Zeitschrift: Jurablätter : Monatsschrift für Heimat- und Volkskunde
Band: 27 (1965)
Heft: 10

Artikel: Das Eisen [Fortsetzung und Schluss]
Autor: Brehmer, Horst
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-861219

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Siehe Rechtliche Hinweise.

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. Voir Informations légales.

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. See Legal notice.

Download PDF: 25.05.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Das Eisen*

Von HORST BREHMER

Die Stahlerzeugung

Roheisen hat eine Zusammensetzung, die die Schmiedbarkeit ausschliesst. Besonders der Gehalt an Kohlenstoff, aber auch Phosphor, Mangan, Silizium und Schwefel bewirken, dass beim Erhitzen das Roheisen nicht allmählich erweicht, sondern innerhalb einer kleinen Temperaturspanne plötzlich schmilzt. Dagegen nimmt die Verformbarkeit von Stahl mit steigender Temperatur ständig zu. Stahl ist deshalb durch die Schmiedbarkeit gekennzeichnet.

Bei der Umwandlung von Roheisen in Stahl werden die störenden Eisenbegleiter durch die Einwirkung von Luft- oder Erzsauerstoff oxydiert und in der Schlacke gebunden. Der Vorgang wird als Frischen bezeichnet. Durch die Steuerung des Frischprozesses über Temperatur, Frischmittel, Schlackenzusammensetzung usw. und durch das Aufkohlen und Legieren wird Stahl der gewünschten Zusammensetzung erschmolzen.

Man unterscheidet heute hauptsächlich drei Verfahren:

1. Die Blasverfahren im Konverter (Umwandler):
   a) Bessemer-Verfahren, b) Thomas-Verfahren,
   c) Das Sauerstofffrischen (LD-, LDAC-, Kaldo-, Rotor-Verfahren)
2. Das Siemens-Martin-Verfahren
3. Das Elektrostahlverfahren

Das Blasstahlverfahren. Die Zeit des Massenstahles begann mit Bessemers Erfindung des Windfrischverfahrens. Von Thomas auch auf phosphorhaltiges Roheisen anwendbar gemacht, erlaubte dieses Verfahren den Ausbau der Stahlerzeugung in Deutschland, Frankreich, Luxemburg und Belgien hauptsächlich auf der Grundlage der Minette-Erze, später auch der phosphorhaltigen Schwedenerze. Der besondere Wert des Verfahrens liegt darin, dass der Prozess sehr schnell abläuft und keine Wärmezufuhr von aussen benötigt. Allein durch die Verbrennung der Eisenbegleiter entsteht soviel Wärme, dass die Badtemperatur während des Blasens um mehrere hundert Grad ansteigt und man sogar Kühlschrott zugeben muss.

Der Thomas-Konverter besteht aus einem birnenförmigen Stahlgefäss, das kippbar gelagert ist. Zur feuerfesten Auskleidung des Gefässes und zur Herstellung der Düsenböden wird Dolomit, ein Kalzium-Magnesium-Karbonat, in einer Mischung mit Teer verwendet. Die Düsenböden halten nicht so lange wie das Gefäss und sind daher auswechselbar. Der Wind wird dem Konverter durch

