

Sigmar Spauszus  
**Feuerstrom**  
aus Erz und Kohle

REGEN  
BOGEN  
REIHE





## Regenbogenreihe



Sigmar Spauszus  
**Feuerstrom aus Erz und Kohle**  
vom Roheisen zum Stahl

Illustrationen von Rudolf Schultz-Debowski



Der Kinderbuchverlag Berlin

Alle Rechte vorbehalten

Printed in the German Democratic Republic

Lizenz-Nr. 304-270/75/73-(40)

Gesamtherstellung: Interdruck, Leipzig

1. Auflage

ES 9F

Für Leser von 10 Jahren an

Best.-Nr. 6290840

EVP 3,-

## **Eisen überwindet Gold**

Am Morgen des 8. November 1519 erhebt sich der spanische Eroberer Hernán Cortez als erster von seinem Lager, um sein kleines Heer verwegener spanischer Abenteurer und mexikanischer Indianer zu sammeln. Er hat in dieser Nacht kaum geschlafen. Unmittelbar vor dem Ziel seiner Wünsche beschäftigten ihn viel Gedanken. Heute betritt er die Hauptstadt des mächtigen und unermeßlich reichen Aztekenstaates und steht dem Kaiser Montezuma gegenüber. Wie er anschließend in den Besitz der dort befindlichen Goldschätze kommt, weiß Cortez zu diesem Zeitpunkt noch nicht. Er ist jedoch sicher, daß ihm dies gelingt, auch wenn er dabei brutalste Gewalt anwenden muß, denn er ist nur in dieses Land gekommen, um die Goldschätze in seinen Besitz zu bringen.

Schließlich verfügt Cortez über reiche Erfahrungen darüber, wie man als Abgesandter des spanischen Königs und der christlichen Kirche mit den eingeborenen Völkern dieses Erdteils umgeht. Vor sechzehn Jahren ist er von Spanien nach Amerika gekommen, das Kolumbus 1492 entdeckte. Die Kunde von großen Schätzen lockte ihn wie viele andere Abenteurer. Er beteiligte sich zunächst an der Eroberung Kubas. Unter dem Vorwand, den christlichen Glauben unter den heidnischen Völkern verbreiten zu wollen, landete er am 16. August 1519 mit einigen Schiffen an der Küste des heutigen Mexiko.

Mit fünfhundertdreißig europäischen Söld-

nern, vierzehn Kanonen und sechzehn Pferde stieß Hernán Cortez sofort in das Innere des Landes vor. Indianerstämme, die sich ihm in den Weg stellten, kämpfte er rücksichtslos nieder. Dabei hörte Cortez von sagenhaft großen Goldschätzen des Aztekenreiches im Inneren des Landes. Sie sind sein Ziel.

Heute nun steht er vor den Toren der Hauptstadt. Cortez und seine Truppen sind sieggewohnt. Die Azteken verfügen zwar über Gold, die Spanier jedoch besitzen Eisen, aus dem ihre Schwerter, Feuerwaffen und Rüstungen bestehen. Für die Absichten Cortez zählt das Eisen mehr als Gold, denn es verleiht seiner Truppe die entscheidende Überlegenheit gegenüber den Steinwaffen der Völkerstämme Mexikos. Schrecken befällt die Indianer, wenn sie die ihnen unbekanntenen und durch Eisenrüstungen scheinbar unverwundbaren Pferde der Spanier sehen.

Schließlich hat es Cortez auch geschickt verstanden, die Zwietracht unter den eingeborenen Indianerstämmen zu nutzen. Dadurch gewinnt er willige Bundesgenossen, die sich an den Azteken für jahrelange Unterdrückung rächen wollen und nicht merken, daß sie für die Interessen der Spanier kämpfen und sterben.

Voller Zuversicht kann also Cortez an diesem Morgen den nächsten Stunden entgegensehen.

Schon nach wenigen Tagen weiß Cortez, daß er sich nicht getäuscht hat. Unermeßliche Goldschätze findet er in den Tempeln und Palästen der Stadt.

