbringend und erfreulich zu gestalten. Die verwandte Literatur ist am Schlusse der Arbeit angegeben. Es sei auch auf das Werkstattbuch H. 30, Gesunder Guß von E. Kothny*¹¹, in welchem die Kristallisations- und Schwindungsvorgänge unter Verwendung der gleichen Literatur ausführlich behandelt sind, verwiesen, ferner auf die Sammlung „Werkstattgerechtes Konstruieren“, Abschnitt: Entwurf von Gußeisenteilen, die von der Arbeitsgemeinschaft Deutscher Betriebsingenieure herausgegeben wird. Vom Standpunkt des Konstrukteurs ausgehend, wird dort versucht, die vom Betrieb herangetragenen Unterlagen in eine für den Konstrukteur brauchbare Form zu bringen. Auch diese Arbeit ist unter Mitarbeit des Vereins Deutscher Eisengießereien und zahlreicher anderer Verbände und Fachmänner entstanden**.

B. Allgemeines.

1. Der Konstrukteur soll mit den allgemeinen gießereitechnischen Gesichtspunkten vertraut sein.

Beachte: DIN 1690/DIN 1691.

Hierzu gehört, daß dem Konstrukteur die in der Gießerei erreichbaren Festigkeitswerte des Gußeisens bekannt sind; es muß ihm geläufig sein, wieweit die Gießerei Material für Sonderfälle, wie säurebeständigen Guß, feuerbeständigen Guß u. a. (siehe DIN 1691) herstellen kann. Von besonderer Wichtigkeit ist die Kenntnis über die Grundlagen des veredelten Graugusses zur Herstellung von hochwertigem Gußeisen. Nach den in den letzten Jahren angestellten Untersuchungen ist nicht nur der Kohlenstoff- und Siliziumgehalt für die

* Berlin: Julius Springer. Die hochgestellten Hinweisziffern geben die Ordnungsnummer an, unter der die Arbeit im Literaturverzeichnis aufgeführt ist.

** Zu beziehen durch Beuth-Verlag, Berlin S 14, Dresdner Straße 97.

Gefügeausbildung des Gußstückes maßgebend; diese wird vielmehr durch die Wandstärken wesentlich beeinflußt. Im Zusammenhang hiermit sei auf das Gußeisendiagramm von Dr.-Ing. E. Maurer¹, welcher als erster auf Grund ausgedehnter Versuche die Abhängigkeit von C und Si in dem Gußeisendiagramm zusammenfaßte, und das Gußeisendiagramm von Greiner-Klingenstein² hingewiesen*. Aus letzterem ist zu ersehen, daß bei verschieden großen Wandstärken eines Gußstückes auch die Gefügeausbildung eine andere ist. Die Festigkeitseigenschaften steigen bei gleicher Wandstärke, je niedriger die Summe des C + Si-Gehaltes und je geringer bei gleicher Gattierung die Wandstärke ist.

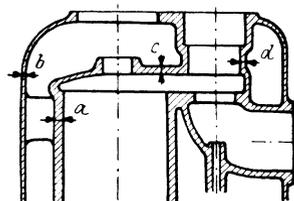


Abb. 1. Gußstück mit verschieden großen Wandstärken.

Das Konstruktionsteil nach Abb. 1 mit verschieden starken Wandstärken würde bei einem C + Si-Gehalt = 5% an den verschiedenen Stellen nachstehende Beanspruchung aufweisen:

	a	b	c	d
Wandstärke . .	22 mm	8 mm	18 mm	12 mm
kg/mm ²	28/30	35/38	30/32	33/35

Bei dem gleichen Konstruktionsteil wäre somit eine Festigkeit zwischen 28 bis 35 kg/mm² vorhanden. Nach dem Diagramm beträgt die prozentuale Zunahme der Festigkeit für perlitisches Gußeisen zwischen kleinster und größter Wandstärke 50%.

Für die Durchbildung von Konstruktionen ist die Kenntnis der verschiedenen Formmöglichkeiten, wie Modell- und Schablonenformerei bei Einzel- und Massenherstellung notwendig**. Die Konstruktion ist unter Berücksichtigung günstigster Kernaufgaben, Bearbeitungs- und Transportmöglichkeiten bei geringstem Ausschuß durchzuführen, ohne daß Spannungen und Lunker im Gußstück entstehen.

Der Konstrukteur sollte sich mit der Entstehung der Konstruktion ein Bild über Aufbau der Formkasten und Teilung des Modells machen. Auf die Beseitigung des an den Teilstellen entstehenden Grades durch den Putzer ist Rücksicht zu nehmen. Wenn dann die Gestaltung auf Verwendung von bestehenden Formkasten und Bearbeitungsmaschinen Rücksicht nimmt, ist eine schnelle Lieferung und niedrigste Preisstellung möglich.

* Das Gußeisendiagramm nach Maurer ist in Abb. 4 und das Greiner-Klingensteinsche Diagramm in Abb. 5 des vorliegenden Abschnitts „Aufbau und Eigenschaften des Gußeisens“ wiedergegeben.

** Siehe Abschnitt „Modellbau und Formtechnik“.

2. Bei schwierigen Gußstücken der Neukonstruktion stets mit dem Gießereifachmann beraten.

Diese Beratung kann für die äußere Formgebung des Gußstückes mitbestimmend sein. Nach Klärung der Fragen:

Steht der verlangte Werkstoff, evtl. Sonderwerkstoff für feuer-, säurefesten u. a. Guß (siehe DIN 1691*) zur Verfügung?

Wird das Gußstück in Sand oder Lehm geformt?

Können durch Umgestaltung des Stückes, derart, daß Schablonenarbeit statt Modellarbeit in Frage kommt, Modell- und Formerlöhne gespart werden?

Welche Wandstärken fordert die Gießerei?

Können allseitig die Grate beseitigt werden?

Wo können Kerne gespart werden?

Muß wegen Form- oder Gießereieinrichtungen die Konstruktion unterteilt werden?

Genügen die vorgesehenen Kernstützen und die vorgesehene Kernstärke?

Sind Verbindungsstege für guten Eisenfluß notwendig?

Sind alle Lunkerstellen beseitigt?

Sind besonders ungünstige Stellen vorhanden, welche die Gießerei zu beachten hat?

Bei Beachtung der in den weiteren Regeln aufgegebenen Punkte werden Ausschuß und hiermit entstehende Unkosten sowie sich damit ergebende Schwierigkeiten auf ein Mindestmaß beschränkt.

3. Auch bei Einzelkonstruktionen auf die Möglichkeit von Massenanfertigung Rücksicht nehmen.

Für Konstruktionsglieder, welche voraussichtlich in größerer Anzahl benötigt werden, sollte auf diese Regel besonderes Augenmerk gerichtet werden. Mit Einstellung eines größeren Umsatzes wird dann der Übergang von Hand- zu Maschinenformen ohne weiteres möglich; es können auch die für die mechanische Bearbeitung hergestellten Bearbeitungseinrichtungen und Aufspannvorrichtungen sowie die bis dahin beschafften Sondermaschinen weiter verwendet werden.

4. Große Gußstücke verwickelter Konstruktion besser aus mehreren Teilen anfertigen und zusammenbauen, da sonst Maßgenauigkeit nicht gewährleistet ist.

Bei großen Gußstücken, welche mit einer Anzahl kleiner Augen, Lagerstellen u. a. zur Aufnahme von Steuermechanismen oder ähnlichen Teilen versehen sind, für welche

* Siehe Anhang S. 265.

a) die Bearbeitung der einzelnen Lagerstellen zueinander eine größere Genauigkeit erfordert,

b) die einzelnen Augen oder Lagerstellen selbst in guter Passung herzustellen sind und dazu

c) die Gußstücke noch laufend angefertigt werden müssen, ist es zweckmäßiger, die Kleinteile in ihrer Passung für sich herzustellen und die Genauigkeit der Teile zueinander durch Anschrauben am Hauptgußstück zu erzielen. Das Hauptgußstück (siehe Abb. 2a, 2b) erhält hierbei einfache Form und Bearbeitung. Durch diese Teilung werden folgende Vorteile erreicht:

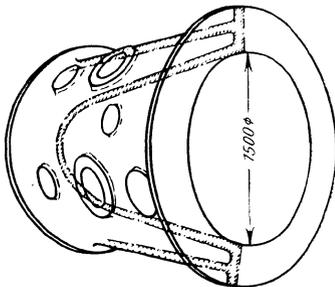


Abb. 2a. Kochbottich mit Arbeitsflächen für Armaturen.

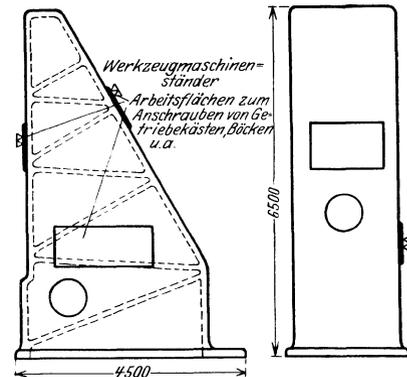


Abb. 2b. Groß-Maschinenständer mit Arbeitsflächen für Kleinteile.

a) Bei einem sich ergebenden Fehler wird der Ausschuß des Hauptstückes vermieden;

b) bei einem Verschleiß der Lagerstellen kommt nur ein Ersatz der Kleinteile, nicht aber des Hauptgußstückes in Frage;

c) durch die vereinfachte Herstellungsweise arbeitet sowohl die Gießerei als auch die mechanische Werkstatt billiger;

d) die Kleinteile können in jeder geforderten Passung auf kleinen Bänken hergestellt werden.

Aber nicht nur bei besonders großen Stücken, sondern auch bei Stücken mittlerer Größe und selbst bei kleinen Gußstücken kann eine Teilung Vorteile bieten. Der Unterstützungsbock nach Abb. 2c erfordert eine sehr komplizierte Modell- und Kerneinrichtung; große Formkasten sind notwendig, um das Stück einzuformen; selbst für die geringe und einfache mechanische Bearbeitung muß das Stück auf ein großes Fräswerk gebracht werden.

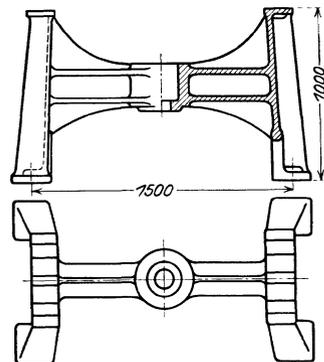


Abb. 2c. Traverse mit Seitenböcken aus einem Gußstück.

Die Gesamtherstellungskosten werden niedriger bei einer Teilung der Konstruktion nach Abb. 2d; hierbei kommt für die Seitenböcke und

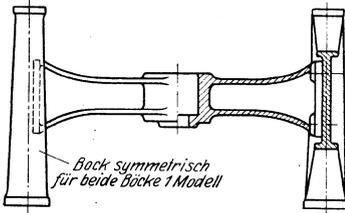


Abb. 2d. Traverse mit Seitenböcken aus zwei Modellen hergestellt.

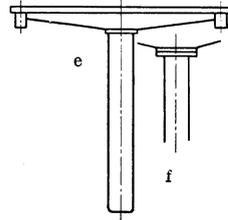


Abb. 2e u. f. Druckplatte mit angegossenem bzw. angeschraubtem Plungerkolben.

sodann für die Traverse nur je ein kleines Modell in Frage. Aus dem gleichen Grunde wäre es ratsam, die Herstellung der Platte mit

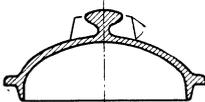


Abb. 2g. Deckel mit angegossenem Knopf.

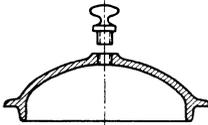


Abb. 2h. Deckel mit angeschraubtem Knopf.

Kolben nach Abb. 2e nicht aus einem Stück, sondern geteilt nach Abb. 2f vorzunehmen. Für die Teilung dieses Gußstückes spricht die sich gerade an der Verbindungsstelle, in diesem Falle auch in dem gefährlichsten Querschnitt des Gußstückes, bildende Lunkerung. Der einfache Deckel nach Abb. 2g wird formgerechter, sauberer und billiger, wenn die Einschraubung des Kopfes vorgenommen wird nach Abb. 2h; hierbei fällt sowohl der Kern als auch der Grat und damit der Kernmacher- und Putzerlohn weg.

5. Insbesondere keine kleinen, überstehenden Maschinenteile, z. B. Lager, an große Gußstücke angießen, sondern anschrauben.

Abgeschlossene selbständige Maschinenteile wie Lager, Stopfbüchsen, Hähne, Ventile u. a. sollten nie an große Gußstücke angegossen, sondern angeschraubt werden. Das Einzelteil, als Stück einer

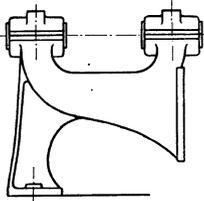


Abb. 3a. Exhaustorlagerung.

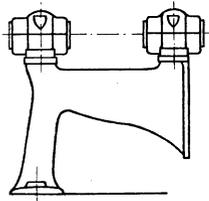


Abb. 3b. Exhaustorbock mit aufgesetzten Lagern.

Massenfabrikation, wird hierbei erheblich billiger als die Bearbeitung der gleichen Flächen an einem großen Gußstück, welches nur auf großen Bearbeitungsmaschinen fertiggestellt werden kann. Der Zeitaufwand für Transporte und Einrichten

des großen Gußstückes vom Lagerplatz bis zur Bearbeitungsmaschine übersteigt in den meisten Fällen die eigentliche Bearbeitungszeit. Der Bock für die Aufnahme der Lagerung eines Exhaustors nach Abb. 3a

wird zweckmäßiger nach Abb. 3b mit aufgeschraubter Lagerung ausgeführt. Auch die Lagerung der stehenden Steuer spindle in dem großen Steuerbock (Abb. 3c) wird zweckmäßiger für sich hergestellt und angeschraubt. Das Stopfbuchsgehäuse für große Behälter, Deckel u. a. in Abb. 3d sollte nicht angegossen, sondern für sich bearbeitet und angeschraubt werden. Hiermit ist auch eine Auswechselbarkeit der dem Verschleiß unterworfenen Teile möglich. — Für solche Fälle, wo die verschiedensten Anordnungen, wie Rechts- und Linksausführung u. a., in Frage kommen, gestaltet sich eine entsprechende Trennung der Teile wesentlich wirtschaftlicher.

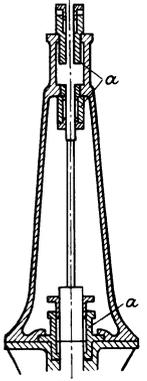


Abb. 3c. Steuerbock.

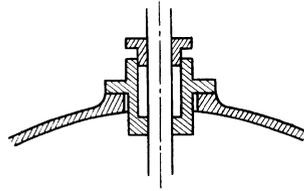


Abb. 3d. Angeschraubte Stopfbüchse.

6. Beim Entwurf von großen Gußstücken für Einzelanfertigung darauf Rücksicht nehmen, daß die Form schabloniert werden kann (Drehkörper); hierdurch wird erheblich an Modellkosten gespart.

Es kann nicht genug darauf hingewiesen werden, daß der Konstrukteur auch auf sparsamste Wirtschaft in bezug auf die notwendigen Modelle sehen muß. Die in Frage kommenden Tischlerlöhne können für die Formgebung der Konstruktion mit maßgebend werden. Bei großen Gußstücken fällt der Unterschied zwischen Modell und Schablone ganz besonders ins Gewicht.

Kann das Gußstück nicht so gestaltet werden, daß die Herstellung des ganzen Teiles durch Schablone allein möglich ist, so ist in vielen Fällen die Verwendung von Schablonen für einen Teil des Stückes durchführbar. In den Gießereien, wo die Lehmformerei bevorzugt wird, werden selbst für die kompliziertesten Gußstücke, welche mit Flächen, Rohrangüssen und Flanschen versehen sind, nur Schablonen verwendet. Hierbei

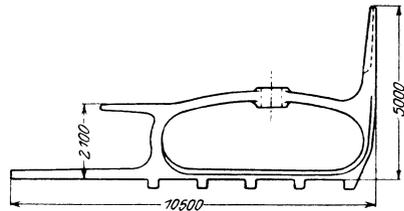


Abb. 4. Ruderstev.

ist es nicht immer notwendig, daß die Teile Drehkörper sind. Die Gießereien stellen bei Einzelausführung auch die Formen von lang gestreckten Teilen, wie Platten, Kasten u. a., durch Ziehen mittels Schablone unter Mitverwendung von Teilmodellen her. Die Konstruktion muß hierfür vorgesehen sein. Der Konstrukteur muß sich

von vornherein mit der Gießereileitung über die in Frage kommende Ausführungsart ins Benehmen setzen; er muß die Formgebung des Gußstückes nach der Formart gestalten.

Die Gießform des Gußstückes eines in seiner Gestaltung komplizierten Hinterstevens nach Abb. 4 ist mittels Ziehschablone allein herstellbar.

C. Stoffgerechter Entwurf.

7. Gußeisen bietet größte Beanspruchungsmöglichkeit auf Druck; die Beanspruchungen auf Zug und Biegung liegen wesentlich darunter.

Das Verhältnis der Festigkeit zwischen Zug und Druck ist bei Gußeisen für einfache Maschinenteile mit einer Zerreißfestigkeit von 14 bis 20 kg/mm² = 1 : 3. Die Biegezugfestigkeit wiederum ist abhängig von dem in Frage kommenden Querschnitt. Um größte Sparsamkeit bei größter Sicherheit zu erhalten, muß der Konstrukteur die Querschnittsformen und Wandstärken derart gestalten, daß er bei geringstem Material eine weitestgehende Ausnutzung erhält.

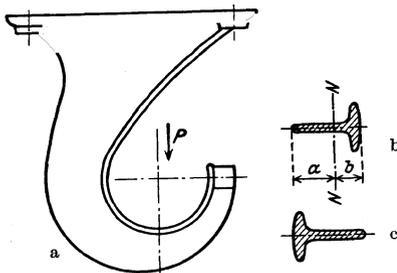


Abb. 5 a bis c. Hängearm.

Der günstigste Querschnitt würde bei einer Belastung des Konstruktionsteiles nach Abb. 5 a der —förmige sein. Ist $N-N$ (Abb. 5 b)

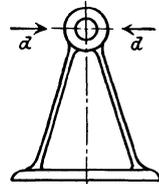


Abb. 5 d. Stehbock.

die Neutrale des Querschnittes, dann erhält „ Na “ Druck, „ Nb “ Zug. Die umgekehrte Querschnittsform nach Abb. 5c würde bei der gleichen

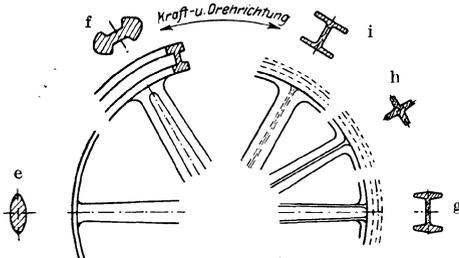


Abb. 5 e bis i. Arm-Querschnitte für Scheiben und Räder.

zulässigen Beanspruchung ein erheblich größeres Gewicht des Körpers ergeben. Tritt eine Beanspruchung nach zwei Richtungen (Abb. 5d) auf, dann ist der —förmige Querschnitt, der \perp -förmige Querschnitt oder auch der \square -Querschnitt der günstigste. Kommt eine Inanspruchnahme nach mehreren Richtungen in Frage, dann muß

zum \odot -Querschnitt geschritten werden. Für Teile, welche als Normteile allgemeine Verwendung finden, ist der Rotationskörper, als nach allen Seiten stabil, der richtige.

Bei Riemen- und Seilscheiben wie auch bei Schwungrädern findet allgemein der elliptische Querschnitt nach Abb. 5e, 5f Verwendung. Die Arme können auch hier den -Querschnitt erhalten; mit Rücksicht auf den bei hohen Geschwindigkeiten auftretenden Luftwiderstand bleibt aber der elliptische Querschnitt bestehen. Anders ist dies bei Zahnrädern. Hier finden die Querschnitte 5g, h, i Verwendung. Für die Übertragung richtig ist 5g; wegen der einfacheren Einrichtungen in der Gießerei wird in den meisten Fällen 5i gewählt, weniger 5h. Hieraus ergibt sich wieder, daß der Konstrukteur ständig mit der Gießerei in Fühlung bleiben muß, damit die gegenseitigen Vorteile erwogen werden können.

8. Mechanische Beanspruchung einzelner Teile genau vorschreiben; Wahl der Festigkeitsziffern keinesfalls dem Gießer überlassen. Beachte DIN 1691!* Bezeichnungen in den Zeichnungen und Aufgabzetteln eintragen!

Abhängig von dem in Frage kommenden Verwendungszweck des entsprechenden Konstruktionsgliedes, ob feuerbeständig, hitzebeständig oder anders (siehe DIN 1691) und den hiermit in Frage kommenden Beanspruchungen muß die Festigkeit des Gußeisens der Gießereileitung aufgegeben werden.

Hat der Konstrukteur noch freie Hand, dann ist die Art und Form des Gußstückes von besonderer Bedeutung. Bei komplizierten Gußstücken oder solchen, welche schlecht ersetzbar sind, muß von vornherein ein hochwertiges Gußeisen vorgesehen werden — der entstehende Mehrpreis ist hierbei nicht ausschlaggebend; dagegen sollte für einfache, leicht ersetzbare Teile nur das Normaleisen verwendet werden.

Für Gußstücke aus normaler Handelsware kann „Ge 12. 91“ gewählt werden. Sollen Gußteile, Zylinder, Zahnräder u. a., welche schon verhältnismäßig hoch beansprucht sind, für eine möglichst lange Betriebszeit vorgesehen sein, dann muß schon der Beanspruchung halber das Material hohe Festigkeit erhalten; eines möglichst geringen Verschleißes wegen sollte aber das Gefüge perlitisch sein. Bei den Versuchen von Lehmann³ wurde bei rein perlitischem Gußeisen die geringste Abnutzung der Gleitflächen festgestellt; die Abnutzung ist um so geringer, je dichter das Gußeisen ist.

Der Konstrukteur muß von vornherein entsprechend Auswahl treffen und sich bei Entstehung der Konstruktion wegen Verwendung von Sondergußeisen mit der Gießerei verständigen. Zu beachten ist, daß mit Verwendung besseren Eisens höhere Erzeugerkosten entstehen; deshalb sollte wiederum das zulässig billigste Eisen verwendet werden.

* Siehe „DIN 1691, Gußeisen“ Anhang S. 265.

9. Kernstützen sind möglichst zu vermeiden! Besonders gilt dies für Gußstücke, die hohen inneren Drücken ausgesetzt sind; bei feuer-, säure-, alkali-, seewasserfestem Guß müssen Kernstützen unbedingt vermieden werden; deshalb Anordnung von Kernen derart, daß Kernstützen überflüssig.

Bei den vorerwähnten Gußteilen handelt es sich fast durchweg um Stücke, welche zur Aufrechterhaltung des Betriebes notwendig sind. Hierbei kann ein Undichtwerden zu Explosionen, zu umfangreichen Betriebsstillständen und gar zur Beschädigung von Menschen und Gebäuden führen. Mit dem dann notwendigen Austausch des betreffenden Gußteiles ist ein weiterer Betriebsstillstand verbunden.

Die Prüfung des Gußteils ergibt sehr oft, daß allein die Verwendung von Kernnägeln den gesamten Schaden verursacht hat. Beim Vergießen des flüssigen Eisens entsteht um den Kernnagel durch die vom Nagel ausgehende Abkühlung eine Gasbildung und als Folge hiervon ein leichteres Gefüge. Seewasser und Säuren lösen die eingegossenen Kernnägel auf; die Gußstücke werden undicht.

Der Konstrukteur muß besonders bei den in obiger Regel erwähnten Teilen von vornherein darauf bedacht sein, daß die Kerne von sich aus eine gute Auflage und Sicherung gegen Heben und Kippen erhalten; die Gießerei darf gar nicht auf den Gedanken kommen, Kernnägel zu verwenden. Siehe Regel 15.

D. Formgerechter Entwurf.

10. Bei allen Gußstücken Möglichkeit zur Heraushebung des Modells vorsehen! Aushebeschräge so groß wie möglich und schon auf der Zeichnung angeben!

Die Möglichkeit der Heraushebung des Modells aus der Form macht es notwendig, daß das Modell in sich steif genug ist. Hiermit ist dem Konstrukteur eine gewisse geringste Wandung vorgeschrieben. Die Arbeit des Formers ist einfacher und billiger, wenn das Modell durchweg mit genügender Aushebung versehen ist. Es erfolgt kein Ausreißen der Form und ist demzufolge keine Ausflickerarbeit zu leisten.

Die Aushebeschräge ist abhängig von der Tiefe des Modells im Kasten. Die normale Aushebeschräge beträgt 1 : 100 an stabilen Holzmodellen, welche ausgeklopft werden können, 1 : 30 bis 1 : 20 an solchen Modellen, welche ohne Ausklopfen ausgehoben werden müssen. — Läßt die Formgebung eine größere Aushebeschräge 1 : 10 bis 1 : 5 für Fundamentrahmen, Augen usw. zu, dann ist jeweils die größte zulässige, für die Gießerei billigere, zu wählen. Durchzugsformen erhalten zweckmäßig Schrägen von 1 : 100 bis 1 : 200. Die Aushebeschrägen soll der Konstrukteur bereits in den Konstruktionszeichnungen vorsehen

und die Maße hierfür eintragen. In Abb. 6a bis d sind Querschnitte ohne Aushebeschrägen, in Abb. 6e bis f solche mit Aushebeschräge dargestellt. Die Konstruktion erhält durch die Aushebeschrägen eine andere Gestaltung. Die Maßeintragung ist von besonderer Wichtigkeit, wenn in einem Gußstück ein zweites eingebaut wird. Wählt die Tischlerei bei dem Gußstück nach Abb. 6i die Aushebeschräge nach innen, dann würde das einzubauende Stück nicht hineingehen. Das Kon-

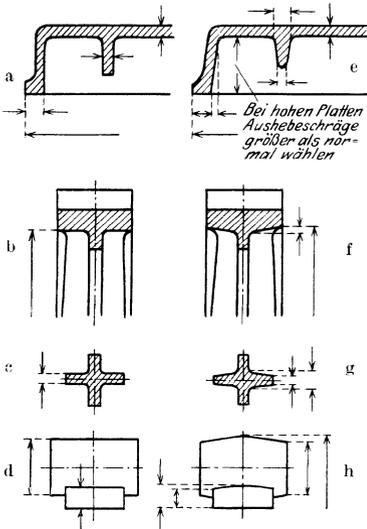


Abb. 6a bis h. Aushebeschrägen zeichnen und vermaßen.

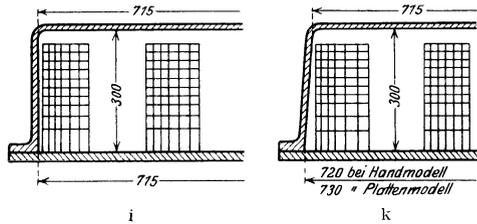


Abb. 6i u. k. Kasten mit und ohne Aushebeschräge.

struktionsteil nach Abb. 6k aufgegeben, erhält durch die Aushebeschräge ein größeres Außenmaß.

11. Unterschneidungen vermeiden!

Jede Unterschneidung erfordert entweder einen besonderen Kern oder eine Teilung des Modells. Beides sollte vermieden werden und wird sicher in allen Fällen durch entsprechende Durchbildung des Konstruktionsteils möglich. Die Abb. 7a bis c zeigen einige Teile in falscher, die Abb. 7d bis f dieselben in richtiger Ausführung.

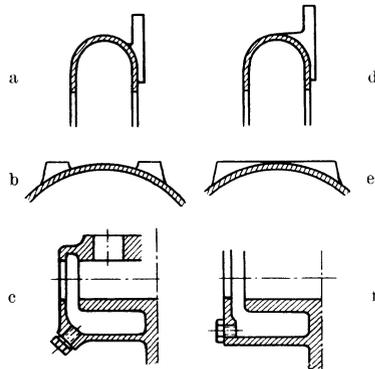


Abb. 7a bis f. Maschinenteile mit und ohne Unterschneidungen.

12. Modellteilung möglichst einfach, keine mehrfachen Unterteilungen!

Je einfacher das Modell und auch der Kernkasten gehalten wird, um so billiger, sauberer und genauer wird das Gußstück, aber auch die hierfür in Frage kommende Einrichtung. Durch mehrfache Unter-

teilungen entstehen Ungenauigkeiten beim Formen, zuweilen auch erhebliche Schwierigkeiten und Mehrkosten bei der Bearbeitung. Ein Gußstück in drei und mehr Kasten geformt, wird durch die Verschieden-

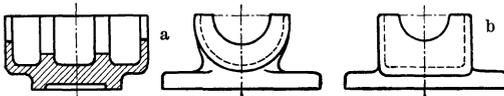


Abb. 8a, b. Lagerunterteil für 3 und 2 Kasten.

artigkeit der Kasten in den Teilhöhen ungenau. Die Entgratung der Teilstellen erfordert Mehraufwendung an Zeit.

Vor allem sollte bei Massenteilen, für welche Bearbeitungsvorrichtungen geschaffen sind, nur bei unbedingter Notwendigkeit zu einer Mehrteilung geschritten werden. Abb. 8a zeigt die Dreiteilung eines Lagers, Abb. 8b durch Formumgestaltung dasselbe Lager für zwei Kasten. In den meisten Fällen wird es möglich sein, die Konstruktion so umzugestalten, daß keine Mehrteilung notwendig ist.

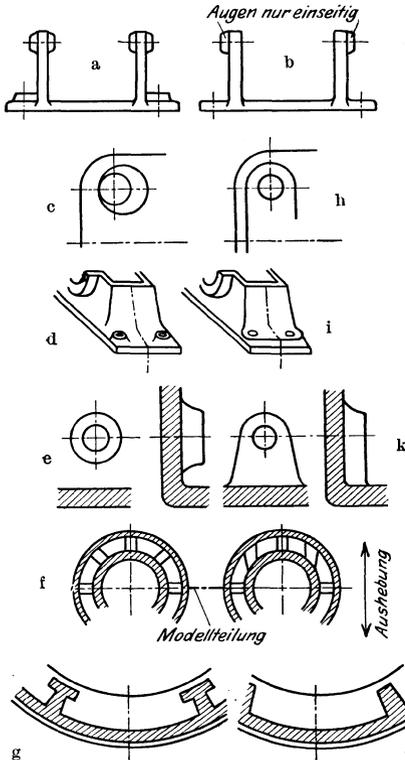


Abb. 9a bis m. Maschinenteile mit und ohne losen Augen und Rippen.

13. Teile wie Augen, Knaggen, Rippen, wenn unvermeidlich, möglichst so ansetzen, daß sie fest am Modell sind und mit ihm herausgezogen werden können, damit Verschiebungen vermieden werden.

Das Ansetzen von Augen und Rippen am Modell bedeutet eine Mehrbelastung der Tischlerei und Formerei. Beim Ausheben des Modells reißt die Form leicht auseinander; die Flickarbeit ist zeitraubend und für die Formgebung des Gußstückes nachteilig. Zweckmäßig ist es, Augen und Rippen ganz zu vermeiden. Doppelseitige Augen nach Abb. 9a werden besser als einseitige nach Abb. 9b ausgebildet. Zeichnerische, Modell-, Form- und Putzarbeit wird hierdurch gespart.

Loose Rippen und Augen werden verstampft (Abb. 9c), das

Gußstück zeigt hierdurch schlechte Formen; bei Formgebung der Rippen und Augen in der Ausheberichtung des Modells können die Rippen

und Augen mit dem Modell fest verbunden sein, ein Verstampfen kann nicht eintreten (Abb. 9h). Dies ist nicht nur bei der Außenform des Gußstückes am Modell (Abb. 9c bis e), sondern auch bei Festlegung der Innenform am Kernkasten (Abb. 9f bis g) zu beachten. Die richtigen Ausführungen mit festen Rippen und Augen zeigen Abb. 9h bis m.

14. Kerne möglichst vermeiden! Häufig ist Rippenguß vorzuziehen, da billiger herstellbar als Hohlguß.

Wenn es die Konstruktion zuläßt, sollte man Kerne vollständig vermeiden. Die Abb. 10a bis c⁶ zeigen einige Beispiele mit und die Abb. 10d bis f dieselben Konstruktionsteile ohne Kerne. Nicht nur, daß die Zeit für die Herstellung des Kernes und das Kernmaterial

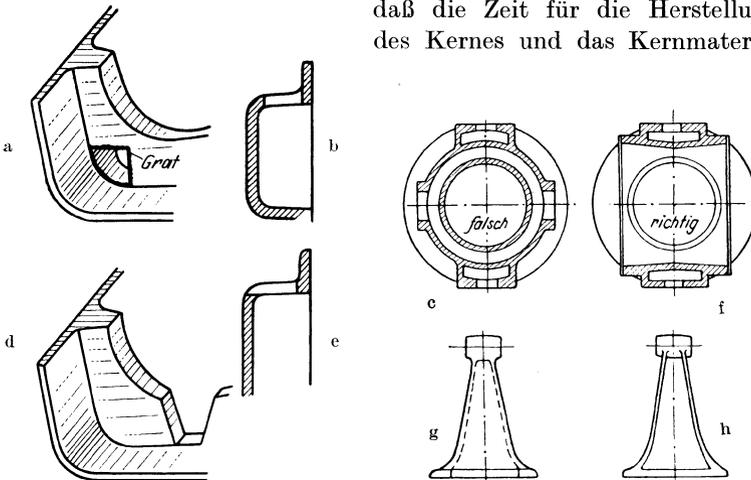


Abb. 10 a, b, d, e. Lagerunterteil und Deckel
mit und ohne Kern.

Abb. 10 c, f, g, h. Zylinder und Bock
mit und ohne Kern.

gespart wird, unabhängig von der Formgebung wird hierdurch auch der bei Kernen entstehende Grat vermieden.

Mit Entstehung des Konstruktionsteiles muß sich der Konstrukteur klar werden, ob für den fraglichen Zweck Rippen- oder Hohlguß zweckmäßig ist. Rippenguß erfordert ein Modell, wogegen für Hohlguß Modell und Kernkasten hergestellt werden muß. Für Gußteile, welche nur einzeln und in einigen Stücken vorkommen, wird Rippenguß stets billiger. Der Kernkasten, der Kern, das Einlegen u. a. fällt weg. Handelt es sich um runde Teile, Abb. 10g, dann kann bei Einzelausführung sowohl Form als auch Kern mittels Schablone hergestellt werden. Bei mehrmaligem Gebrauch ist die Rippenausführung mittels Modell vorzuziehen (Abb. 10h). Bei großen, umfangreichen Stücken kann es eintreten, daß der Preis für Modell und Kernkasten niedriger wird als

ein kompliziertes Rippenmodell, vor allem wenn nur ein Teilkernkasten in Frage kommt oder die Hauptarbeit durch eine Schablone vorgenommen wird. Die Konstruktion muß in allen diesen Fällen von vornherein hierfür vorgesehen werden. Müßte für die Herstellung der Platte Abb. 10i ein Modell hergestellt werden, dann würden die Gesamtkosten des Gußstückes ein Mehrfaches betragen, als wenn dieselbe Platte mittels Schablone und Teilmodell hergestellt würde. Der Rippenkörper Abb. 10k erfordert drei Kerne; durch Umbildung nach Abb. 10l werden die Kerne ver-

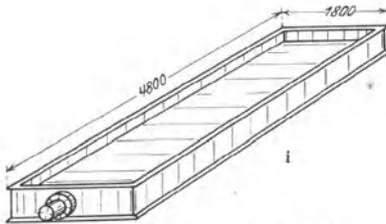


Abb. 10i. Wendeplatte, ohne Modell herstellbar.

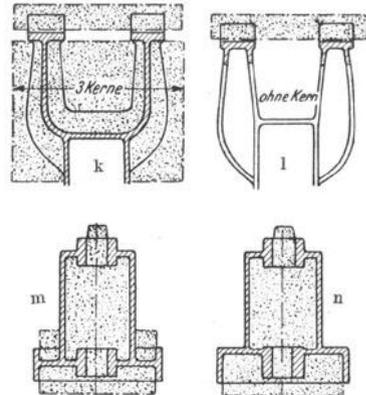


Abb. 10k bis n. Umgestaltung eines Bockes mit einer Scheibe zwecks Kernersparung.

mieden, auch bei Abb. 10m kann ein Kern gespart werden, wenn die Ausführung nach Abb. 10n vorgenommen wird.

Bei Rippenguß wiederum ist zu beachten, daß die Rippen nicht übermäßig hoch sein dürfen; bei geringer Aushebeschräge und kurzem Übergang wird die Form leicht beschädigt, besonders wenn es sich um größere Gußstücke handelt. Die Form wird durch das Ausputzen teurer, das Gußstück unsauber und unansehnlich. Die Putzerei kann die Form nicht hinbringen und verputzt das Stück. Die Vorteile und Nachteile sind in den einzelnen Fällen gegenüberzustellen.

15. Bei notwendigen Kernen sorgen für:

a) Sichere Auflage möglichst ohne Kernstützen, nötigenfalls Durchbrüche der Kerne anordnen, die gleichzeitig zur Luftabführung dienen. Die erforderlichen Kerne eines Gußstückes sollten sich durch eigene Auflagen stützen. Die Auflagen sind derart anzuordnen, daß kein Verdrehen oder Kippen des Kernes möglich ist, daß der Kern auch nicht vom Eisen gehoben werden kann. Bei den Konstruktionen nach Abb. 11a und b muß der Kern auf Kernnägel, Kernstützen gelagert und nach oben abgesteift werden. Die Kernnägel geben Anlaß zu undichten Gußstücken, es entsteht Ausschuß. Durch Anordnung des Kernes in der Weise, daß er auf Kernauflagen nach

Abb. 11c und d aufliegt, wird der Ausschuß vermieden. Die Abstützung des Kernes nach oben bei Abb. 11d dient zugleich als Luftabführung; bei den Teilen nach Abb. 11a und b wäre dies nicht möglich, und schon hierdurch entstehen Schwierigkeiten.

b) Ausreichende Luftabführung. Die Kerne sind so zu gestalten und die Kernauflagen so anzuordnen, daß innerhalb der Form keine Gase verbleiben können. Soweit die Kernlöcher am fertigen Gußstück geschlossen sein müssen, werden sie nach der mechanischen Bearbeitung mittels Kernstopfen verschraubt. Der lange Zylinder nach Abb. 11f erhält in

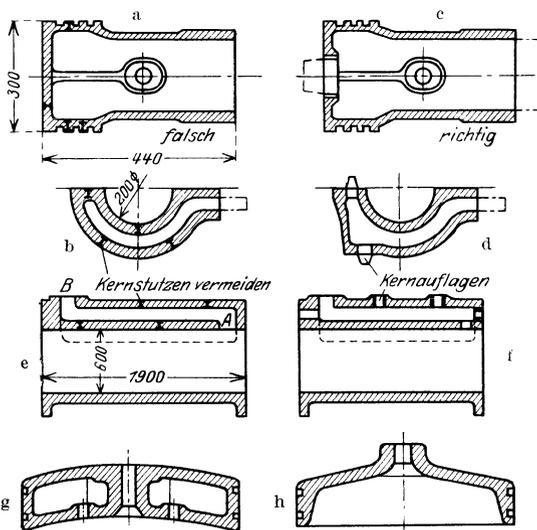


Abb. 11a bis h. Maschinenteile ohne und mit Kernauflagen.

der Länge wegen des besseren Luftabzuges und der guten Kernaufgabe einige Kernlöcher. Bei der Ausführung nach Abb. 11e würde das Stück Ausschuß werden. Die Gase können nicht entweichen. Der Weg von A nach B ist zu lang. In Abb. 11g und h ist die Konstruktion eines geschlossenen Kolbens der eines offenen Kolbens gegenübergestellt. Die Lagerung des Kernes und die Luftabführung aus den schwachen Kernöffnungen bei Abb. 11g ist sehr schwierig, so daß häufig Luftblasen das Gußstück unbrauchbar machen. Die Herstellung des offenen Kolbens nach Abb. 11h dagegen macht gußtechnisch keinerlei Schwierigkeiten.

c) Genügende Steifigkeit durch Kerneisen. Soweit Kerne in ihren Wandungen nicht so stark bemessen sind, daß sie dem Drucke des Eisens widerstehen können, muß eine entsprechende Umbildung des Kernes vorgenommen oder es müssen besondere Kerneisen eingelegt werden. Wird der Kern des Gußstückes nach Abb. 11l ohne Kerneisen vom fließenden Eisen durchgedrückt, dann wäre bei Formgebung des Kernes nach Abb. 11m die Ausführung auch ohne Kerneisen möglich. Werden Kerneisen verwendet, dann ist zu berücksichtigen, daß der Kern selbst stark genug gewählt wird, so daß rings um die Kerneisen genügend Kernmasse vorhanden ist. Über die notwendige Stärke der Kerne muß die Gießereileitung befragt werden,

die Stärke ist von der Herstellungsart des Kernes, den Kerneisen und der vorzusehenden Luftabführung abhängig.

d) Möglichkeit der Entfernung der Kernmasse und Kerneisen. Die Gestaltung des Gußstückes soll derart sein, daß die gesamte

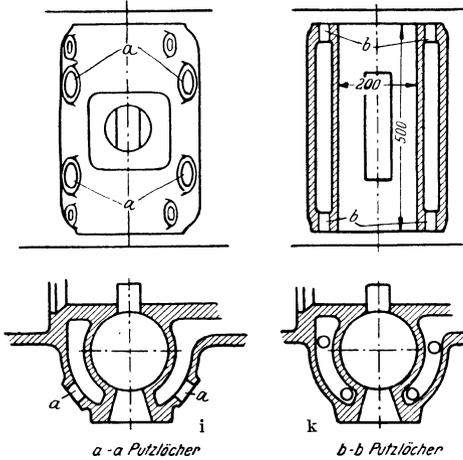


Abb. 11i u. k. Zylinder mit falscher und richtiger Anordnung der Kernauflagen und Putzlöcher.

Kernmasse entfernt werden kann. Liegt hierfür der Kern nicht frei, dann müssen Löcher vorgesehen sein. Bei Konstruktionsteilen, wie Dampfzylinder und ähnlichen, bei welchen der Kernraum als Heizraum oder auch als Kühlraum dient, müssen diese Kerndurchbrüche nach der mechanischen Bearbeitung mittels Kernstopfen dicht verschlossen werden. Die Anordnung der Kernlöcher bei großen Gußstücken ist derart vorzusehen, daß die Entfernung der Kerneisen ohne besonderen Kraftaufwand möglich ist. Bei Anordnung nach Abb. 11e und i ist die Entfernung der Kernmasse schwierig.

Die Kerneisen müssen hierbei umgebogen werden. Diese anstrengende Arbeit wird durch Anordnung der Kernlöcher nach

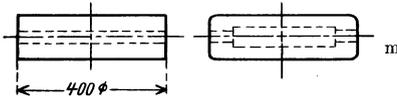


Abb. 11l u. m. Gewicht mit schwachem und verstärktem Kern.

Abb. 11f und k erleichtert; die Entfernung der Kerneisen ist hier durch die gegenüberliegenden Löcher möglich.

Besonders wichtig ist die Entfernung der Kernmasse, wenn hierdurch Spannungen im Gußstück hervorgerufen werden. Der Kern ist hierbei möglichst freizulegen und so zu bemessen, daß Schlacke eingelegt werden kann, so daß der Kern zerdrückt wird.

16. Zusammentreffen mehrerer Kerne möglichst vermeiden!

Jedes Zusammentreffen zweier Kerne führt zu einer Gratbildung. Soweit diese in der äußeren Form liegt, wie es beim Zusammensetzen der Kerne von Scheiben und Rädern erfolgt (siehe Abb. 12a), kann der Grat vom Putzer abgearbeitet werden. Größere Schwierigkeiten bereitet die Beseitigung des Grates innerhalb des Gußstückes. Bei einer Formteilung des Deckels nach Abb. 12b, wobei die obere Öffnung

durch einen Kern gebildet wird, entsteht an jedem Gußstück an der Stelle des Zusammentreffens von Kern mit Formballen ein Grat. Die Beseitigung bereitet hier schon größere Schwierigkeiten; bei einer Teilung nach Abb. 12c würde die Gratbildung geringer, aber nicht vollkommen beseitigt. Noch ungünstiger liegen die Verhältnisse bei der Konstruktion nach Abbild. 12d, e. Werden hier die Kerne nicht

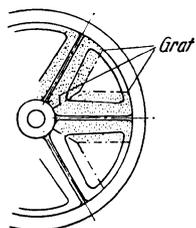


Abb. 12a. Rad, aus mehreren Kernen hergestellt.

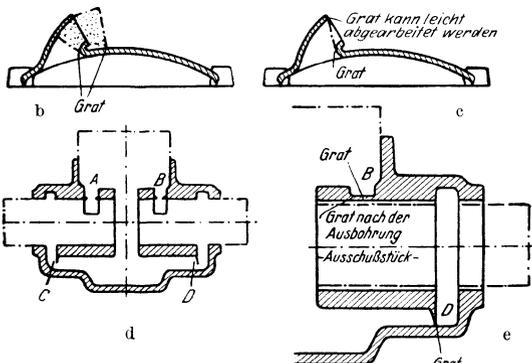


Abb. 12b bis e. Lagerkörper und Deckel mit Innengrat.

ganz einwandfrei eingelegt, dann bilden sich an den Stellen *A, B, C, D* Grate. Ist der Grat bei *A* und *B* nicht zu stark, dann fällt er beim Ausbohren des Gußstückes weg. Geschieht dies aber nicht (siehe Abb. 12e), dann ist das Gußstück unbrauchbar. Die Beseitigung des Grates bei *C* und *D* verursacht weitere Schwierigkeiten. Die Konstruktion sollte deshalb von vornherein derart gestaltet werden, daß keine Kerne innerhalb des Gußstückes zusammentreffen.

17. Kerne tunlichst derart gestalten, daß sie auf Kernformmaschinen hergestellt werden können!

Sobald es sich um Kerne handelt, welche allgemein verwendet, oder um Kerne für Formmaschinenteile, welche in großer Menge hergestellt werden, muß für maschinelle Herstellung Sorge getragen werden. Kerne von runder, ovaler und anderer Form (siehe Abb. 13a bis d) in bestimmter Länge werden ohne Kernkasten auf

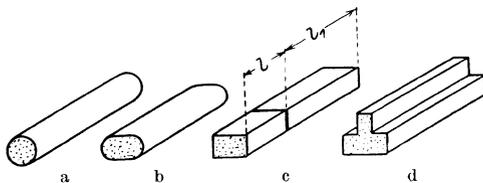


Abb. 13a bis d. Normalkernformen.

Kernstopfmaschinen (Wurstmaschinen) hergestellt und auf die verschiedenen Längen abgeschnitten. — Die Maße der vorhandenen Kernbüchsen müssen den technischen Bureaus zur Verwendung der entsprechenden Kerne zur Verfügung stehen.

E. Gießgerechter Entwurf.

18. Wandstärken und Querschnitte so bemessen, daß sie vom flüssigen Eisen leicht ausgefüllt werden können.

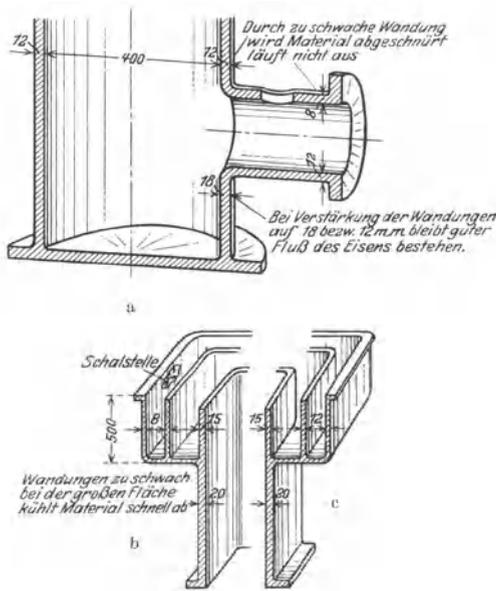
Die von der Gießerei verlangte Wandstärke ist abhängig von

- der Form des Gußstückes,
- der Größe in der Länge und Höhe,
- bei runden Körpern von Durchmesser und Höhe;

ferner davon, ob das Stück grün oder trocken gegossen wird. Das flüssige Eisen darf beim Durchfließen nicht erkalten. Anschließende

Rippenkörper, Rohrstücke u. a. müssen deshalb so stark bemessen sein, daß ein schneller Durchfluß möglich ist.