* Vgl. den 1. Teil in: «Jurablätter» 1964, Heft 12, Seite 173—184

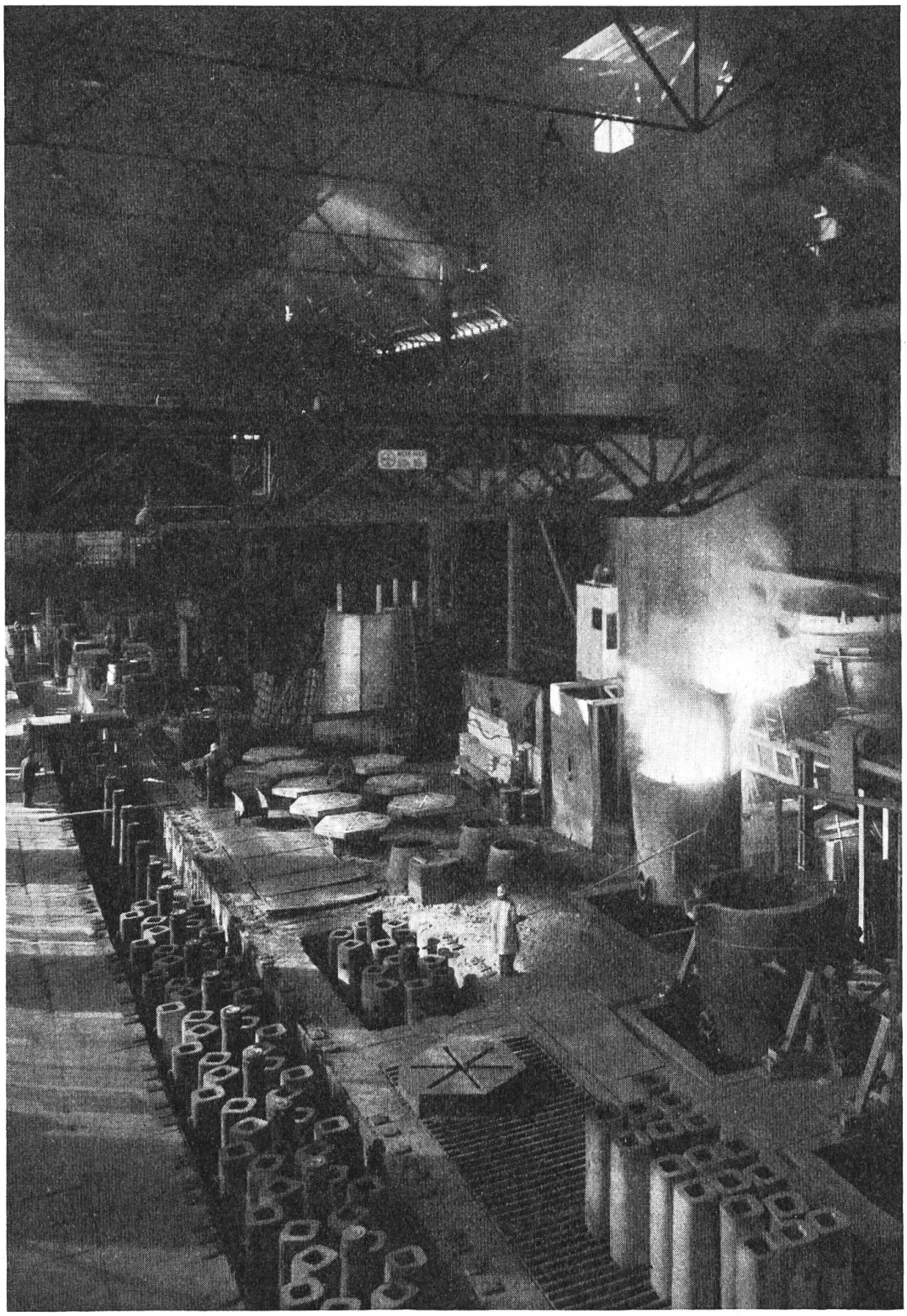
einen hohlen Tragzapfen zugeführt, verteilt sich im Windkasten unter dem Boden auf die Düsen und strömt in die Schmelze. Roheisenbad, Schlacke und Gase werden dabei stark durchwirbelt und kommen in innigste Berührung. Das erklärt die kurzen Reaktionszeiten, bedeutet aber, dass der Konverter nur zu etwa einem Zehntel gefüllt werden darf, damit nicht Eisen und Schlacke ausgeworfen werden.

Als Beispiel sei nachstehend die Arbeitsweise des Thomas-Konverters erläutert: Zunächst werden Kalk, der zur Verschlackung von Silizium und Phosphor benötigt wird, und Kühlschrott in den liegenden Konverter eingesetzt. Anschliessend füllt man das vom Mischer kommende Roheisen (je nach Fassung des Konverters 15-60 t) mit Hilfe einer Pfanne in den liegenden Konverter. Bevor man den Konverter aufrichten kann, muss der «Wind» eingeschaltet werden, damit das flüssige Roheisen nicht die Düsen verstopft und darin erstarrt. Der Wind wird mit einem Druck von 1,5 bis 2,5 atü durch das Bad des nun senkrecht stehenden Konverters geblasen. Zuerst werden Silizium und Mangan verschlackt, anschliessend setzt die Kohlenstoffverbrennung ein, die man an der hell leuchtenden Konverterflamme erkennt. Nach der Kohlenstoffverbrennung ist nun eine flüssige, eisenreiche Schlacke vorhanden, die für die Entphosphorung Voraussetzung ist. Die Entphosphorungsperiode ist sehr gut am Flammenbild und an der Entwicklung von braunrotem Rauch zu erkennen. Nach 15-20 Minuten ist der Prozess beendet. Der Konverter wird wieder in waagrechte Lage gebracht, es wird eine Probe gezogen und hierauf — wenn kein Nachblasen erforderlich ist — zunächst die Schlacke und dann der Stahl abgekippt. Die phosphorreiche Schlacke ist ein gutes Düngemittel und wird darum zum bekannten Thomasmehl vermahlen. Der Stahl wird eventuell in der Pfanne noch auflegiert und dann zu Blöcken gegossen.

Sowohl das Bessemer- als auch das Thomas-Verfahren haben den Nachteil, dass relativ hohe Stickstoffgehalte mit der Luft in das Bad gelangen. In neuerer Zeit ist es gelungen, diesen Nachteil durch die Verwendung von mit Sauerstoff angereicherter Luft und von Dampf zu beseitigen.