Durch ein Einbeziehen der Wandung des Anschlußrohrstückes nach Abb. 14a erkaltet das Material beim Durchfließen des Rohrstutzens. Trifft das rechts und links umfließende Material an der oberen Stelle zusammen, dann ist es so stark abgekühlt, daß es nicht mehr vollständig verbindet; es entsteht eine Kaltschweiße, wodurch das Gußstück unbrauchbar wird. Anschließende dünnwandige Gußstücke sind stets zu



vermeiden und besser anzuschrauben oder in annähernd gleicher Wandstärke durchzuführen.

Ist die zu bestreichende Fläche besonders groß, wie es bei Fundamentplatten u. a. der Fall ist, und die Wandung knapp bemessen, so daß das flüssige Eisen zu schnell erkaltet (siehe auch Abb. 14b), dann entstehen Schalstellen und Kaltschweißen. Bei annähernd gleichen Wandstärken (Abb. 14c) bleibt guter Fluß des Eisens bestehen. Schalstellen können bei Ablieferung des Gußstückes noch verdeckt sein. Wird die Schalfläche nicht bearbeitet, dann wird sie überhaupt nicht sichtbar; sie kann aber die Festigkeit wesentlich beeinträchtigen und kommt evtl. erst bei einem Bruch zum Vorschein.

19. Anordnung des Gußstückes möglichst derart, daß die Luft aus den Hohlräumen nach oben entweichen kann⁸.

Das Gußstück soll derart gestaltet werden, daß das flüssige Eisen die Luft des auszufüllenden Raumes ständig vor sich herschiebt, so daß alle Luft entweichen kann. Große wagerechte Flächen sind zu vermeiden. Das Eisen muß ständig steigen können. Stößt das Material gegen eine horizontale Fläche, dann lagern sich die beim Vergießen des flüssigen Eisens entstehenden Luftbläschen ab. Ihre Entstehung ist zurückzuführen auf

- a) im flüssigen Eisen gelöste Gase,
- b) Gasbildung infolge chemischer Zersetzung,
- c) Lufteinschlüsse innerhalb der Gußform,
- d) Gasbildung bei Berührung flüssigen Metalls mit kalten Metallstücken.

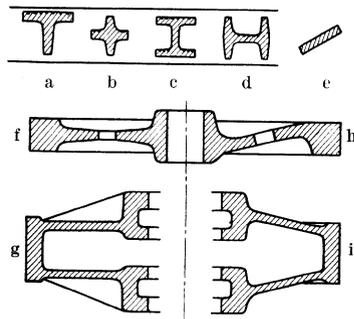


Abb. 15a bis i. Maschinenteile mit geraden und ansteigenden Flächen.

Die verschiedenen Querschnitte nach

Abb. 15a bis d⁴ sollen Arme eines Rades sein. Am ungünstigsten wirken hierbei die Querschnitte Abb. 15a bis c. Durch die Blasenbildung wird das Widerstandsmoment erheblich verkleinert, bei dem Querschnitt Abb. 15d ist die Schwächung, da sie in der Nähe der Neutralen liegt, fast ohne Einfluß. Bei einer ansteigenden Form nach Abb. 15e wird die Blasenbildung wesentlich verringert.

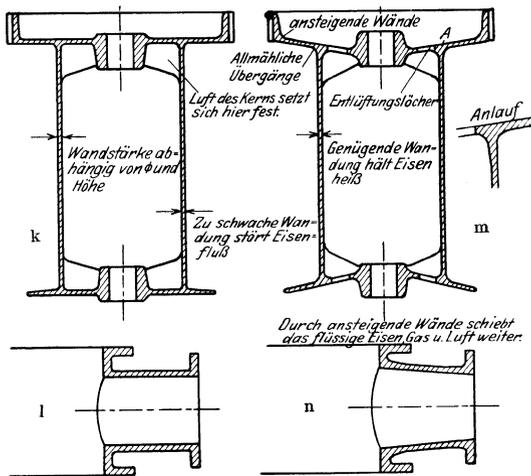


Abb. 15k bis n. Maschinenteile mit geraden und ansteigenden Flächen.

Die Konstruktion von vollen Böden bei Rädern, Scheiben usw. nach Abbild. 15f, g wirkt nachteilig; die Böden müßten, um keine Blasenbildung zu erhalten, nach Abbild. 15h, i ausgeführt werden.

In gleicher Weise müßte die Trommel von Abb. 15k nach Abb. 15m umkonstruiert werden. Der Angußflansch dürfte nicht nach Abb. 15l, sondern müßte nach Abb. 15n ausgeführt werden. Es genügt, wenn die Schräge einige Grad beträgt; doch soll diese auch möglichst

an allen Horizontalflächen vorhanden sein. Bei dem Gußstück nach Abb. 15o, welches horizontal gegossen wird, müßten sowohl die untere als auch die obere Fläche eine entsprechende Schräge erhalten, es muß sein $a > b$.

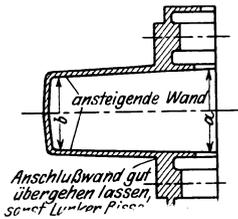


Abb. 15o. Radgehäuse mit ansteigenden Flächen.

20. Die beim Guß oben liegende Seite des Gußstückes neigt mehr zu Undichtigkeiten und Blasenbildung als die unten liegende; also ist beim Guß die Seite nach oben zu legen, auf deren Dichtigkeit es am wenigsten ankommt. Achtung bei Modellteilung und Aushebeschräge.

Vollständig blasenfreier Guß ist nur bei entsprechender Gestaltung des Gußstückes erhältlich, wie dies bereits in Regel 19 ausgeführt ist. Muß die obere Fläche im bearbeiteten Zustand frei von Poren sein, so daß sie entweder ein gutes Aussehen haben oder als Dichtfläche dienen soll, dann muß eine große Bearbeitungszugabe vorgesehen werden. Die Gießerei kann auch einen verlorenen Kopf anbringen, in welchen die Blasen hineinziehen.

Der Konstrukteur soll die Gestaltung derart vornehmen, daß nur eine kleine Horizontalfläche nach oben kommt. Werden vollkommen dichte, porenfreie Gußflächen verlangt, dann muß die Gießerei entsprechend Bescheid erhalten. Bei Fundamentplatten kommt die Unterseite, welche beim Einbau auf das Fundament kommt, nach oben.

21. Große, wagrecht zu gießende Flächen möglichst vermeiden!

Gußkörper mit großen ebenen Flächen, wie Grundplatten, Drehbankbetten, Deckel u. a. sollen wegen der für die Gießerei entstehenden Schwierigkeiten nur dann Verwendung finden, wenn der Konstrukteur keinen anderen Ausweg hat. Der Konstrukteur muß beachten,

- daß die Wandung der großen ebenen Flächen genügend stark ist,
- daß die Wandstärken auch möglichst gleichmäßig sind,
- daß keine Materialanhäufung vorhanden ist, durch welche die Wärme



Abb. 16. Grundplatte.

längere Zeit zusammengehalten wird.

Aufgesetzte Rippen und ungünstige Formgebung derselben

führen zu Verzerrungen des Gußstückes. Bei besonders langen Gußstücken, wie Grundplatten und Drehbankbetten ist immer mit mehr oder weniger großen Verzerrungen zu rechnen (siehe Abb. 16).

Wenn auch das Modell von vornherein mit einer Durchbiegung entgegen der eintretenden Durchbiegung hergestellt wird, dann muß der Konstrukteur doch beachten, daß den Verziehnungen nicht vollkommen Rechnung getragen werden kann. Beträgt bei der Konstruktion der Platte nach Abb. 16 die Durchbiegung $a = 10$ mm und sind die aufgesetzten Leisten nur 5 mm hoch, dann müßten die seitlichen Flächen vollkommen abgearbeitet werden, damit die mittlere Fläche nicht roh bleibt. Bei Erhöhung der Flächen auf 15 bis 20 mm wäre von vornherein ein Ausgleich möglich. Die Bearbeitungszugabe muß bei entsprechenden Teilen größer sein als normal; hierdurch entsteht natürlich wieder eine größere Materialanhäufung mit den damit verbundenen Mängeln. Eine Beratung mit der Gießerei bei Festlegung der Konstruktion für entsprechende Teile ist notwendig, um keinen Ausschuß zu erhalten und keine Mehrarbeit in der mechanischen Werkstatt zu verursachen.

22. Jede Werkstoffanhäufung ist zu vermeiden; sie führt zu Schwindungshohlräumen (Lunkern) und Spannungen. Achtung besonders bei Bearbeitungszugabe und Rippen!

Alle Verbindungsstellen führen zu Materialanhäufungen. Beim Zusammentreffen einer Anzahl Rippen kann die Anhäufung so stark werden, daß eine größere Lunke entsteht. Der Anschluß des Armes an den Zahnradkranz nach Abb. 17a, b, c ist schlecht durchgebildet. Die zunehmenden Übergänge wirken schädlich. Eine Auseinanderziehung der Rippen nach Abb. 17d, Schaffung eines besseren Übergangs nach Abb. 17e, Wegnahme der Hauptmasse an der Anschlußstelle nach Abb. 17f bringen wesentliche Besserung. Besonders große Aushebeschrägen bei Rippen-

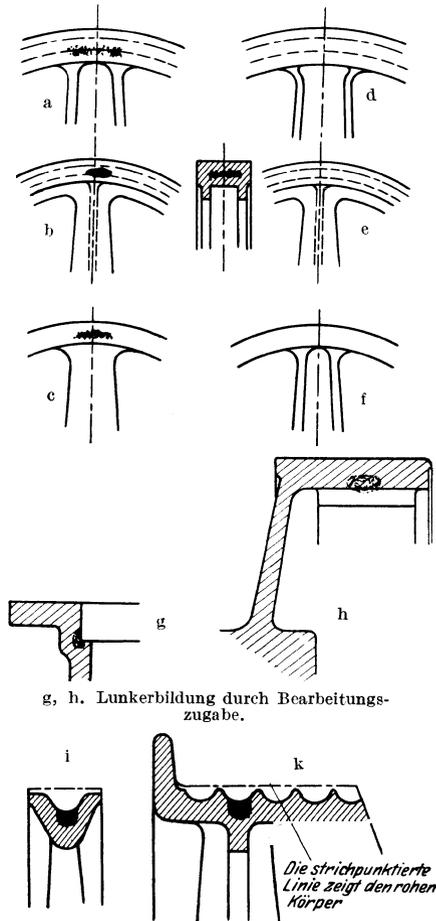


Abb. 17 a bis k. Anschlußstellen mit und ohne Lunkern.

Abb. 17d, Schaffung eines besseren Übergangs nach Abb. 17e, Wegnahme der Hauptmasse an der Anschlußstelle nach Abb. 17f bringen wesentliche Besserung. Besonders große Aushebeschrägen bei Rippen-

körnern führen ebenfalls zu großen Materialanhäufungen an der Treffstelle. Vorgesehene Verstärkungen und Bearbeitungszugaben für einzudrehende Rillen oder Zähne führen zu Schwindungshohlräumen. Bei Einarbeitung der Rillen oder Zähne werden die Lunckerungen sichtbar, siehe Abb. 17g, h, i, k. Die Bearbeitungszugabe und erforderliche Wandstärke ist möglichst einzuschränken. Die Möglichkeit der Anbringung von wirksamen verlorenen Köpfen muß gegeben sein, siehe Regel 26. Die Gießerei muß dann das ihrige tun, um Luncker zu vermeiden.

23. Schroffe Übergänge vermeiden!

Scharfe Ecken wie auch besonders kleine Übergänge wirken bei Gußteilen besonders nachteilig. Bei der Erstarrung stellen sich die Kristalle senkrecht zur Richtung des Wärmestromes ein.

Die Abb. 18a und b⁴ zeigen, wie bei einer starken Wärmetönung durch die strahlige Anordnung der Kristalle durch die scharfe Ecke

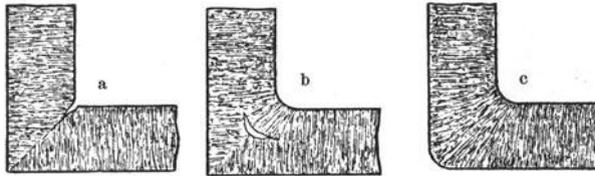


Abb. 18a bis c. Bildung der Kristalle in scharfen und gerundeten Ecken.

eine Riß- und Lunckerbildung begünstigt wird, wogegen bei genügender Abrundung der Ecken dieser Fehler nicht entsteht (Abb. 18c). Der Querschnitt *a — a* nach Abb. 18d durch eine scharfe Ecke ist bei einem Gußstück stets eine schwache Stelle. Er gefährdet den Konstruktions-

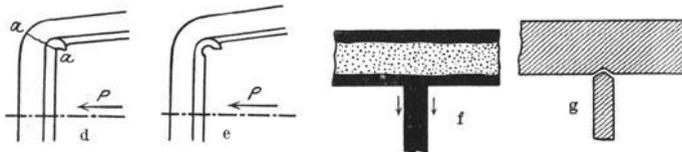


Abb. 18d bis g. Kerbwirkung der scharfen Ecke.

teil infolge der Kerbwirkung. Die Kerbwirkung ist um so größer, je kleiner der Übergang gewählt ist; bei der Ausbildung nach Abb. 18e wird die Sicherheit wesentlich erhöht. Besonders ungünstig wirkt die scharfe Ecke bei einem Anschluß einer schwachen Wand an eine wesentlich stärkere. Bei der starken Wand hat sich erst eine dünne Kruste gebildet, wenn die schwache Wand bereits erstarrt ist, siehe Abb. 18f, mit eintretender Zugwirkung wird eine Trennung des Zusammenhangs nach Abb. 18g erfolgen.

24. Rücksichtnahme auf Schwindung! Keine Gußteile so gestalten, daß sie von festeingespannten Teilen beim Erkalten gezogen oder gedrückt werden können!

Die Schwindung ist eine Folgeerscheinung der Abkühlung. Das Diagramm (Abb. 19a⁴) zeigt die Temperaturunterschiede innerhalb eines Gußstückes bei dem Übergange des Eisens aus dem flüssigen in den festen Zustand. Die Größe des Temperaturunterschiedes ist abhängig von

- der Gießtemperatur,
- der Schnelligkeit der Abkühlung,
- der Form des Gußstückes.

Die Temperaturunterschiede machen sich bei Gußstücken mit großen Maßen weniger bemerkbar als bei kleinen schwachwandigen Gußstücken.

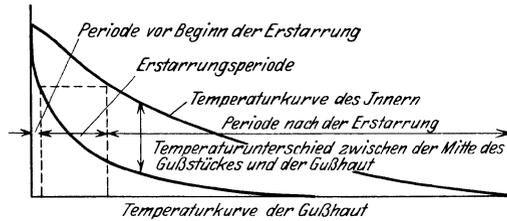


Abb. 19 a. Temperaturkurven eines Gußstückes.

- Der Abstand „ x “ der beiden Kurven voneinander ist um so größer, je größer und massiver das Gußstück ist,
- je größer die Leitfähigkeit des Gußmaterials,
- je geringer die Leitfähigkeit der Gießform und
- je höher die Gießtemperatur ist.

Die Schwindung eines Gußstückes erfolgt um so schneller, je rascher es abkühlt. Sie ist um so größer, je höher die Gießtemperatur ist.

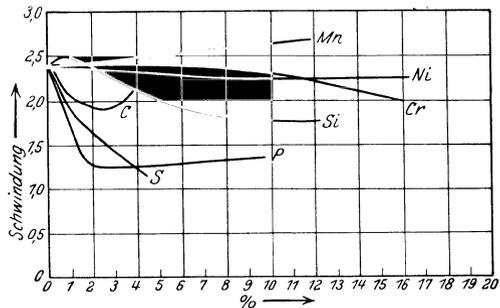


Abb. 19 b. Beeinflussung der Schwindung durch Legierungsbestandteile.

Das normale Schwindmaß ist bei Stahlguß 1,2 bis 2%, bei Gußeisen 0,7 bis 1,1%.

Beeinflußt wird die Schwindung durch die Legierungsbestandteile nach Abb. 19b⁴. Die Schwindungslinie zweier sich bei der Erstarrung ausdehnenden Körper zeigt Abb. 19c⁵. Hierbei handelt es sich um einen schwachwandigen und einen starkwandigen Stab.

Aus den Schwindungslinien ist ersichtlich, daß das Volumen nach dem Gießen ansteigt, danach fällt und nochmals aufsteigt. Erst hierauf beginnt die Zusammenziehung. Zwischen dem ersten und zweiten Wellenberg liegt die Erstarrungsperiode. In Verbindung hiermit zeigt

Abb. 19d die Temperaturlinien. Aus Abb. 19c und d geht hervor, daß der Körper *II* noch nicht erstarrt ist, wogegen die Abkühlung vom Körper *I* schon sehr weit vorgeschritten ist.

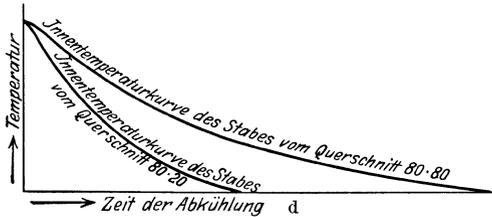
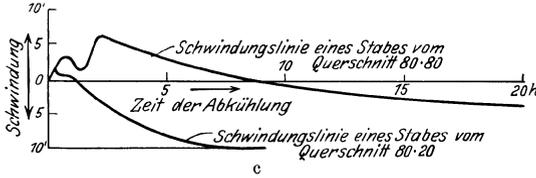
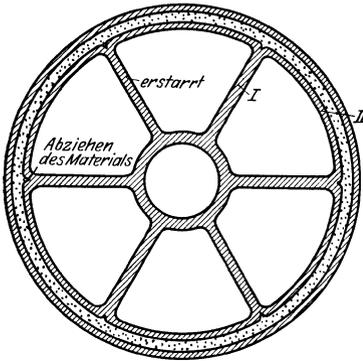


Abb. 19 c und d. Schwindungs- und Abkühlungskurven eines starken und schwachen Stabes.

Abb. 19e zeigt ein Gußstück mit den Wandungen *I* und *II*. Es wird anschaulich dargestellt, daß die Wandung *I* während der Zeit der Abkühlung flüssiges Material der Wandung *II* entzieht. Die Arme erhalten hierbei eine größere Länge. Dem Kranz fehlt es an Material. Mit vollständiger Abkühlung des Kranzes erhalten die

Arme Druckspannungen, der Kranz Zugspannungen. Eine entsprechende Materialverteilung ergibt sich bei Schwungrädern, vollgegossenen Zahnradern u. a. Durch eine zweckentsprechende Teilung des Gußstückes werden Spannungen vermieden, bei Rädern und Scheiben erfolgt eine Teilung durch die Nabe oder eine Zusammensetzung des entsprechenden Gußstückes aus mehreren Teilen.



Bei einer Scheibe mit schwachem Kranz und dicken Armen reißt der starke Arm, wogegen der Kranz nicht verletzt wird. Hier würde der Kranz das Teil *I*, der Arm das Teil *II* sein.

Die Arme sind noch nicht erstarrt, wogegen die Abkühlung des Kranzes schon bedeutend vorgeschritten ist. Bei weiterer Schwindung der Arme reißt der Arm, da ja bei der höheren Temperatur die Festigkeit nur gering ist. Eine Verstärkung der Arme würde hiernach das Übel nur vergrößern. Ist die Materialverteilung

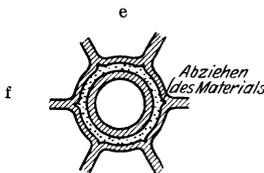


Abb. 19 e und f. Körper mit verschiedenen starken Wandungen.

umgekehrt, daß die Nabe die große Masse, die Arme und der Kranz aber geringen Querschnitt haben (Abb. 19f), dann kühlen Arme und

Kranz schnell ab; die Abkühlung der Nabe erfolgt später, und die Arme erhalten Zugspannungen. Ein Beispiel hierfür ist die Konstruktion eines Deckels nach Abb. 19g⁴. Die überaus starke Nabe führt

zum Reißen der Arme. Durch die Aussparung der Nabe nach der unteren Hälfte der Abbildung und

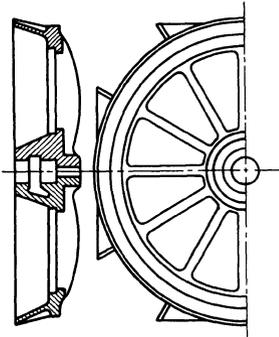


Abb. 19g. Deckel mit voller und ausgesparter Nabe.

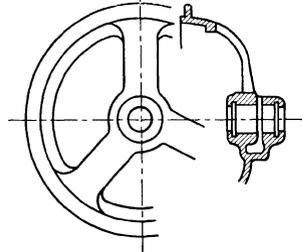


Abb. 19h. Lagerung mit Aussparung.

Abkühlung mittels Kokille oder Aufreißen der Form würde das Reißen vermieden. Die Abb. 19h, i geben weitere gute Konstruktionen wieder.

Die Verhältnisse liegen ähnlich, wenn die Schwindung durch die Form oder Gestaltung des Gußstückes aufgehalten wird. Lange Gußstücke geringen Querschnittes, wie Säulen u. a., schwinden wegen des Widerstandes zwischen Gußstück und Formsand weniger als kurze gedrungene Gußstücke größerer Wandstärke. Absätze und Ansätze an

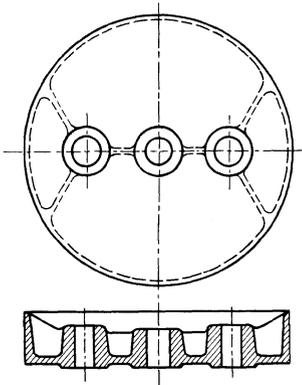


Abb. 19i. Deckel mit Augen und Verrippung.

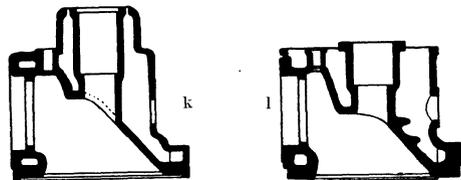


Abb. 19k und l. Zylinderkopf mit falscher und genügend großer Öffnung zwecks Entfernung der Kernmasse.

Gußstücken, Flanschen, Bordränder u. a. wirken der Schwindung entgegen. Im Gußstück entstehen hierdurch Zugspannungen, Verzerrungen und Risse. Auch die Kerne können für die Schwindung hindernd wirken und Spannungen im Gußstück hervorrufen. Bei entsprechenden Gußteilen muß die Konstruktion derart vorgesehen werden, daß nach dem Gießen eine teilweise Entfernung oder Lüftung der Kernmasse vorgenommen werden kann. Bei dem Zylinderkopf nach Abb. 19k ist die Entfernung der Kernmasse äußerst schwierig;

bei einer Umkonstruktion nach Abb. 19l ist der Kern vollkommen freigelegt. Eine ähnliche Umbildung zeigen Abb. 10c bis f.

Besonders ungünstig sind die Konstruktionen der doppelwandigen Zylinder, da gerade hier die Temperatur im Betriebe hinzukommt. Am ungünstigsten ist die Konstruktion nach Abb. 19m. Die Ausführung nach Abb. 19n zeigt wesentliche Vorteile, da durch die Trennung der Außenwand die Zug- und Druckspannungen in der Längs-

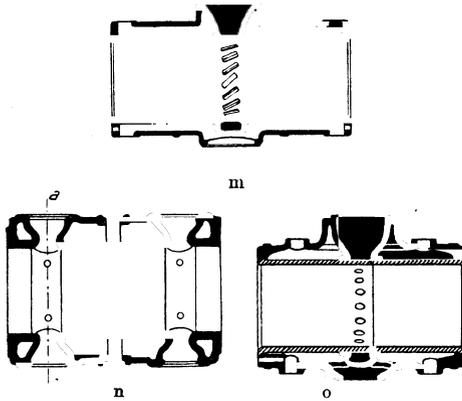


Abb. 19m bis o. Falsche und richtige Zylinderkonstruktionen zwecks Vermeidung von Spannungen.

richtung aufgehoben sind. Bei Ausführung nach Abbild. 19o dagegen wird der Zylinder vollkommen spannungsfrei. Da die Schwindung

1. von dem verwendeten Werkstoff,
2. von der Gießtemperatur,
3. von der Gießart, ob grün oder trocken gegossen,
4. von der Abkühlung abhängig ist, ist sie eine äußerst wichtige Frage für

den Gießereifachmann. Selbst der Konstrukteur soll aber wissen, wo sich entsprechende Schwierigkeiten ergeben. Mit Entstehung entsprechender Konstruktionen soll er sich mit dem Gießereifachmann verständigen.

Aus dem Schwindungsdiagramm 19c geht hervor, daß bei geringen Abweichungen der Querschnitte voneinander die Abkühlungsverhältnisse günstiger werden.

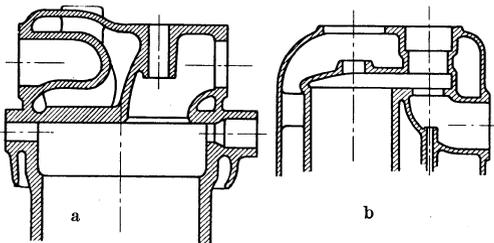


Abb. 20a u. b. Zylinderköpfe mit allmählichen Übergängen.

25. Besonders bei Motorzylindern die Austrittsorgane mit flachen und glatten Übergängen versehen. Ecken und scharfe Kanten vermeiden, da sie zu Rissen Anlaß geben.

Die Austrittsorgane von Explosionsmotoren und ähnlichen Maschinen werden durch besonders hohe Temperaturen beeinflusst. Hier ist es notwendig, daß

1. bei wechselnder Wandstärke ganz sanfte Übergänge von einer Wandstärke zur anderen vorgesehen werden,

2. die Konstruktion keinerlei Ecken aufweist.

Die Übergänge müssen ganz allmählich sein, um die durch den Explosionsdruck und die bei erhöhter Temperatur entstehenden Ausdehnungen aber auch den zwischen der Innenwand und Außenwand vorhandenen Temperaturunterschied ausgleichen zu können. Die Abb. 20a und b zeigen die Ausführung entsprechender Teile.

F. Besondere Regeln zur Vermeidung von Lunkern und Spannungen.

26. Lunker, an sich unvermeidlich, soll dahin gebracht werden, wo er nicht schadet, also im Trichter und verlorene Köpfe.

Fast jedes Konstruktionsglied setzt sich aus mehreren Wänden zusammen. Der Treffpunkt führt zu einer Materialanhäufung. Jede Materialanhäufung führt aber zu einer Lunkerung, demnach sind Materialanhäufungen und Lunker unvermeidlich. Der Konstrukteur muß erkennen, an welchen Stellen sich Lunkerungen bilden könnten und die Konstruktion dann dahin durchbilden, daß die Lunker weder für das Aussehen noch für die Beanspruchung des Teiles schädlich wirken. Läßt die Konstruktion dies nicht zu, dann muß der Lunker in einen aufzubringenden verlorenen Kopf verlegt werden*.

Die Gestaltung des Gußstückes muß hierbei derart sein, daß der Kopf ohne große Mehrarbeit abgearbeitet werden kann. Soll das Rad nach Abb. 21 a lunkerfrei sein, dann müßte der verlorene Kopf sowohl auf die ganze Breite des Kranzes als auch der Nabe aufgesetzt werden. Der Kopf kann nur nach Linie $x-x$ abgeschnitten werden. Das übrigbleibende Material bei „y“ muß in der Dreherei beseitigt werden. Durch Umbildung der Konstruktion nach Abb. 21 b würde die Drehereiarbeit wegfallen. Das Stück wird wesentlich billiger.

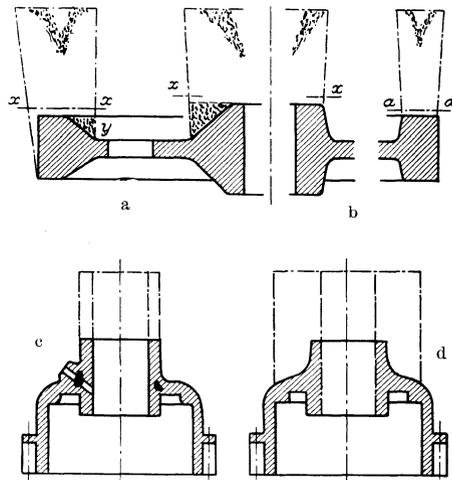


Abb. 21 a bis d. Gußteile mit verlorenen Köpfen.

Der Kopf kann nur nach Linie $x-x$ abgeschnitten werden. Das übrigbleibende Material bei „y“ muß in der Dreherei beseitigt werden. Durch Umbildung der Konstruktion nach Abb. 21 b würde die Drehereiarbeit wegfallen. Das Stück wird wesentlich billiger.

* Siehe auch Abschnitt „Aufbau und Eigenschaften des Gußeisens“ S. 12.

Die Konstruktion muß auch so durchgebildet werden, daß der verlorene Kopf wirksam wird. Bei der Konstruktion nach Abb. 21c⁶

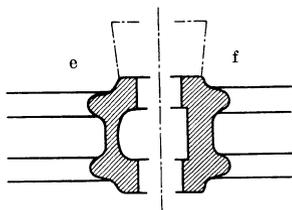


Abb. 21e u. f. Falsche und richtige Nabenaussparung.

ergeben sich an der oberen Nabe trotz Aufsetzen eines verlorenen Kopfes Lunkerungen. Bei der Gestaltung des Gußstückes konnte der verlorene Kopf nur die Größe der Nabe erhalten. Bei Umformung nach Abb. 21d konnte ein Kopf von erheblich größerem Durchmesser aufgesetzt werden; die Lunker wurden vermieden. Ähnlich ist es bei der Konstruktion nach Abb. 21e.

Der Kopf kommt wegen der großen Aussparung in der Nabe nicht zur Wirkung. Mit Herabsetzung der Aussparung nach Abb. 21f werden die Mängel behoben.

27. Lunker entstehen:

a) In dicken Querschnitten der Gußstücke. In Konstruktionsteilen mit starken Wandungen, wie Kränze und Naben von Schwungradern, vollgegossenen Zahnkränzen, Scheiben (siehe Abb. 22a

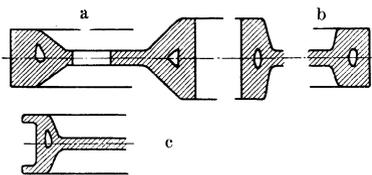


Abb. 22a bis c. Lunkerbildung in starken Querschnitten.

bis c) bilden sich Lunker. Soll das Gußstück ein dichtes Gefüge erhalten, dann ist dies durch Aufsetzen eines verlorenen Kopfes, s. Regel 26, evtl. auch durch Anlegen von Kokillen nach Regel 29, zu erreichen.

b) Bei ungünstiger Querschnittsausbildung. Starkwandige Querschnitte in T- oder I-Form nach Abb. 22d bis e und solche mit

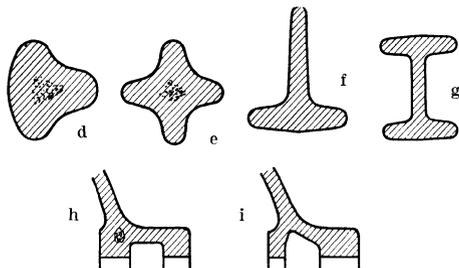


Abb. 22d bis i. Starke und schwache Querschnitte mit bzw. ohne Lunker.

großen Aushebeschrägen führen zu Lunkerungen. Bei Umformung nach Abb. 22f bis g wird nicht nur die Lunkerung vermieden; es wird auch an Material gespart. Das Material selbst erhält außerdem eine höhere Festigkeit (siehe Regel 1). Bei Verlegung des Kernes in Naben nach Abbild. 22h bildet sich an der

Anschlußstelle eine Lunkerung, die bei einer Kernlage nach Abb. 22i vermieden wird.

c) An Übergangsstellen und Rippen, an denen sich Werkstoff anhäuft. Alle Übergangsstellen, Anlaufstellen von Rippen usw. führen zu größeren Stoffanhäufungen, als die umliegenden Wandungen haben und damit zu Lunkerungen.

Die Größe der Stoffanhäufung gibt das Maß für die Größe der Lunkerung. Die Zusammenziehung der Rippen nach Abb. 22k müßte vermieden werden; hierfür wäre die Durchbildung nach Abb. 22l zu wählen. Bei einem Armanschluß nach Abb. 22m entsteht eine beträchtliche Materialanhäufung. Durch Auseinanderziehung der Armrippen nach Abb. 22n wird dieser wesentlich verkleinert, bei weiterer Wegnahme des Materials nach Abb. 22o kommt die Materialanhäufung nicht mehr zur Wirkung. Besonderes Augenmerk ist darauf zu richten, daß die Aushebeshrägen der Rippen und die Übergangsradien nicht zu groß gewählt werden.

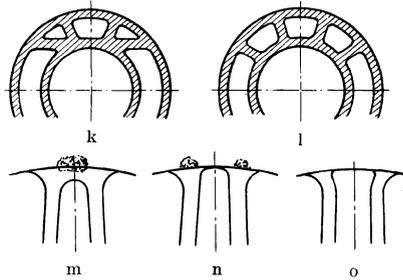


Abb. 22k bis o. Anschlußstellen und deren Umbildung.

d) In Naben, Augen und anderen Stellen, an denen für das Bohren von Löchern Werkstoff zugegeben ist. Naben und Augen entweder massiv oder mittels Kern mit Bearbeitungszugabe gegossen, führen zu Stoffanhäufungen gegenüber der umliegenden Wandung und damit zu Lunkerungen.

Bei Ausführung von Deckeln nach Abb. 22p bis q entstehen in der Nabe und den Augen Lunker. Trifft beim Bohren der Löcher der Bohrer die Lunkerung, dann verläuft derselbe oder er bricht auch ab; beides ist nachteilig. Zweckmäßig ist es, wenn die Konstruktion in den Augen von vornherein eine Aussparung von einem größeren Durchmesser als das zu bohrende Loch vorsieht, die Nabe aber ebenfalls mit Aussparung gegossen wird, siehe Abb. 22r bis s. Bei Ausführung des Gußteiles nach Abb. 22t entsteht im unteren Auge eine Lunkerung. Das obere Auge konnte mit verlorenem Kopf versehen werden, wodurch die Lunkerung nicht entstand. Bei teilweiser Aussparung der Augen nach Abb. 22u wird das Material dicht.

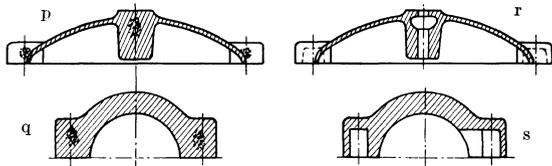


Abb. 22p bis s. Deckel mit vollen Augen und Aussparungen.

Bei Ausführung von Deckeln nach Abb. 22p bis q entstehen in der Nabe und den Augen Lunker. Trifft beim Bohren der Löcher der Bohrer die Lunkerung, dann verläuft derselbe oder er bricht auch ab; beides ist nachteilig. Zweckmäßig ist es, wenn die Konstruktion in den Augen von vornherein eine Aussparung von einem größeren Durchmesser als das zu bohrende Loch vorsieht, die Nabe aber ebenfalls mit Aussparung gegossen wird, siehe Abb. 22r bis s. Bei Ausführung des Gußteiles nach Abb. 22t entsteht im unteren Auge eine Lunkerung. Das obere Auge konnte mit verlorenem Kopf versehen werden, wodurch die Lunkerung nicht entstand. Bei teilweiser Aussparung der Augen nach Abb. 22u wird das Material dicht.

Die Abb. 22v zeigt ein Glockenrad aus Stahlguß, bei dem, infolge falscher Konstruktion, dem Gießer Schwierigkeiten erwachsen. Er

kann lediglich die Nabe als Steiger verlängern (gestrichelt), wodurch in dem durchgeschnittenen Glockenrad der Abb. 22x an der Wurzel

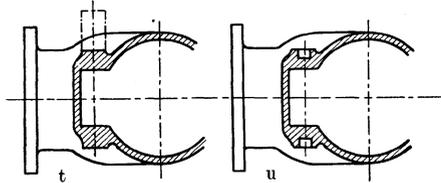


Abb. 22t u. u. Ventilgehäuse mit vollen und ausgesparten Augen.

der Nabe deutlich erkennbare Lunker entsteht. Die Vermeidung dieses Lunkers läßt sich nur dadurch erreichen, daß die Warze für die Schmierlochbohrung so angeordnet wird, daß man einen Saugkopf von größerem Durchmesser auf-

setzen, der dann später auf das Maß der Nabe heruntergedreht werden kann (Abb. 22w). Die Anordnung eines so starken Saugkopfes und

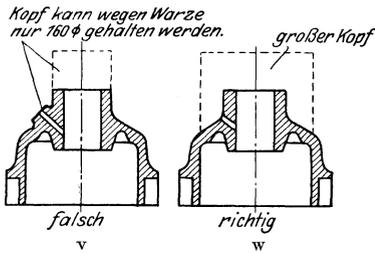


Abb. 22v u. w. Glockenrad mit verlorenem Kopf.

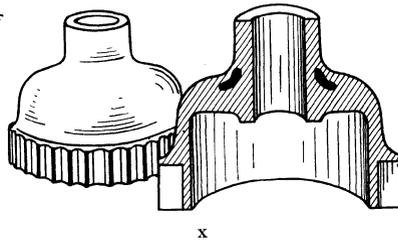


Abb. 22x. Glockenrad mit Lunkerstelle.

das Herausdrehen des überflüssigen Materials erfordert jedoch Bearbeitungskosten, die das Gußstück verteuern. Es wäre also besser, eine Konstruktion für das Glockenrad zu finden, die diese gußtechnischen Hilfsmaßnahmen überflüssig macht.

28. Spannungen und Risse entstehen durch ungleichmäßige Abkühlung infolge ungleichmäßiger Querschnitte⁵; daher

a) Stoffverteilung und Querschnitt so bemessen, daß alle Teile möglichst gleichmäßig erstarren. Mit dieser Regel sind dem Konstrukteur schon die Hauptfingerzeige gegeben. Es muß auch darauf gesehen werden, daß die Wandstärke im Verhältnis zur Größe des Gußstückes steht. Die Formgebung des Gußstückes sollte derart sein, daß keine Verzerrungen eintreten. Am günstigsten wirken die Querschnitte nach Abb. 23a bis c. Die Abkühlung erfolgt derart, daß keinerlei Verbiegung des Stabes eintritt.

Der gegossene Stab nach Abb. 23a ist ohne Spannung. Die einzelnen Rippen konnten sich vollkommen gleichmäßig abkühlen. Bei Abb. 23b erfolgt zuerst die Abkühlung der äußeren Rippe; erst später folgt das Mittelstück. Es entstehen im mittleren Teil Spannungen, welche wegen der bereits abgekühlten Rippen nicht nach außen zur Wirkung kommen. Dieser Querschnitt sollte wegen der durch die vor-

handenen Spannungen eintretenden Gefahrenbildung möglichst vermieden werden. Bei dem Querschnitt Abb. 23c, bei welchem die Seitenrippen im Verhältnis zur mittleren Rippe schwach sind, treten keine Spannungen auf.

Die Stäbe mit Querschnitten nach Abb. 23d bis f krümmen sich durch die Stoffanhäufung leicht nach der gezeichneten Form. Sollen sie gerade bleiben, dann ist dies dadurch erreichbar, daß die Enden mit entsprechenden Ausgleichsrippen versehen werden.

Sind die Wandungen ungleich stark nach Abb. 23g, h, dann haben die dünnwandigen Seitenrippen „aa“ keinen Einfluß auf die Schwindung. Die Stäbe

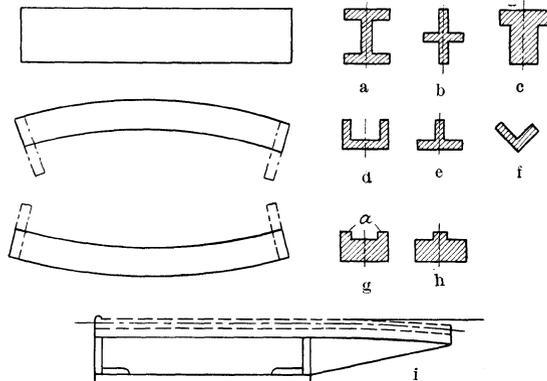


Abb. 23a bis i. Querschnittsformen und Körpergestaltung mit Rücksicht auf Spannungen.

krümmen sich entgegengesetzt den Stäben der Abb. 23d bis f. Vorgesehene Ausgleichsrippen, wie strichpunktiert gezeichnet, halten auch hier den Stab gerade.

Bezüglich der Form des Gußstückes ist es gleichgültig, ob es sich um Räder mit Armen, Scheiben mit vollem Boden, Deckel, Gefäße, ebene Platten u. a. handelt. Sind die Wandstärken ungleich, dann entstehen Spannungen und als weitere Folge Risse. Bei dem Untersatz nach Abb. 23i mit eingegossenen Zähnen hatte die Versteifungsrippe nur die halbe Stärke der Zahnstange. Die Rippe erstarrt zuerst; sie zieht für sich Material aus der Wandung der Zahnstange nach und damit die Zahnstange selbst. Durch eine Ausgleichswand oder eine Verstärkung der Rippe auf das Maß der Zahnstangenwandung würde die Zahnstange gerade bleiben.

Handelt es sich um Konstruktionen mit beiderseits eingespannten Stäben, wie Scheiben und Räder mit Armen, Abb. 23k, l, ebenen Platten mit Stegen Abb. 23m, n oder a, und überschreiten die sich einstellenden Spannungen die zulässige Beanspruchungsgrenze, dann entstehen noch innerhalb der Erkaltpungsperiode Risse. Aber auch bei Gußstückes mit gleichmäßiger Wandung können Spannungen und Risse entstehen, wenn die Wandstärke zu gering gewählt ist; bei Herdplatten und anderen Teilen mit geringen Wandungen ist dies besonders zu beachten. Die während der Erstarrungsperiode eintretenden

Risse sind Warmrisse. Auch beim Ausleeren der Kästen, beim Putzen der Gußstücke, beim Transport, bei der Bearbeitung oder selbst bei der Montage des Gußstückes stellen sich Risse — Kaltrisse — ein, deren eigentliche Ursache auf Spannungen zurückzuführen ist. Die genaue Ursache eines Risses kann nur an Hand aller zur Verfügung stehenden Bruchstücke festgestellt werden*.

b) Schroffe Übergänge vermeiden. Jeder kurze Übergang sollte bei einem Gußstück vermieden werden; die Rißbildung wird durch den kurzen Anschluß besonders begünstigt (siehe Regel 23). Der Übergang muß im Verhältnis zur übrigen Form und Abmessung des entsprechenden Gußstückes stehen. Der Konstrukteur muß von Fall zu

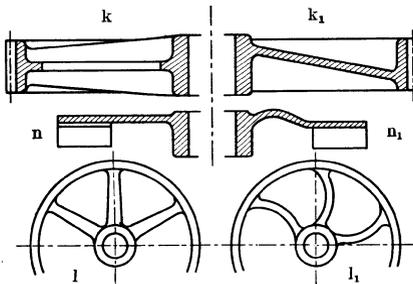


Abb. 23 k bis n₁. Querschnittsformen und Körpergestaltung mit Rücksicht auf Spannungen.

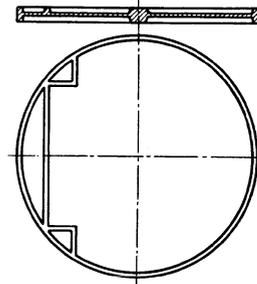


Abb. 23 m. Deckel mit Rippen.

Fall über Form und Größe des Übergangs selbst entsprechende Überlegungen treffen. Der Übergang vom Rohr zum Flansch ist durch die Rohrnormalien DIN 2530 u. ff. festgelegt. Dieser Übergang kann sinngemäß für ähnliche Anlaufstellen benutzt werden.

c) Spannungen ausgleichen durch gewölbte Flächen- und Linienbegrenzung. Ist sich der Konstrukteur darüber klar, wo und in welcher Größe die Spannungen auftreten, dann muß er auch bestrebt sein, durch entsprechende Formgebung des Konstruktionsteils diese Spannungen auszugleichen. Er kann dies durch Wölbung einer vollen Wand, Anordnung von schrägen oder geschwungenen Armen u. a. Hierbei muß er sich aber immer wieder die Frage vorlegen, wieweit diese Gestaltung den Preis erhöht. Der gerade Boden nach Abb. 23o könnte schräg nach Abb. 23p oder auch gewölbt nach Abb. 23q ausgeführt werden; die Spannungen würden hierdurch ausgeglichen. Bei hohen Teilen nach Abb. 23q muß für Luftabführung aus dem unteren Ballen gesorgt werden; die Wandung muß entsprechende Löcher erhalten, siehe Abb. 23r. In gleicher Weise würden durch Umbildung

* Das Gebiet der Spannungen und die Bildung von Rissen ist in dem Aufsatz vom Gießereichef E. Bauer, Lünen a. d. Lippe, Gieß.-Zg. 3 bis 5 vom Februar 1926 für verschiedene Konstruktionsteile eingehend behandelt.

der Teile Abb. 23k, l, n nach Abb. 23k₁, l₁, n₁ die Spannungen aufgehoben. Soweit es sich demnach um einfache Elemente handelt, können Spannungen durch entsprechende Formgebung leicht ausgeglichen werden. Der Konstrukteur steht vor einer schwierigen Aufgabe, wenn es sich um größere Apparate handelt, bei welchen außer der Beanspru-

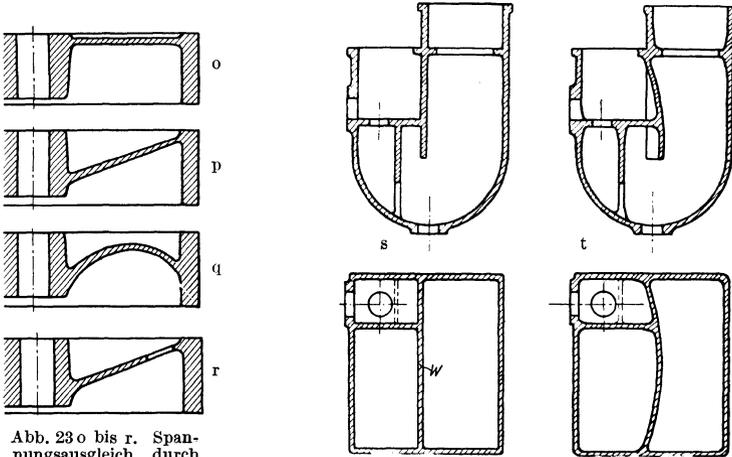


Abb. 23 o bis r. Spannungsausgleich durch gewölbte und schräge Böden.

Abb. 23 s u. t. Gefäß mit gerader und gewölbter Wand.

chung auf Festigkeit noch solche durch Temperaturänderungen im Betriebe auftreten.

Bei dem Konstruktionsteil nach Abb. 23s mit gerader und versteifter Innenwand entstehen Gußspannungen. Ist das Innere des Fertigstückes im Betriebe einem Temperaturwechsel unterworfen, dann wird ein Bruch der Wand „w“ eintreten. Durch eine Wölbung dieser Wand nach Abb. 23t wird ein Spannungsausgleich möglich, eintretende Temperaturschwankungen können nicht nachteilig wirken.

29. Der Gießer kann in manchen Fällen durch allerhand Kniffe die Bildung von Lunkern und Spannungen vermeiden.

Der Konstrukteur soll sich aber niemals auf diese Möglichkeit verlassen.

Ist dem Konstrukteur keine Möglichkeit gegeben, das Konstruktionsglied so zu gestalten, daß es ohne Lunker und Spannungen gegossen wird, dann sind der Formerei immer noch Möglichkeiten gegeben, um Lunkerungen, Spannungen, Risse und Verzerrungen des Gußstückes zu vermeiden. Hierzu gehören:

1. das Anlegen von Kokillen, siehe Abb. 24a, b, c, d, e, f,
2. das Aufsetzen von verlorenen Köpfen; die Konstruktion muß

dann derart durchgebildet sein, daß die verlorenen Köpfe zur Wirkung kommen, siehe Regel 26,

3. vorzeitiges Aufreißen der Form oder nur des Teiles, an welchem starke Wandungen vorhanden sind,

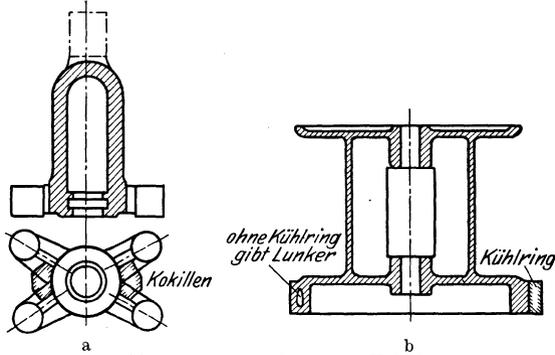


Abb. 24 a u. b. Anlegen von Kokillen.