Noch besser ist jedoch das Verfahren, das von dem Schweizer Metallurgen Prof. Dr. R. Durrer erfunden wurde: Das Sauerstoffaufblasen. Dieses Verfahren wurde in Österreich weiterentwickelt, da die dort heimischen phosphorarmen Erze kein wirtschaftlich im Thomas-Konverter verblasbares Roheisen ergaben. Es wurde unter der Bezeichnung «LD-Verfahren» bekannt, nach den Anfangsbuchstaben der beiden österreichischen Werke Linz und Donawitz, in denen die grosstechnische Entwicklung geleistet wurde.

Das Wesentliche des LD-Verfahrens besteht darin, dass Sauerstoff mit einer wassergekühlten Düse (Lanze) unter hohem Druck auf das Bad geblasen



Werk Gerlafingen: Elektro-Stahlwerk

wird. Der Düsenboden des Konverters ist damit überflüssig geworden. Die Blaszeit ist etwas länger als beim Thomas-Verfahren, dafür kann aber auch ein höherer Anteil Schrott (bis ca. 25 %) mit eingeschmolzen werden. Metallurgisch besteht ein Unterschied zwischen Thomas- und LD-Verfahren insofern, als die Verbrennung beim Aufblaseverfahren in anderer Reihenfolge vonstatten geht als beim Thomas-Konverter.

Neben dem LD-Verfahren gibt es noch Abarten des Sauerstoffblasens, die hier der Vollständigkeit halber kurz erwähnt seien: Das schwedische Kaldo-Verfahren, das deutsche Rotor-Verfahren und das in Belgien, Frankreich und Luxemburg gleichzeitig entwickelte Kalkaufblasverfahren. Bei diesem wird Sauerstoff mit Kalkstaub auf das Roheisen geblasen.

Das Siemens-Martin-Verfahren. Nach diesem auch Herdfrischen genannten Verfahren wird heute noch der grösste Teil des Stahles hergestellt, in den USA z. B. rund 90 %. Es beruht auf der von Friedrich Siemens erfundenen Regenerativfeuerung, die dadurch gekennzeichnet ist, dass sie die Wärme der Abgase zum Vorwärmen der Verbrennungsluft ausnützt. Bevor die Abgase in den Kamin eintreten, erhitzen sie Wärmespeicher (Kammern), die mit feuerfestem Gitterwerk ausgestattet sind. Sind die Kammern erhitzt, wird die Feuerung umgestellt; die Verbrennungsluft strömt nun durch die erhitzten Kammern und wird vorgewärmt. Emile und Pierre Martin wandten dieses Verfahren sowohl für Luft als auch für Gas an und erreichten auf diese Weise erstmals Temperaturen, die zum Schmelzen von Schrott mit Roheisen erforderlich sind.

Die rechteckigen Siemens-Martin-Öfen werden heute bis zu einem Fassungsvermögen von 550 t gebaut. Als Brennstoff wird meistens Generatorgas verwendet, doch auch Koksofengas, Naturgas, Öl und Kohlenstaub werden benutzt. Auf der einen Längsseite befinden sich am tiefsten Punkt des Herdes das Abstichloch, auf der anderen mehrere Türen zum Einsetzen (Chargieren) des Materials. An den schmalen Seiten des Ofens sind die Brenner und Gasabzüge, unter dem Ofen die Wärmespeicher (Regenerativkammern) zum Aufheizen von Gas und Luft angebracht.

Die Öfen werden mit Schrott oder mit Schrott und flüssigem oder festem Roheisen beschickt. Dank der grossen Badoberfläche können metallurgische Arbeiten gut über die Schlacke ausgeführt werden. Darum werden die Siemens-Martin-Öfen auch vorwiegend für das Erschmelzen von Qualitätsstählen eingesetzt, während sich das Windfrischen für die Herstellung von Massenstählen durchgesetzt hat.

Das Elektrostahlverfahren. Das Bedürfnis, hochwertige Stähle zu erzeugen, führte dazu, zur Wärmeerzeugung im Stahlofen die reinste und höchstwertige Energie, die Elektrizität, heranzuziehen. Aus den vielen um die Jahrhundert-

wende vorgeschlagenen Ofentypen hat sich der Lichtbogenofen nach Héroult eindeutig durchgesetzt. Er ist wie der Siemens-Martin-Ofen ein Herdofen und arbeitet verfahrensmässig ähnlich wie dieser. Der Lichtbogenofen besteht aus einer kippbaren, runden Ofenwanne, die entweder basisch oder sauer ausgemauert werden kann. Auf der hinteren Seite ist die Abstichschnauze, auf der Vorderseite die Arbeitstür. Auf der Wanne liegt ein mit feuerfesten Steinen gemauerter, abnehmbarer und seitlich ausfahrbarer Deckel. Durch den Deckel ragen, in wassergekühlte Fassungen eingebaut, drei Kohlen- oder Graphitelektroden, zwischen denen ein elektrischer Lichtbogen erzeugt wird. Regelvorrichtungen sorgen für die Einhaltung der gewünschten Betriebsbedingungen (Spannung, Lichtbogenlänge, Leistung), die dem Ablauf des Schmelzvorganges entsprechend benötigt werden. Da am Ofen die elektrische Spannung nicht so gross sein darf, dass das Bedienungspersonal gefährdet werden kann, muss die grosse benötigte Leistung durch hohe Stromstärke übertragen werden. Die elektrischen Anlagen werden dadurch sehr aufwendig.

Die Arbeitsweise des Elektro-Lichtbogenofens ist etwa folgende: Nach dem Abstich wird der Herd des Ofens ausgebessert; der Deckel wird zur Seite gefahren und die Beschickung mit Hilfe eines Korbes, der sich am Boden öffnet, in den Ofen gebracht. Durch die Strahlungshitze des Lichtbogens schmilzt der eingesetzte Schrott ein. Flüssiges Roheisen kann zur Verkürzung der Zeit vom Chargieren bis zum Abstich (Chargenzeit) zugegeben werden. Wenn die Schmelze genügend erhitzt ist, wird mit gasförmigem Sauerstoff oder mit gebundenem Sauerstoff in Form von Eisenerz der Frischvorgang eingeleitet, und es verbrennen Kohlenstoff, Silizium, Mangan und Phosphor. Schwefel und Phosphor werden an Kalk gebunden, der zur Bildung einer Schlackenschicht aufgegeben wird. Um die hohen Sauerstoffgehalte in der Schmelze nach dem Frischen zu beseitigen, werden Desoxydationsmittel verwendet. Die nun folgende Zugabe von Legierungselementen führt zur gewünschten Stahlzusammensetzung. Der Verlauf der Charge wird durch chemische Analysen von herausgeschöpften Proben überwacht. Eine gewöhnliche Charge dauert 3 bis 4 Stunden. Der Elektro-Lichtbogenofen ist zur Herstellung von Qualitätsstahl besonders geeignet. Er steht jedoch im Begriff, auch in die Massenstahlproduktion einzudringen. Die grössten Öfen erschmelzen zurzeit Chargen von 200 t.

Dem Lichtbogenofen steht der Elektro-Induktionsofen zur Seite. Er erlaubt, in Anlehnung an das alte Tiegel-Schmelzverfahren Stähle grösster Reinheit und beinahe beliebiger Legierung zu erschmelzen. Man ist dabei allerdings auf reine Einsatzstoffe angewiesen, da sich im Ofen keine nennenswerten metallurgischen Reaktionen durchführen lassen. Der Ofen besteht ähnlich einem Transformator aus einer starken, wassergekühlten Kupferspule mit wenigen Windungen, dem

darin gestampften Tiegel aus feuerfester Masse und der Beschickung (Schrott) als Eisenkern. Das elektromagnetische Kraftfeld der Spule induziert im Schmelzgut Wirbelströme, die in Wärme umgewandelt werden. Die grössten Öfen fassen etwa 15 t.