- 4. das Angießen von Schwindrippen oder Wärmeringen,
- 5. das Einlegen von Kühleisen und Kühlschlangen,
- 6. das Krümmen der Modelle bei Rahmen, Platten u. a.

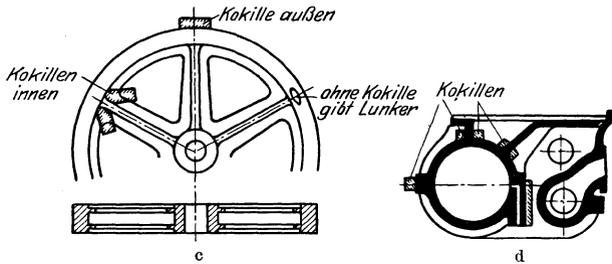


Abb. 24 c u. d. Anlegen von Kokillen.

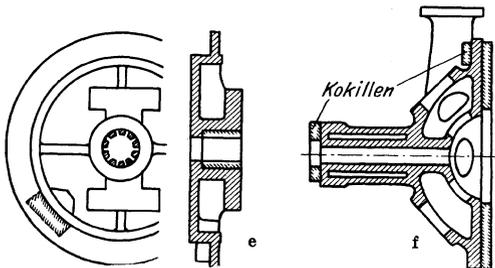


Abb. 24 e u. f. Anlegen von Kokillen.

Notwendig ist, daß die Gießerei rechtzeitig Bescheid erhält und mit ihr beraten wird, welcher Weg zum wirtschaftlichsten Ziele führt. Die Konstruktion muß jeweils derart gestaltet sein, daß verlorene Köpfe, Wärmerippen,

Schwindrippen u. a. angebracht und abgearbeitet werden können. Zu beachten ist, daß die Abschreckung durch Kokillen, Kühleisen u. a. dem Material eine geringere Festigkeit gibt.

G. Putzgerechter Entwurf.

30. Außen- und Innenfläche des Gußstückes von allen Seiten für Putzwerkzeuge zugänglich machen; deshalb besonders bei Hohlkörpern Kernöffnungen so anordnen und bemessen, daß die Kerne ohne besondere Schwierigkeiten und Kosten entfernt und die Hohlräume sauber geputzt werden können.

Jede Modellteilung oder Kernauflage führt zu einer Gratbildung. Der entstehende Grat muß von Hand oder mittels Maschine abgearbeitet werden, siehe Abb. 25a,

b, c. Wenn es die Konstruktion zuläßt, ist der Kern so zu legen, daß er mit der vorzunehmenden Bearbeitung der Fläche wegfällt, siehe Abb. 25d, e. Ist dies nicht durchführbar, dann muß die Gratkante derart liegen, daß die Abarbeitung möglich ist. Durch das Abarbeiten des Grates wird vor allem bei versetzten Gußstücken (siehe Abb. 25f) gleichzeitig die Form beeinflusst. Das mittels Schleifmaschine bearbeitete Gußstück wirkt danach in vielen Fällen schlecht. Um dem Putzer die Arbeit zu erleichtern und einen Ausgleich für Kastenversatz zu schaffen, wird der Abschlußdeckel gerundet, siehe Abb. 25g, hierbei bleibt die Form selbst gewahrt. Durch Überstehen des Deckels Abbild. 25h, h₁ fällt zugleich die Ausgleicharbeit mit dem Anschlußteil weg. Der Spillkopf nach Abb. 25i soll außen un-

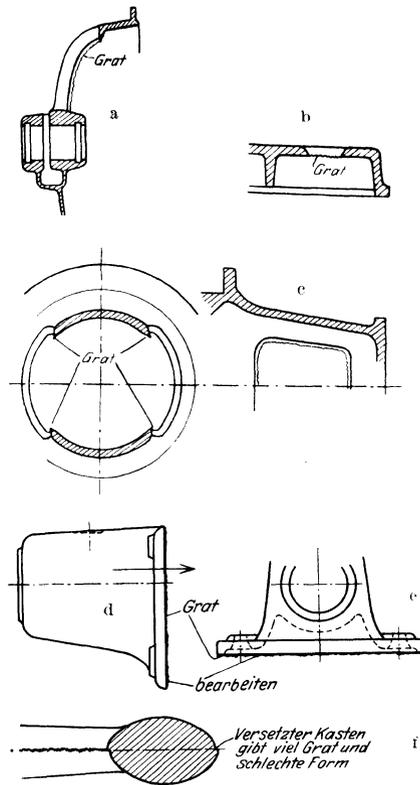


Abb. 25a bis f. Richtige Verlegung der Gratkante.

bearbeitet bleiben. Die Modellteilung darf daher nicht nach Abb. 25i⁹, sondern muß nach 25k erfolgen. Hiermit ist erreicht, daß bei einem Kastenversatz keine erhebliche Mehrarbeit für den Putzer eintritt; bei Ausführung nach Abb. 25i muß aber die ganze Rundung des Kopfes ausgeglichen werden. Aus diesem Grunde sollte auch der Hebel an-

statt nach Abb. 251 nach Abb. 25m ausgeführt werden. Am günstigsten ist es, wenn der Kern vollständig vermieden wird, siehe Regel 14, Abb. 10d, e, f.

Es muß aber nicht nur der Grat, sondern auch die Kernmasse und die in derselben enthaltenen Kerneisen entfernt werden. Von vornherein sind daher die entsprechenden Löcher vorzusehen, wie in Regel 15 angegeben. Muß auch die innere Kernfläche sauber geputzt wer-

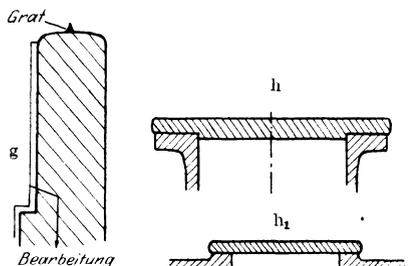


Abb. 25 g bis h₁. Gestaltung von Verschlussdeckeln und -flanschen.

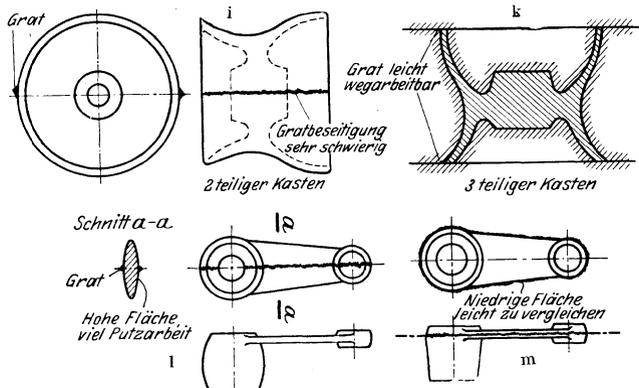


Abb. 25 i bis m. Gestaltung mit Rücksicht auf Kastenversatz.

den, dann ist die Größe der Löcher entsprechend zu bemessen oder die zu putzende Kernfläche freizulegen.

31. Modell- und Kernteilung derart anordnen, daß Teilfugen in einer Ebene liegen; dies erleichtert die Beseitigung der an den Teilstellen entstehenden Gratkanten und beeinflußt das Aussehen des Gußstückes günstig.

Eine glatte Teilung von Modell und Kernkasten erleichtert

1. die Herstellung des Gußstückes in der Formerei,
2. vermindert die Kosten für Einrichtung und damit Einrichtzeit und
3. die Kosten in der Putzerei.

Die Räder nach Abb. 26a, b haben eine ungünstige Formgebung. Als Ersatz für Abb. 26 könnte, falls der Kranz versetzt sein muß, die Formgebung nach Abb. 26c gewählt werden. Ein hoher Anschnitt wie bei Abb. 26a gibt Schwierigkeiten beim Zusammensetzen der Form und führt zu starker Gratbildung. Anzustreben ist immer die glatte Teilung nach Abb. 26d. Der Konstrukteur soll von Fall zu Fall prüfen, wo die Not-

wendigkeit für die Gestaltung in mehreren Ebenen vorliegt. Die Konstruktion eines Hebels nach Abb. 26e wäre bei Umbildung nach Abb. 26f

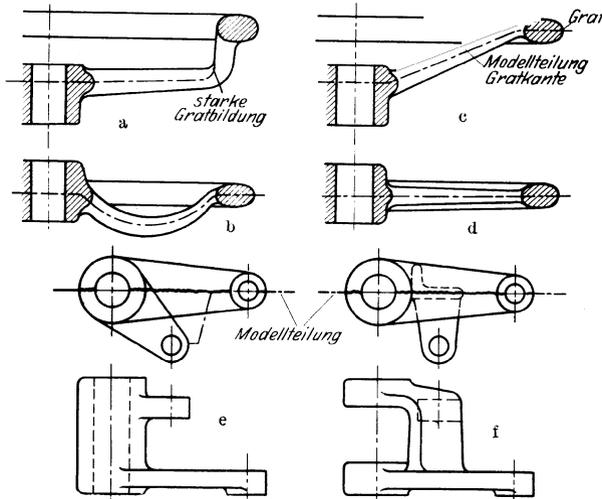


Abb. 26a bis f. Gestaltung mit Rücksicht auf Modellteilung.

ohne Anschnitt möglich. Nur wenn eine entsprechende Formgebung besondere Vorteile bietet gegenüber der hiermit mehr aufzuwendenden Arbeit in der Formerei und Putzerei, soll eine entsprechende Gestaltung gewählt werden.

Literaturverzeichnis*.

- ¹ Kruppsche Monatshefte.
- ² Prospekte über Spezialeisen der Maschinenfabrik Eßlingen.
- ³ Dr.-Ing. Lehmann: Abnutzung des Gußeisens. Gieß.-Zg. 1926, H. 23.
- ⁴ Gieß. 1925, H. 17, S. 273ff. Die für den Aufsatz S. 273ff. verwandte Literatur ist in Gieß. H. 23 veröffentlicht.
- ⁵ Bauer, E.: Schwindung und Spannungen im Gußeisen. Gieß.-Zg. 1926, H. 3, 4, 5.
- ⁶ Scharlibbe, L.: Gieß.-Zg. 1926, S. 410 u. ff.
- ⁷ Leber, E.: Stahleisen 1908, S. 1769 u. ff.
- ⁸ Oeking d. A., H.: Stahleisen 1923, H. 26.
- ⁹ Dürscheidt, J.: Masch.-B.-Zg. 1926, H. 22.
- ¹⁰ Fehlerecken in Stahleisen 1922, S. 499, 664, 855, 1017, 1357, 1618.
- ¹¹ Kothny, E.: Gesunder Guß. Werkstattbuch H. 30. Berlin: Julius Springer.

* Die Quellenhinweise im Text sind durch die hochgestellten Ordnungszahlen, unter denen die Werke im Literaturverzeichnis aufgeführt sind, gegeben.

Betriebsblatt für Konstruktoren und Betriebs- beamte	Konstruktionsregeln für Grauguß	AWF 34
<p style="text-align: center;">Allgemeines:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Der Konstrukteur soll mit den allgemeinen gießereitechnischen Gesichtspunkten vertraut sein. 2. Bei schwierigen Gußstücken vor Neukonstruktion stets mit dem Gießereifachmann beraten! 3. Auch bei Einzelkonstruktionen auf die Möglichkeit von Massenanfertigungen Rücksicht nehmen! 4. Große Gußstücke verwickelter Konstruktion besser aus mehreren Teilen anfertigen und zusammenbauen, da sonst Maßgenauigkeit nicht gewährleistet ist. 5. Insbesondere keine kleinen, überstehenden Maschinenteile, z. B. Lager, an große Gußstücke angießen, sondern anschrauben. 6. Beim Entwurf von großen Gußstücken für Einzelanfertigung darauf Rücksicht nehmen, daß die Form schabloniert werden kann (Drehkörper); hierdurch wird erheblich an Modellkosten gespart. <p style="text-align: center;">Stoffgerechter Entwurf:</p> <ol style="list-style-type: none"> 7. Gußeisen bietet größte Beanspruchungsmöglichkeit auf Druck; die Beanspruchung auf Zug und Biegung liegt wesentlich darunter. 8. Mechanische Beanspruchung einzelner Teile genau vorschreiben; Wahl der Festigkeitsziffern keinesfalls dem Gießer überlassen! 9. Kernstützen sind möglichst zu vermeiden! Besonders gilt dies für Gußstücke, die hohen inneren Drücken ausgesetzt sind; bei feuer-, säure-, alkali-, seewasserfestem Guß müssen Kernstützen unbedingt vermieden werden; deshalb Anordnung von Kernen derart, daß Kernstützen überflüssig! <p style="text-align: center;">Formgerechter Entwurf:</p> <ol style="list-style-type: none"> 10. Bei allen Gußstücken Möglichkeit zur Heraushebung des Modells vorsehen! Aushebeschräge so groß wie möglich und schon auf der Zeichnung angeben! 11. Unterschneidungen vermeiden! 12. Modellteilung möglichst einfach; keine mehrfachen Unterteilungen! 13. Teile, wie Augen, Knaggen, Rippen, wenn unvermeidlich, möglichst so ansetzen, daß sie fest am Modell sind und mit ihm herausgezogen werden können, damit Verschiebungen vermieden werden! 14. Kerne möglichst vermeiden! Häufig ist Rippenguß vorzuziehen, da billiger herstellbar als Hohlguß. 15. Bei notwendigen Kernen sorgen für: <ol style="list-style-type: none"> a) Sichere Auflage möglichst ohne Kernstützen, nötigenfalls Durchbrüche der Kerne anordnen, die gleichzeitig zur Luftabführung dienen! b) Ausreichende Luftabführung. c) Genügende Steifigkeit durch Kerneisen. d) Möglichkeit der Entfernung der Kernmasse und Kerneisen. 16. Zusammentreffen mehrerer Kerne möglichst vermeiden! 17. Kerne tunlichst derart gestalten, daß sie auf Kernformmaschinen hergestellt werden können! <p style="text-align: center;">Gießgerechter Entwurf:</p> <ol style="list-style-type: none"> 18. Wandstärken und Querschnitte so bemessen, daß sie vom flüssigen Eisen leicht ausgefüllt werden können! <p style="text-align: right;">September 1926</p>		

19. Anordnung der Gußstücke möglichst derart, daß die Luft aus den Hohlräumen nach oben entweichen kann!
20. Die beim Guß oben liegende Seite der Gußstücke neigt mehr zu Undichtigkeiten und Blasenbildung als die unten liegende; also ist beim Guß die Seite nach oben zu legen, auf deren Dichtigkeit es am wenigsten ankommt. Achtung bei Modellteilung und Aushebeschräge!
21. Große, wagerecht zu gießende Flächen möglichst vermeiden.
22. Jede Werkstoffanhäufung ist zu vermeiden; sie führt zu Schwindungshohlräumen (Lunkern) und Spannungen. Achtung besonders bei Bearbeitungszugabe und Rippen!
23. Schroffe Übergänge vermeiden.
24. Rücksichtnahme auf Schwindung; keine Gußteile so gestalten, daß sie von festeingespannten Teilen beim Erkalten gezogen oder gedrückt werden können.
25. Besonders bei Motorzylindern die Austrittsorgane mit flachen und glatten Übergängen versehen, Ecken und scharfe Kanten vermeiden, da sie zu Reißen Anlaß geben.

Besondere Regeln zur Vermeidung von
Lunkern und Spannungen.

26. Lunker, an sich unvermeidlich, soll dorthin gebracht werden, wo er nicht schadet, also in Trichter und verlorene Köpfe.
27. Lunker entstehen:
 - a) in dicken Querschnitten der Gußstücke,
 - b) bei ungünstiger Querschnittsausbildung,
 - c) an Übergangsstellen und Rippen, an denen sich Werkstoff anhäuft,
 - d) in Naben, Augen und an andern Stellen, an denen für das Bohren von Löchern Werkstoff zugegeben ist.
28. Spannungen und Risse entstehen durch ungleichmäßige Abkühlung infolge ungleichmäßiger Querschnitte; daher
 - a) Stoffverteilung und Querschnitte so bemessen, daß alle Teile möglichst gleichmäßig erstarren,
 - b) schroffe Übergänge vermeiden,
 - c) Spannungen ausgleichen durch gewölbte Flächen und Linienbegrenzung.
29. Der Gießer kann in manchen Fällen durch allerhand Kniffe die Bildung von Lunkern und Spannungen vermeiden. Der Konstrukteur soll sich aber niemals auf diese Möglichkeit verlassen.

Putzgerechter Entwurf:

30. Außen- und Innenfläche des Gußstückes von allen Seiten für Putzwerkzeuge zugänglich machen; deshalb besonders bei Hohlkörpern; Kernöffnungen so anordnen und bemessen, daß die Kerne ohne besondere Schwierigkeiten und Kosten entfernt und die Hohlräume sauber geputzt werden können.
31. Modell- und Kernteilung derart anordnen, daß Teilfugen in einer Ebene liegen; dies erleichtert die Beseitigung der an den Teilstellen entstehenden Gratkanten und beeinflußt das Aussehen des Gußstückes günstig.

Ausgearbeitet vom Verein Deutscher Eisengießereien,
Gießereiverband, Düsseldorf.

Herausgegeben vom Ausschuß für wirtschaftliche Fertigung (AWF) beim
Reichskuratorium für Wirtschaftlichkeit, Berlin.

Zu beziehen durch den Verein Deutscher Eisengießereien, Gießereiverband,
Düsseldorf, Postschließfach 503, und den Beuth-Verlag GmbH.,
Berlin SW 19, Beuthstraße 8.

Copyright 1926 by AWF, Ausschuß für wirtschaftliche Fertigung.
Ganzer oder teilweiser Abdruck verboten.

Modellbau und Formtechnik.

Von H. R. Henning.

Zur Herstellung einer jeden Gußform, gleichgültig, ob es sich um Formen für Grauguß, Stahlguß oder Metall handelt, gehört ein Modell oder eine Schablone. Beide werden in den allermeisten Fällen aus Holz hergestellt von einem Tischler, der das Bauen von Modellen gelernt haben muß, und der nicht mit einem Möbeltischler zu verwechseln ist. Ein Möbeltischler kann keine Modelle und ein Modelltischler keine Möbel liefern. Um diese Verwechslung zu vermeiden, nennen sich die Modelltischler neuerdings Modellbauer. Werkzeug und Werkstoff sind bei beiden Kategorien gleich.

A. Modelle.

Wie beginnt nun der Modellbauer die Anfertigung eines Modelles? Geliefert wird ihm entweder ein Gußstück als Vorbild, oder, was das Normale ist, eine Zeichnung vom technischen Bureau, auf der das herzustellende Stück in meist verkleinertem Maßstabe aufgezeichnet ist. Die Arbeit beginnt mit dem Aufriß. Das Aufreißen geschieht in natürlicher Größe auf einem entsprechenden sauber abgerichteten Brett. Meist wird man einen Schnitt durch die Mitte des Stückes wählen, um gleich die Hohlräume usw. sehen zu können. Unstimmigkeiten in den Maßen der Zeichnung oder fehlende Maße pflegen sich hierbei herauszustellen. Es empfiehlt sich, alle Zeichnungen eindeutig und klar mit gut lesbaren Maßzahlen herzustellen, damit keine Rückfragen auf dem Bureau nötig werden, und keine Fehler gemacht werden können. Für Teile, die sich schlecht zeichnerisch darstellen lassen und doch passen sollen, fertigt der Tischler eine Schablone, z. B. Rohrkrümmer; Abb. 1 zeigt zwei solche Schablonen. Der Mann muß bereits beim Aufriß wissen, aus welchem Werkstoff das Stück später gegossen werden soll, da er hiernach seinen Schwindmaßstab zu wählen hat. Ein Schwindmaßstab muß benutzt werden, damit der Abguß nachher nicht zu klein ausfällt, was bei Verwendung eines normalen Zollstockes der Fall wäre. Erfahrungsgemäß schwindet Gußeisen bei Modellguß 1%, bei Schablonenformerei in Lehm nur $\frac{3}{4}$ %, Stahlguß dagegen 2% und Metallguß liegt mit 1,5% etwa zwischen beiden*. Um nicht jedes Maß einzeln

* Siehe auch Tab. 2: DIN 1511 Blatt 2, S. 197.

umrechnen zu müssen — beim Rechnen werden die meisten Fehler gemacht — hat man Schwindmaßstäbe von $\frac{1}{2}\%$ bis 2% geschaffen. Besonders große sperrige Stücke schwinden anormal, was der Modellbauer zu beachten hat. Ein großer Schiffsstevan in Stahlguß z. B. wird im Querschnitt 2% schwinden, in der Gesamtlänge dagegen nur 1% . Haben lange Stahlgußstücke viel Kerne, so schwinden sie 1.5% , ohne Kerne nur 1% . Mit der Schwindung hängt auch das Krümmwerden von langen Stücken zusammen, z. B. Drehbankbetten oder Aufspannplatten. Die schwache Seite erstarrt zuerst und holt beim Schwinden die starke Seite herum, was man ausgleicht, indem man das Modell von vornherein leicht gekrümmt herstellt. Bei großen Platten geht man auf bis 10 mm Durchbiegung bei 3 m Länge. Man könnte auch so konstruieren, daß das Stück gleichmäßig erstarren würde, was aber nur sehr selten geschieht. Ist das Stück fertig aufgerissen, so wird die Bearbeitungszugabe angerissen sowie ein etwa anzugießender Druckkopf. Abb. 2 zeigt einen solchen Aufriß von einem Ventilkörper.

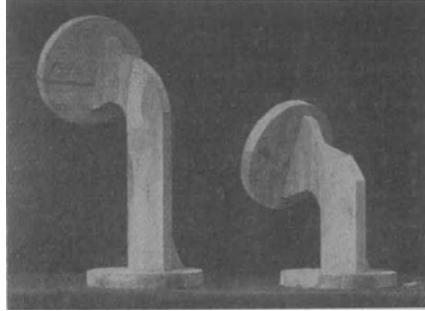


Abb. 1. Schablonen für Krümmernmodelle.

Von der Bearbeitungszugabe wird noch später die Rede sein. An Hand des Aufrisses überlegt sich der Tischler dann, was für Holz er nötig hat. An Holzarten werden hierzulande Erlen und Kiefernholz verwendet, beide gehören zu den Weichhölzern und sind billig. Erlenholz kommt mehr für kleine und mittlere Modelle

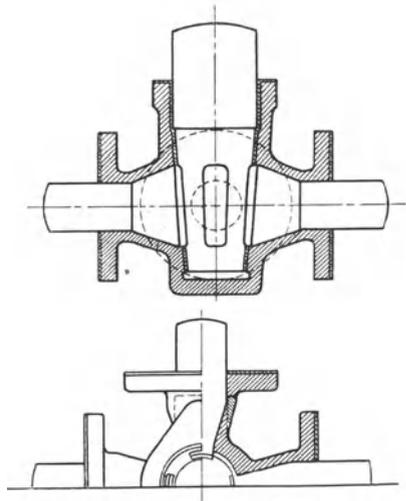


Abb. 2. Aufriß zum Modell eines Hahngehäuses.

in Frage, da es sich besser stechen und ausarbeiten läßt als Kiefernholz, das mehr langfaserig ist. Für besonders dauerhaft auszuführende Modelle, etwa solche, die auch in der Maschinenformerei auf Formplatte geschraubt werden sollen, kann man Birnbaum-, Ahorn- oder Nußbaumholz verwenden, alles drei Harthölzer und ziemlich teuer.

Nußbaum benutzt man gerne für die Zähne bei Zahnradmodellen und Zahnradsegmenten für Zahnradformmaschinen, da das Holz sehr dicht und glatt ist und daher auch bei längerem Gebrauch einen sauberen Abguß gewährleistet.

Für die Verbindungen des Holzes kommen in Frage Tischlerleim, Kaltleim und Schrauben. Nägel unter keinen Umständen, und Schrauben auch nur dort, wo man hin und wieder die Verbindung zu lösen hat. Sonst wird alles restlos geleimt. Der Grund ist der, daß ein Eindringen der Feuchtigkeit bei verleimtem Holz viel weniger zu befürchten ist, als bei verschraubtem oder gar genageltem, wo die Fugen sehr bald sperren würden. Während man früher nur den Knochen- oder Lederleim kannte, der mit heißem Wasser gelöst wird, bürgert sich der Kaltleim für große Modellkörper jetzt immer mehr ein. Er ist ein weißes Pulver, das mit kaltem Wasser angerührt wird und nach dem Abbinden genau so fest hält, wie Warmleim, aber die nützliche Eigenschaft hat, nicht wieder in Wasser löslich zu sein. Nachteilig wirkt beim Kaltleim seine große Härte, die bei später notwendiger Bearbeitung (Modelländerungen) Schwierigkeiten verursacht.

Bei großen Modellen, die lange im Sand liegen, oder gar wenn die Modelle in Lehm eingeklatscht werden, ist das ein großer Vorteil, da sie nicht aufleimen. Kaltleim ist etwas teurer als Warmleim, was aber durch die größere Lebensdauer der Modelle reichlich ausgeglichen wird.

Beim Verleimen des Holzes ist besonders darauf zu achten, daß die einzelnen Stücke richtig miteinander verleimt werden, damit das Holz

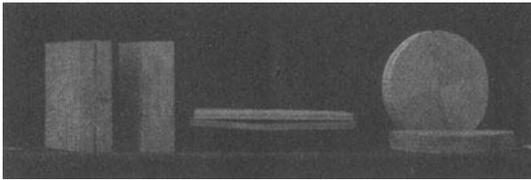


Abb. 3. Falsch und richtig verleimtes Holz.

sich nicht werfen kann. Dieses Werfen entsteht dadurch, daß das Holz in seinen Teilen verschieden austrocknet und schwindet, und zwar schwindet das junge, unter der Rinde sitzende Holz, das Splintholz, mehr als das Kernholz, da der Splint viel größere Poren hat. Ein Brett wird sich also auf der Splintseite hohlziehen (Abb. 3). Leimt man nun Kern an Kern, so wird die Fuge sehr bald klaffen, leimt man dagegen Kern an Splint, so wird die Fuge zusammengepreßt und ein Klaffen nicht eintreten.

Klaffende Fugen lassen einmal die Feuchtigkeit eindringen und zum andern beschädigen sie die Form beim Ausheben des Modelles aus dem Sand, so daß man u. U. dem Former für die Flickarbeit einen Aufpreis auf den Akkord zu zahlen genötigt ist. Beim Verleimen von drei Dick-

ten sollte das Mittelstück ein Herzstück sein, das Brett aus der Mitte des Stammes, weil das gerade bleibt. Trommeln, Ringe und ähnliche Körper werden bei großen Trommeln aus Langholz, bei kleineren aus Felgen verleimt, aber keinesfalls aus einem dicken Stamm herausgedreht, da man auf diese Weise auf zwei Seiten Hirnholz bekommen würde, was sehr leicht zerbricht (Abb. 4 u. 5).

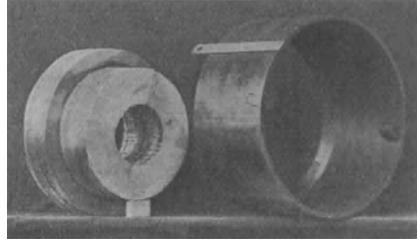


Abb. 4. Aus Felgen verleimte Körper.

Auch Flanschen und Platten dürfen bei einem gut gearbeiteten Modell niemals einfach aus einem Brett ausgeschnitten sein, sondern müssen stets aus 4 oder 6 Segmenten verleimt sein, wie aus Abb. 6 ersichtlich ist. Zum besseren Halt leimt man auch noch Federn zwischen die einzelnen Segmente, wie auf Abbild. 6 rechts. Je mehr Abgüsse ein Modell aushalten soll, um so sorgfältiger muß es verleimt werden. Ein Modell, das nur einmal gebraucht wird, z. B. für eine eilige Reparatur, kann behelfsmäßig mit Schrauben zusammengefügt werden.

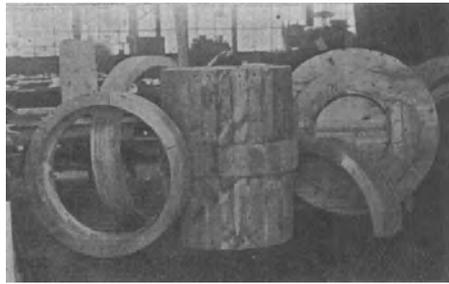


Abb. 5. Verleimen großer Trommeln.

Es ist selbstverständlich, daß sich der Tischler zuerst klarmacht, wie das Modell eingeformt wird, damit es sich einmal aus dem Sand herausheben läßt und zum andern der Abguß brauchbar wird. Um dies zu erreichen, ist folgendes zu beachten: Die Seite des Stückes, welche später bearbeitet werden soll, ist nach unten zu gießen, da die

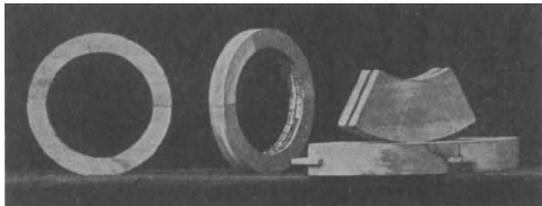


Abb. 6. Ringe aus Segmenten verleimt, rechts mit Feder.

untere Seite eines Gußstückes stets die dichteste ist, und Verunreinigungen und Schlacken nach oben schwimmen und sich an der oberen Fläche ansetzen. Diese Tatsache soll eigentlich schon der Konstrukteur beachten und das Stück so gestalten, daß gar niemand

auf den Gedanken kommt, das Stück anders einzuformen, was sich sehr einfach machen läßt, indem er das Stück gleich nach der zu bearbeitenden Seite hin verjüngt zulaufen läßt. Soll nun aber die obere Seite auch bearbeitet werden, so tut man gut, das Stück sozusagen hochkant zu gießen, also die bearbeiteten Flächen senkrecht in der Form zu haben, vorausgesetzt, daß die Seitenfläche, die jetzt nach oben kommt, nicht auch bearbeitet werden soll, und das Einformen in dieser Lage überhaupt möglich ist.

Man wird z. B. eine Aufspannplatte für eine Hobelmaschine von 7×3 m nicht hochkant gießen können, auch nicht, wenn beide Seiten bearbeitet werden sollen. Runde Buchsen wird man dagegen niemals liegend gießen, sondern stets stehend und auch noch einen kleinen Kopf aufsetzen, der Unreinigkeiten usw. aufnehmen kann. Muß man eine zu bearbeitende Seite aber doch nach oben nehmen, z. B. bei einem Zylinderdeckel, so gibt man auf der Oberseite etwas reichlicher Bearbeitung zu, um auf diese Weise Verunreinigungen aufzufangen. Im allgemeinen ist die Zugabe für Bearbeitung bei Gußeisen 3 mm, bei großen Stücken mindestens 5 mm. Bei Stahlguß muß man das Doppelte nehmen und bei Bronze genügt die Hälfte. Dies gilt für spanabhebende Bearbeitung. Bei Teilen, die nur blank geschliffen werden sollen, genügt im allgemeinen eine Bearbeitungszugabe von 1 mm. Stellen, die nach oben gegossen werden, müssen, auch wenn Schleifen vorgesehen ist, reichlich Bearbeitungszugabe bekommen, und diese Seite muß dann zuerst abgeschrubbt werden, damit die Fläche sauber wird. Eine zu reichliche Bearbeitungszugabe empfiehlt sich nicht, da man sonst mit Saigerungserscheinungen zu rechnen hat, den sogenannten Lunkern, die bei Materialanhäufung auftreten, wovon im Kapitel „Konstruktion von Gußstücken“ ausführlich die Rede ist.

B. Kernkästen.

Hohlräume im Gußstück werden meistens durch Einlegen von Kernen erzeugt (Abb. 7, Datsch TWL 9101). Kerne sind aus Sand hergestellte Körper, mit Einlagen aus Eisen, teils Draht, teils Gußeisen und Kanälen, durch die sich beim Gießen entwickelnde Gase abziehen können. Sie werden meist mittels hölzerner Formen hergestellt, den sogenannten Kernkästen. Das Herstellungsverfahren erinnert an das Kuchenbacken der Kinder im Sand. Die Herstellung des Kernkastens ist natürlich auch Sache des Modellbauers. Die Form ergibt sich ja aus der Zeichnung, aber nicht in der Zeichnung steht, wie der Kern in der Form gelagert werden soll, damit er sich beim Gießen nicht verlagert, und wo die Luft resp. Gase abzuführen sind. Diese Erwägungen muß der Modellbauer anstellen. Viele nicht massive Stücke kann man

in Natur formen ohne Kern, z. B. Badewannen, und es wäre an sich auch recht erwünscht, wenn schon der Konstrukteur sich bemühen würde,

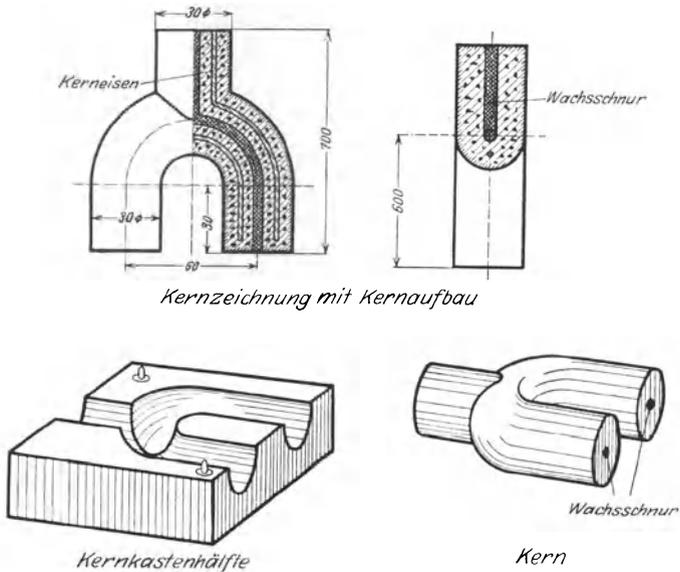


Abb. 7. Kernherstellung (TWL 9101)*.

Kerne soviel wie möglich zu vermeiden, da der Gieß ohne Kern bedeutend billiger wird, insonderheit, wenn nur ein Stück abzugießen und dazu ein oder gar mehrere Kernkästen angefertigt werden müssen. Abb. 8 zeigt ein Tachometerböckchen, das nur einmal gebraucht wurde. Eine solche Ausführung wird sehr teuer. Andererseits läßt sich bei Teilen mit dünner Wandstärke die Verwendung eines Kernes nicht vermeiden, weil ein Naturmodell in sehr dünnem Holz nach sehr wenigen Abgüssen bereits zu Brennholz zerfallen würde; Abb. 9 zeigt einen dünnwandigen Schutzkasten, den man mit Kernkästen machen mußte. Besser stellt man solche Teile aus Blech her. Man kann sich in solchen Fällen durch



Abb. 8. Tachometerböckmodell mit Kernkasten.

* Die Abbildungen 7, 10, 11 u. 14 bis 16 stammen aus der Lehrmittelsammlung des Datsch, Berlin W.

Anfertigung eines Metallmodelles helfen, vorausgesetzt, daß eine genügend große Anzahl Abgüsse von dem Modell gebraucht wird. Abb. 10, TWL 9109, zeigt, wie man bei Einzelfertigung das Modell einrichten würde. Bei größeren Mengen von Abgüssen würde man keinen Ansteckring verwenden, sondern den Hohlraum durch einen Kern bilden.

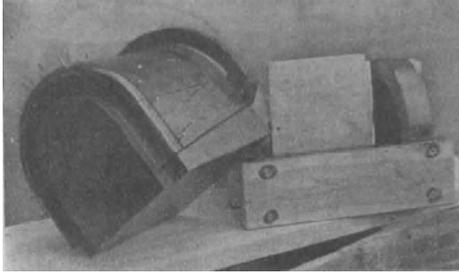


Abb. 9. Schutzkastenmodell mit Kernkasten.

Abb. 11, TWL 9110, zeigt zwei verschiedene Ausführungen einer Riemscheibe, einmal 3-teilig ohne Kern und einmal 2-teilig geformt mit Kern. Schon die Holzmodelle kosten erhebliches

Geld, Metallmodelle aber wieder ein Vielfaches eines Holzmodelles. Doch zurück zu den Kernkästen. Genau wie das Modell konisch ge-

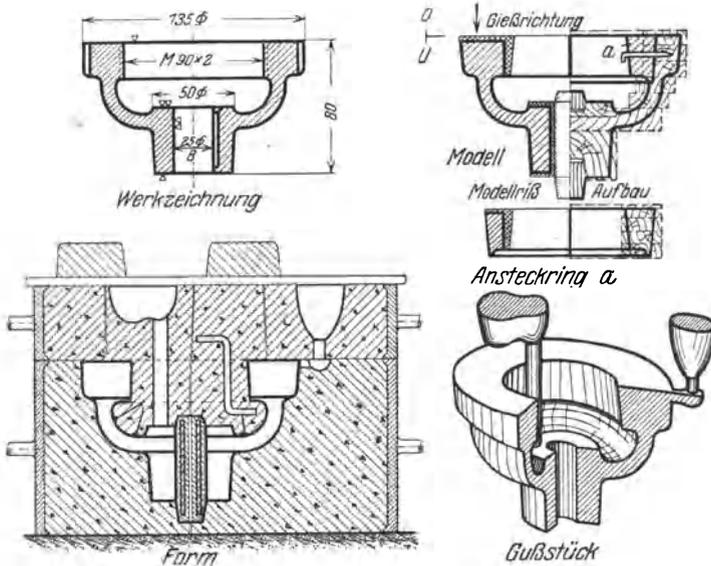


Abb 10. Modell und Arbeitsgänge bei Einzelfertigung (TWL 9109)*.

halten werden muß, damit es sich aus dem Sand herausziehen läßt, muß der Kernkasten konisch gehalten werden, oder er muß zum Auseinanderschrauben eingerichtet werden. Das Auseinanderschrauben mag zunächst ein wenig umständlich erscheinen, es hat aber insofern

* S. Fußnote S. 187.

seinen Vorteil, als es Kernbindemittel gibt, die erst nach einer geraumen Weile abbinden. Solche Kerne müssen anfangs wie rohe Eier behandelt werden, und man könnte sie kaum aus dem Kernkasten herausbekom-

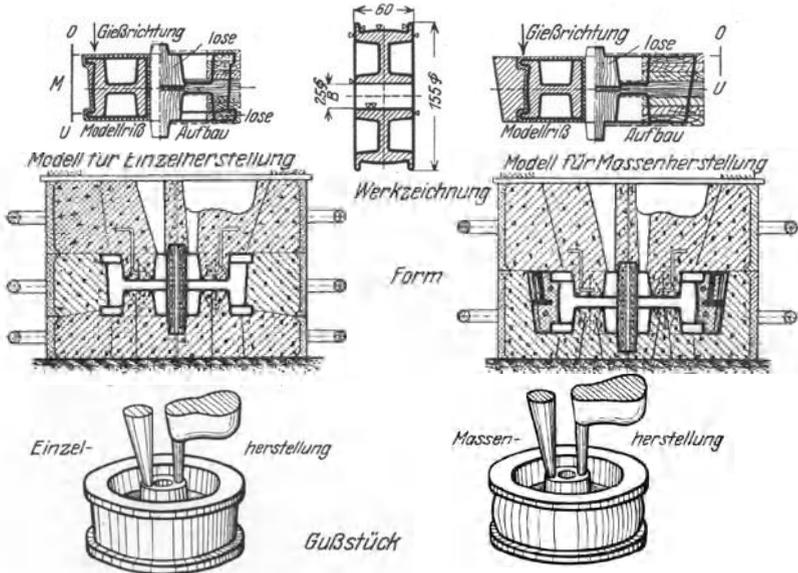


Abb. 11. Formen einer Riemscheibe bei Einzel- und Massenherstellung (TWL 9110)*.

men, wenn man nicht einfach die Wände des Kastens nach den Seiten abziehen könnte. Ein Abbindenlassen im Kasten ist darum nicht zu empfehlen, weil es sehr lange dauern würde, da die Luft ja nicht an den Kern heran kann. Nur durch die Luft wird die Erhärtung bewirkt, und zwar erstarrt auch nur die äußerste Kruste an der Luft, seine Festigkeit bekommt der Kern erst durch das Trocknen in der Trockenkammer bei erhöhter Temperatur. In Masse gestampfte Kerne dagegen sind gleich transportfähig. Man ersieht hieraus, daß es zuweilen nötig ist, daß der Modelltischler über die in der Gießerei gebräuchlichen Fabrikationsmethoden unterrichtet sein muß, da noch lange nicht eine Gießerei wie die andere arbeitet, ohne daß sie etwa rückständig wäre.

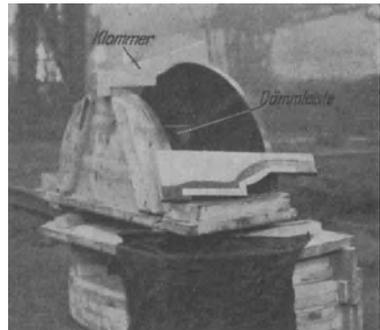


Abb. 12. Kernkasten mit Abziehschablone.

In Abb. 12 ist noch eine Kombination dargestellt von Kernkasten und

* S. Fußnote S. 187.

Schablone, die häufig angewendet wird: die Schablone dient zum Abstreichen des Kernes an der offenen Seite des Kernkastens. Gleichzeitig zeigt dieser Kasten, wie man sich dagegen schützt, daß der Kasten durch den Kernmacher auseinandergestampft wird. Zwar soll eine Zwin- ge angesetzt werden, es besteht dabei aber die Gefahr, daß der Kasten zu stark zusammen- gedrückt wird, wogegen die so- genannte Dämmleiste in der Mitte schützt. Der dadurch entstehende Schlitz im Kern wird vom Kernmacher wieder zuge- dämmt. Man wendet auch bei Modellen, z. B. geraden dünnen Platten, wie Rohr- wände für Kessel usw. solche

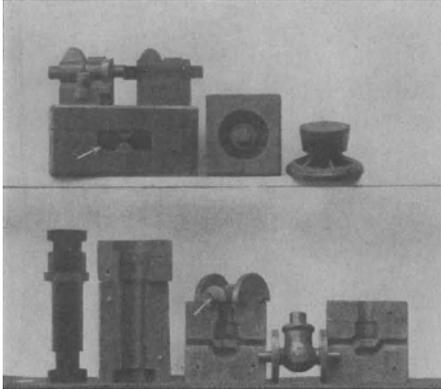


Abb. 13. Verschiedene Kernsicherungen geben Ge- währ, daß der Kern richtig in der Form liegt.

Dämmleisten an, um das Modell vor dem Verziehen zu schützen. Um auch ein genügend weites Zusammenziehen der beiden Wände

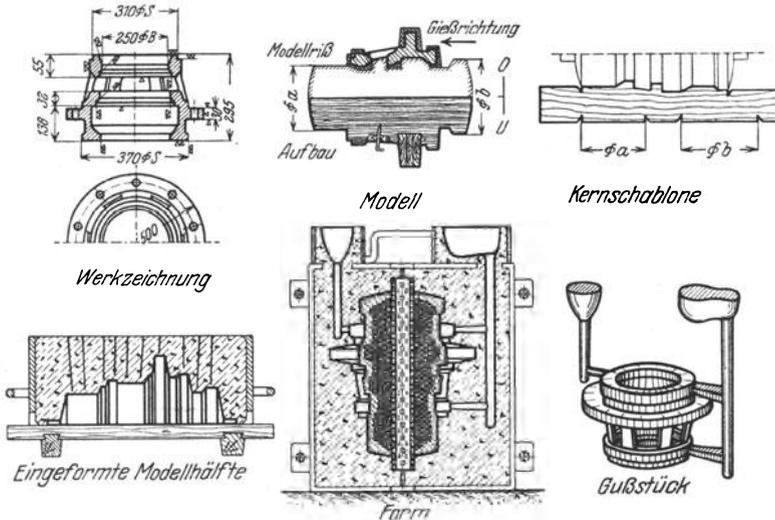


Abb. 14. Sicherung gegen falsches Einlegen und Verlagern des Kernes (TWL 9106)*.

zu gewährleisten, dient die darüber geschraubte Klammer, die natürlich jedesmal angelegt werden muß. Dieser Kernkasten zeigt

* S. Fußnote S. 187.

noch, wie man Holz sparen kann; denn das Naheliegende ist doch, die runde Seite in Holz darzustellen und die glatte Seite offen zu lassen, wodurch auch der Kernmacher etwas weniger Arbeit hätte. Für einmalige Ausführung ist es so am billigsten, für Massenanfertigung würde der Kasten so gemacht, daß keine Schablone nötig ist. Um alle diese kleinen Kniffe kennenzulernen, ist es unbedingt erforderlich, daß der Modellbauerlehrling auch einmal 3 bis 4 Monate in einer Gießerei arbeitet, um einen Begriff von der Arbeitsweise des Formers und Kernmachers zu bekommen. In den verschiedenen Arbeitsmethoden der Gießereien ist auch der Grund dafür zu suchen, daß jede Gießerei sich ihre Modelle selbst anfertigt oder, falls das unmöglich ist, wenigstens immer bei ein und demselben Modellbauer arbeiten läßt, der auf die Eigenheiten der betreffenden Gießerei eingestellt ist. Über den Einkauf von Modellen bei fremden Firmen ist weiter unter noch einiges zu sagen. Bei sehr vielen Kernen besteht die Gefahr, den Kern unrichtig in die Form einzulegen; um das zu verhüten, schneidet man eine Ecke des Kernes ab, so daß ein falsches Einlegen unmöglich ist (Abb. 13). Auf dem Bild sieht man oben links eine solche Ausführung, gleichzeitig zeigt die Buchse unten links, wie man den Kernkasten anfertigt, um ein Zutiefteinlegen des Kernes zu vermeiden. Auch bei dem Ventilmodell mit Kernkasten ist durch Anflächen der einen Marke vorgesorgt, daß der Kern nicht verkehrt eingelegt wird. Man muß ja im allgemeinen damit rechnen, daß der nach Modell arbeitende Former die Zeichnung nicht zu Rate zieht, sie vielfach auch wohl gar nicht verstehen kann, abgesehen von den Großformern. Der Tischler muß also sein Modell und seinen Kernkasten so gestalten, daß Irrtümer überhaupt nicht vorkommen können. Abb. 14, TWL 9106, zeigt Sicherung gegen falsches Einlegen und Verlagern des Kernes.

C. Ziehbretter.

Außer den Modellen muß der Modellbauer natürlich auch in der Lage sein, Ziehbretter (Schablonen) für die Herstellung von Gußstücken, sei es für Lehmformerei, sei es für Sandformerei, herzustellen. Wann ein Ziehbrett zu wählen ist, muß stets von der betreffenden Gießerei angegeben werden, und nicht etwa im Belieben des Tischlers stehen, der vielleicht aus dem Grunde ein Ziehbrett wählt, weil es für ihn viel schneller herzustellen ist als ein Modell oder ein Kernkasten. Es ist nämlich nicht jede Gießerei auf Arbeiten mit Ziehbrettern eingestellt, und Stahlgießereien haben selbst für einfache Kerne gerne einen richtigen Kernkasten, da zugegebenermaßen die Stahlformmasse sehr leicht abbröckelt und sich daher schlecht zum Ziehen eignet. Man verwendet Schablonen für größere runde Kerne, von denen nicht größere Mengen benötigt werden, etwa einzelne Rohre, Buchsen usw. Des weiteren

kommen Schablonen in Frage für sehr große Stücke in Eisenguß, für die man sich ein Modell sparen will, z. B. große Zylinder für Dampf-

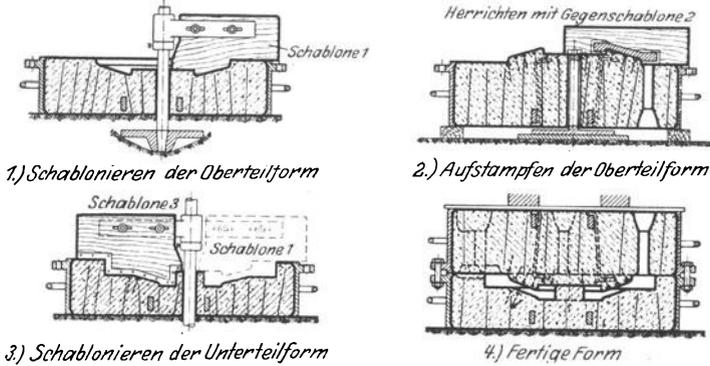
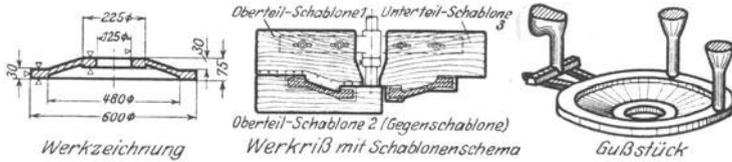


Abb. 15. Gußstück in Sandschablonenform gegossen (TWL 9113)*.

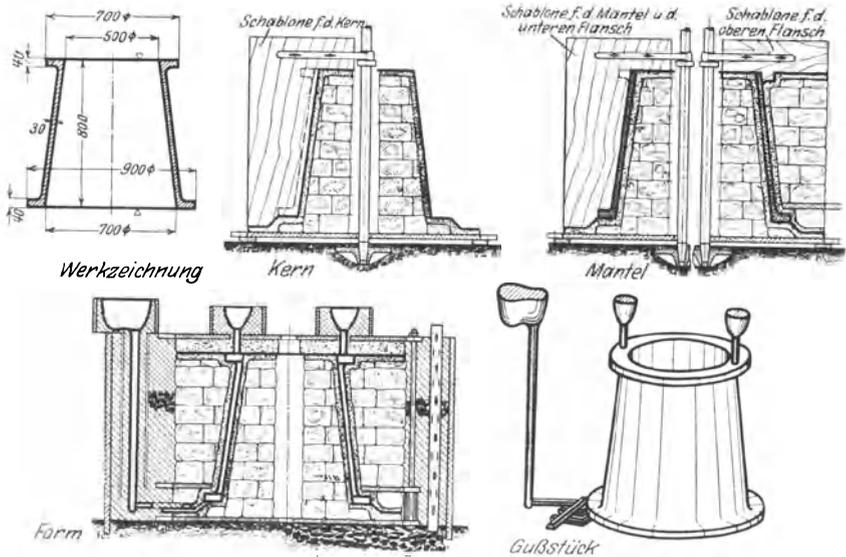


Abb. 16. Lehmformguß (TWL 9114)*.

maschinen, Gasmaschinen, große Turbinengehäuse, Laufbuchsen oder wie Schiffspeller, für die man kaum ein genaues Modell machen

* S. Fußnote S. 187.

kann. Derartige Teile werden in Lehm geformt, wohingegen flache Stücke, etwa Zylinderdeckel, auch Räder in Sand gezogen werden können. (Abb. 15, TWL 9113, Abb. 16, TWL 9114.) Der Modellbauer muß wissen, ob das Stück in Sand oder in Lehm geformt werden soll, denn die Ziehbretter sind in beiden Fällen verschieden. Um mit dem häufigeren der Lehmschablone anzufangen, so ist das Verfahren ein ziehendes, glättendes. Der Lehm wird sozusagen durch die Schablone hindurchgedrückt ähnlich wie beim Drahtziehen oder beim Streichen von Butter auf Brot, der Lehm hat auch etwa die Konsistenz von weicher Butter. Daraus ergibt sich, daß die Schablone, die aus einem Brett mit angeschnittener Phase besteht, mit der weiten Seite gegen den Lehm zu gedreht wird, wohingegen die Schablonenformerei in Sand mehr ein Wegschneiden ist, entfernt ähnlich dem Rasieren und daher die scharfe Seite der Schablone nach vorne kommt (Abb. 17). Um die Ziehbretter vor Abnutzung zu bewahren und damit ein Ungenauwerden des Stückes zu verhüten, nagelt man auf die jeweilige Vorderseite einen schmalen Blechstreifen auf. Die Drehrichtung einer Schablone für Sandformerei ist stets entgegengesetzt dem Uhrzeiger, da der Former mit der rechten Hand den Sand aufwirft und mit der linken Hand die Schablone zieht. Demgemäß muß die Schräge richtig angeschnitten werden. Die Lehmformer drehen in manchen Gegenden die Schablone rechts herum, also im Sinne des Uhrzeigers, der Former muß dann mit der rechten Hand die Schablone ziehen und mit der linken Hand den Lehm bearbeiten, worin ich keinen Vorzug sehen kann. In Berlin z. B. sind die Schablonen so eingerichtet worden, während in Kiel Sand- sowie Lehmschablonen linksherum gedreht werden. Selbstverständlich muß der Tischler genau wissen, was in der Gießerei üblich ist, die mit den Ziehbrettern arbeiten soll. Im allgemeinen ist der Schablonentischler in größeren Modellbauereien spezialisiert und macht nur Schablonen, ein sehr zu empfehlendes Verfahren. Um dem Kernmacher bei Drehkernen — so nennt man mittels Ziehbrettern hergestellte runde Kerne — den Gebrauch der Zeichnung zu ersparen, schreibt man den Durchmesser des zu drehenden Kernes auf das Ziehbrett und um dann auch noch zu verhindern, daß der Mann sich auf dem Maßstab versieht, wird ein Stichmaß auf das Ziehbrett aufgenagelt, an dem der Kernmacher seinen Taster einstellt. Das Stichmaß besteht einfach aus einem schmalen Holzleistchen oder aus zwei Kerben auf der Rückseite des Ziehbrettes. Als Holz kommt für Ziehbretter Kiefernholz in Frage. Die Kunst der Lehmformerei stammt ursprünglich aus der Wallonei, also der Gegend des Maastales und hat sich von dort aus langsam nach Osten verbreitet. In Breslau

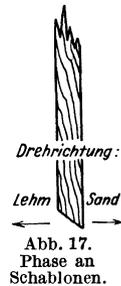


Abb. 17.
Phase an
Schablonen.

ist die Lehmformerei z. B. noch recht schwach entwickelt, und darüber hinaus kommt sie kaum vor. Da die Entwicklung der Lehmformerei in den einzelnen Orten sehr verschieden ist, so tut man gut, Schablonen grundsätzlich von der ausführenden Gießerei anfertigen zu lassen, damit die Gießerei auch sicher damit zu arbeiten in der Lage ist.

D. Äußeres und Zubehör.

Ist die Tischlerarbeit am Modell fertig, so wird es mit Sandpapier abgeschliffen, mit Modellack gestrichen, nochmals geschliffen und zum zweiten Male lackiert. Der Lackierer hat meist auch noch gleich die Aufgabe, Hohlkehlen in die Ecken einzuziehen, was durch Einleimen von Lederhohlkehlen oder mittels Glaserkitt vorgenommen wird. Bei ganz großen Modellen sind die Hohlkehlen aus Holz und werden dann vom Modelltischler gleich eingeleimt. Viele Modellbauer schenken sich diese Arbeit und deuten durch schwarze Markierung nur an, hier soll abgerundet werden, und der Former hat dann mit dem Putzeisen die Kante wegzuschneiden. Diese Methode ist jedoch nicht zu empfehlen, denn der Guß wird niemals so sauber werden, wenn der Former ohne genaue Angabe an der Form ändert, als wenn die Hohlkehle von vornherein in der richtigen Dimensionierung am Modell vorhanden ist. Abgesehen davon ist es, wenn mehrere Abgüsse nach dem gleichen Modell anzufertigen sind, billiger, einmal die Hohlkehle einzuziehen, als sie jedesmal anzuschneiden. Auch auf das Abschleifen und Lackieren muß ein gewisser Wert gelegt werden, da es einmal ausschlaggebend ist für die Haltbarkeit der Modelle und zum andern ein sauberes glattes Modell sich bedeutend besser aus dem Sand aushebt, als ein schlecht lackiertes und damit rauhes. Wird ein Modell nur für einen einzigen Abguß gebraucht, dann kann man sich allerdings diese Arbeit sparen. Anstrich und Beschriftung sind normalisiert und auf DIN 1511 Blatt 1 zusammengestellt (Tabelle 1)*. Die Angabe der zu bearbeitenden Flächen ist insofern wichtig, als der Former sonst vielleicht die zu bearbeitende Fläche nach oben gießt und das Stück Ausschuß würde. Zuletzt ist darauf zu halten, daß alle Modelle mit aufgenagelten Modellnummern, nicht bloß aufgeschriebenen, versehen sind; dies trägt sehr zur Kenntlichmachung der Gußstücke bei und erspart die Arbeit des Aussuchens an Hand der Zeichnung bei ähnlichen Teilen. Auch Aushebeeisen und Eisen zum Losklopfen sollten an jedem Modell vorhanden sein, die Modelle werden dadurch außerordentlich geschont, denn die Former müssen beim Losklopfen, besonders eines größeren Modelles, ziemliche Gewalt anwenden und das Modell ist rasch zer-

* Abdruck der Normblätter des Deutschen Normenausschusses. Verbindlich für die darin enthaltenen Angaben bleiben die Dinormen. Normblätter sind durch den Beuth-Verlag G. m. b. H., Berlin S. 14, Dresdener Str. 97, zu beziehen.

Tabelle 1.

Modelle und Zubehör Anstrich und Beschriftung		DIN 1511 Blatt 1	
Anstrich			
Anwendung	Gußeisen	Temperguß Stahlguß	Nichteisen- Metallguß
unbearbeitet bleibende Flächen am Modell und im Kernkasten	Grundfarbe rot	Grundfarbe blau	farblos (Schellack)
zu bearbeitende Flächen	gelb gestrichen (nur bei Einzelflächen) oder gelb gestreift ¹ bzw. Tupfen		
Sitzstellen loser Modellteile (Ansteck- teile) am Modell oder im Kernkasten sowie für Schrauben für Ansteckteile ²	schwarz umrandet (gegebenenfalls die von losen Modellteilen bedeckten Flächen grün)		
Stellen für Abschreckplatten und Mar- ken für einzulegende Dorne mit An- gabe des Halbmessers	blau	rot	blau
Kernmarken ³	Stirnflächen schwarz		
auszuführende Hohlkehlen	gegebenenfalls schwarz gestrichelt umrandet mit Angabe des Halbmessers		
verlorene Köpfe oder Aufgüsse und verstärkte Bearbeitungszugaben	schwarze Streifen an der Grenze des Kopfes und entsprechende Beschriftung		
Dämmleisten oder Versteifungen und abzudämmende Teile am Modell ⁴	Grundfarbe der Modelle mit gekreuzten schwarzen Strichen		
Lage des Kerns auf der Teilfläche der Modelle	schwarz		

¹ Die gelben Streifen müssen schmaler sein als die zwischen ihnen verbleibenden Streifen der Grundfarben.

² Erforderlichenfalls müssen lose Teile (Ansteckteile) durch gleiche Strichzahl gekennzeichnet werden.

³ Sind an einem Modell mehrere gleiche Kernmarken vorhanden, so sind die zugehörigen Kerne gegen Verwechslung zu sichern. Gegebenenfalls ist der Gießerei die Zeichnung des Gußstückes zu übermitteln.

⁴ Bei großen Modellen kann der Anstrich der Dämmleisten, Versteifungen oder der abzudämmenden Teile fortfallen.

Beschriftung

Die Schrift auf Modellen, Modellteilen, Kernkasten und Schablonen (Ziehbretter) wird schwarz ausgeführt. Bei den Schablonen sind die Ziehkanten in der betreffenden Grundfarbe, also sinngemäß den Modellen, zu streichen. Soll das Modellzeichen angegossen werden, dann sind Modellzeichen aus Metall anzubringen. Zulässig ist auch die in das Metall eingeschnittene Blockschrift.

Durch schwarze Beschriftung werden ferner angegeben:

- Angaben über verlorene Köpfe usw. sowie in Sonderfällen Flächen, die bearbeitet werden sollen. Diese können auf Wunsch auch mit dem gleichen Bearbeitungszeichen der Werkstattzeichnung gekennzeichnet werden (siehe DIN 140 Blatt 1). Die gleichen Kennzeichen gelten auch für zu bearbeitende Löcher, die im Kernkasten erkennbar sind.
- Nummer des Modells (bei zwei und mehr Teilen auf jedem Stück), Anzahl der Kernkästen, Schablonen (Ziehbretter) und abnehmbaren Teile auf Modellen oder Schablonen.
Beispiel Nr. 123 (Lagerfuß, zweiteilig)
3 K (Kernkasten)
2 S (Schablonen)
5 A (abnehmbare Teile [Ansteckteile] am Modell)
- Der Probedruck in Atmosphären, mit dem Hohlgußstücke abzupressen sind, z. B. 16 at.

Januar 1926 „Gina“ Fachnormenausschuß für Gießereiwesen

schlagen. Abb. 18 zeigt zwei verschiedene Aushebeeisen und ein Losklopfeisen. Für Stahlguß empfiehlt es sich, die Modelle besonders

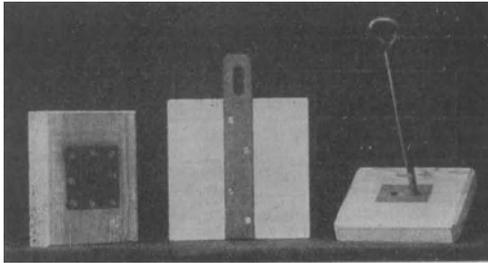


Abb. 18. Verschiedene Aushebeeisen.

kräftig zu verbauen, und auch sehr kräftige Aushebeeisen zu verwenden, da die Stahlformmasse sehr fest gestampft werden muß, und der Stahlformer viel Kraft beim Losschlagen aufwendet. Eine Zusammenstellung der beim Bau von Modellen zu beachtenden Regeln enthält DIN 1511

Blatt 2, vorläufig noch als Entwurf, an dem größere Änderungen aber voraussichtlich nicht mehr vorgenommen werden (Tabelle 2).

E. Modellkosten.

Endlich wäre noch einiges über die Herstellungskosten eines Modelles zu sagen. Auf Abb. 19 u. 20 sind vier Krümmermodelle darge-

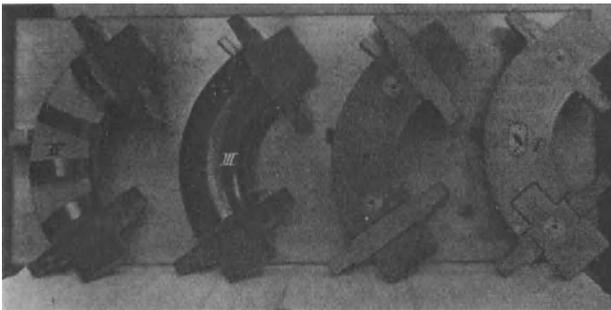


Abb. 19. Verschiedene Ausführung eines Modells.

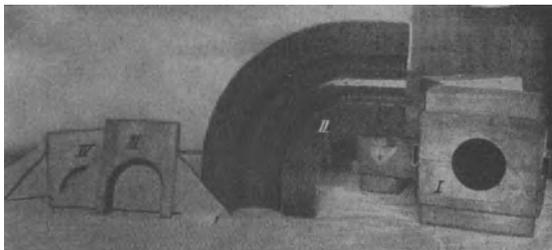


Abb. 20. Verschiedene Ausführungen eines Kernkastens.

Tabelle 2*.

<p>Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr</p> <p>Modelle und Zubehör</p> <p>Richtlinien für die Ausführung</p> <p>Gießereiwesen</p>	<p>DIN</p> <p>Entwurf 2</p> <p>E 1511 Blatt 2</p>
<p style="text-align: center;">1. Allgemeines.</p> <p>Die Grundlage für die sachgemäße Anfertigung der Modelle, Kernkasten und Ziehbretter aus Holz bilden in Ermangelung besonderer Modellzeichnungen oder Vorschriften die vom Verein Deutscher Eisengießereien Gießereiverband, aufgestellten Konstruktionsregeln für Gußstücke (AWF 34)¹. Bei Zweifeln über die form-, gieß- und putzgerechte Einrichtung eines Modells ist der Besteller zu befragen.</p> <p>Die Modelle sind unter Berücksichtigung der Schwindmaße, der Zugaben für die mechanische Bearbeitung der nach ihnen hergestellten Abgüsse sowie etwa darüber hinausgehender, aus gießereitechnischen Gründen notwendiger weiterer Zugaben nach den vorliegenden Unterlagen auszuführen.</p> <p>Für den Aufbau der Modelle, ihre innere Versteifung, ihre Absperrung, für die Wahl der Holzarten, Holzdicken und für die Art ihrer Verbindung ist nicht nur die Größe, sondern auch die Beanspruchung beim Einklopfen, Einstampfen, Rütteln, Losklopfen u. a. m. maßgebend.</p> <p>Die Anfertigung der Kernkasten und Ziehbretter (Schablonen) erfolgt nach ähnlichen Gesichtspunkten. Jede Modellbestellung soll die Güteklassenbezeichnung nach DIN 1511 Blatt 2 enthalten. Wird weder Güteklasse noch die Anzahl der herzustellenden Abgüsse vorgeschrieben, so liegt die Ausführung in dem Ermessen des Modellbauers.</p> <p>Für alle Güteklassen gilt die Vorschrift, daß die Modelle form-, gieß- und putzgerecht ausgeführt sein müssen.</p> <p style="text-align: center;">2. Modellhölzer.</p> <p>Meistverwendete Modellhölzer sind: Kiefer, Erle, Ahorn, Birnbaum und Nußbaum.</p> <p>Als Gütebezeichnung für die Modellhölzer gelten die im Holzhandel üblichen Bezeichnungen wie Ware I., II. und III. Klasse.</p> <p>Bei jeder Modellbestellung sind die hauptsächlichsten Holzarten vorzuschreiben. Fehlt eine Vorschrift, so entscheidet der Modellbauer.</p> <p style="text-align: center;">3. Hilfsstoffe für den Holzmodellbau.</p> <p>a) Leim².</p> <p>Als Leim darf im allgemeinen nur bester Haut- und Lederleim verwendet werden. Kaltleime nur in dem durch die Erläuterungen zu den Klassenbezeichnungen geschaffenen Umfang.</p> <p>b) Modellacke.</p> <p>Anwendung der Farben nach DIN 1511 Blatt 1.</p> <p>c) Kitte.</p> <p>¹ AWF = Ausschuß für wirtschaftliche Fertigung. ² Siehe Lieferbedingungen des Reichsausschusses für Lieferbedingungen DIN RAL 093 A 2.</p>	

* Abdruck der Normblätter des Deutschen Normenausschusses. Verbindlich für die darin enthaltenen Angaben bleiben die Dinormen. Normblätter sind durch den Beuth-Verlag G. m. b. H., Berlin S. 14, Dresdener Str. 97, zu beziehen.

Tab. 2 (Fortsetzung).

Zum Ziehen von Hohlkehlen und zum Ausbessern von Modellen und Kernkästen sind Kitte aus Leinöl und Kreide, bzw. aus Kreide, Wachs und Kolophonium sowie plastisches Holz (unter verschiedenen Bezeichnungen im Handel) zu verwenden.

4. Modell-Zubehörteile.

Ansteckstifte	DIN
Aushebeschrauben und Schlüssel	DIN
Buchstaben und Zahlen	DIN
Dübel aus Metall und Holz	DIN
Drahtstifte	DIN 1151
Eckenfüllungen	DIN
Holzschrauben	DIN 95 bis 97
Kernkastenverschlüsse	DIN
Losklopf- und Aushebeplatten	DIN
Schwalbenschwanzdübel	DIN
Wellblechnägeln	DIN

5. Schwindmaße.

Im allgemeinen gelten für:

Gußeisen	1 %
Temperguß	1,6 %
Stahlguß	2 %
Bronze- und Rotguß	1,5 %
Messingguß	1,5 %
Leichtmetallguß	1,5 %

Bei anderen Legierungen und bei Gußstücken von ungewöhnlicher Form und erheblich verschiedenen Querschnitten sind die Schwindmaße mit dem Modellbesteller zu vereinbaren.

6. Zugaben für die mechanische Bearbeitung.

An Flächen, die auf der Zeichnung oder Skizze nach DIN 140 Blatt 1 gekennzeichnet sind, ist eine Zugabe für die mechanische Bearbeitung vorzusehen. Diese Zugabe ist von Art und Größe des Gußstückes, von dem zu vergießenden Metall und von der Güteklasse des Modells abhängig.

Wird die Zugabe vom Modellbesteller nicht angegeben, so erfolgt ihre Bemessung durch den Modellbauer. Zweifelhafte Fälle sind durch Rückfrage zu klären. Die zu bearbeitenden Flächen sind an den Modellen und Kernkästen mit den durch DIN 1511 Blatt 1 festgelegten Anstrichfarben zu kennzeichnen.

7. Zugaben aus gießereitechnischen Gründen.

Zugaben, die über das vorgeschriebene Maß für die mechanische Bearbeitung hinausgehen sowie Abweichungen von den Maßen der Zeichnungen, die zur Erzielung einwandfreier Abgüsse und zur Anbringung wirksamer Steiger notwendig sind und die errechneten Gewichte der Abgüsse beeinflussen, können nur im Einvernehmen mit dem Modellbesteller vorgenommen werden. Verlorene Köpfe werden nur auf Bestellung angefertigt.

8. Anstrich der Modelle, Kernkästen und Ziehbretter (Schablonen).

Der Anstrich der Modelle, Kernkästen und Ziehbretter erfolgt mit Modelllack nach den Ausführungsbestimmungen der Klasseneinteilung, Absatz 10.

Tab. 2 (Fortsetzung).

9. Bezeichnung der Modelle.

Die Bezeichnung der Modelle, Kernkasten und Ziehbretter erfolgt, wenn nichts anderes vorgeschrieben wird, nach DIN 1511 Blatt 1.

10. Klasseneinteilung der Modelle.

In bezug auf Ausführung und Bewertung der Modelle gilt folgende Einteilung:

Güteklasse I.

Sie umfaßt nur Holzmodelle und Kernkasten für die Hand- und Maschinenformerei zur dauernden Benutzung und zur Herstellung solcher Abgüsse, an deren Genauigkeit und sonstige Beschaffenheit die höchsten Ansprüche gestellt werden. Die Modelle müssen form-, gieß- und putzgerecht ausgeführt sein.

Aufbau und Ausführung. Zusammenfügen der Segmente zum Verleimen von Scheiben, Ringen, Rahmen und ähnlichen Stücken aus nur einer Dichte mit Nut und Feder, von drei Dichten an aufwärts die Stoßfugen der unteren und oberen Dichte mit Nut und Feder. Die Stoßfugen der Zwischenlagen stumpf verleimen und gegeneinander versetzen. Alle Flächen der zu verleimenden Hölzer abzahnen bzw. einer dem Abzählen gleichwertigen Bearbeitung unterziehen.

Andere Holzverbindungen je nach Holzdicke und Beanspruchung durch Zinken, Schlitzzapfen, Überplatten u. a. m.

Innere Versteifung geleimter Körper je nach Beanspruchung und unter Berücksichtigung anzubringender Losklopf- und Aushebeeisen. Die dem Stampfer, dem Luftspieß und dem Abstreichbrett oder Abstreicheisen besonders ausgesetzten und von letztgenannten stark beanspruchten Flächen an Modellen und Kernkasten durch Hartholz oder Blech gegen Abnutzung sichern.

Modellteiflächen tunlichst aussparen und, wo erforderlich, Losklopf- und Aushebeplatten (Schlösser) einlassen.

Dünne Modellwände zum Anbringen von Losklopf- und Aushebeplatten durch Aufleimen, die wie Dämmstücke beschriftet werden, verstärken.

Lose Modellteile durch Unterlegen von Kernen vermeiden, unvermeidliche dagegen durch Schwalbenschwanzdübel aus Hartholz bzw. Metall befestigen und durch Ansteckstift sichern.

Für Hohlkehlen von 3 mm Halbmesser an aufwärts lederne oder hölzerne Eckenfüllungen (auch plastisches Holz) verwenden.

Zur Unterstützung der Holzverbindungen nur Holzschrauben und eingeleimte Holzstifte zulässig, Verwendung von Drahtstiften nicht zulässig.

Nur Metaldübel benutzen, Holzdübel an großen Modellen nach Vereinbarung. Nachsacken der Dübel darf nicht eintreten.

Modelle mit einem dreimaligen Lackanstrich versehen.

Die Anfertigung einzelner Modellteile aus Metall sowie die Ausstattung der Modelle mit Formeisen unterliegt besonderer Vereinbarung.

Für die Kernkastenanfertigung gelten die für die Modelle gegebenen Richtlinien. Verstärkung von Kernkastenflächen mit Blech, Herstellung einzelner Teile aus Metall, Ersatz von Kernkasten durch Ziehbretter und Anfertigung von Kernkasten mit auswechselbaren Teilen nur nach besonderer Vereinbarung. Ist ein Zusammenhalten kleiner Kernkasten mit Zwingen nicht mehr möglich, so sind Verschlüsse vorzusehen. Kernkastenwände und -hälften gegen Verziehen sichern. Sicherung der Kernkastenwände unter-

Tab. 2 (Fortsetzung).

einander möglichst ohne Dübel vornehmen. Weitergehende Beanspruchungen durch entsprechendes Ineinandergreifen der Holzteile unwirksam machen.

Einschlagdübel nur bei kleinen Kernkasten, sonst Plattendübel. Innenanstrich der Kernkasten wie bei Modellen und einmaliger Außenanstrich.

Güteklasse II.

a) Modelle und Kernkasten. Sie umfaßt Holzmodelle, Kernkasten und Ziehbretter für die Handformerei zum oftmaligen Gebrauch und zur Herstellung von Abgüssen, deren Maßhaltigkeit und sonstige Beschaffenheit keinen Anlaß zu Beanstandung geben sollen.

Aufbau und Ausführung. Wie in Güteklasse I angegeben, aber mit folgenden Abweichungen: Abzählen der zu verleimenden Hölzer und Verstärkung sehr beanspruchter Flächen durch aufgeleimtes Hartholz erfolgt nicht. Ersatz loser Modellteile durch Unterlegen von Kernen nur, wo unbedingt notwendig. Hohlkehlen nur bis 15 mm Halbmesser aus Kitt ziehen, darüber hinaus wie unter Güteklasse I angegeben.

Verwendung von Drahtstiften und Kaltleim zulässig. In der Anwendung starker Holzdübel ist ein größerer Spielraum gelassen.

Anfertigung von Kernkasten mit auswechselbaren Teilen zulässig, wenn sie nicht zu einer Unübersichtlichkeit in der Beschriftung und zu Störungen bei der Kernherstellung führt.

Anfertigung zylindrischer Kerne erfolgt vorwiegend nach Ziehbrettern. Lackanstrich wie bei Güteklasse I.

b) Ziehbretter (Schablonen) und zugehörige Modellteile. Rahmen und Rahmenezubehör zur Führung der Ziehbretter nicht unter 20 mm Dicke und 120 mm Breite. Als Rahmenverbindung kommen Schlitzzapfen in Betracht. Verstärkungsleisten anbringen. Handziehbretter nicht unter 15 mm, einfache Spindelziehbretter nicht unter 25 mm Dicke, außerdem Verbreiterung zum Befestigen der Spindellasche. Spindelziehbretter für größere Tiefen rahmenartig ausbilden und mehr als eine Spindellasche vorsehen. Scharf und weit vorspringende Formteile aus dickem Blech verschiebbar ausführen. Schneidkanten aller Ziehbretter mit Bandstahl benageln. Kernziehbretter nicht unter 20 mm Dicke und 200 mm Breite, für Auflage einseitig je 100 mm zugeben.

Rahmen und Ziehbretter aus Kiefernholz. Kaltleim zulässig. Schneid- und Gleitkanten wie Modelle überstreichen. Aufrißlinien mit farblosem Lack.

Güteklasse III.

Sie umfaßt Holzmodelle, Kernkasten, Skelettmodelle und Ziehbretter für Handformerei, die meist nur einmal gebraucht werden; ferner für die Herstellung von Abgüssen, deren Maßhaltigkeit gewährleistet werden muß, während geringe Abweichungen an den zu bearbeitenden Flächen und geringe Unterschiede in den einzelnen Wanddicken keinen Anlaß zu Beanstandungen geben.

Für den Aufbau, die Ausführung und die zu verwendenden Baustoffe bestehen keine besonderen Vorschriften. Benageln der Schneidkanten an den Ziehbrettern mit Blech erfolgt nicht. Einmaliger Lackanstrich, wenn nicht anderes vereinbart.

6. Dezember 1928. „Gina“ Fachnormenausschuß für Gießereiwesen.

stellt. Jedes Modell ist an sich korrekt ausgeführt, worauf ausdrücklich hingewiesen sei. Ausführung 1: Geteiltes, gut verleimtes Modell mit vollständigem Kernkasten dazu. Die Flanschen sind mit angedrehten Hohlkehlen eingesetzt, Metalldübel, Metallverschlüsse des Kernkastens und Aushebeeisen in bester Ausführung. Das Modell kann auch auf Formmaschine Verwendung finden und hält eine große Anzahl Abgüsse aus. Der Preis des Materials beträgt 12,10 RM., die Arbeitszeit 36 Stunden. Ausführung 2: Geteiltes Modell mit halbem Kernkasten, Flanschen aus Scheiben gedreht und stumpf angesetzt, Einschlagdübel, die Haltbarkeit ist bereits bedeutend geringer. Werkstoffkosten 8 RM. bei 24 Arbeitsstunden. Ausführung 3: Modell aus einem Stück, nur die Flanschen geteilt und mit Stiftdübeln gedübelt, Kitthohlkehlen, für den Kern zwei Schablonenbretter. Werkstoffkosten 3,70 RM., Arbeitszeit 12 Stunden. Die 4. Ausführung endlich besteht nur aus einem Rippenmodell, Flanschen mit Stiften gedübelt, für den Kern zwei Ziehbretter.



Abb. 21. Formen einer Schiffsschraube in Lehm I.

Hier muß der Former den Raum zwischen den Rippen mit Sand füllen und abpolieren. Werkstoffkosten 2 RM. und 6 Arbeitsstunden.

Als Beispiel für die Schablonenformerei diene das Formen einer Schiffsschraube. Dieses Beispiel ist deshalb gewählt, weil man Schiffsschrauben überhaupt nur mit Ziehbrettern formen kann, abgesehen davon, daß man von einer mit Ziehbrett geformten Schraube wiederum Abgüsse herstellen kann. Ein genaues Holzmodell kann von einem solchen Körper jedenfalls nicht gebaut werden. Abb. 21 zeigt die schrägen Flächen und an der Spindel das dazu gehörige Ziehbrett *A*. Ziehbrett *B* dient zum Ausdrehen der Nabe. Um nun die richtige Steigung des Propellers zu bekommen, setzt man auf die glatt gezogene Fläche das sogenannte Steigungsblech *C* und zieht *A* auf diesem Steigungsblech hoch. Dazu muß natürlich das Ziehbrett auch mit seinem Arm an der Spindel herauf und herunter gleiten können. Man hat zu diesem Zwecke an der Spitze der Spindel eine Rolle, auf dem Bilde nicht zu sehen, über die ein am Ziehbrettarm befestigtes Drahtseil läuft, das am anderen Ende in dem Gewicht des Zieh-

bretts entsprechendes Gegengewicht trägt. Auf diese Weise läuft das Ziehbrett spielend leicht herauf und herunter. Das Ziehbrett hat in bestimmten Abständen Einkerbungen, wie es auf dem Bilde zu

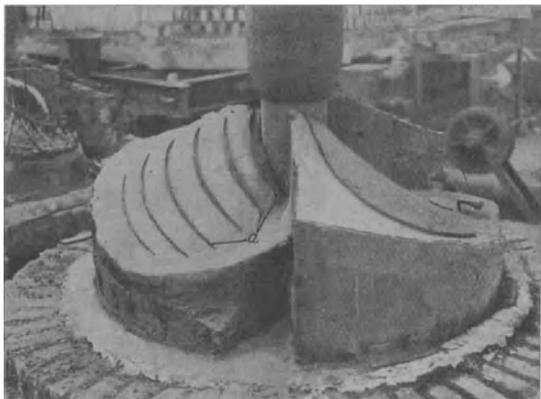


Abb. 22. Formen einer Schiffsschraube in Lehm II.

sehen ist, und diese bilden auf der Fläche Linien. Abb. 22 zeigt dann den Zweck dieser Linien, sie bezeichnen die Stellen, wo die einzelnen Querschnittsbleche „a“ aufzusetzen sind. Die Form der Querschnittsbleche sowie ihre Entfernung vom Mittelpunkt ebenso wie das Steigungsblech müssen auf der

Zeichnung genau angegeben sein. Der Raum zwischen den Steigungsblechen wird dann vom Former mit Sand ausgefüllt und abpoliert, wie Abb. 21 rechts zeigt. In die Nabe wird ein aus Lehm gedrehtes Kaliber eingesetzt und alles mit Holz-

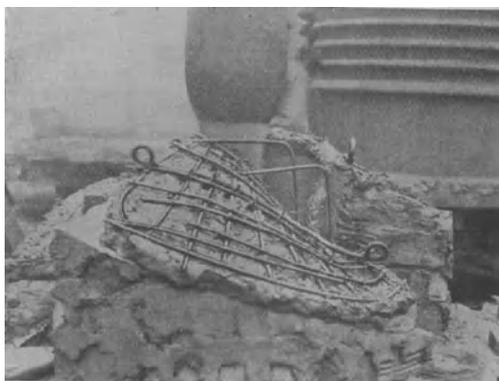


Abb. 23. Formen einer Schiffsschraube in Lehm III.

asche bestreut, um ein Ankleben der nun herzustellenden Deckel zu vermeiden. Abb. 23 zeigt die Herstellung des Deckels. Er besteht einfach aus einer aufgedrückten Lehm-schicht, die durch Einlegen von Kerneisen widerstandsfähig gemacht wird. Nach dem Trocknen werden die Deckel abgehoben, gewaschen und geschwärzt,

der Sand und die Steigungsbleche entfernt, desgleichen das Kaliber, auch diese Flächen natürlich gewaschen und geschwärzt, Läufe für Einguß „a“ sowie Probestäbe „b“ angeschnitten, Kern eingelegt und die Deckel wieder aufgelegt, wie es Abb. 24 zeigt. Um den Deckel genau hinzuzubekommen, markiert sich der Former die Lage

durch Zeichnen Abb. 24c. Dann wird die Form eingestampft und abgossen.

Diese Ausführung kommt in der Hauptsache für größere Modelle in Frage, wenn es sich darum handelt, schnell ein Stück abzugießen, sonst sollte sie nicht vorkommen. Ferner zeigen die folgenden Abbildungen Modelle eines Kastens in dreifacher Ausführung. Die einfachste Ausführung, das Naturmodell (Abbild. 25, 26), dürfte nur wenige Abgüsse aushalten, dafür ist es billig, es bedarf zur Herstellung 14 Arbeitsstunden

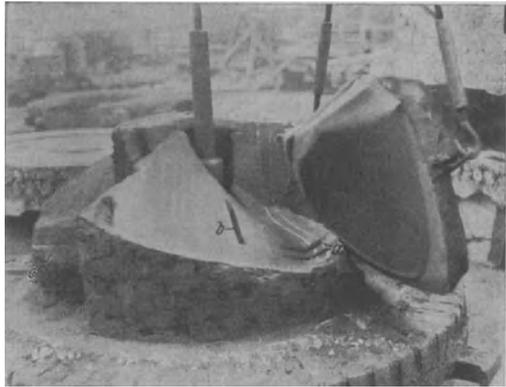


Abb. 24. Formen einer Schiffsschraube in Lehm IV.

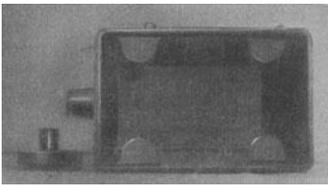


Abb. 25. Naturmodell, Innenseite.

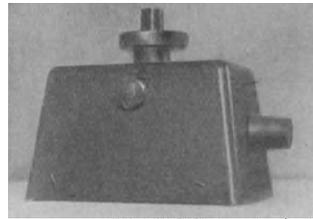


Abb. 26. Naturmodell, Außenseite.

und für 2,10 RM. Werkstoff. Dafür muß es im dreiteiligen Kasten geformt werden und die kleinen Nocken werden eingezogen; es besteht Gefahr des Verstämpfens der Nocken. Die zweite Ausführung (Abb. 27) kostet bereits 8 RM. an Werkstoff, 32 Arbeitsstunden. Der Modellkörper ist verleimt, Nocken

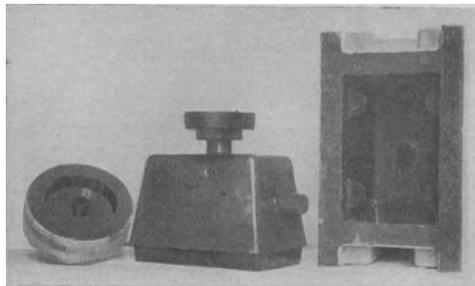


Abb. 27. Modell Klasse II.

und Warze mit Holzschwalbenschwänzen, nicht bloß ein Drahtstift wie bei der ersten Ausführung. Flansch am Boden mit Kerndeckel, obere Kernmarke aus einem Stück mit Einschlagdübeln. Kernkasten

für den Hohlraum sind aus Kiefernholz und mit Schrauben zusammengehalten. Hohlkehlen sind durch schwarze Lackstreifen markiert. Nach diesem Modell läßt sich bereits eine größere Anzahl Abgüsse herstellen. Die dritte Ausführung (Abb. 28) ist die beste und dauerhafteste. Vor allem ist eine solche Art der Ausführung auch als Formmaschinen-

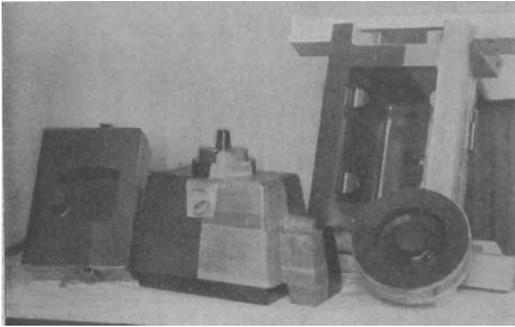


Abb. 28. Modell Klasse I.

modell zu benutzen. Der Hauptkörper ist abgesperrt verleimt mit Hartholzkanten, ebenso die Kernmarken, allenthalben sind Aushebeeisen angebracht; lose Teile sind aus Metall, Kernkasten mit Metallkeilverschlüssen, Kettchen daran, damit der Keil nicht verloren geht, Holzhohlkehlen, so daß der Kernmacher

nicht erst daran herumputzen muß. Diese Ausführung ist das Vollkommenste, was wohl auf diesem Gebiet geleistet werden kann, allerdings auch sehr teuer. Werkstoff 13 RM. und 58 Arbeitsstunden. Aus diesen Beispielen ist zu sehen, wie ungünstig es sein kann, dem Einkäufer die Modellbestellung vollständig zu überlassen, der dann einfach nach Preisvergleich das Billigste bestellt. Es ist daher in solchen Fällen zum mindesten zweckmäßig, bei der Bestellung oder gleich bei der Anfrage nähere Angaben über Art und Verwendung des Modells zu machen.

Die Formmaschine als Grundlage der Mechanisierung des Gießereibetriebes.

Von U. Lohse.

Es ist eine bekannte Tatsache, daß die deutsche Industrie auf dem Weltmarkt z. Z. leider wenig konkurrenzfähig ist. Die Gründe dafür sind sehr verschiedener Art. Es sind teils solche, auf deren Beseitigung wir selbst nur wenig oder keinen Einfluß haben, auf sie soll hier nicht eingegangen werden, teils aber solche, die in den Gestehungskosten unserer Industrieerzeugnisse zu suchen sind. Dieselben sind höher als die unserer Konkurrenz und deren Verringerung liegt durchaus im Bereiche des Möglichen. Die Löhne werden sich in Zukunft eher in aufsteigender Linie als in absteigender bewegen, schon weil die Teuerung nicht lokal sondern als eine Folge des Weltkriegs bei allen Ländern eingetreten ist, das Existenzminimum überall also größer ist als vor dem Kriege. Auch das Rohmaterial hat hinsichtlich seiner Preisgestaltung eine steigende Richtung. Aus diesen Gründen ist es nur möglich, durch Erhöhung der Arbeitsintensität eines Industrieunternehmens die Selbstkosten seines Erzeugnisses herabzumindern. Eine solche ist nun durch Mechanisierung der Arbeitsgänge zu erreichen, denn sie erhöht die Leistung des einzelnen Arbeiters, da sie ihm die Ausführung schwieriger und ermüdender Handgriffe abnimmt, ferner bringt sie eine Steigerung der Erzeugungsziffer, bezogen auf die Einheit der Werksgrundfläche und nicht zuletzt führt sie durch die Verringerung der Ausschußziffern usw. zu Werkstoffersparnissen.

Zugleich ergibt sich aus dieser Tatsache die Notwendigkeit, in erster Linie die Betriebe zu mechanisieren, die den größten Lohnanteil zum Fertigerzeugnis stellen, und das sind die Gießereien. Denn die Erzeugnisse der Maschinenindustrie bestehen zu 75% aus Gußeisen und die Formerlöbne sind, da der Nachwuchs schon seit Jahren nicht ausreicht, hoch.

Demnach ist die maschinelle Herstellung der Gußformen das Hauptmittel zur Verbilligung der Gießereierzeugnisse, weil sie die Verwendung un- bzw. angelernter Arbeitskräfte an Stelle der teuren gelernten Former ermöglicht und zu einer erheblichen Verringerung der Ausschußziffer führt. Allein zum Anfertigen eines Gußstücks gehört außer der Herstellung seiner Form mit Hilfe eines Modells auch die Auf-

bereitung der Formstoffe, das Ausgießen der fertigen Form und das Putzen des erkalteten Gußstücks. Für alle diese Arbeiten stehen bereits betriebserprobte Maschinen zur Verfügung. Bringt man sie durch geeignete Transporteinrichtungen miteinander in Verbindung, wie es in den Vereinigten Staaten schon lange in manchen Sondergießereien geschehen ist (Ford, Cadillac, Lima Lokomotive Works, Harvester Co. u. a.) so entsteht ein ununterbrochener Erzeugungsprozeß der Gußerzeugnisse, den man füglich auch mit Fließarbeit bezeichnen könnte.

Bei uns wird man sich aber wohl zunächst noch im allgemeinen mit einer Teilmechanisierung der Formherstellung selbst begnügen müssen, weil die Kundschaft in Deutschland für Abnahme der zur Vollmechanisierung erforderlichen Massenfabrikate noch nicht reif ist; nur wenige große Werke haben auf Grund ihrer Massenfertigung auch bei uns ihre Gießereien auf Fließarbeit umstellen können.

A. Einteilung der Formmaschinen.

Um zu erkennen, in welcher Richtung der Bau einer Maschine zu erfolgen hat, die mittels Modell eine Sandform erzeugt, wird man sich die Arbeitsgänge der Handformerei zunächst einmal analysieren müssen. Es werden mit wenig Ausnahmen bei der Maschinenformerei zweiseitige Modelle benutzt und dementsprechend zweiseitige Formkästen. Demnach spielen sich bei einer entsprechenden Handform folgende Haupt-Arbeitsvorgänge ab:

1. Auflegen einer Modellhälfte mit der Schnittebene auf das Formbrett.
2. Aufsetzen des Unterkastens.
3. Aufsieben von Modell- und Einfüllen von Füllsand.
4. Umstampfen des Modells mit Sand.
5. Wenden des Kastens mit dem Brett um 180°, so daß die Schnittfläche des Modells nach oben kommt.
6. Aufsetzen der zweiten Modellhälfte auf die bereits vom Sand umstampfte. Aufstreuen einer Trennungsschicht.
7. Aufsetzen des Oberkastens und der Modelle für Einguß und Steiger.
8. Aufsieben von Modell- und Einfüllen von Füllsand.
9. Umstampfen des Oberkastenmodells mit Sand.
10. Abheben des Oberkastens und Ablegen desselben mit dem Rücken auf ein Formbrett.
11. Ausziehen der Modellhälften aus Unter- und Oberkasten.
12. Nach evtl. Einlegen der Kerne Schließen der Form durch Aufsetzen der Oberkastenform auf die Unterkastenform.

Besondere Schwierigkeiten bietet dem Former das Herausziehen

der Modelle aus der gestampften Form (11). Dies ist um so schwieriger, je höher und steilwandiger die Modelle sind. Es gelingt selbst dem geübtesten Former nur sehr selten, ein hohes Modell aus dem Sande zu bekommen, ohne die Form zu beschädigen. Die Folge davon ist die Notwendigkeit, die Form zu flicken, was lästig und zeitraubend ist, auch die genaue Wiedergabe des Modells beeinträchtigt. Beim Herausziehen lockert man gleichzeitig durch leichte Schläge gegen den Modellausheber das Modell etwas im Sande, worin ein weiteres Moment der Ungenauigkeit liegt. Leichter geht das Ausheben schon, wenn man das Modell auf dem Formbrett befestigt, weil man das Brett besser anfassen und führen kann als eine Modellhälfte. Das lohnt sich aber nicht, wenn es sich nur um wenige Formen gleicher Art handelt, sondern erst dann, wenn viele gleiche Gußstücke verlangt werden, wie es bei der Massenherstellung heute sehr häufig der Fall ist. Die erste Massenfabrikation im gewissen Sinne war die Herstellung gußeiserner Stubenöfen, bei denen namentlich die Formen für die Türen und Türenrahmen Schwierigkeiten bereiteten. In Rothehütte im Harz soll 1827 der damalige Oberfaktor Frankenfeld, um die Herstellung solcher Formen zu vereinfachen, als erster die Modelle mit der Formplatte verbunden haben, so gilt er als Erfinder der Modellplatte, des Werkzeugs der heutigen Formmaschine.

Die Modellplatte bietet also die Gewähr für ein sicheres Ausheben, besonders wenn man an ihr einen sog. Vibrator befestigt, einen kleinen pneumatischen oder elektrischen Hammer, der das Lockern der Modelle im Sande besorgt.

Körperlich anstrengend ist das Aufstampfen des Sandes um die Modelle (4 und 9). Auch bedarf es großer Erfahrung, wenn die Form sachgemäß aufgestampft sein soll. Sie muß wegen der Gasabfuhr an der Modellseite fest, nach dem Rücken der Form zu lockerer gestampft werden. Es lag daher nahe, daß man bald auch das Verdichten des Sandes maschinell zu bewirken versuchte. Weiter ermüdend, besonders bei größeren Formen, ist das Einfüllen des Sandes in die auf der Modellplatte stehenden Formkästen (3 und 8).

Die Formmaschine stellt nun die Vereinigung einer Modellplatte mit mechanischer Sandverdichtung und zwangläufiger Trennung des Modells vom verdichteten Sand dar, die, sobald größere Sandmengen zu bewältigen sind, zweckmäßig mit mechanischer Füllvorrichtung versehen ist.

Das Ausheben des Modells (Abb. 1—6) erfolgt dabei je nach der Art der einzuformenden Modelle nach dem

1. Abhebeverfahren,
2. Wendeplattenverfahren,
3. Durchzugverfahren.

Und zwar wird das Abhebeverfahren für niedrigere Modelle, die leicht aus dem Sande gehen, benutzt, das Wendepplattenverfahren kommt für solche Modelle in Frage, die große Sandballen aufweisen, also hängend geformt und stehend abgehoben werden müssen, und schließlich arbeitet man nach dem Durchzugverfahren, wenn man steilwandige Modelle ohne oder mit nur wenig Anzug einzuformen hat.