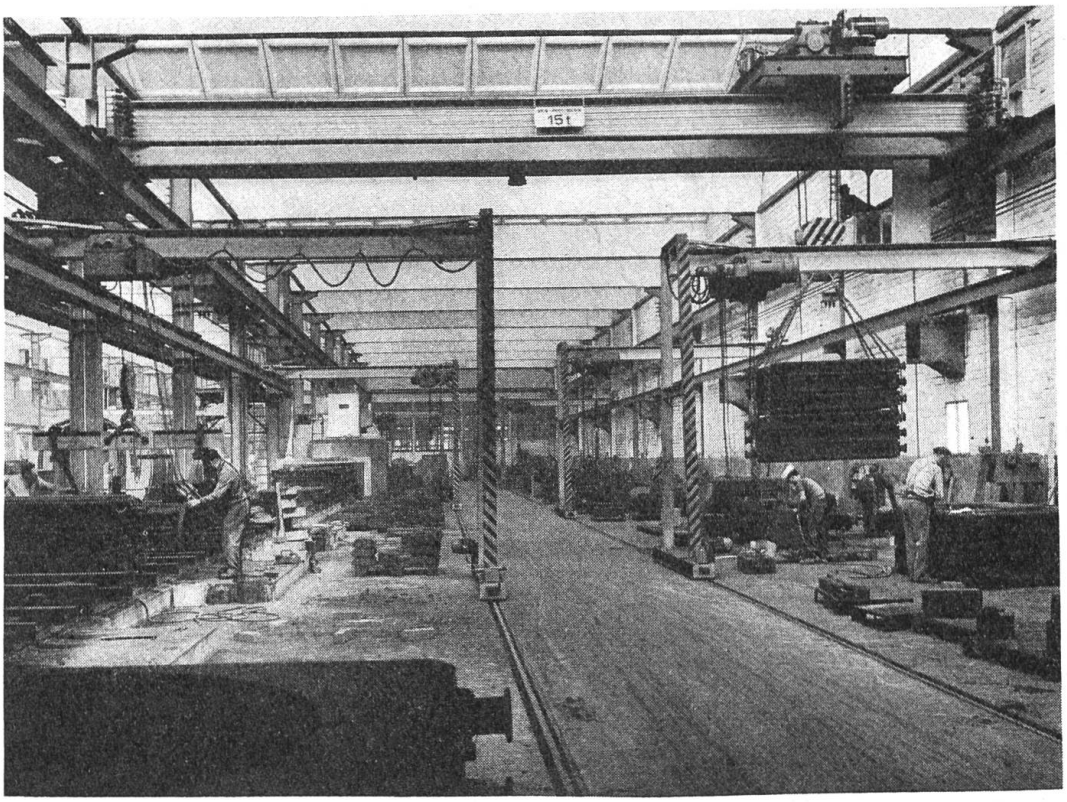
Das Vergiessen des Stahls. Der vom Konverter, vom Siemens-Martin-Ofen oder vom Elektroofen in die mit feuerfesten Steinen ausgekleidete Giesspfanne abgekippte Stahl wird zu Stahlblöcken, Brammen (rechteckigen Stahlblöcken) oder direkt in Formen gegossen. Es werden verschiedene Giessverfahren unterschieden. Beim Giessen von oben, fallend, läuft der Stahl durch den Bodenauslass der Pfanne in gusseiserne Formen, Kokillen genannt. Diese haben normalerweise einen quadratischen Querschnitt, sind unten und oben gewöhnlich offen und auf eine Gussplatte gestellt; Blöcke für das Walzwerk haben ein Gewicht bis zu 15 t, solche für die Schmiede bis über 150 t. Beim Siemens-Martin- oder Elektrostahl-Verfahren wird üblicherweise von unten, steigend, gegossen. Eine Gespannplatte verteilt dabei durch feuerfeste ausgemauerte Kanäle den flüssigen Stahl in mehrere Kokillen.

Neuerdings können beim sogenannten Stranggiessen aus flüssigem Stahl vierkantige Stücke (Knüppel) in Walzabmessungen gegossen werden, ohne dass der Weg über Block, Aufwärmeofen (Tief- oder Stossofen) und Blockwalzwerk beschritten werden muss. Der Strangguss erfolgt in einem turmartigen Giessstand. Ebenfalls in neuerer Zeit wurde gefunden, dass Sauerstoff, Stickstoff und Wasserstoff, die die Eigenschaften des Stahls verschlechtern, beim Giessen unter Vakuum teilweise entfernt werden können, ein Verfahren, das vor allem zur Erzeugung von grösseren oder empfindlichen Schmiedeblöcken dient. Ähnlich wie Gusseisen kann man den Stahl auch in Formen giessen, wenn auch mit grösseren Schwierigkeiten und Kosten. Stahlguss wird für schwierige Stücke verwendet, die weder durch Walzen noch durch Schmieden oder ein anderes Verfahren hergestellt werden können und bei denen Anforderungen gestellt werden, die das Gusseisen nicht erfüllen kann.

Die Verarbeitung des Rohstahls

Die im Stahlwerk gegossenen Rohstahlblöcke werden durch Walzen, Schmieden und Strangpressen weiterverarbeitet. Dadurch wird sowohl die äussere Form des Stahls verändert als auch sein inneres Gefüge verbessert; diese Verbesserung ist nötig, da der Stahl in der Kokille mit grobkörnigem Gefüge erstarrt.

Formgebung durch Walzen. Ein Walzwerk besteht in seiner einfachsten Form aus zwei übereinanderliegenden Walzen, die mit ihren Zapfen in den Lagern des Walzenständers ruhen. Die Walzen werden durch eine Antriebs-



Werk Rondez: Mittelstück-Giesserei: Formhalle

maschine in gegenläufige Umdrehung versetzt, so dass sie einen Körper, der an sie herangeschoben wird, erfassen und, wenn er dicker ist als der freie Raum zwischen Ober- und Unterwalze, drücken und strecken. Je öfter das Walzgut durch die Walzen geschickt wird («Stiche») und je mehr die Walzen einander genähert werden, desto dünner und länger wird es. Werden die Walzen mit Eindrehungen (Kalibern) versehen, so wird der heisse, bildsame Stahl gezwungen, die Form dieser Kaliber anzunehmen. Die durch ein oder mehrere Walzgerüste gebildete Anordnung zum Walzen nennt man Walzenstrasse. Ein Walzgerüst kann mit zwei oder mehr Walzen ausgestattet sein. Die bekanntesten Ausführungen sind das Duo- oder Zweiwalzen-, Trio- oder Dreiwalzen-, Quarto- oder Vierwalzen-Gerüst und das Universalgerüst. Ausserdem gibt es viele Sonderbauarten. Das Walzgut wird zwischen den Walzgerüsten durch Rollgänge transportiert.