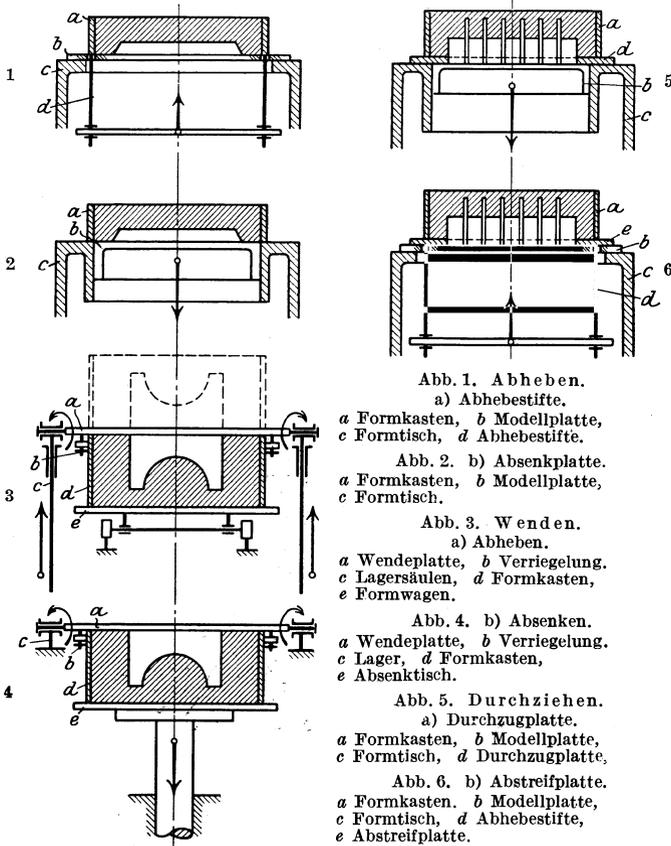


Abb. 1 bis 6. Die verschiedenen Verfahren zum Trennen von Modell und Form.

Die Arbeitsweisen der einzelnen Verfahren sind folgende:

1. Abhebeverfahren (Abb. 1): Man befestigt die Modellplatte auf dem Maschinentisch und stellt den Formkasten darauf, in dem der Sand eingefüllt und verdichtet wird. Vier Abhebestifte sitzen in einer Abhebeplatte, die durch einen Mechanismus mittels Handhebels oder eines Kolbens hydraulisch bzw. pneumatisch senkrecht nach oben bewegt werden kann. Dabei stoßen zunächst die Stifte gegen den unteren

Rand des Formkastens und heben ihn beim weiteren Hochgehen von der Modellplatte ab.

Bei größeren Formen werden die zu hebenden Gewichte zu groß. Man geht dann besser zum Absenkverfahren über (Abb. 2), d. h. man läßt den Formkasten auf dem Formtisch liegen und senkt die Modellplatte nach unten ab.

2. Wendepplattenverfahren (Abb. 3): Die in seitlichen Zapfen auf senkrecht beweglichen Säulen gelagerte Wendepplatte wird zunächst mit der Modellseite nach oben gebracht (gestrichelt). Dann wird der Formkasten aufgesetzt und mit der Platte verriegelt. Nach dem Aufstampfen wird die Platte gehoben, um 180° gewendet und abgesenkt, bis der Formkastenrücken auf dem Formwagen ruht. Nach Entriegeln von Kasten und Platte erfolgt erneutes Anheben der letzteren, wodurch die Trennung von Modell und Form erfolgt.

Handelt es sich um kleinere Modelle, so kann man auch beide Seiten der Wendepplatte mit Modellen belegen und abwechselnd Unter- und Oberkästen mit derselben Platte formen. Auch hier kann natürlich statt des Aushebens auch ein Absenken erfolgen (Abb. 4). Die Wendepplattenlager sind dann fest, während der Formwagen gehoben und gesenkt werden kann.

3. Durchzugverfahren (Abb. 5): Auf der absenkbaren Modellplatte liegt eine zweite Platte, die sog. Durchzugplatte. Sie besitzt in der Mitte eine Öffnung, deren Rand genau den Umrissen der Trennungsfäche der Modellhälften folgend ausgearbeitet ist. Auf die Durchzugplatte, die auf dem Formtisch befestigt ist, stellt man den Formkasten und stampt ihn auf. Hierauf senkt man die Modellplatte ab und zieht dadurch die Modelle durch die Durchzugplatte nach unten hindurch. Die Sandränder der Form stützen sich dabei auf die Durchzugplatte, so daß es gelingt,

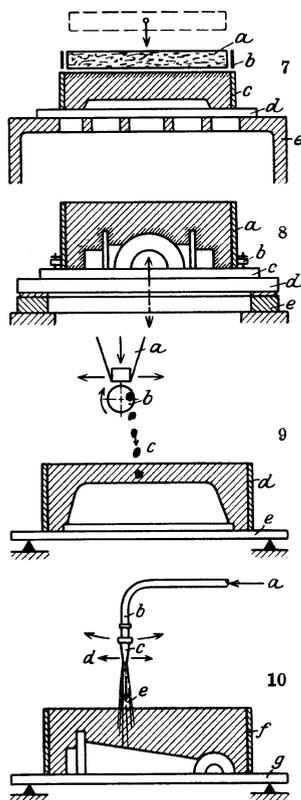


Abb. 7 bis 10. Arten der mechanischen Sandverdichtung.

Abb. 7. Pressen.

a Preßplatte, b Sandfüllrahmen, c Formkasten, d Modellplatte, e Formtisch.

Abb. 8. Rütteln.

a Formkasten, b Verriegelung, c Modellplatte, d Rütteltisch, e Stoßfläche.

Abb. 9. Schleudern.

a) mechanisch.

a Sandvorrat, b Schleuderkopf mit Becher, c Sandballen, d Formkasten, e Modellplatte.

Abb. 10. b) pneumatisch.

a Sand mit Preßluft, b Gummischlauch, c Bewegliche Schleuderdüse, d Luft, e Sand, f Formkasten, g Modellplatte.

selbst schmale und steilwandige Modelle ohne Beschädigung der Form ausziehen.

Umgekehrt kann man auch die Durchzugplatte lose auf die mit dem Formtisch verbundene Modellplatte legen und die verdichtete Form mit Abhebestiften, die unter die lose Platte stoßen, nach oben von dem Modell abstreifen. Die dabei verwendeten Platten heißen Abstreifplatten (Abb. 6).

4. Vereinigung mehrerer Verfahren: Bisweilen ist es zweckmäßig, zwei der unter 1. bis 3. angedeuteten Verfahren gleichzeitig anzuwenden. Bei Modellen, deren Hauptkörper zwar leicht aus dem Sande geht, die aber Rippen oder Ränder besitzen, die hoch und steilwandig sind wie Rippenheizkörper, Fahrradmotorzylinder, Riemscheiben, Zahnräder u. a. In solchen Fällen bringt man diese schwer aus dem Sande zu entfernenden Teile nach dem Durchzugverfahren aus der Form und hebt diese hierauf nach dem Abhebeverfahren vom Hauptmodell ab. Auch das Wendeplattenverfahren läßt sich mit dem Durchzugverfahren vereinigen.

Die Genauigkeit und Sicherheit des Trennens von Modell und Form verlangt lange und kräftige Führung der betreffenden Teile. Für die Handaushebung benutzt man Zahnstangentriebe, Kulissen, Exzenter, Kurbeltriebe, Kurbelschleifen usw., während maschinelles Ausheben mittels Wasser- oder Luftdruckkolben erfolgt.

Zum Ausgleich der zu hebenden Gewichte werden Gegengewichte oder Entlastungsfedern eingebaut.

Die Verfahren zum Verdichten des Sandes sind in ihren verschiedenen Methoden in Abb. 7—10 schematisch zusammengestellt.

Die mechanische Sandverdichtung erfolgt auf 3 grundsätzlich verschiedenen Wegen, und zwar durch:

1. Pressen,
2. Rütteln,
3. Schleudern.

B. Pressen.

Das Pressen (Abb. 7) kommt nur für die Formen in Frage, die verhältnismäßig niedrige Modelle benutzen. Beim Pressen wird nämlich der Formrücken, auf den sich die Preßplatte anlegt, am stärksten gepreßt, während die Schicht am Modell am wenigsten stark verdichtet wird, also ist die Sanddichte gerade umgekehrt als sie es sein soll. Bei geringerer Höhe macht das zwar wenig aus, wohl aber ist die Entgasung gepreßter Formen dann eine schlechte, wenn es sich um höhere Modelle handelt; es sei denn, daß man die Modelle von unten oder oben in den Sand eindrückt, dann erhalten die Formen die größte Sanddichte am Modell.

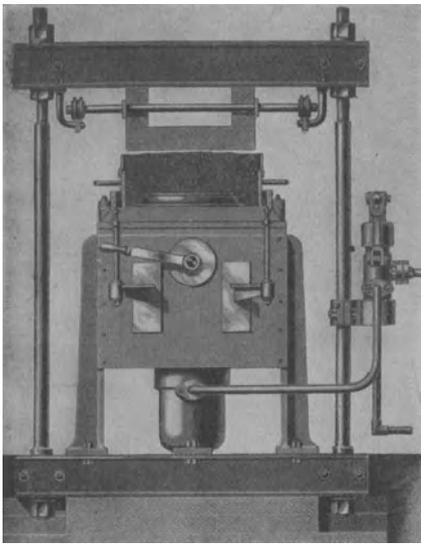


Abb. 11. Hydraulische Stiftenabhebpresse 1895.

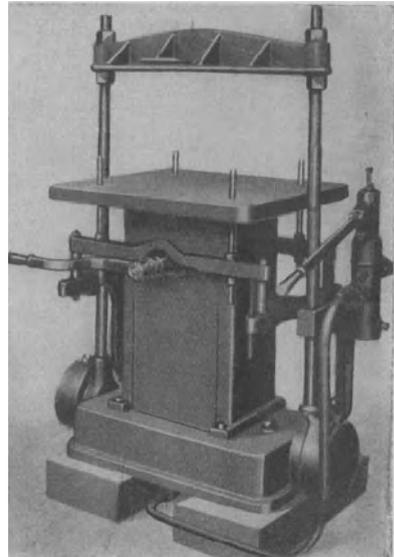


Abb. 12. Hydraulische Stiftenabhebpresse 1907.

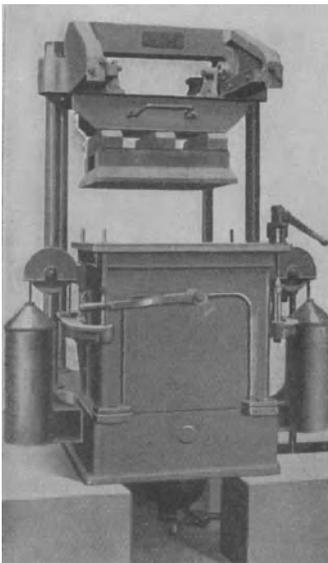


Abb. 13. Hydraulische Stiftenabhebpresse 1909.

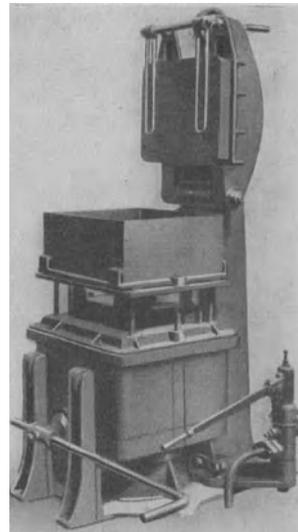


Abb. 14. Hydraulische Stiftenabhebpresse 1924.

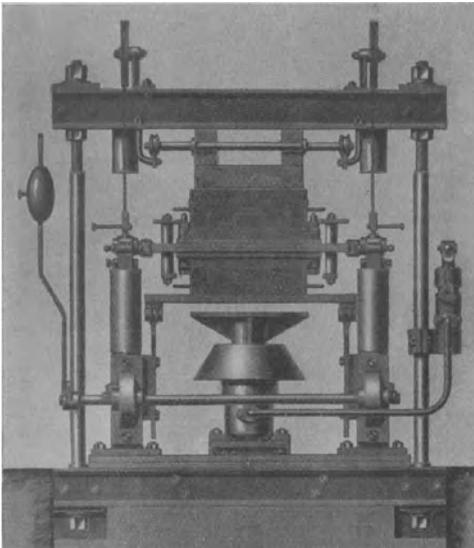


Abb. 15. Hydraulische Wendeplattenabhebpresse 1896.

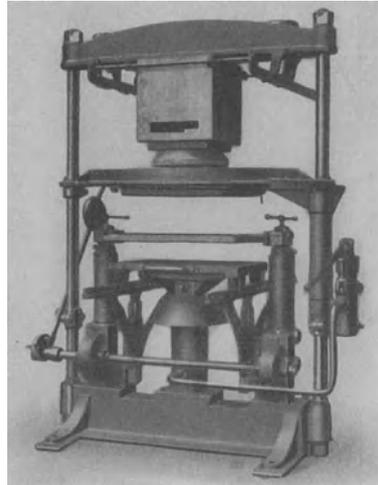


Abb. 16. Hydraulische Wendeplattenabhebpresse 1887.

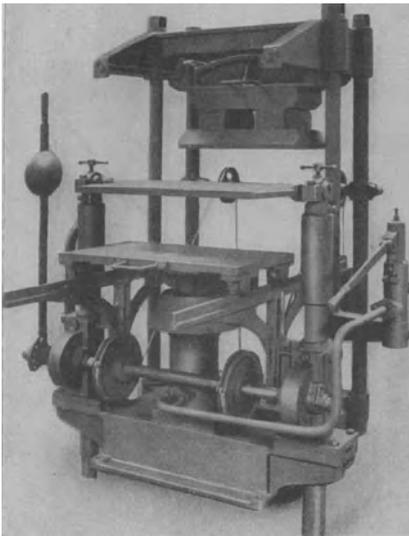


Abb. 17. Hydraulische Wendeplattenabhebpresse 1900.

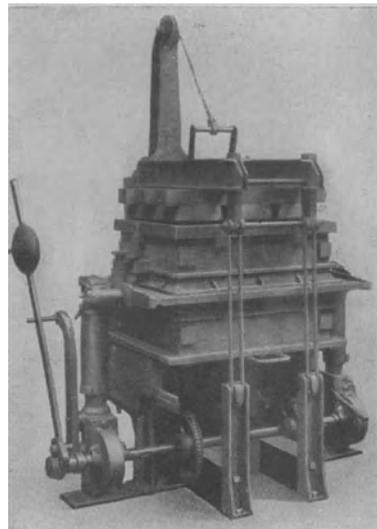


Abb. 18. Hydraulische Wendeplattenabhebpresse 1924.

Als Betriebsmittel für die Formpressen hat sich in Deutschland der Wasserdruck durchgesetzt, mit 50 at für Grauguß-, 100 at für Stahl-

gußformen, während in den Ver. Staaten der Luftdruck von 6 bis 7 at vorherrscht. Der hohe Wasserdruck ergibt kleinere Abmessungen der Preß- und Abhebekolben, erfordert aber neben der Hinleitung des Druckwassers von der Zentralerzeugungsstelle noch eine Rückleitung. Wasserdrukformmaschinen sind daher immer ortsfest. Die Preßluft benötigt dagegen keine Rückleitungen und kann durch Schlauchanschlüsse von einer Hauptleitung aus an die Formmaschine angeschlossen werden, so ist die letztere nicht an ihren Standort gebunden, sondern kann auf Räder gesetzt der fortschreitenden Formarbeit entsprechend durch die Gießerei geschoben werden. Die Schwierigkeiten größerer Zylinderdurchmesser und die Zwischenschaltung von Glycerin oder Öl zwischen Abhebekolben und Druckluft zum sicheren Abheben größerer Formgewichte nimmt man dafür mit in Kauf, zumal in der Gießerei auch sonst noch Druckluft gleicher Spannung für Hebezeuge, Blashähne, Vibratoren und Sandstrahlgebläse Verwendung findet, so daß in der ganzen Anlage nur ein Kraftmittel zentral erzeugt zu werden braucht. Diese Vorzüge veranlaßten in letzter Zeit auch in Deutschland eine zunehmende Verbreitung der Luftdruckformpressen.

Die Bilder Abb. 11—14* und 15—18* zeigen die Entwicklung verschiedener Formpressen im Laufe der letzten 30 Jahre. Man sieht, wie wenig zuerst diese neue Maschine ihrem Wirkungskreise angepaßt war und wie sie erst ganz allmählich ihren charakteristischen Aufbau erhalten hat; in Abb. 11—14 die Maschine mit Stiftenabhebung von Hand, in Abb. 15—18 die Wendepplattenabhebung. Das Bestreben ging dahin, den Raum über dem Formkasten möglichst frei von Konstruktionsteilen zu haben, wenn nicht gepreßt wird, um beim Sandfüllen und Abheben nicht behindert zu sein. Schließlich erreichte man es in einfachster Weise dadurch, daß man den Gegenhalter der Presse nach oben aufklappbar einrichtete.

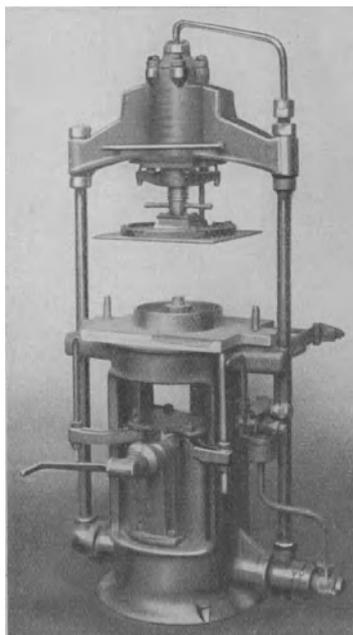


Abb. 19. Hydraulische Abhebestift-Formpresse mit oben liegendem Preßzylinder.

* Bauarten: Vereinigte Schmirgel- & Maschinenfabriken, Hannover-Hainholz.

Man kann auch die Presse selbst in den Holm legen und ihn wie in Abb. 19* bei kleineren Kastengrößen zurücklegbar oder bei größeren Abmessungen nach Abb. 20* ausfahrbar anordnen. Die beiden Abbildungen zeigen gleichzeitig den Aufbau der Stiftenabhebung und der Wendeplattenabhebung bei oben liegender Presse.

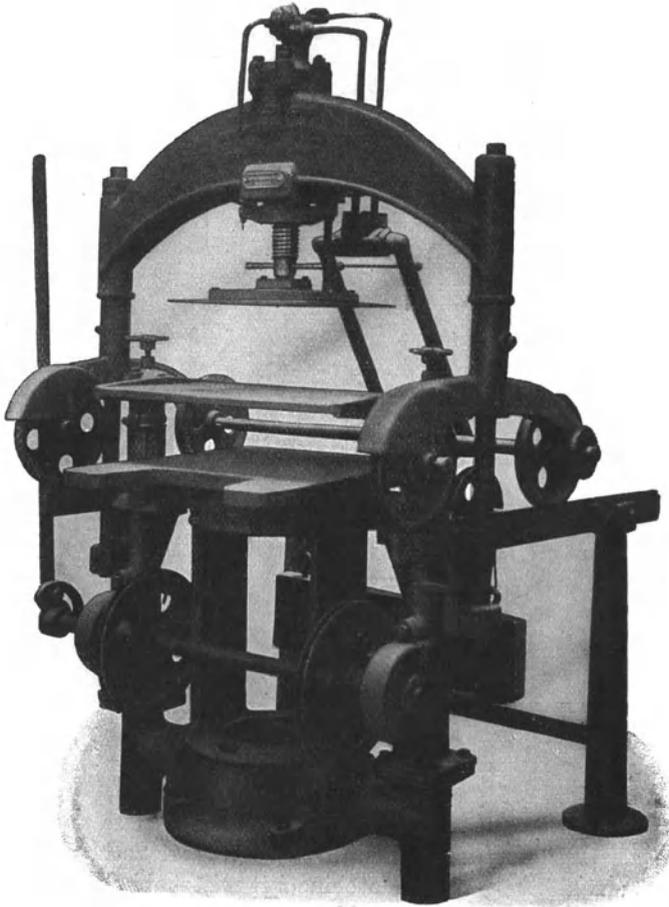


Abb. 20. Hydraulische Wendeplatten-Formpresse mit ausfahbarem Preßzylinder (Badische Maschinenfabrik).

Bis zu welchen Größen man noch um 1910 mit den Wendeplattenformpressen gegangen ist, zeigt Abb. 21, die eine Wendeplatte von $2,2 \cdot 2,2$ m² besitzt und 30000 kg wiegt. Sie diente zur Herstellung der Formen für Lokomotivräder. Heute würde man Formpressen dieser

* Bauarten: Badische Maschinenfabrik, Durlach.

Abmessung nicht mehr bauen. Ein Irrweg war auch die „Berkshire“-Maschine, Abb. 22, eine selbsttätige Exzenterpresse mit automatischer

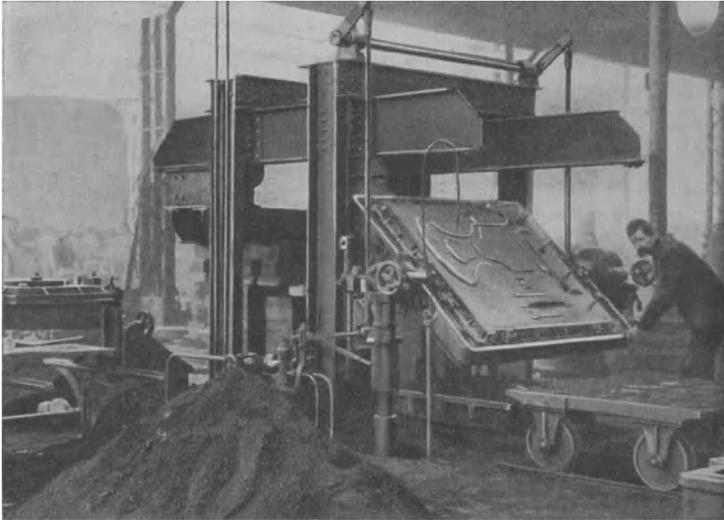


Abb. 21. Große hydraulische Wendeplatten-Formmaschine (Hainholzer Schmirgelfabrik).

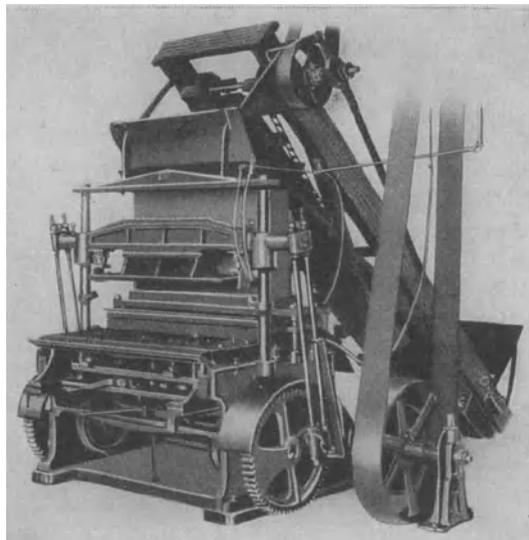


Abb. 22. Berkshire-Maschine.

Sandzuführung durch Becherwerk. Der Former brauchte „nur“ den Formkasten leer aufzusetzen und die ausgehobene fertige Halbform

wieder abzusetzen. Alles andere machte die aus Amerika vor 17 Jahren nach Deutschland gebrachte Maschine. Daß sie mit ihren vielen Zahnrädern, Gelenken und der Einwirkung des Sandes ausgesetzten Teilen ein langes Leben nicht haben konnte, war vorauszusehen. Sie ist auch aus den amerikanischen Gießereien wieder verschwunden.

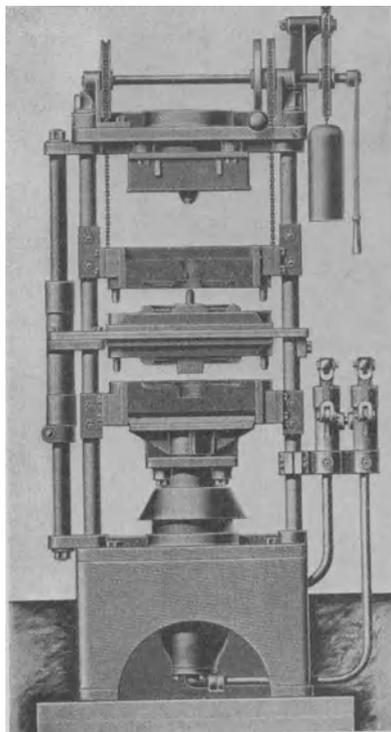


Abb. 23. Hydraulische Form-
presse für Sandblockformen (alte
Ausführung).

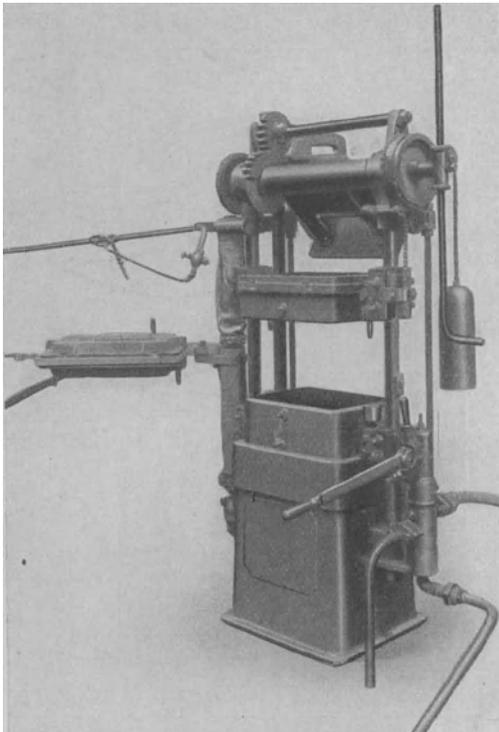


Abb. 24. Hydraulische Formpresse für Sand-
blockformen (neue Ausführung).

Die sog. Leeder-Maschine, 1895 von Hainholz zum erstenmal gebaut, Abb. 23 u. 24, dürfte eine der ersten Kraftformmaschinen Deutschlands überhaupt sein, während die erste Handpreßformmaschine um 1860 von Sebold, der heutigen Badischen Maschinenfabrik in Durlach, gebaut wurde. Um Formkästen zu sparen, wird bei der Leeder-Maschine im Sandblock gegossen. Die Sandblockform preßt man in Formkästen, die auf der Maschine blieben, dann schwenkt man die Formplatte seitlich heraus, zieht die Kästen zusammen und preßt den Sandballen aus ihnen heraus. Auch hier erkennt man wieder das allmähliche Anpassen der Maschinenform an die Verhältnisse ihres Verwendungsgebietes in

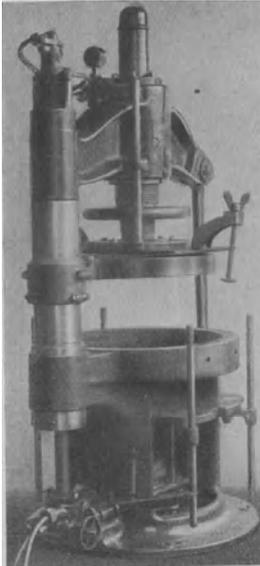


Abb. 25. Hydraulische Form-
presse Bonvillain-Zimmermann.

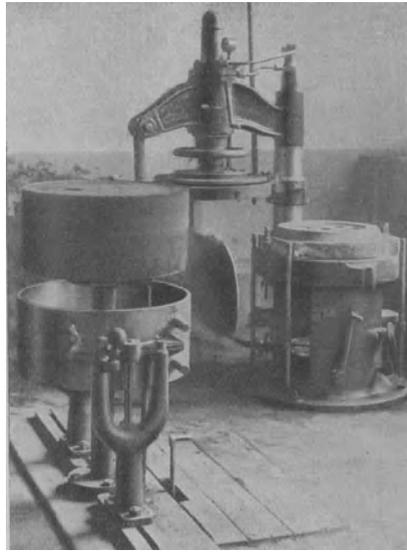


Abb. 26. Bonvillain-Zimmermann-Maschine mit
Sandblockausdrücker.

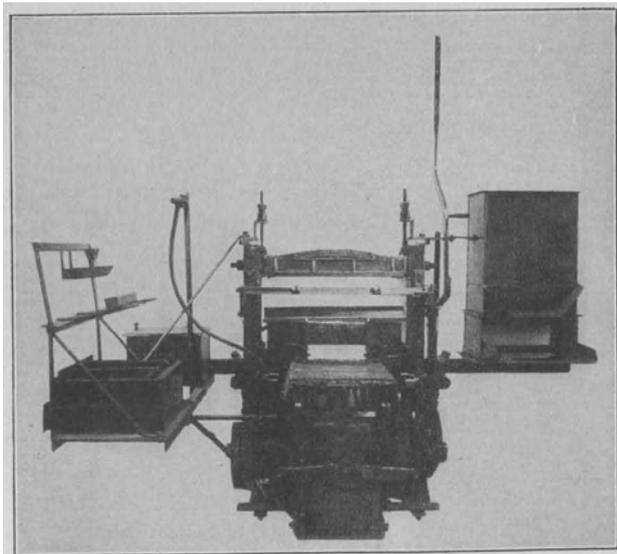


Abb. 27. Handpresse für Sandblockformen (Eberhard).

der neuen Ausführung. Neuerdings benutzt die Firma auch Preßluft zum Betrieb dieser Maschine.

Die Maschine Bonvillain-Zimmermann*, Abb. 25, arbeitet mit zwei Wasserdruckkolben, einem im ausschwenkbaren Querhaupt zum Sandverdichten und einem zweiten im festen Unterteil zum

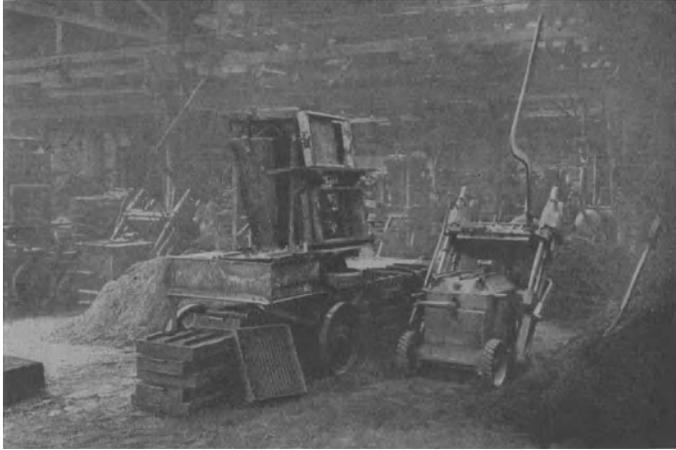


Abb. 28. Handpresse für Sandblockformen (Voß).

Abheben. Bei nicht zu großen Gußgewichten kann man die Sandballen auf einem besonderen Ausdrückapparat neben der Maschine ausdrücken. Abb. 26.

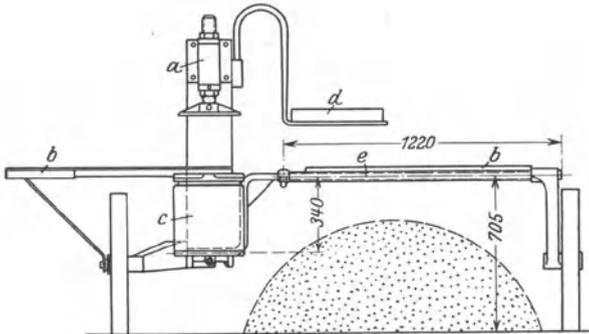


Abb. 29. Fahrbare amerikanische Luftdruck-Formpresse.

Wohl von amerikanischen Formmethoden beeinflusst, geht man seit einigen Jahren auch in Deutschland zum Formen mit Abschlagkästen auf fahrbaren Handpressen** nach Abb. 27 und 28 über. Bei der Eberhardschen Maschine ist die Handpreßvorrichtung hinten und

die Abhebevorrichtung vorn angebracht. Es wird mit doppelseitiger Modellplatte gleichzeitig Unter- und Oberkasten gepreßt, indem die vorbereitete Form unter die Presse nach hinten gefahren wird. Beim

* Bauart: Gustav Zimmermann, Düsseldorf-Rath.

** Bauart: Eberhard, Köln a. Rh., desgl. Voß-Werke, Sarstedt.

Abheben vorn trennen sich beide Kästen von der Modellplatte, werden zusammengesetzt und sobald die richtige Lage beider Formhälften zueinander erreicht ist, werden die Kästen vom Sandballen entfernt und die Sandblockform wird abgesetzt. Über 20 kg Gewicht besitzende Stücke sind bereits in solchen Sandblockformen gegossen worden, was durch Verwendung eines besonderen Formrostes im Unterkasten und eines Rahmenbandes im Oberkasten möglich gemacht ist.

Bei der Voßschen Maschine wird der Preßholm zum Pressen nach vorn über die Abhebevorrichtung geschwenkt. Sonst arbeiten die Maschinen im wesentlichen nach demselben Prinzip. Eberhard hat den Modellsandbehälter, die Wärmeverrichtung für die Modellplatte, Gestell zum Ablegen der Abschlagkästen, Werkzeuge usw. mit seiner Maschine durch angebaute Blechgestelle vereinigt, während Voß es vorzog, diese Hilfsgeräte auf einen besonderen Wagen zu setzen, der neben der Formpresse hergeschoben wird. Eine ähnliche Maschine baut auch die Universalwerkzeug- und Maschinenfabrik Köln-Ehrenfeld.

Zum Vergleich diene eine amerikanische Luftdruck-Sandpresse, Abb. 29. Sie besitzt der Wendigkeit wegen drei Räder (links zwei, rechts eins) mit denen sie über den in langem Haufen aufgeschichteten Sand hinwegfährt. Auch sie arbeitet meist mit doppelseitiger Modellplatte und Abschlagformkästen. Eine neuere deutsche fahrbare Druckluft-Formpresse zeigt Abb. 30. Der Gegen-
druckholm ist zurücklegbar. Das Abheben erfolgt von Hand durch Hochdrehen der Abhebestifte, zum Lockern der Modelle dient ein durch Knieventil betätigter Luftvibrator.



Abb. 30. Fahrbare Druckluft-Formpresse (Bauart Hainholz).

Als letztes Beispiel sei in diesem Zusammenhang noch auf das Umrollverfahren als Ersatz des Wendplattenverfahrens zum Trennen von Modell und verdichteter Form hingewiesen, wie es in amerikanischen Gießereien besonders in Verbindung mit Handstampfung häufig verwendet wird, während bei uns scheinbar im allgemeinen keine Neigung

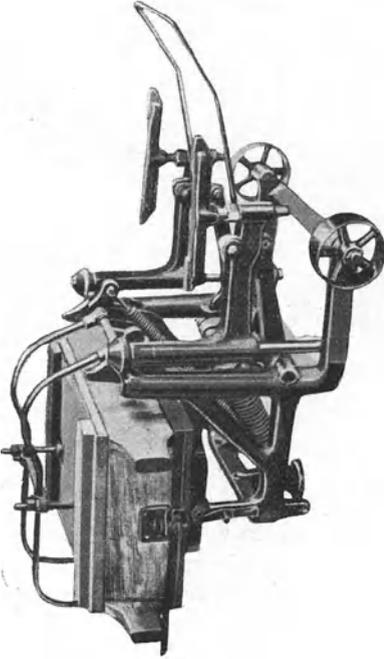


Abb. 31. Kasten aufgestampft und mit Umrollrahmen verklammert.

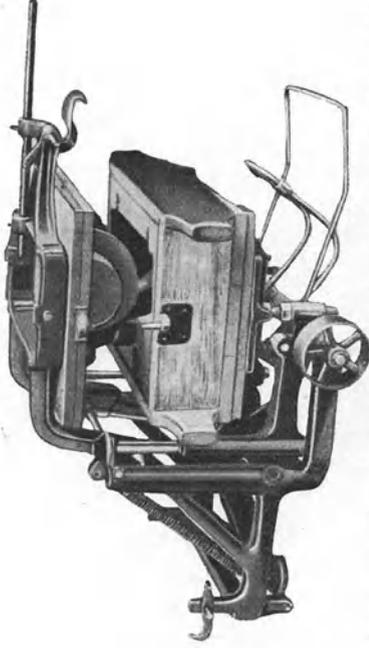


Abb. 33. Verbindung zwischen Kasten und Rahmen gelöst, Form abgegenkt.

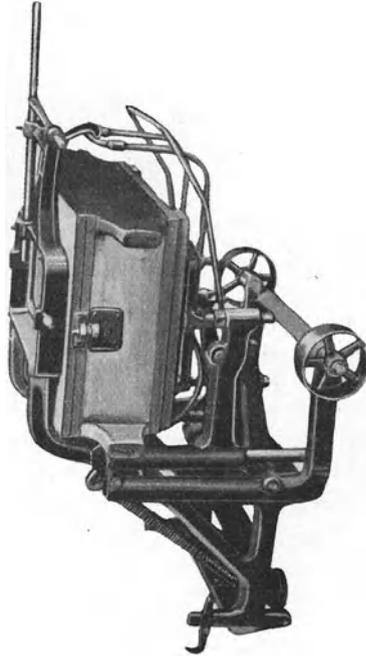


Abb. 32. Kasten umgerollt.

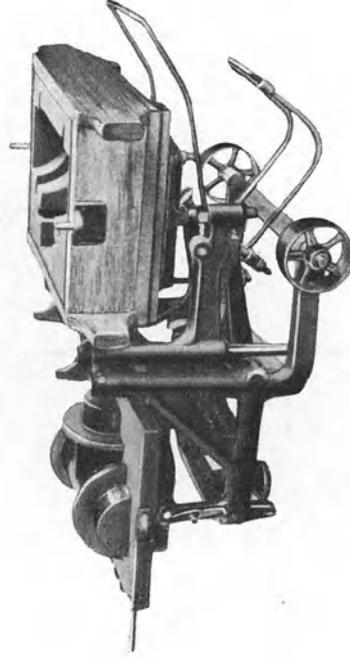


Abb. 34. Modell zurückgerollt, Form zum Absetzen hochgehoben.

Abb. 31 bis 34. Amerikanische Umrollmaschine.

dafür besteht*. Die in Abb. 31—34 eingetragenen Unterschriften reichen wohl aus, um das sehr einfache und billige Umrollverfahren zu erklären.

Die verschiedenen Beispiele dürften die Bedeutung des Pressens als Mittel zum Sandverdichten zwar erwiesen haben, aber auch an der großen Wendformmaschine der Abb. 21 die Grenzen gezeigt haben, die ihm gesteckt sind. Sobald die Kasten so groß werden, daß Schoren eingebaut werden müssen, um den Sand zu halten, eignet sich die Presse zum Sandverdichten auch bei niedrigeren Modellen nicht mehr. Man kann natürlich durch Vorpreßeinrichtungen und besonders gestaltete Preßklötze auch dann noch eine Preßform herstellen, aber sie wird zu teuer.

C. Rütteln.

Es beginnt hier das Arbeitsgebiet des Rüttelverfahrens (Abb. 8). Etwa vor 37 Jahren in Amerika zum ersten Male in Anwendung gebracht, wurde das Verfahren im Jahre 1910 von der Badischen Maschinenfabrik aufgenommen. Alsbald befaßten sich auch andere Sonderfirmen mit dem Bau von Rüttlern, so daß wir heute im Bau dieser Maschinenart einen Vergleich mit Amerika nicht zu scheuen brauchen.

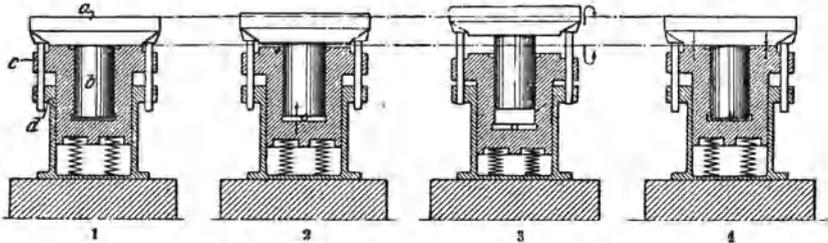


Abb. 35 a. Wirkungsweise des Stoßfang-Rüttlers.

Beim Rütteln wird die auf dem Rütteltisch befestigte Modellplatte, auf der die mit Sand gefüllte Formhälfte steht, durch Druckluft oder auf mechanische Weise (Hebdaumen) einige mm (höchstens etwa 10) angehoben und hierauf frei herunterfallen gelassen, bis sie auf eine feste Unterlage aufstößt. Durch diesen Stoß wird zunächst die Sandschicht um das Modell verdichtet, dann die nächste usw. Es nimmt also, wie es eigentlich sein soll, die Sanddichte von dem Modell nach dem Formrücken zu ab; es wird eine gut gasdurchlässige Form gewonnen. Man hat bereits Rüttler bis zu 25000 kg und mehr Hubgewicht gebaut, auf denen in 10 bis 15 Sekunden eine Form fertig gerüttelt wird. Gewöhnlich muß

* Eine deutsche Umrollmaschine brachte die A. Gutmann A.G. Altona-Ottensen auf den Markt.

aber der Formrücken nachgestampft werden, wenn man nicht mit Aufsatzrahmen arbeitet, bei deren Anwendung man aber Obacht geben muß,

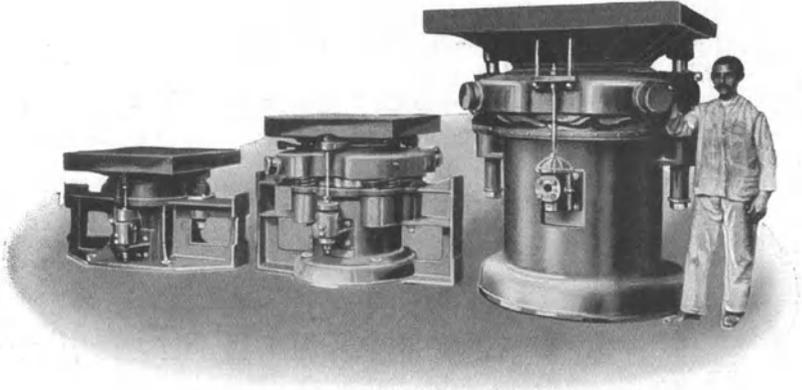


Abb. 35 b. Rüttler mit Stoßfang (Badische Maschinenfabrik).

daß die Form nicht zu fest wird. Die Stöße sind bei größeren Hubgewichten sehr stark und bedeuten eine Gefahr für die Umgebung. Man

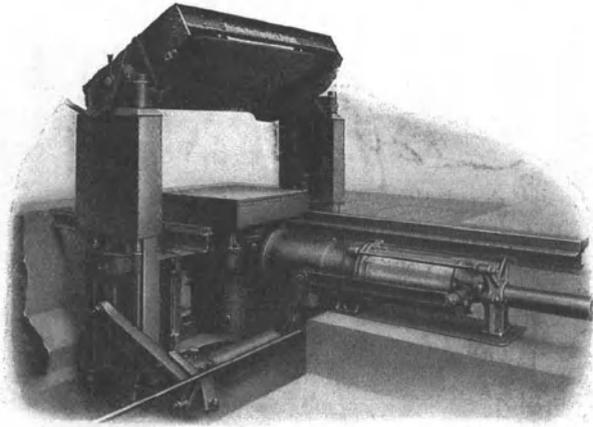


Abb. 36. Wendeplatten-Rüttler (Badische Maschinenfabrik).

wendet daher schon bei mittleren Gewichten von 500 kg ab einen Stoßfang an, durch den der Rüttelstoß in der Maschine selbst vernichtet wird. Wie Abb. 35a in den vier schematischen Schnitten zeigt, ruht bei Beginn (1) der Rütteltisch *a* mit seinem Kolben *b* in dem Amboß *c*. Letzterer wird von Federn im Zylinder *d* schwebend gehalten. Tritt

Luft unter den Kolben *b* (2), so wird er angehoben, gleichzeitig wird der Amboß *c* nach unten gedrückt, so daß die Federn gespannt werden. Es bewegt sich also der Rüttelkolben nach oben und der Amboß nach unten,

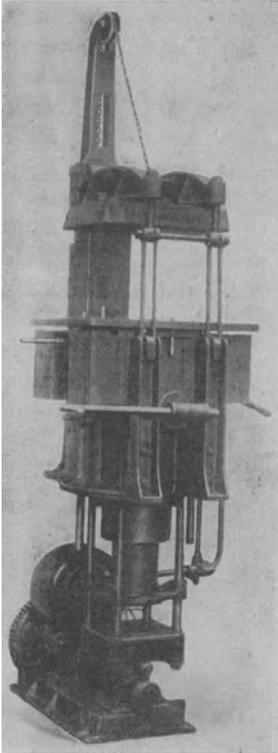


Abb. 37. Preßrüttler (Hainholzer Schmirgelfabrik).

die sich entspannenden Federn den Amboß nach oben schleudern. Beide stoßen in freier Luft zusammen, wobei die Verdichtung des Sandes bei entlasteten Federn erfolgt (4).

Solche Maschinen werden oft als einfache Sandverdichter ohne besondere Abhebevorrichtung gebaut. Abb. 35b. Das Abheben erfolgt dann mittels Krans unter Benutzung langer Führungsstifte für die Formkästen.

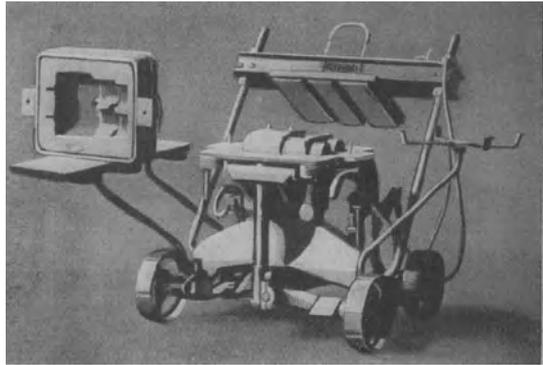


Abb. 38. Amerikanischer Preßrüttler (Bauart Osborn).

bis die Luftzufuhr aufhört und der Luftaustritt frei ist (3). In diesem Augenblick fällt der Modellträger nach unten, während

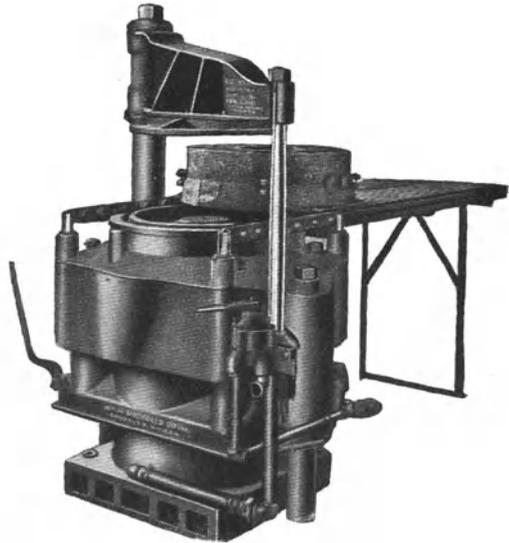


Abb. 39. Amerikanischer Preßrüttler mit Ablauftisch (Bauart Nicholls).

Sie werden aber auch etwa nach Abb. 36 mit Abhebe- und Wendevorrichtung versehen. Auf diesen Maschinen kann die fertige Form sowohl

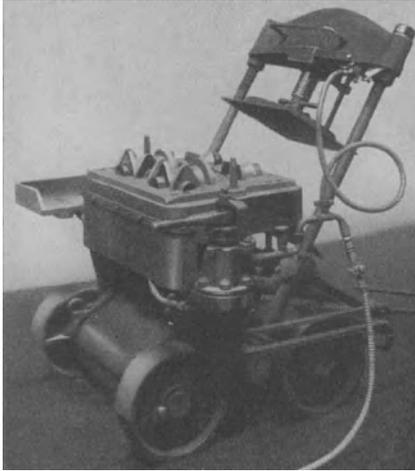


Abb. 40. Deutscher Preßrüttler mit pneumatischer Abhebung durch Stifte (Badische Maschinenfabrik).

gewendet als auch unmittelbar abgehoben oder abgestreift werden, da der durch einen wagerechten Luftdruckzylinder gehobene und gewendete Rahmen durchbrochen ist. Der Wenderahmen ist zentral in seiner Schwerpunktsachse gelagert, wird in Drehzapfen geschwenkt und genau wagerecht gehoben und gesenkt. Während des Rüttelns ist natürlich die Modellplatte nicht mit dem Wenderahmen verbunden, vielmehr ist eine selbsttätige Verriegelung vorhanden, durch welche die Modellplatte nur während des Hochgehens, Wendens und Senkens mit dem Wenderahmen gekuppelt wird.

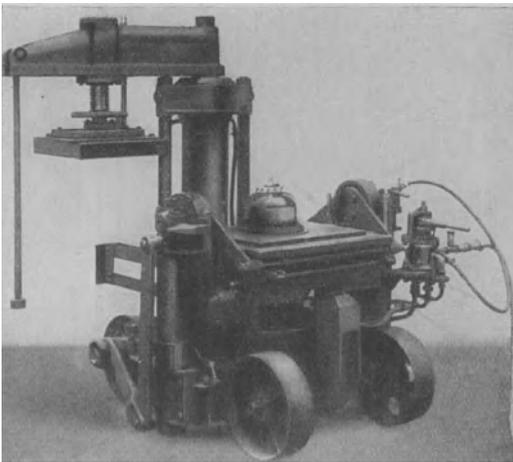


Abb. 41. Deutscher Preßrüttler mit pneumatischer Abhebung durch Wendeplatte (Badische Maschinenfabrik).

Die letzte 4. Gießereifachausstellung 1925 in Düsseldorf zeigte die zunehmende Bedeutung des Rüttelns für die Formarbeit. Kaum eine nennenswerte Sonderfirma war ohne eine neue Rüttlerbauart vertreten.

Es wurde bereits darauf hingewiesen, daß die Rücken der gerüttelten Formen meist nachzustampfen sind. Um das zu vermeiden, ist man dazu übergegangen, Maschi-

nen zu bauen, in denen ein Rüttler mit einer Presse vereinigt ist. Abb. 37 zeigt eine neue deutsche Ausführung. Oben eine hydraulische Preßformmaschine, darunter der Elektrorüttler, der mit Hubdaumen

arbeitet. Zunächst wird gerüttelt, dann nachgepreßt. Ein amerikanischer Preßrüttler mit Wendepatte, Abb. 38, zeigt die typische Form derartiger Maschinen drüben. Einen Preßrüttler mit Ablauftisch zum Abgeben der Formen auf einen Formförderer zeigt Abb. 39, ebenfalls eine amerikanische Ausführung mit seitlich ausschwenkbarem Preßholm.

Fahrbare Preßrüttler wurden neuerdings auch in Deutschland gebaut. Der in Abb. 40 wiedergegebene mit zurücklegbarem Preßholm dient zum Formen von Gußstücken, die sich zum unmittelbaren Abheben mit oder ohne Abstreifplatte eignen. Die Presse sitzt unter dem Rüttelzylinder. Sämtliche Arbeitsvorgänge werden durch einen Steuerhebel betätigt, durch dessen Ventil die Druckluft den verschiedenen Wirkungsstellen zugeleitet wird.

Die Rüttelpresse Abb. 41 arbeitet stoßfrei und ist mit selbsttätiger Wende- und Abhebevorrichtung für Druckluftbetrieb versehen. Das Wenden geschieht bei seitlich wie in Abb. 41 ausgeschwenktem Preßholm, sobald der Wenderahmen sich eine kurze Strecke senkrecht aufwärts bewegt hat. Die Wenderahmenbewegungen erfolgen infolge Zwischenschaltens einer Flüssigkeit stoßfrei und genau senkrecht. Auch hier werden sämtliche Arbeitsstufen wie: Rütteln, Nachpressen, Wenden, Lockern und Ausheben der Modelle aus der Form, Abblasen des Sandes von der Modellplatte, in zwangsläufiger Folge mit einem Steuerventil geregelt.

Bei den großen Rüttlern nimmt die Sandverdichtungsarbeit nur den Bruchteil einer Minute in Anspruch, während das Einfüllen des Sandes bei großen Kastenabmessungen von Hand ziemlich lange dauert. Will man also die Großrüttler gut ausnutzen, mit anderen Worten: auf ihnen möglichst viel Kasten in der Stunde fertig machen, so muß man mechanische Sandfüllvorrichtungen benutzen, um die Füllzeit zu verkleinern. Eine deutsche Ausführung Abb. 42 benutzt einen kippbaren Bunker, dessen Auslaufschnauze über den zu füllenden Kasten gedreht wird. Durch Öffnen eines Drehschiebers läßt man den Sand aus der Schnauze in den Kasten fallen. Ein Bacherwerk mit Transport füllt den Sandbunker von oben. Bei der amerikanischen Ausführung Abb. 43 steht der Bunker fest, aus ihm wird einem Fallrohr, das in einer Art Kardangelenk aufgehängt ist, der Sand zugeführt. Das Rohr kann, da es in zwei Ebenen drehbar ist, den Sand über die ganze Kastenfläche verteilen.

Mit der Vergrößerung der Leistungsfähigkeit der Formmaschinen ist die Notwendigkeit der Beschaffung eines großen Formkastenparks verbunden, eine kostspielige Einrichtung, da die Formkästen bearbeitet werden müssen. Es wird daher wirtschaftlicher sein, denselben Formkasten mehrere Male am Tage auf derselben Maschine zu benutzen. Das geht natürlich nur, wenn dauernd flüssiges Eisen zum Ausgießen

der fertigen Formen zur Verfügung steht. Es stellt sich dann aber auch sofort das Bedürfnis nach weiterem Mechanisieren in der Gießerei ein. Die Verbesserung der Formmaschinenleistung, also der „Mechanisierung der Formherstellung“, erfordert eine Mechanisierung der Sandzufuhr und des Abtransportes der fertigen Form. Geschähe das nicht, so würden die Belegschaften, die man infolge der Einführung der Formmaschine

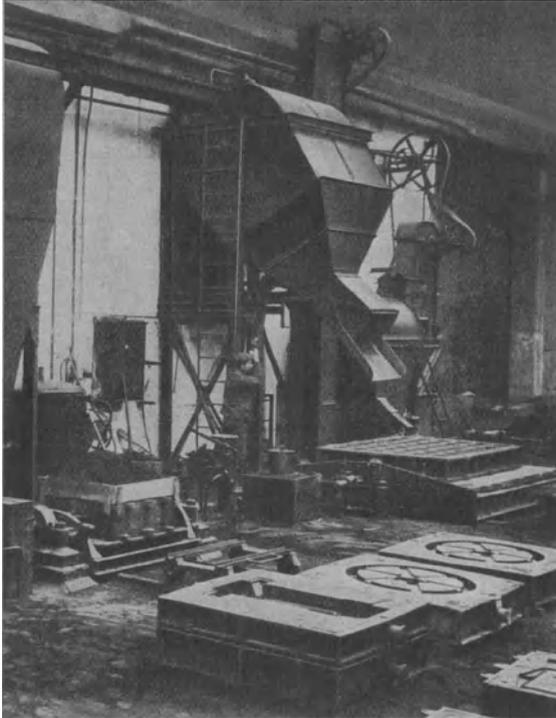


Abb. 42. Sandfüllvorrichtung (deutscher Bauart).

verringern könnte, durch Einstellen von Hilfsarbeitern wieder vergrößert werden müssen, d. h. die Lohnkostenanteile für die Formherstellung würden wieder steigen. Eine sehr einfache und übersichtliche Einrichtung hat hier neuerdings die Gießerei der Automobilfirma Cadillac nach Abb. 44 gebaut. Sie arbeitet mit Rollenförderern, auf denen die Formen, dem Gesetz der Schwerkraft folgend, langsam heruntergleiten. Der Sand wird durch Fallrohre den Formmaschinenplätzen zugeführt. Die fertigen Formen werden eine neben der anderen auf den Rollenförderer gesetzt, der hinter dem Arbeitsstand des Formers beginnt. Dann werden die Formen ausgegossen. Nach dem Erkalten werden sie

über dem im Fußboden befindlichen Rost ausgeleert. Der Sand fällt durch den Rost unter Vermittlung eines Zuteilbehälters auf einen Trans-

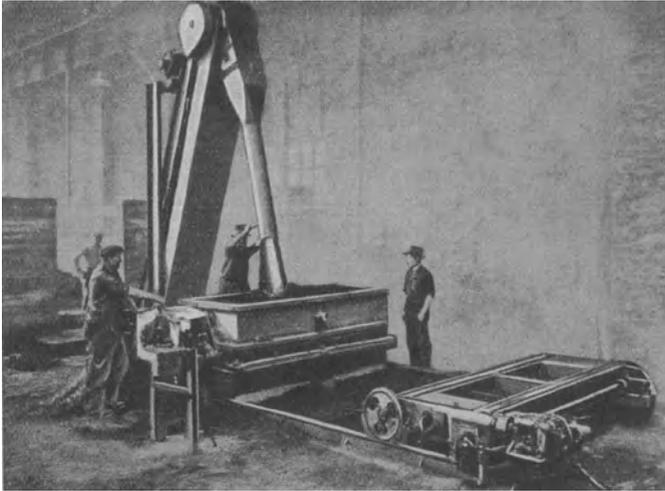


Abb. 43. Sandfüllvorrichtung amerikanischer Bauart (Bauart Osborn).

portriemen, der ihm der Sandaufbereitung zubringt. Die Gußstücke werden mit Lufthebezeugen oder Karren in die Putzerei gebracht.

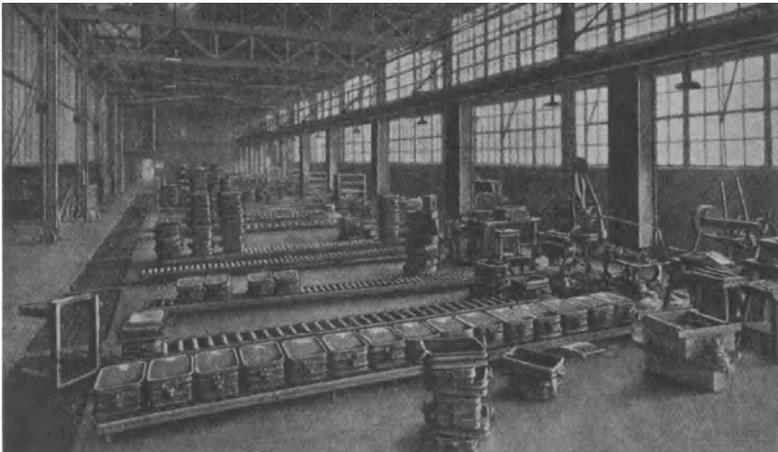


Abb. 44. Formmaschinen mit Rollenförderern (Cadillac).

Die Abb. 45 und 46 stellen einen Blick in die Gießerei der Lima-Lo-comotiv-Works dar. In Abb. 45 sieht man, wie der auf der Rüttelplatte

stehende Formkasten selbsttätig mit Sand gefüllt wird, während in Abb. 46 die gerüttelte Form umgerollt am Ausleger hängt, von dem sie gerade auf den Transporttisch abgesenkt werden soll.

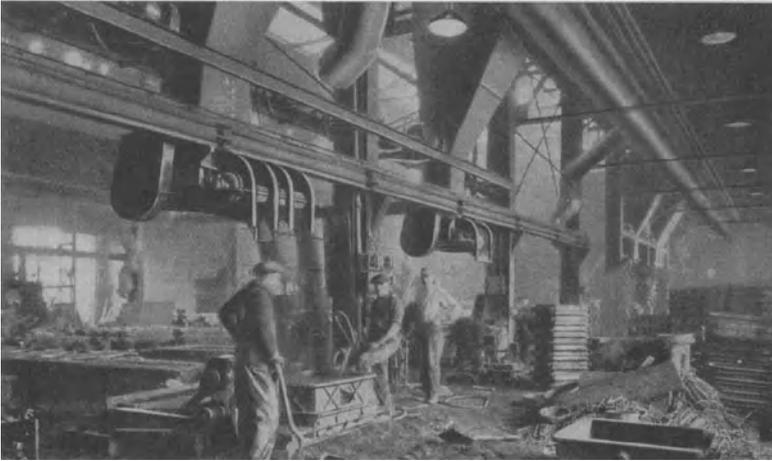


Abb. 45. Fließende Fertigung mit Umrollrüttler (Lima Loc. Works).

Eine mechanische Radiatorengießerei mit 2 Formeinheiten ist in Abb. 47 wiedergegeben. Die eingetragenen Bezeichnungen dürften die

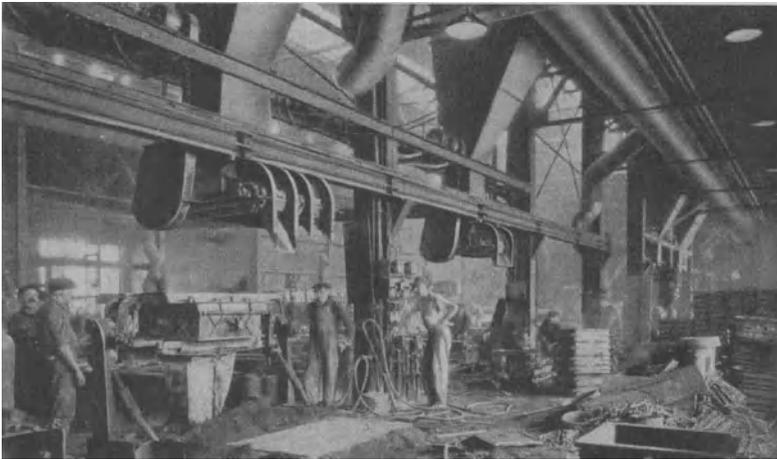


Abb. 46. Absetzen der Form auf das Fließband.

Wirkungsweise ohne weiteres deutlich machen. Neben Sandtransport und Formentransport erfolgt hier auch noch der Transport der Gußstücke in die Putzerei auf mechanischem Wege.

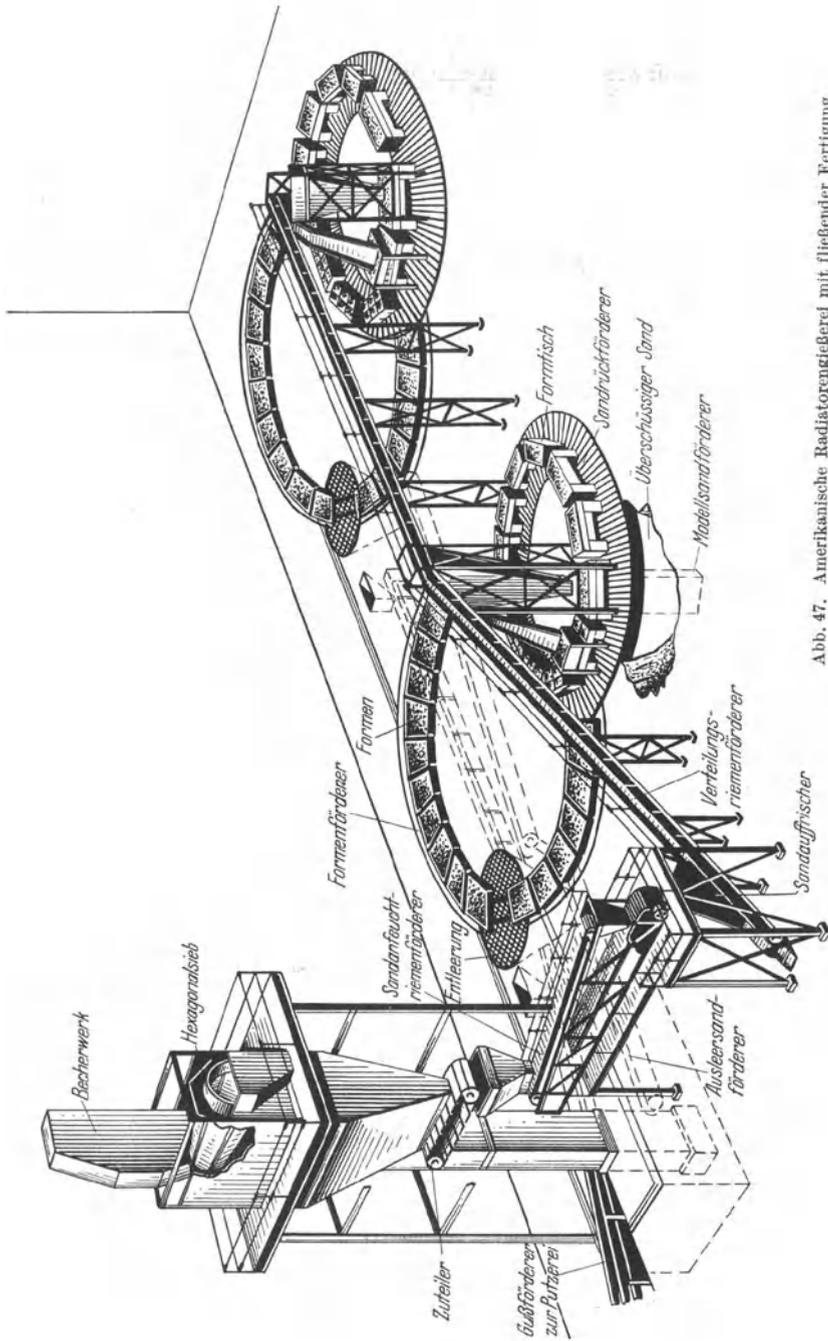


Abb. 47. Amerikanische Radiatorengießerei mit fließender Fertigung.

D. Schleudern.

Vor etwa 5 Jahren kam von den Vereinigten Staaten ein Sandverdichter nach Deutschland*, bei dem ein beim Handformen schon seit langem geübtes Verfahren mechanisiert war. Bekanntlich schleudern die Former an die Stellen des Modells, an die sie mit dem Stampfer nicht herankommen können, Fäuste voll zusammengedrückter Sandballen. Dasselbe tut das wirksame Werkzeug dieser sog. Sandschleudermaschine, von Beardsley & Piper, Chicago, der in Abb. 48 in Stirnsicht wiedergegebene Schleuderkopf. Der kleine an einer schnell umlaufenden Scheibe leicht auswechselbar befestigte Wurfbecher schneidet von dem ihm in Richtung der Drehachse zugeführten Sandstrom

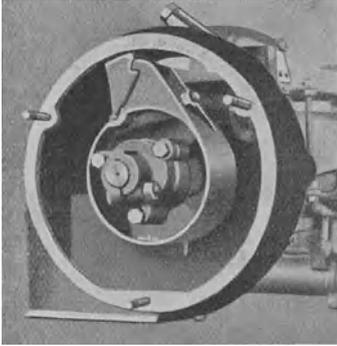


Abb. 48. Geöffneter Schleuderkopf des mechanischen Sandschleuders.

kleine Stücke ab, ballt sie dabei zusammen und schleudert in der Minute etwa 1500 solcher Sandklümpchen in den darunter gestellten

Formkasten auf die Modellplatte. Der mit 1200 m/min bei Grauguß, bzw. 2400 m/min Geschwindigkeit bei Stahlguß, aus dem Schleuderkopf aus-

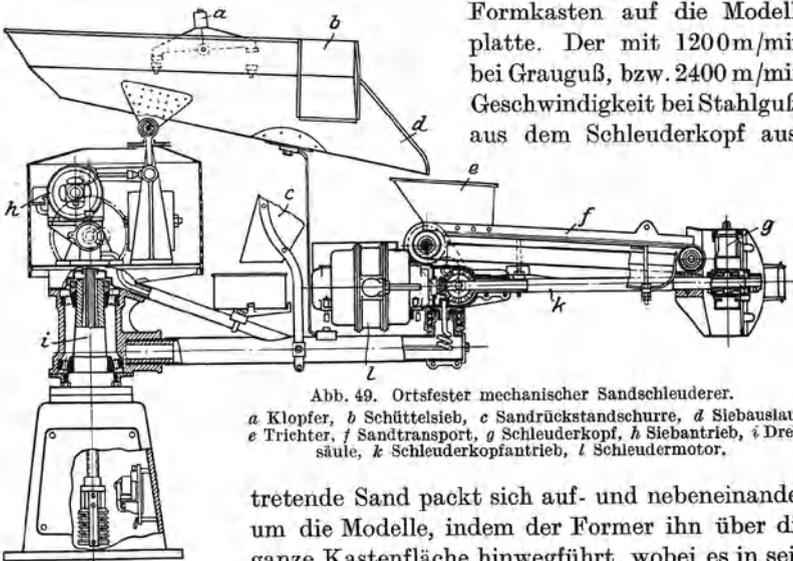


Abb. 49. Ortsfester mechanischer Sandschleuderer.

a Klopfer, *b* Schüttelsieb, *c* Sandrückstandschurre, *d* Siebaustauf, *e* Trichter, *f* Sandtransport, *g* Schleuderkopf, *h* Siebantrieb, *i* Dreh säule, *k* Schleuderkopfantrieb, *l* Schleudermotor.

tretende Sand packt sich auf- und nebeneinander um die Modelle, indem der Former ihn über die ganze Kastenfläche hinwegführt, wobei es in sein Belieben gestellt ist, die Sandschichten dichter oder weniger fest zu schleudern, je nachdem es die Form verlangt. Da die Maschine in der

* Durch die Graue-A. G., Langenhagen b. Hannover.

Minute $0,3 \text{ m}^3$ Sand schleudert, ist sie ganz besonders da am Platze, wo es sich um die Bewältigung großer Sandmengen handelt. Seinem Wesen nach ist der Sandschleuderer sowohl zum Herstellen hoher wie niedriger Formen jeder beliebigen Abmessung geeignet.

Die einfachste Anordnung ist die ortsfeste nach Abb. 49. Der Schleuderkopf sitzt am Ende eines Gelenkarmes von etwa 3 m Länge im ausgestreckten Zustande. Die Sandzuführung erfolgt hier durch eine besondere mechanische Transportanlage oben auf das Schüttelsieb. Der Siebdurchfall gelangt in einen über dem Armgelenk sitzenden Aufgebetrichter. Dieser letztere führt den gesiebten Sand einem im äußeren Armteil wagrecht umlaufenden endlosen Riemen zu. Dieses Band schafft den Sand mit der nötigen Geschwindigkeit in ununterbrochenem Strom vor den Wurfbecher.

Die Einrichtung ist also nur eine Sandverdichtungsmaschine. Erst mit einer Abhebevorrichtung wird sie zu einer vollständigen Formeinrichtung. Abb. 50 zeigt eine solche Vereinigung, wie sie in der Fordgießerei in Riverrouge in 14 Einheiten in Gebrauch steht. Die Modellabhebevorrichtungen sind zu je vierein auf eine Drehscheibe gestellt, die der Reihe nach in den Bereich des Schleuderkopfes gebracht werden, nachdem die Formkästen aufgesetzt sind. Auf diesen Einrichtungen werden die Formen für die Automobilzylinderblocks hergestellt. Es arbeiten immer zwei Einheiten zusammen: die eine macht die Oberkasten, die andere die Unterkasten, so daß 2 Sandschleuderer in 8stündiger Schicht 1500 Zylinderblockformen machen. Gewiß eine sehr beachtliche Leistung.

Eine andere Art der Lösung zeigt Abb. 51 schematisch. Hier werden 2 Abhebe-*a* von einem Sandschleuderer *b* bedient. Die fertigen Formen werden, abwechselnd Unter- und Oberkasten, auf ein langsam umlaufendes Karussell *c*, das sich, mit Sand bestreut, dicht an den Abhebe-*a* vorbeidreht, abgesetzt. Nachdem die Formen etwas vorgerückt sind, werden sie ausgegossen und haben genug Zeit zum Erstarren, bis sie an die Stelle *d* gelangen, wo sie abgenommen und ausgeschlagen werden. Die Gußstücke gelangen über eine Rutsche *e* in die Putzerei, der Sand fällt über den Rost *d* der unterirdischen Sandaufbereitungsanlage zu, die leeren Kasten rutschen über einen Rollenförderer *f*, der den Sandschleuderer *b* umkreist, wieder in den Bereich der Abhebe-*a* zurück. Letztere stehen auf einem Rost *g*, durch den der überflüssige Sand, der beim Schleudern und beim Abstreichen des Kastenrückens neben die Formkästen fällt, gleichfalls der Sandaufbereitung wieder zugeleitet wird. Der fertig aufbereitete Sand wird durch ein Becherwerk *h* dem Schleuderer-Schüttelsieb aufgegeben. Das flüssige Eisen wird mit einer Hängebahn *i* herangebracht, das Absetzen der Formen erfolgt mit den Kränen *k*. Der Kran *l* dient zum

Entleeren der Kästen, während die Gußstücke mit dem Schwenkkran *m* vom Rost *d* auf die Rutsche *e* gebracht werden. Auch hier bildet wieder die Formmaschine die Grundlage zur Mechanisierung.

Anstatt die Formen an die Maschine zu bringen, kann man auch umgekehrt die Maschine an die Formen heranbringen. So ergibt sich nach Abb. 52 ein ortsbeweglicher Schleuderer. Hier ist die beschriebene Vorrichtung an eine Hohlsäule montiert, die gleichzeitig ein Becherwerk

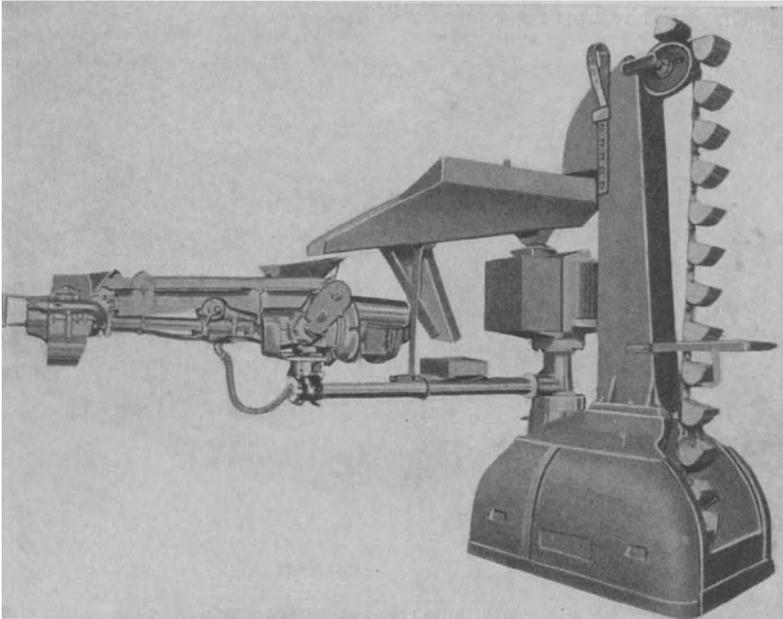


Abb. 52. Ortsbeweglicher Sandschleuderer.

trägt. Der Sand wird von Hand unten in das Becherwerk geschaufelt, das ihn dem Schüttelsieb des Schleuderers zubringt. Die ganze Maschine kann oben an einer Öse in den Kranhaken gehängt werden, und, da sie kein besonderes Fundament braucht, an jeder beliebigen Stelle der Gießerei zur Sandverdichtung benutzt werden.

Setzt man diese Einrichtung nach Abb. 53 auf einen Wagen, so entsteht der Trecker-Schleuderer. Im unteren Wagengestell laufen zwei gegenläufige Mischschnecken, die den zwischen den Schienen in einem langen Haufen geschichteten Sand dem Becherwerk des Schleuderers zuführen. Die Maschine beginnt am Morgen am einen Ende des Gießereichiffs ihre Arbeit und bewegt sich auf den Schienen langsam dem entgegengesetzten Ende zu. Am Ende der Schicht hat sie das ganze Schiff

durchlaufen, wird mit dem Kran aufgehoben und um 180° gedreht, um mit der nächsten Schicht den Rückweg anzutreten usw. Die Abhebemaschinen laufen auf Rädern und sind an dem Trecker angeseilt, ebenso der Laufkran mit den Lufthebezeugen zum Abnehmen der Kastenhälften von den Abhebevorrichtungen und Zusammenlegen der Form.

Solche Maschinen werden zum Herstellen von Badewannenformen, Zylinderblockformen, Räderformen usw. mit Vorteil benutzt und bilden eine sehr einfache Form der Mechanisierung der Formerei.

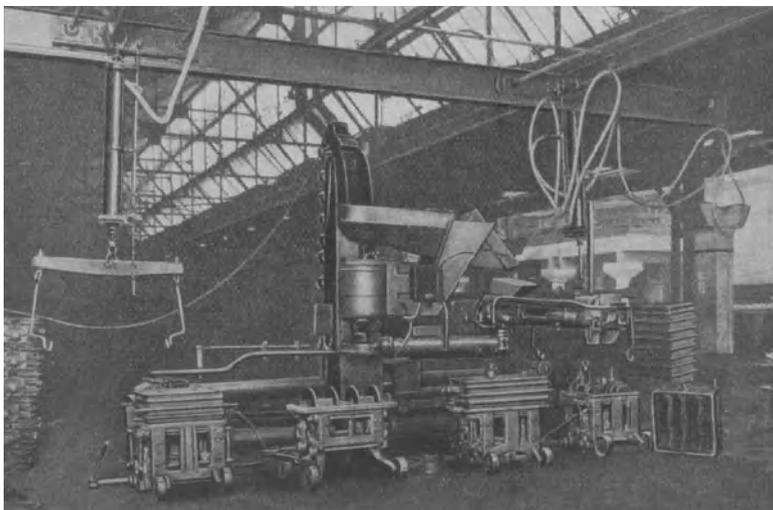


Abb. 53. Trecker-Sandschleuderer mit angesellten Abhebemaschinen.

In Abb. 54 ist ein Trecker mit dem Herstellen von Radiatorformen beschäftigt. Man erkennt im Hintergrunde die Kerne, die dem Treckergeleise entlang aufgehängt sind, um für das Einlegen in die geschleuderten Formen gleich zur Hand zu sein.

Von Bedeutung für einwandfreies Arbeiten ist natürlich, daß geeigneter Formsand verwendet wird.

Eine mit „Lokomotiv-Typ“ bezeichnete Ausführung, Abb. 55, vereinigt auf einer Plattform eine Sandaufbereitungsanlage mit einem Schleuderer. Der Sand ist auch hier zwischen den Schienen, auf denen der Maschinenwagen läuft, aufgeschüttelt. Er wird von Mischschnecken mit Becherwerk der Sandaufbereitung zugeführt. Der aufbereitete Sand wird in den Schleuderer gefördert. Die Formen werden zu beiden Seiten des Fahrgeleises aufgestellt und vollgeschleudert.

Ist eine Zentralsandaufbereitung vorhanden, so kann mit Vorteil die sog. „Motiv-Type“ Abb. 56 verwendet werden. Bei ihr ist einfach

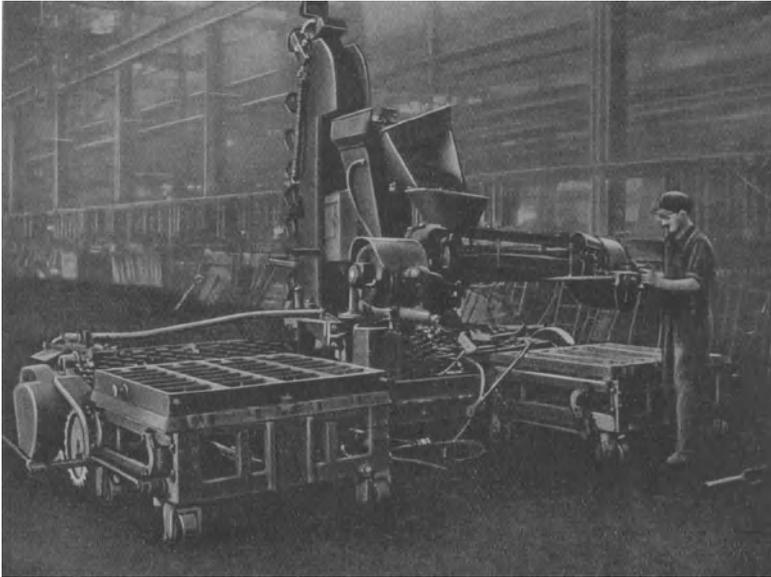


Abb. 54. Trecker-Sandschleuderer mit Abhebemaschinen für Radiatorenformen.

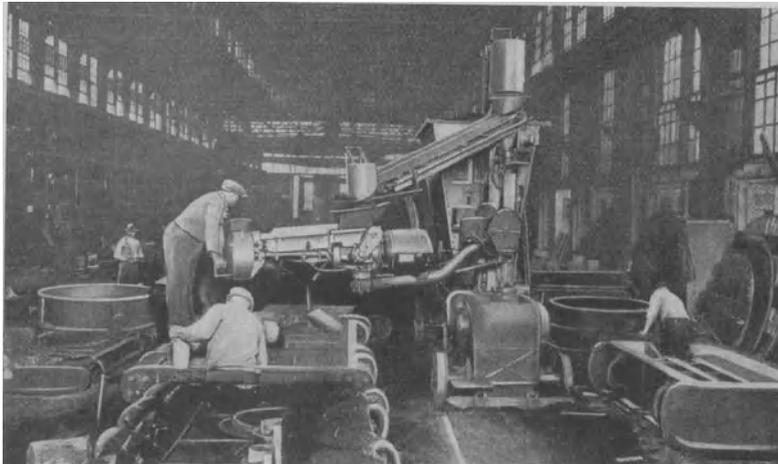


Abb. 55. Lokomotiv-Sandschleuderer.

neben dem Schleuderer ein Sandbehälter auf den Wagen gesetzt, in dem der fertig aufbereitete Sand über eine Rutsche oder mit einem Greifer

eingefüllt wird, um durch ein am Boden des Behälters vorgesehenes Zuteilband dem Becherwerk des Schleuderers zugeführt zu werden. Er

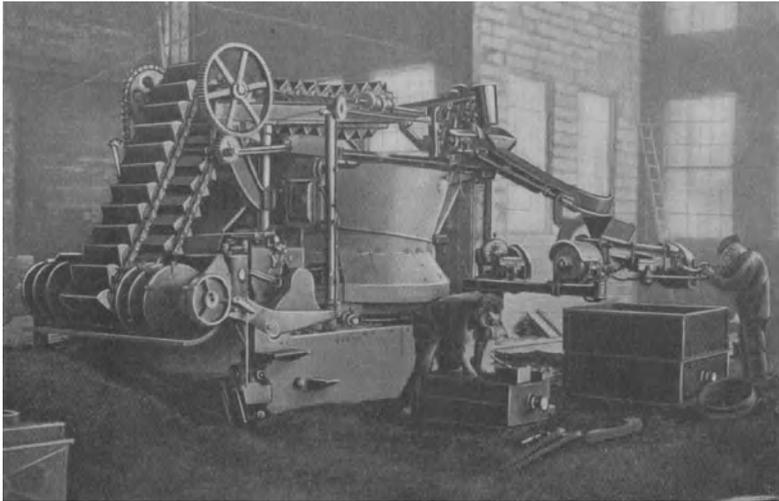


Abb. 56. Motiv-Sandschleuderer.

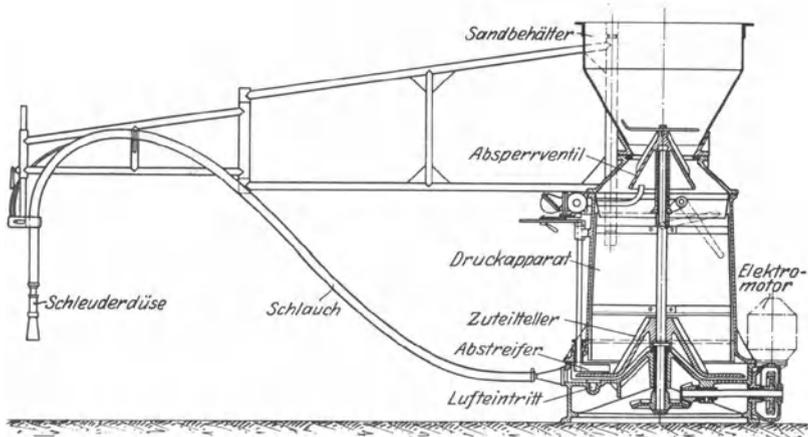


Abb. 57. Druckluft-Sandschleuderer.

arbeitet sonst genau so wie die Lokomotivausführung. Sämtliche Ausführungsarten werden elektromotorisch betätigt.

Kürzlich ist eine neue Art von Sandschleudermaschinen* auf dem Markt erschienen, bei der zum Schleudern des Sandes in den auf der Modellplatte stehenden Formkasten Druckluft von 1,5 bis 2 at benutzt wird. Sie besteht, wie der Hauptschnitt Abb. 57 zeigt, aus einem Druckapparat von etwa 1,5 m³ Inhalt nebst darüber angeordneten Vorratsbehälter, der durch ein Absperrventil von außen geschlossen werden kann. Im unteren Teil des Druckkessels wird durch einen Elektromotor ein Zuteilsteller langsam gedreht. Über dem Teller befindet sich ein einstellbarer Abstreifer, der die jeweils erforderliche Sandmenge vom Teller abstreift, um sie dem darunter eintretenden Preßluftstrahl zuzuführen. Letzterer fördert den Sand durch den Schlauch in die Blasdüse. Die Düse wird durch den Former von Hand über die Formkastenfläche hinweggeführt, wobei der Sand in ununterbrochenem Strahl in den Kasten geschleudert wird. Die Luft wird infolge der eigenartigen Bauart der Düse beim Austritt des Sandes aus dieser sofort abgeleitet, so daß reiner Sand, nicht ein Sand-Luftgemisch in den Kasten gelangt. Dies ist nötig, da sonst die mitgerissene Luft den im Kasten verdichteten Sand wieder locker blasen würde. Zur Erleichterung der Bedienung ist der Schlauch an einem drehbaren Gelenkarm aufgehängt. Der Wirkungsbereich der Maschine ist sehr groß, da nach Angaben der Firma Schläuche bis 20 m Länge anstandslos benutzt werden können. Ein Nachstampfen ist nicht erforderlich.

In der Minute sollen sich mit der beschriebenen Einrichtung 100 bis 300 ltr Sand befördern lassen, wobei der Luftbedarf je nach Sandmenge und Verdichtungsgrad auf 5 bis 8 m³/min angesaugter Luft angegeben wird. Eine nennenswerte Abnutzung des Schlauches und der Blasdüse soll nicht eintreten.

Es besteht natürlich auch die Möglichkeit, den Druckkessel auf Räder zu setzen und so die Maschine fahrbar zu machen.

Die Sandschleuderer sind reine Sandverdichtungseinrichtungen. Als solche sind sie jedenfalls außerordentlich leistungsfähig und vielseitig verwendbar. Sie haben dabei den großen Vorzug, daß sie an keine Kastengrößen gebunden sind, keiner Fundamente benötigen und durchweg über Flur gebaut, somit in allen Teilen leicht zugänglich sind. Sie können mit Modellplatten aber auch mit Einzelmodellen aus Holz oder Metall arbeiten und stellen, was besonders wichtig ist, die Stärke der Sandverdichtung in das Belieben des sie bedienenden Arbeiters.

Selbstverständlich ist es im Rahmen dieses Beitrags unmöglich, die verschiedenen Formmaschinenarten vollständig aufzuzeigen. Es wurden deshalb nur Beispiele solcher Maschinen herausgenommen, die

* Erbauerin: Badische Maschinenfabrik, Durlach.

für die mechanische Herstellung der äußeren Hohlform im Doppelkasten in Frage kommen. Auch hierbei sind in erster Linie nur die Kraftformmaschinen behandelt worden, während auf die Handformmaschinen in diesem Zusammenhang im allgemeinen verzichtet werden konnte. Überhaupt nicht in den Bereich der Betrachtung gezogen wurden die Kernformmaschinen, Topf- und ihnen ähnliche Sonderformmaschinen sowie alle die mechanischen Formeinrichtungen, die sich zur Herstellung der Form eines Teilmodells bedienen wie z. B. Rohrformmaschinen, Riemscheiben, -Zahnräderformmaschinen usw.

Um jedoch wenigstens einen allgemeinen Überblick über das weite Gebiet der Formmaschinen zu ermöglichen, ist in Tabelle 1 versucht worden, eine systematische Zusammenstellung der einzelnen Gruppen zu geben.

Wenn in den Ausführungen die Bedeutung der Formmaschine für die Mechanisierung der Gießereibetriebe besonders herausgestellt wurde, so geschah dies, um zu zeigen, daß ein erheblicher Teil der Arbeit, die der Maschinenbauer dabei zu leisten hat, bereits in Gestalt sehr brauchbarer Maschinen vorliegt. Leider gilt ja im allgemeinen das Interesse des Maschinenkonstruktors bisher den Gießereimaschinen noch nicht in dem Maße, wie es wünschenswert wäre, trotzdem gerade sie ihm ein weites Feld konstruktiver Tätigkeit auch heute noch eröffnen. Gerade die Notwendigkeit weitgehendster Verwendung arbeitssparender Maschinen, die für die gesamte Fertigung heute eine selbstverständliche Binsenwahrheit darstellt, ist noch lange nicht von allen Gießereien allgemein erkannt. Der scharfe Wettbewerb, der aber, wie einleitend ausgeführt, die Ausnutzung jeder Gelegenheit zum Herabdrücken der Selbstkosten zur Pflicht macht, sollte je eher um so besser auch die heute vielleicht noch zurückhaltenden Kreise dazu führen, baldigst mit der Mechanisierung der Formherstellung zu beginnen, sonst werden ihnen diejenigen, welche die Zeichen der Zeit bereits richtig erkannten, bald soweit voraus sein, daß ein Einholen nur noch mit großen Opfern möglich sein wird. Der Maschineningenieur wird sich um die Wirtschaftlichkeit der Gießereien große Verdienste erwerben, wenn er noch mehr als bisher bei der Konstruktion der Maschinenteile die gießertechnischen Gesichtspunkte beachtet.

Tabelle 1. Übersicht über die verschiedenen Formmaschinenarten.

A. Maschinen zur Herstellung der Außenformen.

Mittel zur Sandverdichtung	Verfahren zum Trennen von Modell und Form	Verwendungsgebiet
1. Handstampfen	a) Abheben: 1. nach oben heben, 2. nach unten absenken; b) Wendeplattenabhebung: 1. mit lotrecht bewegter Platte, 2. mit fester Platte (Absenken); c) Umrollplattenabhebung; d) Durchziehen: 1. mit Durchziehplatte nach unten, 2. mit Abstreifplatte nach oben.	Kleine u. mittlere Formen, niedrige Modelle. stark vorspringende Teile, desgl., hohe und steilwandige Modelle.
2. Handpresse	a) Modellausheben von Hand ohne besondere Vorrichtung; b) Stiftenabhebung: 1. mit einseitiger Pressung, 2. mit Vorpressung, 3. mit doppelseitiger Pressung; c) Wendeplattenabhebung; d) Umrollplattenabhebung; e) Wendeformverfahren, die ganze Maschine wird um 180° gedreht; f) Durchziehen.	Für nicht zu hohe Kästen bis 500 cm ² Fläche, kleine, flache Modelle, niedrige Modelle, stark profilierte Modelle, Stapelgußformen, stark vorspringende Teile, desgl. desgl. hohe, steilwandige Modelle.
3. Kraftpresse		
a) Wasserdruck	1. Mechanische Trennung mittels Handhebelbetätigung;	Kästen nicht über 300 mm Höhe.
b) Luftdruck	2. Mechanische Trennung durch Kraftmittel betätigt.	
c) Elektrizität	Dieselben Verfahren wie unter 2.	
4. Rüttler angetrieben durch		
a) Transmission	a) mit Kran oder von Hand ohne besondere Vorrichtung;	Käst. üb. 300 mm Höhe bis zu den größten Abmessungen,
b) Elektromotor	b) Wenderahmenabhebung;	hohe Modelle,
c) Preßluft	c) Umrollrahmenabhebung; b) und c) 1. mechanisch, 2. hydraulisch, 3. pneumatisch.	mittlere Formen, große Formen, desgl.
	Es kann in allen Fällen so wohl nach dem Wendeplatten- als auch nach dem Abhebeverfahren getrennt werden.	

Tabelle 1 (Fortsetzung).

Mittel zur Sandverdichtung	Verfahren zum Trennen von Modell und Form	Verwendungsgebiet
5. Preßrüttler	a) Stiftenabhebung oder Absenkung mit und ohne Abstreifplatte; b) Wendeplattenabhebung: a) und b) 1. mechanisch, 2. hydraulisch, 3. pneumatisch.	Hohe Modelle mittlerer Größe, desgl.
6. Schleuderer wirkend durch a) Schleuderbecher b) Preßluftdüse	Zum Abheben ist besondere Vorrichtung nötig, deren Wahl von der Art des Modells abhängt. Sie kann wirken: 1. mechanisch, 2. hydraulisch, 3. pneumatisch.	Bewältigung großer Sandmengen.
7. Mechanisch bewegte Stampfer	Ausziehen des Modellkörpers mittels Kran.	Rohrformen.

B. Maschinen zur Herstellung der Kerne.

1. Handstampfen	a) Ausdrücken aus hängender Kernbüchse; b) Abziehen seitlich.	Kleinere Kerne, prismatische Kerne, ballige Kerne.
2. Stopfen (mechanisch)	Ausdrücken aus wagerechtem Mundstück.	Zylindrische Kerne kleinerer Durchmesser.
3. Presse	Zwei Kernformplatten. Ausheben des Kernes nach den Wendeplattenverfahren.	Kleinere und mittlere Kerne aller Art.
4. Rüttler	Nach dem Rütteln werden die beiden Kernbüchsenhälften seitlich abgezogen.	Große Kerne meist zylindrisch oder prismatisch.

C. Maschinen für besondere Zwecke.

Handstampfen	a) Zahnradformmaschinen. Zahnlückenmodell wird mechanisch von Hand ausgehoben. b) Topfformmaschinen. Nach Einziehen der Griffmodelle in das Modellinnere Abziehen des senkrecht geteilten Kastens vom Modell. Kern auf Wendeplatte in derselben Weise gewonnen.	Größere Zahnräder. bauchige Töpfe.
--------------	--	---

Tabelle 1 (Fortsetzung).

Mittel zur Sandverdichtung	Verfahren zum Trennen von Modell und Form	Verwendungsgebiet
	<p>c) Bügeleisenformmaschinen. Kern im geteilten Mantelmodell geformt. Gleichzeitig über letzterem die Außenform. Abziehen der Kästenhälften und des Kernmodells von diesem, Absenken der Modelle, Schließen der Form.</p> <p>d) Quintofenformmaschinen. Es wird ähnlich wie bei b) verfahren.</p> <p>e) Riemscheibenformmaschinen. Das Kranzmodell wird von Hand mechanisch nach unten ausgezogen, die Form nach dem Abhebestiftverfahren abgehoben.</p> <p>f) Zahnradformmaschinen wie bei e).</p>	<p>Bügeleisen.</p> <p>Quintöfen.</p> <p>Riemscheiben.</p> <p>kleinere Zahnräder.</p>

Die Selbstkostenberechnung.

Von A. Lischka.

Was hier über die Selbstkosten im Gießereibetrieb gesagt werden soll, unterscheidet sich im System in keiner Weise von den Berechnungsmethoden, wie sie auch im Maschinenbau üblich sind. Anders ist hier lediglich die Gruppierung und Aufteilung der Kosten, bedingt durch die Eigenart der Fertigung und der Organisationsformen in der Gießerei. Aber wie im Maschinenbau ist es hier ganz unmöglich, ein einheitliches Schema der Selbstkostenberechnung aufzustellen. Vielmehr haben wir auch hier den unzähligen Organisationsformen entsprechend unzählige Möglichkeiten und es besteht lediglich die Absicht, Grundsätzliches zu geben und an Beispielen des am häufigsten Vorkommenden zu erläutern.

Gleich ist auch die Begriffsbildung, wie sie der AWF (Ausschuß für wirtschaftl. Fertigung) geprägt und der Maschinenbau wie auch der AWV (Ausschuß für wirtschaftl. Verwaltung) übernommen haben. Wir wollen demnach die Kostenarten unterscheiden in Werkstoff-, Lohn- und Kapitalkosten. Wir wollen ferner der Verrechnungsmöglichkeit nach trennen in Fertigungskosten und Unkosten*. Die Definition dieser Begriffe glaube ich sparen zu können, da sie aus der Literatur hinlänglich bekannt sind.

Es bleibt hier noch darauf hinzuweisen, daß die Errechnung der Selbstkosten in den Gießereien im allgemeinen ziemlich große Schwierigkeiten verursacht, was wiederum bedingt ist durch die Tatsache, daß die Fertigung in der überwiegenden Zahl der Fälle außerordentlich vielfältig nach Gewicht und Art ist, und daß außerdem oft in ein und derselben Abteilung — für die eine gemeinsame Rechnung aufgestellt werden muß — verschiedene Fertigungsmethoden angewandt werden. Die normale deutsche Kundengießerei fertigt vom einfachsten bis zum kompliziertesten, vom leichtesten bis zum schwersten Gußstück alles an, was sie bekommen kann und bedient sich dabei der verschiedensten Formarten: Naßguß, Trockenguß, Lehmformguß; Formerei von Modellen,

* Im Grundplan der Selbstkostenberechnung sind die Bezeichnungen „Einzelkosten“ und „Gemeinkosten“ statt der oft mißverständlich gebrauchten „Fertigungskosten“ und „Unkosten“ allgemein festgelegt worden. Im vorliegenden Falle müssen ausnahmsweise die alten Bezeichnungen beibehalten werden, da sich die Gießereien ihrer vorläufig noch ausschließlich bedienen.

mit Schablonen, von Hand und auf Formmaschinen, und von diesen gibt es wieder viele Spielarten, von denen jede Gießerei mindestens einige im Betrieb hat. Diese Vielfältigkeit ist zum Teil darauf zurückzuführen, daß die meisten unserer Gießereien alte Betriebe sind und durch ständige Erweiterung zu ihrer heutigen Gestalt gelangten, daß nur die wenigsten für einen bestimmten Zweck neu erbaut und dementsprechend eingerichtet wurden. Zudem gibt es zu viele Gießereien in Deutschland und der Mangel an Beschäftigung zwingt die meisten hereinzunehmen, was sie bekommen können ohne Rücksicht darauf, ob es in ihre Fertigungsart paßt oder nicht.