Die Blockstrasse walzt den aus dem Tiefofen oder — speziell bei Edelstahl — aus dem Wärmeofen kommenden Rohstahlblock auf einen Vierkantquerschnitt von ca. 130-250 mm Seitenlänge (oder einen entsprechenden Brammenquerschnitt) herunter. Dieser vorgewalzte Block weist schon eine beträcht-

liche Länge auf. Er wird darum meistens geteilt und als Ausgangsmaterial (Halbzeug) den anderen Walzenstrassen zugeführt.

Als Halbzeugstrasse kann eine ein- oder mehrgerüstige Walzenstrasse dienen. In mehreren Stichen wird der noch warme Vorblock mit kalibrierten Walzen auf den gewünschten Querschnitt heruntergewalzt. Die moderne Halbzeugstrasse arbeitet bei grossem Durchsatz kontinuierlich, d. h. sie besteht aus mehreren hintereinander angeordneten Walzgerüsten und wird zentral gesteuert, wobei kaum noch Handarbeit erforderlich ist.

Die eigentlichen Walzprodukte (Fertigerzeugnisse) werden in Fertigstrassen hergestellt, die aus mehreren Duo- oder Trio-Gerüsten bestehen. Entsprechend dem Walzprogramm sind die Walzen glatt oder kalibriert.

Je nach dem Durchmesser der Walzen spricht man von Grob-, Mittel- und Feinstrassen, je nach den Erzeugnissen von Stab-, Breitband- oder Drahtstrassen.

Stabstahl, Bandstahl, Rohre und Bleche werden auch kalt gewalzt; dabei sind bessere Materialeigenschaften und grössere Masshaltigkeit zu erzielen als beim Warmwalzen.

Die Fertigerzeugnisse der Walzwerke sind: Stabstahl (rund, vierkant, halbrund, flach, sechskant usw., Winkel, T-, Z- und U-Stahl bis 80 mm Höhe, Schiffbauprofile und unzählige Sonderprofile), Formstahl (Träger, U-Stahl über 80 mm Höhe, Breitflanschträger, Belageisen und Sonderprofile), Spundwandstahl, Oberbauprofile (Schienen, Unterlagplatten usw., Schwellen und Spezialprofile), Walzdraht (Rund-, Oval-, Vierkant-, Sechskant-, Achtkant- und Flachdraht, 5-16 mm), Breitflachstahl, Bandstahl und Bleche. Den grössten Anteil haben Stabstahl und Bleche.

Formgebung durch Schmieden. Das Schmieden ist die älteste Art der Formgebung des Eisens. Das Schmiedehandwerk war im Altertum am höchsten geachtet. Heute ist das Schmieden ein wichtiges Verfahren der Warmformgebung, das hochwertige Erzeugnisse mit zähem, bis in den Kern verdichtetem und gleichmässigem Gefüge ergibt. Viele Stähle lassen sich nur durch Schmieden gut verformen, wie z. B. Schnellarbeitsstahl und einige hitzebeständige Stähle. Nach der Art der Werkzeuge unterscheidet man Freiform- und Gesenkschmieden.

Das Freiformschmieden gleicht noch der Arbeit des Dorfschmiedes. Die Arbeitsgänge Stauchen, Recken, Absetzen, Schroten usw. sind geblieben, aber die Schmiedestücke sind bis zu 200 t schwer geworden, und der Handhammer wurde durch Druckluft oder Dampfhämmer und hydraulische Pressen ersetzt. Die Hämmer haben Bären bis 10 t Gewicht, die Pressen Presskräfte bis 15 000, ja sogar 50 000 t.

Die Erzeugnisse der Freiformschmieden, Schmiedepress- und Hammerwerke sind Halbzeug, Stabstahl und Freiformschmiedestücke. Hier entstehen Scheiben, Ringe, Buchsen und Würfel als genormte Teile, sowie Wellen, Rotoren, Kurbelwellen, Bandagen, Walzen, Hohlkörper u. a. m. als Einzelstücke oder Serien nach Zeichnungen.

Das Gesenkschmieden entwickelte sich aus dem Freiformschmieden. Ebenfalls mit Hämmern oder Pressen wird der bildsame Stahl in Halbformen (Ober- und Untergesenk) gedrückt. Er füllt diese ganz aus; das überschüssige Material tritt in den Spalt zwischen Ober- und Untergesenk und wird später vom Schmiedestück entfernt. Das Gesenkschmieden gewährleistet gute Masshaltigkeit der Stücke bei günstigem Faserverlauf des Stahls. Die Erzeugnisse sind meist kleinere Massenteile wie Schraubenschlüssel, Zangenschenkel, Messer, Gartengeräte, Rohlinge für Zahnräder, Lasthaken, Räder u. ä., aber auch grössere Serienteile wie Kurbelwellen und Achsen mit Stückgewichten bis etwa 400 kg.