Unterstützt wird diese Gewohnheit dadurch, daß die wenigsten Gießereien, sei es auf Grund der oben geschilderten Lage, sei es aus der praktischen Unmöglichkeit, nicht imstande sind, die Selbstkosten der Einzelerzeugnisse annähernd einwandfrei zu bestimmen. Sie sind auf grobe Durchschnittswerte angewiesen und daher entfällt für sie auch die Möglichkeit, Rentabilitätsvergleiche für das eine oder andere Erzeugnis anzustellen, wodurch ja überhaupt erst der Anreiz zur Spezialisierung gegeben wird, durch die wieder eine Vereinfachung der Selbstkostenberechnung erreicht werden kann. Hier treffen sich Ursache und Wirkung und wir sehen die Schwierigkeiten, die die Verknüpftheit der Entwicklung der beiden: Selbstkostenberechnung und Fertigung bietet. Ich glaube im folgenden leicht nachweisen zu können, daß die Preisunterschiede, die für ein und dieselben Gußwaren auf dem Markt häufig auftreten, zum geringsten Teil durch die Verschiedenheit der Fertigung und noch zum geringeren durch die Überlegung des Verkaufs bedingt sind, sondern daß sie zum größten Teil aus den verschiedenartigen Selbstkostenberechnungsmethoden herrühren.

Wir wollen uns, da es der Platz nicht erlaubt, nicht in die Besprechung der einzelnen Kostenarten verlieren, die im Prinzip gleich oder ähnlich sind wie im Maschinenbau und buchungstechnisch genau so behandelt werden. Es genügt vielmehr, wenn wir uns mit den Kostengrößen besassen, aus denen sich die Stückpreisberechnung zusammensetzt. Diese sind: Modellkosten, Fertigungswerkstoff, Fertigungslöhne und Unkosten.

A. Die Modelle.

Wir müssen verschieden verfahren, je nachdem ob es sich um Modelle handelt, die uns gehören, oder um solche, die wir lediglich zum Abguß von einem Verbraucher erhalten. Haben wir eigene Modelle, so müssen wir wiederum unterscheiden, ob sie für einen bestimmten Auftrag gefertigt werden oder für einen Lagerartikel bestimmt sind, der auf Vorrat gefertigt wird und für den Verkäufer und Verkaufsmenge noch nicht feststeht. Auch wenn für einen Auftrag keine Modelle geliefert werden

und wir sie selbst ausführen müssen, gibt es wieder verschiedene Arten der Berechnung: man kann die Modellkosten dem Kunden voll anrechnen oder nur einen Teil in Rechnung stellen, und in Erwartung weiterer Aufträge den Rest dem Konto des Auftraggebers innerbetrieblich belasten, und wenn dies nicht möglich ist, auf Unkosten schreiben. Anders ist es mit Modellen, die für eigenen Bedarf gefertigt und auf Lager gelegt werden. Sie haben als Anlagewert zu gelten und müssen genau so abgeschrieben und verzinst werden wie andere Anlagewerte auch, wobei man sich mit den Abschreibungssätzen nach der Lebensdauer zu richten hat. Für mitgelieferte Modelle sind unter Umständen Instandhaltungs- und Reparaturkosten nötig, die nach Möglichkeit getrennt berechnet werden sollen, wenn es auch nicht notwendig ist, dies in der Verkaufrechnung zum Ausdruck zu bringen.

Wichtig ist, daß die Erfassung der Modellkosten einwandfrei vor sich geht und daß eine eigene Modellschreinerei als selbstständiger Betrieb abrechnet. Es ist sonst ganz unmöglich, eine einigermaßen gerechte Verteilung dieser Modellkosten vorzunehmen. Wir sind dann genötigt, die ganzen Kosten der Modellherstellung in die Unkosten des Gießereibetriebes herüberzunehmen, was insbesondere dann die Übersicht über die Kosten der einzelnen Betriebsabteilungen verschleiert, wenn der Modellbedarf, wie es nahezu überall zutrifft, uneinheitlich ist. Wir müssen uns daher für die Modellschreinerei eine eigene Rechnung aufmachen und den Preis des Modells errechnen aus dem Fertigungswerkstoff, den Fertigungslöhnen und den Betriebsunkosten. Der Fertigungswerkstoff soll normalerweise als Lagerpreis berechnet werden, d. h. es sind nicht die reinen Einkaufskosten der Hölzer in Rechnung zu stellen, sondern auch die durch den Einkauf und die Lagerung verursachten Kosten. Getrennte Fertigungslöhne werden selbstredend nur da verrechnet werden können, wo Stücklohn eingeführt ist oder Richtwerte vorliegen. Der Betriebsunkostenzuschlag wird sich im allgemeinen als Lohnzuschlag durchführen lassen, da man eine Anhängigkeit der Betriebsunkosten von den Löhnen in der Modellschreinerei wohl als den besten Schlüssel anerkennen kann. Zu den Betriebsunkosten sollen nach Möglichkeit auch ein Anteil der Verwaltungskosten des Gesamtbetriebes geschlagen werden, der nach dem allgemein gebräuchlichen Schlüssel zu belasten ist. Tun wir dies nicht, dann sind wir nicht in der Lage, die Kosten unserer Modellherstellung einwandfrei zu übersehen, und wir können keine Kostenvergleiche mit von auswärts bezogenen Modellen anstellen, d. h. wir haben keinen klaren Überblick über die Rentabilität unserer Modelltischlerei.

Die Modelltischlerei hat also als selbstständiger Betrieb Aufträge auszuführen und belastet diese Aufträge dem Auftraggeber, der in den meisten Fällen die Gießerei ist. Sie hat dann diese Aufträge getrennt

der Gießerei zu belasten und die Gießerei wiederum berechnet sie entweder den Einzelaufträgen, wie wir bereits gesehen haben, oder sie nimmt sie auf ihr Betriebsunkostenkonto. Sehr häufig sind aber Modellschreinereien eines Werkes mit Tischlerarbeiten aller Art für den übrigen Betrieb und die Verwaltung beschäftigt. Dann ist es selbstverständlich nicht angängig, diese Kosten der Gießerei zu belasten, wie das aber sehr häufig geschieht, sondern sie den jeweiligen Auftragsgebern zu berechnen. Auch dies läßt sich natürlich einwandfrei nur da durchführen, wo die Modelltischlerei getrennt abrechnet und die Art ihrer Kostenaufteilung eine Stückpreisberechnung gestattet. Das gleiche gilt auch für Metallmodelle und die Herstellung von Modellen aus Gips und ähnlichen Stoffen, wenn diese statt Holzmodellen Verwendung finden.

B. Fertigungswerkstoff.

Im Gegensatz zu Maschinenfabriken verwendet die Gießerei den Werkstoff nicht im angelieferten Zustand, sondern das bezogene Roheisen wird vor dem Vergießen nochmals eingeschmolzen und mit verschiedenen Zusätzen versehen. Dieses Umschmelzen geschieht im Kupol-, Flamm- oder Tiegelofen. Wir haben somit innerhalb der Gießerei einen Betrieb für sich, den wir den Schmelzbetrieb nennen wollen. Der Fertigungswerkstoff des Schmelzbetriebes ist der sogenannte Einsatz. Dieser Einsatz besteht aus Roheisen, Gußbruch und Zusätzen; der Hilfsstoff dieses Betriebes ist Koks, Kohle oder bei elektrischen Öfen Strom. Das Erzeugnis dieses Schmelzbetriebes ist das „flüssige Eisen“, der Fertigungswerkstoff für die eigentliche Gießerei. Vielfach wird diese Tatsache übersehen und man verwendet zur Berechnung des Eisenpreises lediglich den Preis des Einsatzes und schlägt die Nebenkosten des Schmelzbetriebes einfach auf die Unkosten der Gießerei. Das ist falsch, da die Schmelzkosten nicht für alle Erzeugnisse gleich sind und weil ein Vermischen der Unkosten des Schmelzbetriebes mit dem der übrigen Gießereiabteilungen die Rentabilitätsübersicht trübt.

Wenn der Schmelzbetrieb von der übrigen Fertigung vollständig getrennt verrechnet wird, ist es natürlich, wenn dieses Fertigungsmaterial dem verbrauchenden Betriebe zu einem bestimmten Preis in Rechnung gestellt wird; d. h. man muß den Wert des Einsatzes berechnen und diesem Wert die Umwandlungskosten (Schmelzkosten) des Einsatzes hinzufügen. Die Zusammensetzung dieser Umwandlungskosten kann verschiedener Art sein, je nachdem ob es sich um ein Schmelzen im Kupolofen, Flammofen, Elektroofen usw. handelt. Im Kupolofen wird man im allgemeinen folgende Schmelzkosten haben:

Füll- und Schmelzkoks,

Kalkstein und andere Zusätze,

Anfeuerungsmaterial (Holz, Koks, Öl),
 Feuerfeste Materialien (Schamottesteine, Ausstampfmasse. Klebsand für Ausmauerung und Reparaturen),
 Kraftverbrauch von Gebläse und Transportanlage,
 Löhne der Schmelzer, Begichter, Abstecher und Ofenmaurer,
 Anteil der Kosten für chemisches Laboratorium,
 Kosten für Gebäude, einschl. Beleuchtung und Beheizung,
 Abschreibung und Verzinsung der Schmelzanlage,
 Anteil an Betriebsgemeinkosten.

Bei Flammöfen würden sich die Kosten für Schmelzer- und Feuerungsmaterial verändern, bei Elektroöfen treten an Stelle des Feuerungsmaterials Strom- und Elektrodenkosten.

Allerdings besteht die große Schwierigkeit bei der Stellung der Preise für das flüssige Eisen darin, daß es nur sehr schwer möglich ist, Menge und Gewicht im flüssigen Zustand festzustellen. In der Hauptsache sind es zwei Größen, die eine Veränderung der Menge und des Gewichtes von der Gicht bis zum Vergießen verursachen, und zwar:

1. Der Abbrand,
2. Das Spritzeisen.

Man kann nun weder das aus dem Ofen fließende Eisen wiegen, noch ist es möglich, die Gewichtssumme aller vergossenen Stücke festzustellen, bevor sie die Putzerei verlassen haben. Dann allerdings haben wir an den Stücken nicht mehr das Gewicht des flüssigen Eisens, sondern es ist vermindert um den „Abfall“. Dieser Abfall sind Eingüsse, Läufe, Steiger und Trichter, die zum Vergießen und einwandfreien Ausfall des Stückes notwendig sind, später jedoch entfernt werden. Es ist nur möglich, diesen Abfall in seiner Gesamtheit zu wiegen, ihn zum Fertigungsgewicht zu addieren und diese Summe vom Gesamtgewicht des Einsatzes abzuziehen. Die Differenz ergibt dann den durch Abbrand und Spritzeisen verursachten Gewichtsverlust, der mit etwa 5 bis 8% zu beziffern ist. Dadurch kommt eine gewisse Ungenauigkeit in die Rechnung, die sich jedoch nicht vermeiden läßt, wenn man nicht umständliche Methoden anwenden wollte, deren Kosten in keiner Weise dem Ergebnis entsprächen. Lassen wir den Abfall zunächst unberücksichtigt, dann errechnen wir den Preis des flüssigen Eisens wie folgt:

Einsatz + Schmelzkosten = Gesamtkosten des flüssigen Eisens.

Vermindern wir nun das Gewicht des Einsatzes um den Abbrand und das Spritzeisen wie oben ausgeführt, so erhalten wir das Gewicht des für das Vergießen verfügbaren Eisens.

Da wir jedoch in den meisten Gießereien nicht mit gleichbleibender Gattierung schmelzen, sondern wir je nach Art unseres Gusses verschiedene Einsätze nötig haben, müssen wir die Schmelzkosten getrennt vom Einsatz errechnen und dem Einsatz in Form eines Gewichts-

zuschlages hinzufügen. Ein Beispiel dafür möge aus der Harzburger Druckschrift⁶ gegeben werden. Es ist allerdings dabei zu beachten, daß hier Abschreibungen und Betriebsunkostenanteil nicht enthalten sind, weil sie erst später gemeinsam in den Betriebsunkosten erscheinen, was wir indessen nicht für richtig halten (Tab. 1). Es ist wohl nicht notwendig, besonders zu erwähnen, daß die angegebenen Roheisenzusammensetzungen nur Kalkulationsbeispiele sind und nicht etwa als Gattierungsvorschriften Verwendung finden sollen.

Tabelle 1⁶.

1. Satzkosten an Roheisen, Gußbruch einschließlich Hausbruch (eigener Entfall), einschließlich Frachten.

Je 100 kg franko	Gattierung I hochwertiger Maschinenguß	Gattierung II normaler Maschinenguß	Gattierung III dünnwandiger Guß Poterie, Rohre usw. nicht für Bearbeitung bestimmt
Hämatit RM 11,10	25% = RM 2,77	15% = RM 1,66	RM
Gießereirohisen I. „ 10,10	25% = „ 2,53		30% = „ 3,03
„ III „ 9,90		45% = „ 4,56	
Kohlenstoffarm. Eisen „ 14,—	10% = „ 1,40		30% = „ 3,36
Luxembg. Qualität. „ 11,20			40% = „ 3,60
Maschinenbruch „ 9,—	40% = „ 3,60	40% = „ 3,60	40% = „ 3,60
	RM 10,30	RM 9,72	RM 9,99

2. Schmelzkosten für alle Gattierungen gleich.

Füll- und Schmelzkoks 18% f. jede Tonne Einsatz = 18 kg je 100 kg = RM. —,68	}	Diese Zahlen können untereinander verschoben sein.
Kalksteine 20% vom Schmelzkoks = 3,6 kg je 100 kg Einsatz = „ —,07		
Holz zum Anfeuern und Holzkohlen zum Trocknen von Vorherd und Schnauze = „ —,01		
Feuerfeste Materialien, Schamottesteine, Klebsand für Ausmauerung und Reparaturen = „ —,20		
Kraftverbrauch der Gebläse, Gichtaufzug und Masselbrecher . . = „ —,18		
Löhne der Schmelzer, Begichter, Abstecher, Ofenmaurer, Ablader und Eisenschläger = „ —,35		
Analysenkosten = „ —,01		
somit Schmelzkosten in Summa für 100 kg Einsatz = RM 1,50		

Wollen wir nun die Kosten des Werkstoffes für das Fertigerzeugnis ausrechnen, so müssen wir noch den Abfall berücksichtigen. Wie schon ausgeführt, ist das Gewicht des Abfalls im fertigen Stück nicht mehr erkennbar. Ebenso wenig ist es ohne großen Kostenaufwand möglich, das Gewicht des Einzelabfalls festzustellen. Wir wissen also praktisch nicht, wohin ein Teil des Schmelzgutes gekommen ist, d. h. welchen Anteil an flüssigem Eisen die einzelnen Gußstücke tragen müssen. Es bleibt uns nichts anderes übrig, als Untersuchungen darüber anzustellen, ob irgendeine Gesetzmäßigkeit zu finden ist in der Abhängigkeit des Abfalles von einer bekannten Größe. Man hat verschiedene Abhängigkeiten festzustellen versucht: vom Volumen, von der Formschwierigkeit,

vom Gewicht u. a. m. Im allgemeinen genügt es, lediglich die Abhängigkeit vom Gewicht zu betrachten. Die Überlegung ergibt, daß innerhalb eines kleinen Intervalles einer nach ansteigendem Gewicht geordneten Gruppe von Gußstücken der Abfall als in seinen Größen gleich angesehen werden kann. Daher wird bei einem Steigen des Stückgewichtes das Verhältnis des Abfalls zur Gewichtseinheit geringer; oder genauer: Das Produkt aus Abfall pro Gewichtseinheit und Stückgewicht ist konstant (dabei muß allerdings die Einschränkung gemacht werden, daß dies nur innerhalb des erwähnten kleinen Intervalles zutrifft). Es hat sich durch angestellte Untersuchungen gezeigt, daß diese Überlegung der Wirklichkeit ziemlich nahe kommt. Während nämlich theoretisch die Abfallkurve eine reine Hyperbel wäre, fällt die Linie in Wirklichkeit flacher aus. Diese Tatsache läßt sich daraus erklären, daß der Abfall in Wirklichkeit mit zunehmendem Gewicht doch etwas wächst.

Die praktisch gefundenen Werte bewegen sich zwischen 400 und 5% des Stückgewichtes. In Abb. 1 ist der Abfall dargestellt, wie er sich praktisch im Mittel ergibt. Das Gewicht ist allerdings auf der Ordinate nicht linear, sondern nach Gewichtsklassen aufgetragen wie sie sich in

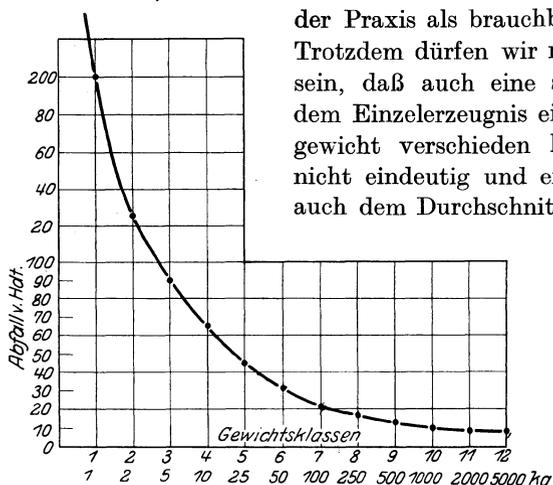


Abb. 1. Abfall und Stückgewicht.

der Praxis als brauchbar herausgestellt haben. Trotzdem dürfen wir nicht im Zweifel darüber sein, daß auch eine solche Verrechnung, die dem Einzelerzeugnis einen nach seinem Stückgewicht verschieden hohen Abfall zuerkennt, nicht eindeutig und einwandfrei ist, wenn sie auch dem Durchschnitt gerechter wird als eine

Durchschnittsrechnung. Es kommt häufig vor, daß gleich schwere Stücke durchaus verschiedenen Abfall haben. Ganz besonders wird dies fühlbar, wenn wir kleine Stücke aus der Handformerei mit solchen aus der Maschinen-

formerei vergleichen. Da kann es vorkommen, daß bei gleichen Stückgewichten der drei- oder vierfache Abfall zu verrechnen ist. Was dies ausmacht, kann leicht ausgerechnet werden, da die Schmelzkosten annähernd 15% der Einsatzkosten betragen und das Abfallgewicht bei kleinen Stücken häufig dreimal so groß ist wie das Stückgewicht. Es wird also nicht in allen Fällen genügen, eine Untersuchung über die gewichtsmäßige Abfallverteilung vorzunehmen, sondern man muß bei Gußarten offensichtlich verschiedener Form-

und Gießanordnung besondere Untersuchungen anstellen und seine Produktion am besten nach Abfallklassen einteilen.

Ein weiterer bei der Berechnung des flüssigen Eisens zu berücksichtigender Kostenfaktor ist der Ausschuß, und zwar ist hier selbstredend nur der Werkstoffwert des Ausschusses gemeint. Dieser Ausschuß nun läßt sich ebensowenig wie der Abfall für ein einzelnes Erzeugnis bestimmen, sondern läßt sich nur durch Zuschläge erfassen. Wie beim Abfall ist es auch falsch, einen Durchschnittswert einzusetzen, sondern wir müssen das Ausschußrisiko bei verschiedenen Gußarten statistisch feststellen und in Prozent, etwa dem Fertiggewicht (der einfachen Verrechnung halber) zuschlagen. Man hat versucht, andere Bezugsgrößen zu finden, die eine statistische Erfassung erübrigte, wie z. B. die Formschwierigkeit, aber es würde zu weit führen, auseinanderzusetzen, weswegen solche Verfahren nicht zum Ziele führen.

Um das Vorhergesagte deutlich zu machen, möge nunmehr die Berechnung des Fertigungswerkstoffes für ein Stück gezeigt werden. Das Gußstück möge 100 kg wiegen, der Abfall in dieser Klasse 22%, der Abbrand 7% und der Ausschuß für diese Art von Gußstücken 8% betragen. Dann müssen wir uns zuerst das Gesamtgewicht des zu schmelzenden flüssigen Eisens berechnen, davon den Preis nehmen und den Werkstoffwert des Abfalls und Ausschusses davon abziehen. Legen wir die aus Tab. I mit II bezeichnete Gattierung zugrunde und berechnen für den eigenen Entfall an Ausschuß und Abfall den Marktpreis des Maschinengußbruches, der auch für die Satzkosten zur Verrechnung kam, so lautet die Rechnung:

Fertige Ware	100	kg
Abfall (22%)	22	„
Ausschuß (8%)	8	„
	<u>130,10</u>	kg
Abbrand (7%)	9,10	„
Ofeneinsatz-Gesamtgewicht	139,10	kg
Satz- und Schmelzkosten je 100 kg (8,60 + 1,30 RM)	9,90	RM
Satz- und Schmelzkosten insgesamt (1,39 20 9,90)	13,78	RM
Abfall + Ausschuß	30	kg
Wert des eigenen Bruches (0,30 · 7,50 RM)	<u>-2,25</u>	„
Flüssiges Eisen für 100 kg Fertigware		11,53 RM

C. Fertigungslöhne.

Wir müssen in der Gießerei trennen nach Former-, Kernmacher- und Putzerlöhnen und auch in der Formerei können wir noch dreierlei verschiedene Fertigungslöhne haben; die der eigentlichen Former, der Ausleerer und der Gießer, je nachdem ob Formen, Gießen und Ausleeren in einem bzw. zwei oder drei Akkorden enthalten sind. Häufig werden wir jedoch finden, daß selbst da, wo für das Gießen und Ausleeren be-

sondere Stücklöhne bezahlt werden, es nicht immer einfach ist, diese Löhne auf ein Einzelerzeugnis zu berechnen, wenn es auch grundsätzlich stets gemacht werden sollte. Die Fertigungslöhne betragen im allgemeinen 20 bis 40% der gesamten Selbstkosten eines Stückes. Da sie überdies in vielen Fällen als Zuschlagsgrundlage für die Betriebsunkosten Verwendung finden, so ist auf ihre Ermittlung und Verwendung besonderer Wert zu legen.

Wir wollen uns nicht verhehlen, daß eine einwandfreie Stückzeitermittlung in der Gießerei und insbesondere in der Handformerei unverhältnismäßig große Schwierigkeiten macht, und zwar deshalb, weil wir es meist mit handwerklichen Betrieben zu tun haben, in denen der Arbeitsablauf selten planmäßig erfolgt. Es bedarf schon eines genauen Studiums der Zusammensetzung und des Aufbaus der Arbeit, um hier zu gerechten Stückzeiten zu gelangen. Deshalb kann auch in der Handformerei nur ein Fachmann zu solchen Arbeiten herangezogen werden, der sowohl mit dem Arbeitsverfahren vollständig vertraut ist, als auch über gewisse rechnerische Fähigkeiten verfügt. Die einzigen, bei denen dies in der Gießerei zutrifft, waren bis jetzt die Formermeister. Nur sie verfügten über die nötigen praktischen Kenntnisse und hätten aus diesen brauchbare Stücklöhne gewinnen können, wenn — sie genügend Zeit dafür gehabt hätten. Ein Formermeister ist aber im allgemeinen mit Arbeiten aller Art so überlastet, daß ihm beim besten Willen keine Zeit für diese Arbeiten übrig bleibt und er auf die alte Methode des Schätzens der Stückzeiten angewiesen ist. Durch dieses Schätzen ergeben sich dann wie auch anderswo eine Menge Unzuträglichkeiten, die den Rest der Zeit verschlingen. Darauf braucht aber nicht eingegangen zu werden, denn der beschriebene Zustand ist auch in vielen Betrieben in der mechanischen Industrie heute noch anzutreffen.

Seit etwa 2 Jahren besitzen wir ausreichende und brauchbare Unterlagen für die Stückzeitermittlung in der Refa-Mappe für Gießereiwesen⁷. Der in der Refa-Mappe eingeschlagene Weg ist grundsätzlich derselbe wie der bisher in der spanabhebenden Formung begangene. Wir teilen die vorzugebende Stückzeit in Einrichtezeit und Grundzeit, beide bestehen wiederum aus eigentlichen, also gemessenen Zeiten und Zuschlägen für Verlustzeit und Leistungsabfall. Es erübrigt sich, im einzelnen auf die Systematik der Stückzeitermittlung einzugehen, da Abschließendes doch nur in ausführlicher Darstellung gegeben werden kann und wir neben der Refa-Mappe ein ausgezeichnetes „Lehrbuch der Stückzeitermittlung in der Maschinenformerei, zugleich Einführung in die gesamte Stückzeitermittlung in der Gießerei“ von Tillmann⁵ besitzen.

Grundlegend wäre hier noch zu sagen, daß die von Gießereipraktikern oft geäußerte Meinung unrichtig sei, man müsse für jedes Gußstück neue Zeitbeobachtungen vornehmen. Auch der Arbeiten in der Gießerei

sind nicht so viele, daß man sie nicht systematisieren und Werkriechzeiten aufstellen könnte, aus denen auch neue Stücke errechnet werden können; obwohl zugegeben werden muß, daß die Zahl der Verrichtungen in der Gießerei größer ist als in den meisten uns bekannten Industrien. Insbesondere in der Maschinenformerei ist der durch den mechanischen Ablauf der Maschine zwangsläufig bedingte Arbeitsgang für eine solche Aufstellung von Zeitnormen durchaus geeignet und mit keinem Übermaß von Arbeit verknüpft.

Es gibt verschiedene Bestrebungen, die eine Berechnung der Stückzeiten aus der geometrischen Formähnlichkeit oder Formschwierigkeit für genügend erachten. Wenn auch zugegeben werden muß, daß eine solche Methode gegenüber dem reinen Schätzen ein Fortschritt bedeutet, so wollen wir ihr doch nicht das Wort reden, weil sie eine gewisse Starrheit in sich schließt, die bei stark abweichendem Produktionsgang zu erheblichen Fehlern führen kann. Zudem kann man auch solche Abhängigkeiten nicht ganz ohne Zeitbeobachtung aufstellen, und so tut man besser daran, die Aufstellung der Stückzeiten nicht vom Großen zum Kleinen — von der theoretischen Überlegung zur Durchführung —, sondern besser vom Kleinen zum Großen, von den Teilzeiten zur Gesamtzeit vorzunehmen.

Eine einzige Ausnahme möchten wir gelten lassen, das ist die Putzerei. Die Gußputzerlöhne sind aus verschiedenen Gründen durch Zeitstudien schwierig zu erfassen und lohnen auch nicht einen größeren Arbeitsaufwand des Kalkulators. Die jetzt übliche Entlohnungsmethode nach dem Gewicht, Gewichtsakkord ist jedoch grundsätzlich zu verwerfen, da eine Abhängigkeit der Putzschwierigkeit vom Gewicht nicht besteht, oder besser, da die Putzarbeit bei verschiedenartiger Produktion auf die Gewichteinheit nicht konstant ist. Wir haben in vielen Fällen festgestellt, daß eine Abhängigkeit der Putzschwierigkeit von der Form- und Kernarbeit besteht und daß man deshalb den Putzerlohn in vH des Former- und Kernmacherlohns, oder besser die Putzzeit in vH der Form- und Kernmachzeit festsetzen kann. Die Genauigkeit wächst, wenn man seine Fertigung in verschiedene Klassen der Putzschwierigkeit einteilt und die Abhängigkeit gesondert festsetzt. Die ermittelten Sätze schwanken von 25 bis 40% je nach Fertigungsart und Einrichtung der Putzerei.

D. Unkosten.

Haben wir es mit einer selbständigen Gießerei zu tun, dann müssen wir trennen in den eigentlichen Betrieb und die Verwaltung. Die Kosten der Verwaltung sollen nach Möglichkeit die Einkaufskosten abscheiden und den Werkstoffkosten zuführen, wie wir dies bereits erwähnt haben. Die übrigen Kosten der Verwaltung und des Verkaufs sind vollständig

von den Kosten des Betriebs zu trennen und besonders zu verrechnen. Haben wir verschiedene Betriebsabteilungen, so ist es nicht richtig, einen Zuschlag für die Verwaltungskosten auf die Betriebsabteilungen zu legen bzw. mit den Betriebsunkosten zu verflechten, da sich einwandfreie Verteilungsschlüssel doch nicht finden lassen und man so nur das Erfolgsbild der einzelnen Abteilungen trübt. Die Kosten für die Verwaltung und den Verkauf sollen auf das Einzelerzeugnis in Form eines Wertzuschlages verrechnet werden und wir nennen sie in Gießereien „Handlungsunkosten“ (Harzburger Druckschrift). Wir können diesen Teil der Unkosten daher zunächst weglassen und uns den Unkosten des Betriebs zuwenden.

Die Betriebsunkosten oder Betriebsgemeinkosten bestehen aus Hilfsgehältern, Hilfswerkstoff- und Kapitalkosten. Für alle diese Kosten besteht zunächst die selbstverständliche Notwendigkeit, sie möglichst weitgehend zu unterteilen; zum mindesten jedoch für jede Betriebsabteilung (Modelltischlerei, Formerei, Kernmacherei, Putzerei, und in der Formerei wiederum Handmaschinen-, Lehm-, Groß-, Kleinformerei). Daß der Schmelzbetrieb und die Modellanfertigung getrennt abgerechnet werden müssen, haben wir bereits oben nachgewiesen.

Erreicht wird eine solche Unterteilung durch geeignete Betriebsbuchführung, die eine genaue Erfassung des Verbrauchs von Werkstoffen und Gehältern für einzelne Kostenstellen und Erzeugungsgruppen vorsieht, sowie Abschreibungen und Verzinsung nicht generell, sondern weitgehend unterteilt vornimmt. Aber auch darauf näher einzugehen würde den Rahmen der vorliegenden Ausführungen überschreiten.

Wenn wir von Anfang an eine Unterteilung der Kosten in Fertigungskosten und Unkosten vorgenommen haben, so haben wir damit stillschweigend vorausgesetzt, daß wir die früher allgemein übliche Durchschnitts- oder Divisionskalkulation, auch Teilungsrechnung genannt, nicht näher berücksichtigen wollen, da sie nur für Betriebe mit durchaus einheitlichen Erzeugnissen anzuwenden ist; aber auch da müssen die Kostenarten oder noch besser auch Kostenstellen getrennt zu übersehen sein, weil die aus der Betriebsstatistik gewonnenen Kenntnisse auch für solche Industriebetriebe unentbehrlich sind. Ist diese Durchschnittsrechnung — die lediglich die Summe der Selbstkosten durch das Gewicht der Erzeugung dividiert — bei verschiedenen Erzeugnissen durchaus unrichtig, da der Kostenaufwand für die Gewichtseinheit großen Schwankungen unterworfen ist, so müssen wir uns klar darüber sein, daß auch die Zuschlagsrechnung keine ideale Lösung des Kostenproblems darstellt und daß stets anzustreben selbstredend eine Selbstkostenrechnung wäre, die die Kosten des Einzelerzeugnisses bis ins letzte genau erfaßt. Versuche zur Auffindung einer solchen Methode sind bereits gemacht worden und der beachtenswerteste stammt von

Leber³, ist jedoch in der Praxis nicht durchgeführt worden, weil der Arbeitsaufwand zum Erfolg in keinem Verhältnis steht. So müssen wir uns also zunächst mit der Zuschlagsmethode bescheiden und in Kauf nehmen, daß die Zuschläge häufig ein Vielfaches der Bezugsgrößen sind und die durch Zuschläge verteilten Betriebsunkosten in der Gießerei etwa ein Drittel der Herstellungskosten betragen.

Neben der reinen Divisionskalkulation haben wir noch eine etwas verfeinerte Methode, die aus den Gesamtkosten die Fertigungslöhne oder das flüssige Eisen herausnimmt und getrennt berechnet, während alle übrigen Kosten durch einen Durchschnittsatz der Gewichtseinheit ausgedrückt werden. Die eigentliche Zuschlagsverrechnung beginnt erst da, wo alle Einzelkosten, die gleichzeitig Fertigungskosten sind: flüssiges Eisen und Fertigungslöhne (Former-, Kernmacher- und Putzerlöhne) herausgenommen und die Betriebsunkosten durch einen Zuschlag entweder auf das Gewicht oder auf die Fertigungslöhne, oder zwei Zuschläge auf Gewicht und Fertigungslöhne gemacht werden.

Der Gewichtszuschlag der Unkosten kann wieder auf verschiedene Gewichtsgößen erfolgen, auf das Gewicht der Ausbringung, oder auf das Gewicht des flüssigen Eisens. Beide Methoden sind durchaus bestreitbar und nur unter gewissen Voraussetzungen zulässig, nämlich dann, wenn die Höhe der Fertigungslöhne auf die Gewichtseinheit konstant ist. Die Berechtigung dieses Einwandes ergibt sich aus der Überlegung, das ein Teil der Unkosten von der Höhe der spezifischen Löhne, oder anderes ausgedrückt, von der Form- und Putzschwierigkeit abhängt. Da dies aber nur in den seltensten Fällen zutrifft, so ergibt sich daraus ohne weiteres, daß diese Methode sehr fehlerhaft ist.

Wie verhält sich nun der reine Lohnzuschlag? Gewiß ist er im allgemeinen brauchbar, aber er berücksichtigt eben wieder nur einen Teil der Abhängigkeitsgründe, die für die Betriebsunkosten maßgebend sind. Machen wir einen Zuschlag lediglich auf die Fertigungslöhne, so setzen wir stillschweigend voraus, daß alle vom Gewicht abhängigen Unkosten, als die wir in der Hauptsache Transportkosten ansehen müssen, auf die Fertigungslohneinheit bezogen konstant sind. Daran ändert auch nicht, daß man besser die Zeit der Fertigung als Bezugsgröße verwenden soll. Nun sind die Transportkosten in einer Gießerei, gemessen an den übrigen Kosten, oft recht erheblich, was ja schon daraus hervorgeht, daß bis zur Fertigstellung eines Gußstückes das eigene Gewicht 30 bis 50mal bewegt werden muß. Daraus erhellt also, daß auch diese Rechnung nur dann stimmt, wenn das Fertiggewicht auf die Lohn- oder Lohnzeiteinheit konstant ist. Wir erkennen dies am besten durch eine Reihe von Beispielen, die wir im folgenden unter beiden Gesichtspunkten durchrechnen wollen.

Die logische Folge der beiden ersten Überlegungen muß die sein,

daß weder ein reiner Gewichtszuschlag, noch ein reiner Lohnzuschlag der Wirklichkeit entspricht und wir deshalb ein Rechnungssystem finden müssen, das beiden Abhängigkeiten gerecht wird. Ein solches System ist das des doppelten Zuschlages: ein Teil der Betriebsunkosten ist von den Löhnen, ein anderer Teil vom Gewicht abhängig. Sind die Kosten für den Betrieb der Schmelzerei herausgenommen, so gelten etwa folgende Richtlinien für die Doppelteilung der Betriebsunkosten: Zu den „Lohn- oder Arbeitsunkosten“ gehören alle Organisationskosten, wie Betriebsverwaltungsanteil, Gehälter der Meister und Werkstattsschreiber, Beheizung, Beleuchtung, Abschreibungen für Gebäude und Einrichtungen, Ausschußkosten, die Nebenkosten der Kernmacherei und Gußputzerei. Zu den „Gewichtskosten“ sind die Formerhilfsstoffe und Kernmacherhilfsstoffe, wie Sand, Sägespäne, Mehl, Steinkohle, Koks, Öl, Nägel, Kernstützen und ähnliches, Modellkosten (soweit sie nicht direkt auftragsweise gedeckt sind), vor allen Dingen aber sämtliche Transportkosten, wie Krane, Elektrokarren und andere Beförderungsmittel, Energiebedarf, Abschreibungen und Erhaltung, Löhne der Kranführer und sonstigen Transportarbeiter, Löhne und Energiekosten der Sandaufbereitungsanlage.

Selbstverständlich läßt sich eine solche Zusammenstellung nicht erschöpfend behandeln, und es ist dem einzelnen Betrieb überlassen, zu entscheiden, zu welcher Abhängigkeit die einzelnen Kostengruppen mehr neigen. Im allgemeinen schwankt das Verhältnis zwischen Arbeits- und Gewichtskosten von 40 zu 60 bis 60 zu 40% der gesamten Betriebsunkosten, weshalb wir in dem folgenden Beispiel als Mittel etwa 50% annehmen wollen.

Wir sind uns darüber durchaus klar, daß auch eine solche Rechnung, obwohl sie schon erheblich genauer ist als die Methoden, die mit einem Zuschlag arbeiten, immer noch zu wünschen übrig läßt. Einer dieser Fehler steckt z. B. darin, daß wir die jeweiligen Betriebsgemeinkosten auf die Summe der Fertigungslöhne verrechnen. Dies ist selbstredend nur dann richtig, wenn das Verhältnis der Fertigungslöhne, bezogen auf die Summeneinheit, konstant ist. Um dies näher zu erläutern: wenn das Gesamtverhältnis der Fertigungslöhne zwischen Formern, Kernmachern und Putzern gleich ist 50 zu 20 zu 30%, die getrennte Abrechnung der Betriebsunkosten in der Formerei, Kernmacherei und Putzerei jedoch von dem obigen Verhältnis abweichende Einzelwerte gibt und in einem Gußstück das Verhältnis nun beispielsweise 60 zu 0 zu 40% betrüge, dann hätten wir auch eben falsche Ergebnisse durch den Zuschlag auf die Summe der Fertigungslöhne. Wir machen uns dies am besten an einem Beispiel klar. Für dieses möge das oben angegebene Verhältnis der Fertigungslöhne von 50 zu 20 zu 30% gelten. Haben wir gleichzeitig hier einen Unkostenzuschlag von 190%, so würden

bei einem Fertigungslohn von 10 Mark die Betriebsunkosten 19 Mark, die Summe dieser beiden Werte also 29 Mark betragen. Die getrennte Abrechnung ergibt, daß die Betriebsunkosten in der Formerei 250, in der Kernmacherei 100 und in der Gußputzerei 150 % der Fertigungslöhne betragen. Nehmen wir nun drei Stücke heraus, von denen das eine dasselbe Lohnverhältnis aufweist wie der Durchschnitt, die anderen aber abweichend; die Stücke jedoch den gleichen Betrag an Fertigungslohn kosten (Tab. 2).

Tabelle 2.

Fertigungslöhne	1. Stück	2. Stück	3. Stück
1. Former	5,— RM	8,— RM	3,— RM
2. Kernmacher	2,— „	0,— „	3,— „
3. Putzer	3,— „	2,— „	4,— „
4. Fertigungslöhne (Summe 1 bis 3) .	10,— RM	10,— RM	10,— RM
Betriebsunkosten			
5. Formerei (250 %)	12,50 RM	20,— RM	7,50 RM
6. Kernmacherei (100 %)	2,— „	0,— „	3,— „
7. Putzerei (150 %)	4,50 „	3,— „	6,— „
8. Betriebsunkosten (Summe 5 bis 7) .	19,— RM	23,— RM	16,50 RM
9. Summe von 4 und 8:	29,— RM	33,— RM	26,50 RM

Man sieht also ohne weiteres was zu beweisen war: daß nämlich die Kosten sich sofort ändern, wenn das Verhältnis der Former-, Kernmacher- und Putzerlöhne vom Verhältnis des Gesamtdurchschnitts abweicht, auch wenn die Summe der Fertigungslöhne gleich groß ist; daß also der Betriebsunkostenzuschlag auf die Summe der Fertigungslöhne nur bedingt richtig sei.

Wir wären somit am Ende dessen angelangt, was man mit der Zuschlagsverrechnung erreichen kann, ohne die Sache übermäßig zu komplizieren und unwirtschaftlich zu machen, und wiederholen kurz: die Herstellungskosten bestehen aus flüssigem Eisen, das Einsatz- und Schmelzkosten umfaßt; den Fertigungslöhnen, getrennt in Former-, Kernmacher- und Putzerlöhne; den Betriebsunkosten, die wieder zerfallen in die Betriebsunkosten der Formerei, Kernmacherei und Putzerei. Von diesen Betriebsunkosten ist ein Teil in Abhängigkeit von den Fertigungslöhnen, ein anderer vom Fertiggewicht in Abhängigkeit zu bringen.

In Deutschland war früher die Durchschnittsrechnung, bestenfalls der Unkostenzuschlag auf das Gewicht üblich. Die Harzburger Druckschrift hat da Wandel geschaffen und den größten Teil der Gießereien zum Zuschlag auf die Fertigungslöhne bekehrt, was schon als großer Fortschritt zu bezeichnen ist und auch großen erzieherischen Wert hat, weil viele Werke dadurch bewogen wurden, den Fertigungslöhnen, der

Akkord- und Stückzeitfestsetzung besonderes Augenmerk zuzuwenden. Aber auch diese Rechnung stellt, wie wir gesehen haben, noch nicht das Ideal der Zuschlagsverrechnung dar. Wir werden im allgemeinen bei der Lage der Zusammensetzung der Gußerzeugung in den Gießereibetrieben der Zweiteilung der Unkosten auf Gewicht und Löhne nicht entgegen können. Und obwohl wir weiter gesehen haben, daß es das richtigste wäre, auch die Abrechnung der Formerei, Kernmacherei und Putzerei noch zu trennen, wollen und können wir uns zunächst damit bescheiden, lediglich die Zweiteilung der Unkosten für den Gesamtbetrieb zu fordern und einzuführen. Die wenigsten Betriebsrechner sind sich über die Unterschiede klar, die eine solche Zweiteilung der Unkosten im Endbild hervorruft und welche grundlegende Erwägungen für Betrieb und Verkauf sich aus einem Vergleiche ergeben. Wir wollen daher an 4 Zahlenbeispielen unsere 4 Methoden anwenden.

Die Herstellungskosten eines Gießereibetriebes mit normaler, das ist sehr verschiedenartiger Fertigung, betragen im Monat 300 000 RM bei einer Erzeugung im gleichen Zeitraum von 1000 t gutem Guß. Davon sind:

Fertigungslöhne	60 000 RM
Betriebsunkosten	120 000 „
Flüssiges Eisen	120 000 „
Herstellungskosten	<u>300 000 RM</u>

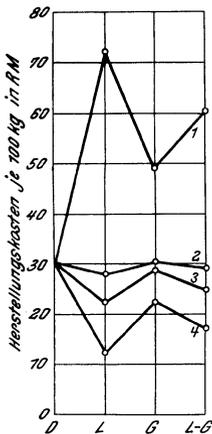


Abb. 2. Die Herstellungskosten von 4 Gußstücken nach 4 verschiedenen Berechnungsarten.

D = Durchschnittspreis, L = Lohnzuschlag, G = Gewichtzuschlag, L-G = Zuschläge auf Lohn und Gewicht.

Die Durchschnittsrechnung ergibt 300 RM je Tonne oder, wie der Gießereimann lieber rechnet, 30 RM je 100 kg. Der Unkostenzuschlag auf die Fertigungslöhne beträgt 200 %, der reine Unkostenzuschlag auf das Gewicht 12 RM je 100 kg. Eine Trennung der Betriebsunkosten in Arbeits- und Gewichtskosten ergibt bei einer Teilung von 1 zu 1 (d. h. die Hälfte der Betriebsunkosten sind von den Löhnen, die andere Hälfte vom Gewicht abhängig). 60 000 RM Betriebsunkosten auf 60 000 RM Fertigungslöhne, das ist 100 % Arbeitsunkosten, 60 000 RM auf das Gewicht der Ausbringung, das sind 6 RM je 100 kg Gewichtskosten.

Wir haben nun 4 in jeder Beziehung voneinander abweichende Gußstücke gewählt, um die Unterschiede möglichst kraß hervortreten zu lassen und die Ergebnisse in einer graphischen Darstellung festgehalten (Abb. 2) in der die Herstellungskosten nach den 4 angegebenen Methoden aufgezeichnet sind. Die zahlenmäßige Errechnung ergibt folgendes Bild (Tab. 3).

Wie stark die auf Grund der Zuschlagsmethode errechneten Herstellungskosten vom Durchschnittspreis abweichen, erhellt ohne weiteres und

Tabelle 3.

	Mitnehmerscheibe ① 0,5 kg			Rotorkreuz ② 65 kg			Lagerplatte ohne Kern ③ 23 kg			Eisenbahnbremsklotz ④ 18 kg		
	L.	G.	L.+G.	L.	G.	L.+G.	L.	G.	L.+G.	L.	G.	L.+G.
Flüssiges Eisen*	19,56	19,56	19,56	13,17	13,17	13,11	14,—	14,—	14,—	10,—	10,—	10,—
Fertigungslöhne*	17,70	17,70	17,70	5,—	5,—	5,—	2,90	2,90	2,90	—,70	—,70	—,70
Betriebsunkosten in % der Fert.-Löhne	35,40		17,70	10,—	12,—	5,—	5,80		2,90	1,40		—,70
Betriebsunkosten in Abhängigkeit v. Gewicht .		12,—	6,—		30,17	6,—		12,—	6,—		12,—	6,—
Herstellungskosten	72,66	49,26	60,96	28,17	30,17	29,17	22,70	28,90	25,80	12,10	22,70	17,40

braucht nicht näher erläutert zu werden. Interessanter sind schon die Unterschiede, hervorgerufen durch die verschiedenen Zuschlagsmethoden. Das Rotorkreuz ② kommt mit seinem Fertigungslohn von 5 RM dem durchschnittlichen Fertigungslohn der gesamten Erzeugung am nächsten. Auch sein Gewicht stellt ungefähr das Mittel aus dem Stückgewicht der Erzeugung dar. Wir sehen, daß auch die Zuschlagsrechnung für dieses Stück keine allzu großen Unterschiede vom Durchschnittspreis ergibt und auch die verschiedenen Methoden nicht sonderlich differieren. Anders ist es schon bei den nach unten und oben abweichenden Gußstücken. Hohe Löhne und niedriges Stückgewicht hat die Mitnehmerscheibe ①; es ist nun ohne weiteres erklärlich, daß beim reinen Lohnzuschlag sich die Herstellungskosten besonders hoch, beim reinen Gewichtszuschlag besonders niedrig stellen. Der aus beiden Methoden sich ergebende Durchschnittspreis wäre rund 60 RM, das sind 100% mehr als die durchschnittlichen Herstellungskosten dieses Betriebes; die Herstellungskosten nach dem reinen Lohnzuschlag sind rund 40% höher als die Herstellungskosten nach dem reinen Gewichtszuschlag, während die Methode beider Zuschläge erwartungsgemäß ausgleichend wirkt und auch schon ohne genaue Überlegung den größten Anschein der Richtigkeit für sich hat. Das Gegenbeispiel ist der Fall ③, der Eisenbahnbremsklotz. Er fällt mit seinem Fertigungslohn aus dem Durchschnitt nach unten heraus und bekommt infolgedessen bei der Betriebsunkostenberechnung durch reinen Lohnzuschlag viel zu wenig Unkosten auf die Reise. Beim reinen Gewichtszuschlag dahingegen zu viel, und erst die gedoppelte oder besser gesagt geteilte Methode bringt uns annähernd brauchbare Werte. Ein ähnlicher, wenn auch nicht ganz so kraß gelagerter Fall ist die Lagerplatte ohne Kern, bei der die Fertigungslöhne etwa die Hälfte des Durchschnittslohns auf die Gewichtseinheit betragen. Der Vollständigkeit halber hätten wir auch ein sehr

* Das flüssige Eisen ist nach den in Abschnitt 2 angegebenen Grundsätzen berechnet, also unter Berücksichtigung des verschiedenen Abfalls und Ausschusses der einzelnen Stücke und ebenso wie die Fertigungslöhne auf 100 kg bezogen.

schweres Stück von mehreren Tonnen in unseren Vergleich einbeziehen müssen, aber es zeigt sich da nichts anderes als beim Eisenbahnbremsklotz, daß nämlich die Fertigungslöhne, bezogen auf die Gewichtseinheit, außerordentlich niedrig sind, was hier durch Massenfertigung und dementsprechend durchgebildete Einrichtung erreicht wurde. Der Eisenbahnbremsklotz wurde aber auch deshalb gewählt, weil er nach anderer Richtung außerordentlich interessant ist. Es gibt viele Hersteller, die ihre Preise für derartige, aus dem Rahmen der sonstigen Produktion fallenden Stücke in Ermanglung einwandfreier Errechnungsmethoden aus dem Ärmel schütteln, weil sie sehen, daß sie mit den von ihnen errechneten Preisen auf dem Markt nicht konkurrenzfähig sind. In unserem Falle wäre das der Mann mit dem reinen Gewichtszuschlag. Andere Werke, die mit reinem Lohnzuschlag arbeiten, errechnen für ihre Bremsklötze außerordentlich niedrige Herstellungskosten und richten auf dem Markt damit große Verwirrung an. Daß dies weder für Abnehmer noch Erzeuger zuträglich ist, erweisen die nicht endenwollenden Klagen über Beschaffenheit und Preise von Bremsklötzen.

Nach dieser Würdigung der Betriebsunkosten wollen wir uns kurz noch mit den Kosten der höheren Verwaltung und des Verkaufs befassen, die wir nach der Harzburger Druckschrift die Handlungsunkosten nennen. Dazu gehören von den vielen Möglichkeiten, die Handlungsunkosten als Zuschlag zu verrechnen, die drei Methoden, der Zuschlag:

1. auf die Fertigungslöhne;
2. auf das Gewicht der Ausbringung;
3. auf die Herstellungskosten.

Zunächst gilt für die ersten beiden Zuschlagsfaktoren dasselbe, was sie auch in vielen Fällen als Bezugsgröße der Betriebsunkosten ungeeignet machen. Wir haben uns daher gewöhnt, die dritte Methode, den Zuschlag auf die Herstellungskosten zu verwenden. Die Herstellungskosten sind die Selbstkosten des Betriebes. Sie bestehen, wie wir oben gesehen haben, aus flüssigem Eisen, Fertigungslöhnen und Betriebsunkosten. Wollen wir den Zuschlagsfaktor für die Handlungsunkosten finden, so brauchen wir lediglich die in der Zeiteinheit aufgelaufenen Handlungsunkosten zu teilen durch die in der gleichen Zeit entstandenen Herstellungskosten.

Handlungsunkosten in Prozent = $\frac{\text{Handlungsunkosten}}{\text{Herstellungskosten}}$ in Zeiteinheit $\cdot 100$.

Über die Höhe dieser Prozentsätze läßt sich natürlich ebenfalls nicht allgemein Gültiges sagen. In den Jahren 1924 bis 1928 schwankten sie im Mittel der deutschen Eisengießereien zwischen 20 und 16% und sind bei Großbetrieben durchwegs höher als bei Mittel- und Kleinbetrieben. Es muß jedoch darauf geachtet werden, daß gerade diese Gruppe von Unkosten sehr stark vom Beschäf-

tigungsgrad abhängt, da in ihr ein besonders großer Teil von Zeitkosten enthalten ist.

Im folgenden mögen nur noch einige Fragen der Selbstkostenberechnung erörtert werden, die zwar nicht für die Gießerei eigentümlich sind, jedoch augenblicklich stark im Vordergrund des Interesses gerade in Gießereikreisen stehen. Zunächst ist dies die Überlegung, ob man mit den monatlich errechneten Unkostensätzen zu rechnen habe oder ob andere Sätze zugrunde gelegt werden müssen, die aus einem Mittel über längere Zeiträume gewonnen sind. Man muß dabei streng unterscheiden, zu welchem Zweck eine Selbstkostenrechnung gemacht wird. Handelt es sich um die Vorrechnung für Angebote, so werden wir schwerlich mit im Vormonat ermittelten Sätzen arbeiten können, weil wir dabei Gefahr laufen, zu Zeiten schlechter Beschäftigung, wenn die Unkostensätze verhältnismäßig hoch sind, keine Aufträge zu bekommen und zu Zeiten guter Beschäftigung niedrigere Preise errechnen als tatsächlich zu erzielen sind. Die Wirtschaftlichkeit verlangt, daß die Preise nach Möglichkeit konstant bleiben sollen, denn die bei einem Absinken der Preise infolge schlechter Konjunktur entstehenden Verluste müssen zu Zeiten guter Konjunktur wieder ausgeglichen werden. Anders liegt der Fall, wenn es sich um Überschlagsrechnungen für die Rentabilität des einzelnen Betriebs oder einzelner Betriebsabteilungen oder um die nachträgliche Feststellung des Betriebsergebnisses handelt. Da sind wir selbstverständlich auf die letzten erreichbaren Unkostensätze angewiesen bzw. diejenigen Unkostensätze, die wir aus irgendwelchem Grunde für den fraglichen Betriebszustand für richtig halten.

Über die Ermittlung der monatlichen tatsächlichen Unkostensätze ist nichts Neues zu sagen. Man geht nach dem allgemein bekannten Verfahren vor, die tatsächlich buchmäßig festgestellten Unkostensummen durch ihre Bezugsgröße zu dividieren, wie dies im vorigen Abschnitt an den Handlungskosten gezeigt wurde. Unregelmäßig auftretende größere Ausgaben sind nicht dem betreffenden Monat zu belasten, sondern auf Sammelkonten zu nehmen und retrograd zu verteilen, wie man dies ja bei allen Kapitalkosten zu tun pflegt. Dies trifft insbesondere zu für Neuanlagen von Maschinen, Gebäuden, Formkasten, Modellen, Propaganda, Heizung, Urlaubslöhnen, Reparaturen aller Art u. a. m. Weitere Störungen können durch die Abrechnungsmethode in die Kontinuität und Übersichtlichkeit gebracht werden. Hier ist in der Hauptsache an die Lohnverrechnung gedacht, die häufig wöchentlich oder vierzehntägig vorgenommen wird. Man findet dann oft, daß die zwölf Rechnungsabschnitte in einem Jahr sich bei vierzehntägiger Abrechnung auf zehn vierwöchige und zwei sechswöchige oder bei wochenweiser Abrechnung acht vierwöchige und vier fünfwöchige Rechnungsabschnitte verteilen. Das ist für die Prozentstatistik natürlich nicht von großer

Bedeutung, verbietet jedoch eine Auswertung der gegebenen Zahlen aus einer Mengenstatistik, die Erzeugungsmenge und Gesamtkosten nebeneinander aufführt. Wollen wir aus einer solchen Zusammenstellung Nutzen ziehen, so müssen wir zeitlich annähernd gleiche Abschnitte wählen. Das geschieht entweder dadurch, daß wir die Dekadenlöhnung einführen, die in vielen Betrieben häufig schon üblich ist und deren Einführung keine sonderlichen Schwierigkeiten gemacht hat oder daß wir den Monatsersten als Stichtag nehmen und die Löhne auf- oder abrechnen, indem wir den Lohn auf die Zeiteinheit berechnen und den Über- oder Unterschuß addieren oder abziehen.

Bei der Errechnung des Unkostenmittels über längere Zeitabschnitte pflegt man sich heute noch allgemein des rechnerischen Mittelwertes zu

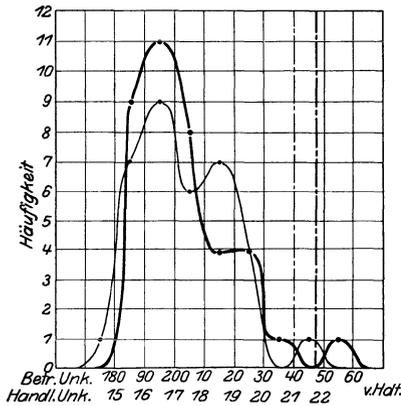


Abb. 3. Ermittlung der Unkostensätze durch Häufigkeitskurven.
 — Betriebsunkosten, — Handlungskosten.

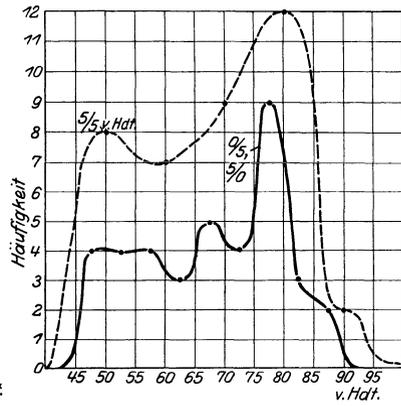


Abb. 4. Darstellung des Beschäftigungsgrades durch Häufigkeitskurven.

bedienen, d. h. man addiert die in der Gesamtzeit aufgetretenen Unkostensätze einer Art und dividiert sie durch die Zahl der Abrechnungseinheiten, z. B. der Monate. Die Methode ist nur unter der Einschränkung richtig, daß während der ganzen Zeit annähernd gleiche Betriebsverhältnisse geherrscht haben. Da die Prozentsätze, die wir unseren Selbstkostenrechnungen zugrunde legen, Wertsummen ergeben, ist es natürlich nicht gleichgültig, aus welchen Werthöhen sie gewonnen sind. Ein Unkostensatz auf die Löhne z. B., der aus einem Streikmonat herrührt, in dem das Werk vorübergehend vielleicht etwa nur zu 10% beschäftigt war, wird bedeutend aus dem Mittel nach oben abweichen und das arithmetische Mittel höher werden lassen als es wertmäßig in der Gesamtzeit begründet war. Um rechnerisch ganz richtig vorzugehen, müßten wir das Mittel nicht aus den Prozentzahlen nehmen, sondern wir müßten Summen und Bezugsgrößen sämtlicher Zeitabschnitte zueinander in Beziehung setzen. Ein anderer Weg zur Erreichung der

mittleren Unkostensätze ist die Anwendung von Häufigkeitskurven (Abb. 3). An diesen sieht man herausfallende Werte auf den ersten Blick und man kann sich, wenn man dem Grund nachgegangen ist, leicht dafür entscheiden, ob man sie bei der Gesamtrechnung berücksichtigen will oder nicht. In unserm Falle beträgt beispielsweise das arithmetische Mittel aus den errechneten Betriebsunkostensätzen 215%, die einwandfreie Errechnung des Mittelsatzes aus der Gesamtsumme der Betriebsunkosten und Fertigungslöhnen 202%. Die Häufigkeitskurve hat ihre Spitze bei 195% und eine Punkthäufung bei 215%. Aus der Häufigkeitskurve würden wir ohne weiteres einen Unkostensatz von 200% vorschlagen, da wir den Satz von 255%, der nur einmal aufgetreten ist und das arithmetische Mittel aus den Sätzen stark

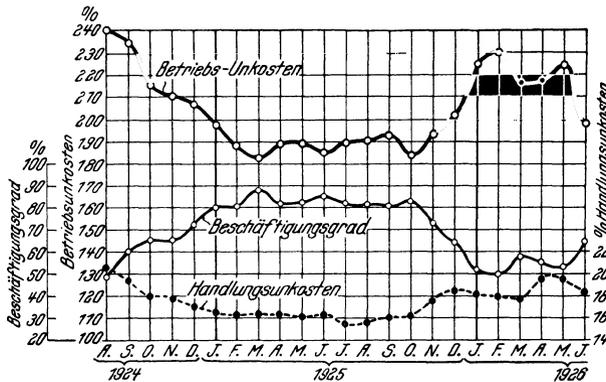


Abb. 5. Statistische Erfassung von Beschäftigungsgrad und Unkosten.

nach oben gedrückt hat, ohne weiteres herausfallen lassen können, weil wir wissen, daß der Monat, in dem dieser Satz aufgetreten ist, ein Streikmonat war und wertmäßig nur geringe Bedeutung hatte.

Bei der Ermittlung des Beschäftigungsgrades werden wir am besten ähnlich vorgehen und uns eine Häufigkeitskurve anlegen. Aus einer solchen Häufigkeitskurve kann man eine Menge Schlüsse ziehen, die aus Zahlenreihen nicht ohne weiteres zutage treten (Abb. 4). Wir sehen hier z. B. an einer Zusammenstellung der Beschäftigungsgrade über mehrere Jahre hinweg in einer Häufigkeitskurve, daß wir zwei Spitzen in der Darstellung haben. Bei der Betrachtung der graphischen Darstellung in Prozenten von Beschäftigungsgrad, Betriebs- und Handlungskosten (Abb. 5), finden wir die Erklärung dieser Tatsache: Niedrige und hohe Konjunktur sind meistens anhaltend gewesen, während die Zeiten mittlerer Beschäftigung schnell durchlaufen wurden. Der Konjunkturbeobachtung erschließen sich durch solche Darstellungen viele Möglichkeiten, die für Betriebsführung und Verkaufstaktik wertvoll sein können.

E. Abhängigkeit der Selbstkosten vom Beschäftigungsgrad.

Das folgende Beispiel zeigt den Einfluß der schwankenden Beschäftigung auf die Selbstkosten eines Gußstückes. Zugrunde gelegt ist ein Lagerdeckel (Abb. 6) im Stückgewicht von 50 kg (Tab. 4). Das flüssige

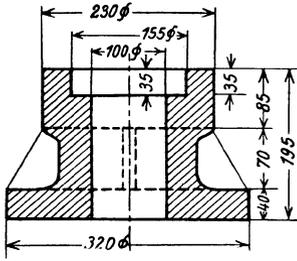


Abb. 6. Lagerdeckel.

Eisen ist nach Harzburger Druckschrift berechnet, die Fertigungslöhne sind in Zeit und Geld angegeben, und zwar je Stück und je 100 kg. Da für unsere Betrachtung die Veränderung der Fertigungslöhne und des flüssigen Eisens keine sehr große Rolle spielt, außerdem die Schwankungen dieser Kosten in dem untersuchten Zeitraum außerordentlich gering waren, sind sie hier der Einfachheit halber konstant angenom-

men — die wirkliche Veränderung, die diese Kosten während des genannten Zeitraumes erfahren haben, betragen nicht ganz 1% und spielen also

Tabelle 4. Die Kosten von 100 kg Guß von August 1925 bis Juni 1926. Stückgewicht 50 kg. Preis des flüssigen Eisens* für 100 kg 12,55 RM.

Fertigungslöhne	je Stück		je 100 kg	
	min	RM	min	RM
Former	110	1,43	220	2,86
Kernmacher	15	0,20	30	0,40
Putzer	25	0,29	50	0,58
Summe	150	1,92	300	3,84

	1924		1925			1926	
	Aug.	Okt.	Jan.	März	Okt.	Febr.	Juni
Flüssiges Eisen*	12,55	12,55	12,55	12,55	12,55	12,55	12,55
Fertigungslöhne	3,84	3,84	3,84	3,84	3,84	3,84	3,84
Betriebsunkosten	9,22	8,26	7,56	6,99	7,10	8,83	7,60
Sa. Herstellungskosten	25,61	24,65	23,95	23,38	23,49	25,22	23,99
Handlungsunkosten	5,25	4,44	3,95	3,74	3,76	4,54	4,32
Sa. Selbstkosten	30,86	29,09	27,90	27,12	27,25	29,76	28,31

in diesem Zusammenhang keine Rolle. Es ist auf Grund der vorhergegangenen Zusammenstellung über die Unkostenrechnung nunmehr zu den wichtigsten Zeiten die Selbstkostenrechnung dieses Stückes durchgeführt. Zugrunde gelegt sind die aus der vorigen Kurve (Abb. 5) erkenntlichen Sätze für Betriebs- und Handlungsunkosten, die der Wirklichkeit entnommen sind. Berechnet man nun auf Grund dieser Zahlen

* Nach Harzburger Druckschrift⁶.

die Betriebsunkosten in Prozent der Fertigungslöhne, so findet man die in der dritten Zeile angegebenen Werte. Sie haben ihren höchsten Stand im August 1924, senken sich bis März 1925, steigen wiederum bis Februar 1926, um im Juni wieder herabzufallen. Dasselbe gilt für die Handlungsunkosten und somit für die gesamten Selbstkosten überhaupt. Die Schwankungen erreichen hier eine Höhe von 15%, können jedoch naturgemäß noch viel größer sein, wenn die Differenz in den Schwankungsgraden größer ist. In bildlicher Darstellung sieht man das Ergebnis dieser Aufstellung in Abb. 7. Hier sind die als konstant angegebenen Werte in der Ordinate aufgetragen, Betriebs- und Handlungsunkosten als Summe darüber. Zum Vergleich ist der Beschäftigungsgrad mit aufgenommen.

Nach den ausgedehnten theoretischen Erörterungen über den Einfluß des Beschäftigungsgrades, die in den letzten Jahren die Literatur beherrscht haben, tritt man nunmehr an die Möglichkeiten, die sich in der

Praxis für die Berücksichtigung der durch den Beschäftigungsgrad entstehenden Schwankungen bieten. Es zeigt sich dabei, daß vieles, was die Theorie erarbeitet hat, für die Praxis nicht brauchbar ist. Es würde zu weit führen, sich im einzelnen mit den verschiedenen Möglichkeiten zu beschäftigen; es sei lediglich eingegangen auf den Gesichtspunkt der Zweiteilung der Selbstkosten im Hinblick auf ihre Abhängigkeit vom Beschäftigungsgrad. Wir nennen die vom Beschäftigungsgrad im großen und ganzen unabhängigen Kosten Zeitkosten, die abhängigen Mengenkosten. Die Frage, ob im ganzen Kostenverrechnungssystem diese Zweiteilung praktisch durchführbar und ob eine solche Arbeit wirtschaftlich tragbar ist, läßt sich vor der Hand noch nicht entscheiden. Wir müssen uns damit begnügen, neben der eigentlichen Selbstkostenrechnung, die, wie oben ausgeführt, mit stabilen Durchschnittssätzen über längere Zeiträume arbeitet, Rentabilitätsrechnungen aufzustellen, die

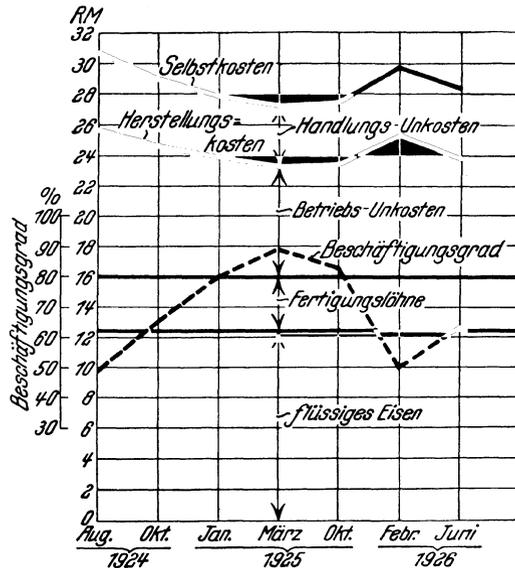


Abb. 7. Selbstkosten eines Gußstückes und Beschäftigungsgrad.

dem veränderlichen Beschäftigungsgrad Rechnung tragen. Man kann zu diesem Zweck rein verstandesmäßig alle Konten durchgehen, in Zeit und Mengenkosten scheiden, getrennt aufrechnen, den diesen Summen entsprechenden Beschäftigungsgrad ermitteln und dann rein rechnerisch die Gesamtkosten der verschiedenen in Frage kommenden Beschäftigungsgrade dadurch erhalten, daß man den stets gleichbleibenden Zeitkosten die mit den verschiedenen Produktionshöhen zu multiplizierenden Mengenkosten hinzuzählt. Man kann aber auch anders verfahren, indem man auf rein rechnerischem Wege aus den statistischen Zahlen die tatsächlichen Größenwerte der Zeit- und Mengenkosten gewinnt. Die Methode ist an anderer Stelle ausführlich behandelt³.

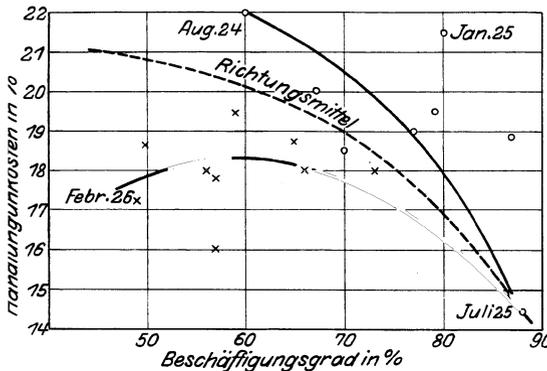


Abb. 8. Abhängigkeit der Unkostensätze vom Beschäftigungsgrad.

Unter Umständen wird es auch genügen, die Abhängigkeit der Betriebs- und Handlungsunkostensätze vom Beschäftigungsgrad festzustellen, was man ebenfalls durch eine graphische Darstellung erreichen kann (Abb. 8). Wir tragen uns auf der Ordinate den Beschäftigungsgrad, auf der Abszisse die Unkostenprozentzahlen, in unserm

Beispiel der Handlungsunkosten, auf. Aus der Punkteschar lassen sich Richtlinien für die Abhängigkeit ohne weiteres erkennen. Unsere Werte entstammen einem Zeitabschnitt, in dem erst ein Anstieg des Beschäftigungsgrades und darauf ein Abfall stattfand. Wir ersehen daraus die ungefähre Höhe, also die Tendenz der Abhängigkeit, wenn wir das Richtungsmittel als Anhalt nehmen. Eine größere Genauigkeit ist für die Überschlagsrechnung im allgemeinen auch nicht nötig.

Im übrigen dürfen wir uns nicht verhehlen, daß wir ohne die Berücksichtigung des Beschäftigungsgrades in der Vorrechnung heute nicht mehr auskommen. Die auf die Massenherstellung und Vereinheitlichung gerichtete Tendenz der Industrie ist viel mehr als früher dazu angetan, bei Abgabe von Preisen auf den Beschäftigungsgrad Rücksicht zu verlangen. Um ein Beispiel zu nennen: Angenommen, wir hätten unsern Betrieb mit 60% beschäftigt und wären in der Lage, durch einen größeren Auftrag 80proz. Beschäftigung zu erreichen, so können wir, um diesen Auftrag zu bekommen, mit dem Preis heruntergehen. Wird dies rein gefühlsmäßig besorgt, wie das heute noch vielfach

üblich ist, so können unangenehme Folgen eintreten. Die einwandfreie Kenntnis der Veränderung der Selbstkosten kann uns solche unangenehmen Folgen ersparen. Wir brauchen den in Frage kommenden Auftrag dann lediglich mit den ermäßigten Unkostensätzen vorzurechnen, die uns unsere Untersuchungen über die Abhängigkeit der Unkostensätze vom Beschäftigungsgrad ergeben haben.

Im Zusammenhang mit der Besprechung aller Selbstkostenfragen haben wir oft die Statistik als ein Erkenntnismittel für den Betriebsrechner und Kaufmann erwähnt. Es würde zu weit führen, in diesem Zusammenhang eingehende Ausführungen über dieses Gebiet zu machen; es sei daher auf die Schrift von Antoine: „Statistische Betriebsüberwachung“, hingewiesen, in der die für die Gießereien notwendigen statistischen Arbeiten erschöpfend behandelt sind.

Literaturverzeichnis.

- ¹ Antoine: Statistische Betriebsüberwachung. München: R. Oldenbourg.
- ² Brütisch: Die Selbstkostenberechnung in Gießereien. Berlin: Julius Springer 1926.
- ³ Leber: Die Frage der Selbstkostenberechnung von Gußstücken in Theorie und Praxis. Stahleisen m. b. H. 1910.
- ⁴ Lischka: Die Selbstkostenrechnung in der Eisengießerei. München: R. Oldenbourg 1926.
- ⁵ Tillmann: Lehrbuch der Stückzeitermittlung in der Maschinenformerei. München: R. Oldenbourg 1927.
- ⁶ Verein Deutscher Eisengießereien: Harzburger Druckschrift IV. Auflage 1925.
- ⁷ Refa-Mappe für Gießereiwesen. Berlin: Beuth-Verlag 1926.
- ⁸ Daeves: Großzahlforschung. Düsseldorf: Stahleisen 1924.

Anhang.

Tabelle 1. **Deutsche Normen (Gußeisen) DIN 1691***.

Allgemeine Vorschriften.

Umfang der Prüfungen.

Die Prüfungen der Gußstücke erstrecken sich auf:

- a) Äußere Beschaffenheit,
- b) Form, Abmessungen und Gewichte,
- c) Eigenschaften des Werkstoffes.

a) Äußere Beschaffenheit.

Die Oberfläche der Gußstücke muß allseitig von Formsand, Kernsand oder angebranntem Sand gereinigt und von allen Unebenheiten, die den Gebrauch beeinträchtigen, befreit sein. Angüsse, Steiger, Gußnähte oder sonstige überflüssige Anhängsel am Gußstück sind zu beseitigen. Das Ausbessern von Fehlstellen durch Schweißen usw. und sonstiges Flickern ist ohne Rückfrage beim Besteller nur insoweit gestattet, als dadurch der Gebrauchswert des Gußstückes zweifellos nicht beeinträchtigt wird.

b) Form, Abmessungen und Gewichte.

Form, Abmessungen und Gewichte der Gußstücke sind an Hand der Modelle, Schablonen oder Zeichnungen zu prüfen. Bei der Gewichts Berechnung sind die form- und gießtechnischen Notwendigkeiten zu berücksichtigen. Als Einheitsgewicht ist $7,25 \text{ kg/dm}^3$ zugrunde zu legen. Das Versandgewicht eines Gußstückes darf das ermittelte Gewicht, sofern keine besonderen Vereinbarungen getroffen werden, bei Modellarbeit höchstens um 5%, bei Schablonenarbeit oder bei Arbeit nach Skelettmodellen höchstens um 10% überschreiten.

Für gußeiserne Rohre und Rohrformstücke gelten besondere Vorschriften.

c) Eigenschaften des Werkstoffes.

Das Gußeisen darf keine Mängel haben, die die Verwendbarkeit und nötigenfalls Bearbeitbarkeit** der Gußstücke beeinträchtigen. Die Eigenschaften des Werkstoffes müssen von Fall zu Fall dem Verwendungszweck der Gußstücke angepaßt werden. Zur Untersuchung der Festigkeit dienen Zugversuche und Biegeversuche; weitere Versuche erfolgen nur nach Vereinbarung.

Zugfestigkeit***. Die im folgenden Abschnitt angegebenen Werte für die Zugfestigkeit gelten für einen angegossenen Probestab, dessen Durchmesser der mittleren Wanddicke des Gußstückes angepaßt ist, jedoch soll nicht gefordert werden, daß der Rohdurchmesser des Probestabes 30 mm übersteigt. Die Gußhaut ist durch Abdrehen herunterzuarbeiten.

* Abdruck der Normblätter des Deutschen Normenausschusses. Verbindlich für die vorstehenden Angaben bleiben die Dinormen. Normblätter sind durch den Beuth-Verlag G. m. b. H., Berlin S. 14, Dresdener Str. 97, zu beziehen.

** Einwandfreie Prüfverfahren zur Feststellung der gleichmäßigen Bearbeitbarkeit können zur Zeit noch nicht angegeben werden.

*** Diese Angaben gelten nur so lange, bis die beim Deutschen Verband für die Materialprüfungen der Technik (DVM) in Arbeit befindlichen endgültigen Bestimmungen vorliegen.

Biegefestigkeit. Die Werte für Biegefestigkeit und Durchbiegung gelten für einen getrennt gegossenen Biegestab von 30 mm Durchmesser und 600 mm Stützweite*. Der Stab wird in unbearbeitetem Zustand geprüft.

Klasseneinteilung und Werkstoffeigenschaften.

Klassen	Verwendungsbeispiele	Vorschriften
Bauguß und Handelsguß (siehe Artikel- liste des Vereins deutscherEisen- gießereien)	a) Säulen usw. b) Fenster usw. in Kasten- oder Herdguß, c) Bau- und Unterlageplatten, Zwischenstücke für Eisen- und Straßenbahngleise, einfache Gewichte usw. d) Herde, Öfen sowie Geschirrguß (roh und emailliert, inoxydiert oder sonstwie verfeinert) usw., e) Heizkörper, Radiatoren, Rippenrohre, Heizkessel, Feuerungsteile dazu, hohle Bügel-eisen, Gas-, elektrische und Spirituskocher usw. f) Zubehörteile für Haus- und Straßenentwässerung usw. g) Abflußrohre und Abflußformstücke.	
	h) Druckmuffen- und Flanschenrohre mit zugehörigen Formstücken.	Siehe Vorschriften des Deutschen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik (DVM) vom Oktober 1909.
Feinguß und Kunstguß	Zierguß für Säulen, Türen und Möbel, Schmuckkasten, Bilderrahmen, Beleuchtungskörper und ähnliche einfache kunstgewerbliche Gebrauchsgegenstände usw. Kunstgegenstände nach besonderen Entwürfen, wie Statuen, Büsten, Reliefs, Tierfiguren, Schalen, Vasen usw.	
Maschinenguß ohne besondere Gütevorschriften	für den allgemeinen Maschinenbau und Schiffbau, Werkzeugmaschinenteile von untergeordneter Bedeutung, Textilmaschinen, Landmaschinen, Hausmaschinen und Büromaschinen, für die Elektroindustrie Gehäuse und dünnwandige Teile usw.	Gut bearbeitbar. In der Regel findet keine Abnahme statt. Die Gießerei gewährleistet eine Mindestzugfestigkeit von 12 kg/mm ² . Bezeichnung der Güteklasse: Ge 12. 91.

* Diese Stabform ist jedoch nicht endgültig; ihre endgültigen Abmessungen hängen von den mit dem vorläufigen Stab gesammelten Erfahrungen ab.

Tabelle 1 (Fortsetzung).

Klassen	Verwendungsbeispiele	Vorschriften																								
Maschinenguß mit besonderen Gütevorschriften	für den allgemeinen Maschinenbau und Schiffbau, Werkzeugmaschinen, Zylinder aller Art, Dampfmaschinen- und Dampfröhrenteile, Wärmebeständige Gußstücke (bis 420°), Kolbenringe, Kolben, Eisenbahnoberbauteile (Schienenstühle, Futterstücke für Weichen, Weichenböcke, Laternenteller zu Weichenböcken) usw.	<p>Gut bearbeitbar.</p> <table border="1" data-bbox="722 372 989 513"> <thead> <tr> <th data-bbox="722 372 809 478">Güteklasse Bezeichnung</th> <th data-bbox="809 372 847 478">Zugfestigkeit o/B</th> <th data-bbox="847 372 934 478">Biegefestigkeit* o/B</th> <th data-bbox="934 372 989 478">Durchbiegung*</th> </tr> <tr> <td></td> <td data-bbox="809 478 847 513">kg/mm² mind.</td> <td data-bbox="847 478 934 513">kg/mm² mind.</td> <td data-bbox="934 478 989 513">mm mind.</td> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="722 513 809 539">Ge 14.91</td> <td data-bbox="809 513 847 539">14</td> <td data-bbox="847 513 934 539">(28)</td> <td data-bbox="934 513 989 539">(7)</td> </tr> <tr> <td data-bbox="722 539 809 566">Ge 18.91</td> <td data-bbox="809 539 847 566">18</td> <td data-bbox="847 539 934 566">(34)</td> <td data-bbox="934 539 989 566">(7)</td> </tr> <tr> <td data-bbox="722 566 809 592">Ge 22.91</td> <td data-bbox="809 566 847 592">22</td> <td data-bbox="847 566 934 592">(34)</td> <td data-bbox="934 566 989 592">(8)</td> </tr> <tr> <td data-bbox="722 592 809 619">Ge 26.91</td> <td data-bbox="809 592 847 619">26</td> <td data-bbox="847 592 934 619">(46)</td> <td data-bbox="934 592 989 619">(8)</td> </tr> </tbody> </table> <p>Mit Ge 26.91 beginnen die Sondergüten.</p> <p>* Diese Werte gelten nur vorläufig und für den angegebenen Biegestab von 600 mm Stützweite.</p>	Güteklasse Bezeichnung	Zugfestigkeit o/B	Biegefestigkeit* o/B	Durchbiegung*		kg/mm ² mind.	kg/mm ² mind.	mm mind.	Ge 14.91	14	(28)	(7)	Ge 18.91	18	(34)	(7)	Ge 22.91	22	(34)	(8)	Ge 26.91	26	(46)	(8)
Güteklasse Bezeichnung	Zugfestigkeit o/B	Biegefestigkeit* o/B	Durchbiegung*																							
	kg/mm ² mind.	kg/mm ² mind.	mm mind.																							
Ge 14.91	14	(28)	(7)																							
Ge 18.91	18	(34)	(7)																							
Ge 22.91	22	(34)	(8)																							
Ge 26.91	26	(46)	(8)																							
Maschinenguß mit besonderen magnetischen Eigenschaften	Dynamomaschinen Elektromotoren	<p>Wie Maschinenguß ohne besondere Gütevorschriften, jedoch mit vorgeschriebener magnetischer Induktion.</p> <p>Gewährleistete Werte:</p> <table border="1" data-bbox="753 963 961 1104"> <thead> <tr> <th data-bbox="753 963 847 1016">Ampere- windungen</th> <th data-bbox="847 963 961 1016">Magnetische Induktion B</th> </tr> <tr> <td></td> <td data-bbox="847 1016 961 1042">mindestens</td> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="753 1042 847 1068">Aw/cm</td> <td data-bbox="847 1042 961 1068">25</td> </tr> <tr> <td></td> <td data-bbox="847 1068 961 1095">50</td> </tr> <tr> <td></td> <td data-bbox="847 1095 961 1121">7000</td> </tr> <tr> <td></td> <td data-bbox="847 1121 961 1148">8500</td> </tr> </tbody> </table> <p>Bezeichnung der Güteklasse: Ge 12.91 D.</p>	Ampere- windungen	Magnetische Induktion B		mindestens	Aw/cm	25		50		7000		8500												
Ampere- windungen	Magnetische Induktion B																									
	mindestens																									
Aw/cm	25																									
	50																									
	7000																									
	8500																									
Hartguß	<p>a) Weißhartguß (ohne Schale durchgehend hart gegossen): Laufräder für Dampfplüge, hydraulische Kolben, gezahnte Walzen für Walzenbrecher usw.</p> <p>b) Schalenguß (mit abgeschreckter Oberfläche): Kollergangringe und -platten, Kugelmühlplatten, Steinbrecherplatten, Eisenbahnräder (Griffin), Stempel und Ziehringe sowie ähnliche Verschleißteile usw.</p>	<p>Weißstrahlige Schale mit allmählichem Übergang zum grauen weichen Kern.</p>																								

Tabelle 1 (Fortsetzung).

Klassen	Verwendungsbeispiele	Vorschriften
Hartguß	c) Walzenguß: Hartgußwalzen (Schalenguß) mildharte, halbharte und Lehmgußwalzen für die Eisen- und Stahlindustrie und Metallindustrie, Walzen für Druckerei-, Müllerei-, Papier-, Gummi- und Textilmaschinen, Zuckermühlen usw.	
Säurebeständiger Guß und alkalibeständiger Guß	a) säurebeständiger Guß: Rohre, Schalen, Töpfe, Hähne, Kessel, Säurepumpen usw.; b) alkalibeständiger Guß: Sodaschmelzkessel, Natronkessel usw.	
Feuerbeständiger Guß	a) ohne besondere Vorschrift: Zubehörteile für Feuerungen, Platten usw., Roststäbe;	Nach besonderer Vereinbarung.
	b) mit besonderer Vorschrift: Schmelzkessel für Nichteisenmetalle, Retorten, Glühköpfe usw., Roststäbe für Lokomotiven.	
Besondere Gußzeugnisse	Blockformen (Kokillen) für Stahl und Nichteisenmetalle, Dauerformen für Handelsgußwaren, Rohrformstücke usw., Dauerformen für die Glasindustrie, Schachtringe (Tübbings), Amboße und ähnliche massive Gußstücke, Bremsklötze für Bahnbedarf, Piano- und Flügelplatten.	

Tabelle 2. Normteile aus Gußeisen.

DIN	
3302	Durchgangsventile
3303	„
3304	„
3307	„
3308	„
3309	„
3312	Durchgangs- und Eckventile, Deckel
3316	Eckventile, Stopfbuchse und Grundring
3317	„ Säulen- und Bügelaufsatz
3319	Handräder mit vollem Kranze
3322	Eckventile

DIN	Tabelle 2 (Fortsetzung).				
3323	Eckventile				
3324	„				
3327	Eckventile, Gehäuse				
3328	„	„			
3329	„	„			
1002	Eiserne Fenster				
1003	Bl. 1	„	„		
	Bl. 2	„	„		
1004	„	„			
364	Abflußrohre,				
538	Abflußrohre, Muffendeckel				
539	„	Reinigungsrohre für Abfalleitungen			
540	Abflußkrümmer, Abflußbogen				
541	Abfluß-Übergänge, Abfluß-Übergangsbogen				
542	Abfluß-S-Stücke				
543	Schräge T-Stücke für Abflußrohre				
544	Schräge Kreuzstücke für Abflußrohre				
545	Formstücke für Abflußrohre				
590	Kellersinkkasten ohne Putzöffnung				
591	„	mit	„		
592	Deckensinkkasten				
593	Bl. 2	Aufsatz für Straßenabläufe mit Breitrost, Rahmen			
	Bl. 3	„	„	„	Rost mit Längsstäben
	Bl. 4	„	„	„	Rost mit Querstäben
597	Aufsatz für Hofablauf, leicht				
598	„	„	„	schwer	
1207	Bl. 2	Aufsatz für Straßenabläufe mit Schmalrost, Rahmen			
	Bl. 3	„	„	„	Rost mit Längsstäben
	Bl. 4	„	„	„	Rost mit Querstäben
690	Rillenprofile für Seilrollen				
389	Handräder mit Wellenkranz und geraden Armen				
390	„	„	vollem Kranz und schrägen Armen		
950	Bl. 1	„	„	„	rundem Loch
	Bl. 2	„	„	„	„
951	Bl. 1	„	„	„	geradem Vierkantloch
	Bl. 2	„	„	„	„
952	Bl. 1	„	„	„	verjüngtem Vierkantloch
384	Lagerbuchsen				
907	Kernstopfen				
795	Ankerplatten für Hammerschrauben, Ankerschrauben				
798	Ankermuttern für Ankerschrauben				
799	Fundamentklötze				
2422	Gußeisenrohre, Flanschenrohre				
115	Schalenkupplungen für Transmissionen				
116	Scheibenkupplungen für Transmissionen				
117	Wandarme zu Stehlagern für Transmissionen nach DIN 118				
118	Stehlager für Transmissionen				
119	Hängelager für Transmissionen				
187	Winkelarme zu Stehlagern für Transmissionen nach DIN 118				
189	Bl. 1	Sohlplatten			
	Bl. 2	„			

DIN	Tabelle 2 (Fortsetzung).
193	Mauerkasten
194	Hängeböcke
195	Bl. 1 Stehböcke
	Bl. 2 „
191	Doppel-Ankerplatten für Hammerschrauben zu Sohlplatten
192	Doppel-Wandankerplatten zu Wandarmen nach DIN 117
794	Ankerplatten für Hammerschrauben
796	Wandankerplatten
752	Deckenvorgelege, Hängelager mit Armen
753	„ Stangenhalter
754	„ Finger
755	„ Hebelhalter
756	„ Hebelhalter mit Arm
757	„ Anschlag
BERG	
30	Bl. 3 Selbstdichtende Durchgangshähne, Hahngehäuse
31	Bl. 2 nicht selbstdichtende Durchgangshähne, Hahngehäuse
VDE	
6010	Handgriff für Seilzug
6050	Handräder
6051	Handkurbeln
6052	Umschalthebel
6054	Markenringe mit Einsetzschildern
7600	Verbindungs muffen für Einleiterkabel
7601	Bl. 1 „ „ Mehrleiterkabel
7603	Schutzverbindungsmuffen zu Bleiverbindungsmuffen f. Einleiterkabel
7605	„ „ „ f. Mehrleiterkabel
7620	Abzweigmuffen für ungeschnittene Einleiterkabel
7621	Bl. 1 „ „ Mehrleiterkabel
7630	Hausanschlußmuffen für Mehrleiterkabel
7690	Flachendverschlüsse
7691	Fassungen mit Dichtscheiben für Flachendverschlüsse
7692	Bl. 1 Kegel-Endverschlüsse für Ein- und Mehrleiterkabel
7693	Deckel für Kegel-Endverschlüsse nach DIN VDE 7692
KrM	
101	Kolbenringe für Gußeisenkolben
LON	
438	Handräder für Ventile
2001	Roststäbe
2003	Kipproststäbe
2013	Rostbalken
2014	Rostbalken für Kipprost
2206	Feuertür mit Grundplatte, Rechteckige Drehtür, Feuertürgrundplatte
2207	„ „ „ Runde Drehtür, Feuertürgrundplatte
2212	Drehtür aus Gußeisen
2213	„ „ „ „ , Träger
2218	Klapptür, Feuertürgrundplatte
2219	Klapptür
2236	Feuerlochschröner für runde Feuerlöcher 300 und 400 mm Durchmesser

In der Sammlung

Schriften der Arbeitsgemeinschaft Deutscher Betriebsingenieure

erschienen bisher:

Band I: Der Austauschbau und seine praktische Durchführung.

Bearbeitet von Prof. Dr. G. Berndt, Obering. Th. Damm, Obering. C. W. Drescher, Obering. G. Frenz, Obering. M. Gohlke, Prof. K. Gottwein, Obering. K. Gramenz, Direktor Dr.-Ing. e. h. E. Huhn, Dr.-Ing. O. Kienzle, Obering. G. Leifer, Direktor Dr.-Ing. e. h. J. Reindl. Herausgegeben von Dr.-Ing. Otto Kienzle. Mit 319 Textabbildungen und 24 Zahlentafeln. VIII, 320 Seiten. 1923. Gebunden RM 8.50

Band II: Lehrbuch der Vorkalkulation von Bearbeitungszeiten.

Von Kurt Hegner, Direktor der Ludwig Loewe & Co. A.-G., Berlin. Erster Band: Systematische Einführung. Zweite, verbesserte Auflage. Mit 107 Bildern. XII, 188 Seiten. 1927. Gebunden RM 15.—

Band III: Spanabhebende Werkzeuge für die Metallbearbeitung und ihre Hilfseinrichtungen.

Bearbeitet von Direktor R. Bussien, Obering. A. Cochius, Prokurist K. Gildenstein, Ing. E. Herbst, Direktor W. Hippler, Dr.-Ing. R. Koch, Ing. H. Mauck, Direktor Dr.-Ing. e. h. J. Reindl, Prof. Dr.-Ing. O. Schmitz, Dipl.-Ing. E. Simon, Prof. E. Toussaint. Herausgegeben von Dr.-Ing. e. h. J. Reindl, Techn. Direktor der Schuchardt & Schütte A.-G. Mit 574 Textabbildungen und 7 Zahlentafeln. XI, 455 Seiten. 1925. Gebunden RM 28.50

Band IV: Spanlose Formung. Schmieden, Stanzen, Pressen, Prägen, Ziehen.

Bearbeitet von Dipl.-Ing. M. Evers, Dipl.-Ing. F. Großmann, Direktor M. Lebeis, Direktor Dr.-Ing. V. Litz, Dr.-Ing. A. Peter. Herausgegeben von Dr.-Ing. V. Litz, Betriebsdirektor bei A. Borsig G. m. b. H., Berlin-Tegel. Mit 163 Textabbildungen und 4 Zahlentafeln. VI, 152 Seiten. 1926.

Gebunden RM 12.60

Band V: Schlosserei- und Montage-Arbeitszeitermittlung und Zeitbedarf verwandter Handarbeiten.

Bearbeitet von Kalkulator M. Belke, Abteilungsvorsteher P. Bothe, Obering. O. Flacker, Dr.-Ing. H. Freund, Prof. K. Gottwein, Direktor K. Hegner, Betriebsdirektor G. Laufs, Ing. Fr. Schleif, Kalkulator W. Schulz, Kalkulator A. Wartus, Dr.-Ing. A. Winkel, Dr.-Ing. E. Wüsthube. Herausgegeben von K. Gottwein, o. Professor an der Techn. Hochschule zu Breslau. Mit 139 Textabbildungen und 106 Zahlentafeln. VII, 312 Seiten. 1928.

Gebunden RM 26.—

Aus den Besprechungen:

In einer ausführlichen Einleitung erläutern Prof. Gottwein und Obering. Flacker das Wesen der reinen Handarbeitszeiten und ihre Erfassung, ferner die Grundbegriffe für Handarbeiten und die Eigenart der reinen Handarbeiten hinsichtlich der Erfassung ihres Zeitbedarfs. Durch die Anlehnung an die Refa-Blätter für spanabhebende Bearbeitung wird dem Betriebsingenieur und Kalkulator das Studium des Buches wesentlich erleichtert . . . Gottwein, Laufs und Bothe behandeln die Arbeitszeiten im Eisenbahnwagenbau einschließlich Tischler-, Stellmacher- und Lackiererarbeiten, wobei sowohl die Arbeitsablaufpläne als auch die Beispiele für die Ermittlung der Stückzeiten für den Betriebsingenieur sehr wertvolle Quellen sein werden . . .

Durch eine zusammenfassende Umschau von Gottwein wird das Buch geschlossen, in dem eine Anzahl von Sonderfachleuten das überaus umfangreiche Gebiet der Zeitbestimmung bei ausgesprochenen Handarbeiten um ein großes Stück weiter erschlossen hat. Die Entwicklungs- und Berechnungsbeispiele sind von hohem allgemeinen Wert. Das Buch wird gleich wertvoll für den Betriebsfachmann wie auch für den Studenten sein.

„Verkehrstechnik“.

Mechanische Technologie für Maschinentechniker.

(Spanlose Formung). Von Dr.-Ing. Willy Pockrandt, z. Zt. komm. Oberstudiendirektor bei der Staatlichen Maschinenbau- und Hüttenschule Gleiwitz. Mit 263 Textabbildungen. VII, 292 Seiten. 1929.

RM 13.—; gebunden RM 14.50

Moderne Metallkunde in Theorie und Praxis. Von

Oberingenieur J. Czochralski. Mit 298 Textabbildungen. XIII, 292 Seiten. 1924.

Gebunden RM 12.—

Werkstoffprüfung für Maschinen- und Eisenbau. Von

Dr. G. Schulze, Materialprüfungsamt Berlin-Dahlem, und Studienrat Dipl.-Ing. E. Vollhardt. Mit 213 Textabbildungen. VIII, 185 Seiten. 1923.

RM 7.—; gebunden RM 8.50

Materialprüfung mit Röntgenstrahlen unter besonderer

Berücksichtigung der Röntgenmetallographie. Von Dr. Richard Glocker, Professor für Röntgentechnik und Vorstand des Röntgenlaboratoriums an der Technischen Hochschule Stuttgart. Mit 256 Textabbildungen. VI, 377 Seiten. 1927.

Gebunden RM 31.50

Handbuch des Materialprüfungswesens für Maschinen- und Bauingenieure. Von Prof. Dipl.-Ing. Otto Wawrzyniok, Dresden.

Zweite, vermehrte und vollständig umgearbeitete Auflage. Mit 641 Textabbildungen. XX, 700 Seiten. 1923.

Gebunden RM 24.—

Stahl- und Temperguß. Ihre Herstellung, Zusammensetzung,

Eigenschaften und Verwendung. Von Prof. Dr. techn. Erdmann Kothny. (Heft 24 der „Werkstattbücher“) Mit 55 Figuren im Text und 23 Tabellen. 68 Seiten. 1926.

RM 2.—

Das Gußeisen. Seine Herstellung, Zusammensetzung, Eigen-

schaften und Verwendung. Von Joh. Mehrrens. (Heft 19 der „Werkstattbücher“) Mit 15 Textfiguren. 66 Seiten. 1925.

RM 2.—

Das technische Eisen. Konstitution und Eigenschaften. Von

Prof. Dr.-Ing. Paul Oberhoffer, Aachen. Zweite, verbesserte und vermehrte Auflage. Mit 610 Abbildungen im Text und 20 Tabellen. X, 598 Seiten. 1925.

Gebunden RM 31.50

Leitfaden der Hüttenkunde für Maschinentechniker.

Von Dipl.-Ing. K. Sauer. Zweite, durchgesehene Auflage. Mit 82 Textabbildungen. IV, 90 Seiten. 1922.

RM 2.—

Modell- und Modellplattenherstellung für die Maschinenformerei. Von Fr. und Fe. Brobeck. (Heft 37 der „Werkstattbücher“) Mit 234 Figuren im Text. 55 Seiten. 1929.

RM 2.—