Das Strangpressen ist eine Warmumformung von gegossenem, gewalztem oder geschmiedetem Rundstahl mittels hydraulischer Pressen. Der Arbeitsablauf ist folgender: Der zu verformende Block wird zunderfrei erwärmt und in den

Werk Bern: Einseil-Umlaufbahn (Sesselbahn) an der New Yorker Weltausstellung 1964/65, gebaut als Doppelanlage mit einer stündlichen Förderleistung von 2200 Personen in jeder Richtung

Blockaufnehmer (Rezipienten) der Presse gebracht. Seine Austrittsöffnung besteht aus der Matrize, in die die gewünschte Profilform eingearbeitet ist. Eine Platte aus gekörntem Glas wird vor die Öffnung gelegt. Unter dem Druck der Presse tritt der Stahl durch die Matrize und überzieht sich dabei mit dem schmelzenden Glas. Hohlprofile werden über einen Dorn gepresst, der nach der gewünschten Innenform gearbeitet ist und in die Matrize hineinragt. Auch hier wird die Reibung durch «Schmierung» mit flüssigem Glas vermindert. Durch das Strangpressen lassen sich mannigfaltige Profile herstellen, besonders solche, die sich nicht walzen lassen. Auch können schon kleine Mengen eines Profils wirtschaftlich erzeugt werden, da die Werkzeugkosten geringer sind als beim Walzen.

Einige Verarbeitungsverfahren, die vom Halbzeug oder von Fertigprodukten ausgehen, seien noch genannt:

Das Ziehen dient zur Verbesserung der Oberfläche und zur Erzielung besonderer Werkstoffeigenschaften bei Stabstahl und Rohren sowie zur Herstellung von Draht. Da man Rund- oder Profildraht nur bis zu einem Durchmesser von etwa 5 mm warmwalzen kann, muss dünnerer Draht gezogen werden. Die Arbeitsweise ist folgende: Der sorgfältig durch Beizen gereinigte und vorbereitete Draht wird in kaltem Zustand durch eine trichterförmige Ziehdüse gezogen, die im Durchmesser ein wenig kleiner ist als der zu ziehende Draht, so dass dieser nach dem Verlassen der Düse im Durchmesser ab- und in der Länge zugenommen hat. Die Schmierung mit Öl oder Seife erleichtert das Ziehen. Für dünne Drähte sind viele Züge nötig; da sich der Draht durch die Kaltverformung verfestigt, muss er zwischendurch weichgeglüht werden. Die Ziehdüsen werden stark beansprucht. Ihr Werkstoff ist häufig Hartmetall, für dünne Drähte auch Diamant.

Das Tiefziehen, ein wichtiger Zweig der Blechverarbeitung (Autokarosserien), ist dem Gesenkschmieden ähnlich, wird jedoch meist kalt durchgeführt.

Das Schweissen ist ein unentbehrliches Verfahren in der Stahlverarbeitung geworden. Mit Erfolg werden heute schon komplizierte Stahlgussstücke durch billigere und ebenso verlässliche Schweisskonstruktionen ersetzt. Im Stahlbau, besonders im Schiffbau, ersetzt das Schweissen fast ganz das Nieten. Den zahlreichen Schweissverfahren ist gemeinsam, dass an der Berührungstelle der zu verbindenden Teile der Werkstoff bildsam oder schmelzflüssig gemacht wird. Dabei kann an der Verbindungsstelle auch neuer Werkstoff zugegeben werden. Die älteste Art der Schweissung ist die im Schmiedefeuer. Die Autogenschweissung benutzt zur Erhitzung eine Wasserstoff- oder Azetylen-Sauerstoff-Flamme, die Elektroschweissung den elektrischen Lichtbogen. Bei der Punktschweissung werden die Verbindungsstellen beim Durchgang des elektrischen Stromes er-

hitzt und zusammengepresst; ähnlich ist die Stumpf-Abbrennschweissung. Weniger bekannt sind die Wassergasschweissung für Röhren und die verschiedenen Schutzgas- und Flussmittelschweissverfahren, die sogar schon automatisiert worden sind. Man kann fast alle Stahlqualitäten und viele Nichteisenmetalle schweissen.

Spanabhebende Formgebung. Hierunter versteht man Formgebungsarbeiten, bei denen Teile des Werkstoffs durch ein schneidendes Werkzeug entfernt werden, wie Drehen, Hobeln, Stossen, Bohren, Fräsen, Schleifen usw. Die verschiedenartigsten maschinellen Vorrichtungen und Werkzeuge dienen für diese Bearbeitung des Stahls.

Stahlrohre. Bei der Rohrherstellung werden die Verfahren des Walzens, Ziehens, Strangpressens und Schweissens vielfältig miteinander kombiniert. Man unterscheidet zwei Gruppen: nahtlose und geschweisste Rohre. Für nahtlose Rohre wird aus dem Block zuerst ein kurzes, dickwandiges Rohr hergestellt. Das geschieht durch Schrägwalzen, wodurch der Blockkern aufgerissen wird, oder durch Lochen mit einer Presse. Die so entstandene Rohrluppe wird durch verschiedene Walz- und Ziehverfahren im Durchmesser verringert und gestreckt. Auch durch Strangpressen werden Rohre hergestellt, besonders solche, deren Querschnitt nicht kreisförmig ist.

Das Ausgangsmaterial für geschweisste Rohre ist Blech. Zugeschnittene Blechbänder werden — meist durch Einziehen in einen Trichter — zum Rohr geformt und an den zusammenstossenden Kanten geschweisst. Auch diese Rohre können im Durchmesser noch verringert werden. Geschieht dies bei nahtlosen oder geschweissten Rohren durch Kaltziehen, wobei sowohl die Innen- als auch die Aussenseite bearbeitet wird, heisst das Erzeugnis im Handel Präzisionsstahlrohr.

Die Wärmebehandlung der Stähle

Die Wärmebehandlungen sind Verfahren zur Behandlung von Stahl im festen Zustand, wobei dieser entweder lediglich Änderungen der Temperatur oder des Temperaturablaufs unterworfen oder im festen Zustand auflegiert wird. Der Zweck ist, für die Bearbeitung von Werkstücken oder für deren Gebrauch die günstigsten Eigenschaften zu erzielen.

Entsprechend den Aufgaben werden die Wärmebehandlungen wie folgt unterteilt:

— Glühen (Spannungsfreiglühen, Weichglühen usw.)
— Härten (Härten, Anlassen, Vergüten)
— Oberflächenhärtung (Einsatzhärten, Flamm- und Induktionshärten, Nitrieren usw).

Stahlsorten

Stahl wird in grosser Mannigfaltigkeit benötigt. Die Stahlsorten können nach verschiedenen Gesichtspunkten eingeteilt werden:

1. *Herstellungsverfahren:* Früher wurden die Stähle vor allem nach dem Erzeugungsverfahren gekennzeichnet. Obwohl ihr Gehalt an Kohlenstoff, Silizium und Mangan bei allen Verfahren ähnlich ist, unterscheiden sie sich doch insbesondere im Phosphor-, Stickstoff- und Schwefelgehalt, der die Qualität des Stahls sehr stark beeinflusst.
2. *Form des Stahlprodukts:* Je nach der Form des gehandelten Stahls sind zur Herstellung unter Umständen verschiedene Stahlsorten zu verwenden. Dadurch führt die Bezeichnung eines Stahles als Formstahl, Stabstahl, Bandstahl, Draht, Bleche, Rohre usw. gleichzeitig zur Bezeichnung einer Stahlsorte.
3. *Verwendungszweck:* Er diktiert Zusammensetzung und Eigenschaften des Stahles. Man unterscheidet z. B. Bau- oder Konstruktionsstähle, Werkzeugstähle und die chemisch beständigen Stähle. Vor allem bei den Baustählen gibt es viele Untergruppen, z. B. Automatenstähle, Federstähle, usw.
4. *Eigenschaften:* Je nach den Eigenschaften, die die Stähle besitzen, können wiederum verschiedene Typen unterschieden werden. Bekannte Sorten sind hier die alterungsbeständigen und schweissbaren Stähle, die warmfesten Stähle, die rostfreien und die hitzebeständigen Stähle, u. a. m. Die heutigen Normen bedienen sich zur Kennzeichnung insbesondere des Verwendungszweckes und der Eigenschaften, wobei die Zugfestigkeit in kg/mm^2 eine massgebende Rolle spielt.
5. *Art der Wärmebehandlung:* Die an einem Stahlstück durchzuführende Wärmebehandlung verlangt unter Umständen eine bestimmte Stahlqualität. Es werden daher Stähle für das Vergüten, die Einsatzhärtung, die Flammhärtung, die Nitrierung usw. hergestellt.
6. *Zusammensetzung:* Die chemische Zusammensetzung des Stahles gestattet ebenfalls eine Unterteilung, wobei unlegierte, niedriglegierte und hochlegierte Stähle unterschieden werden. Je nach den Legierungszusätzen, die einzeln oder kombiniert erfolgen können, unterscheidet man Mangan-, Silizium-, Chrom-, Nickel-, Molybdän-, Wolfram-, Vanadium-, Chrom-Nickel-, Chrom-Nickel-Molybdän-Stähle usw.
7. *Gefüge:* Nach der Art der Grob- und Feinstruktur unterscheiden wir verschiedene Stahlsorten, wie Feinkornstahl oder ferritische, perlitische und austenitische Stähle.