مخبر  
مخبر  
مخبر

MEXIKO

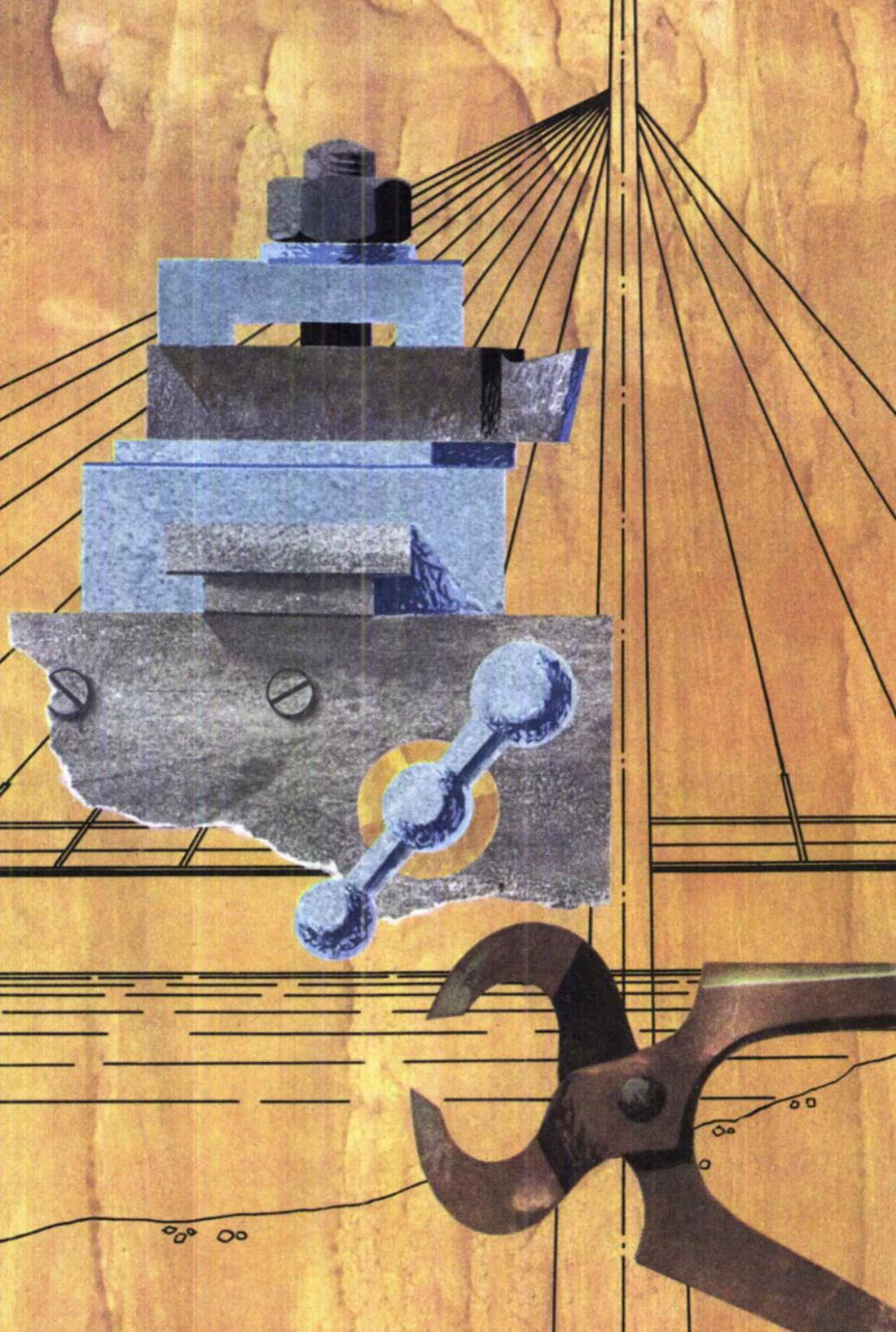


Skrupellos bricht er die Gastfreundschaft des Volkes und nimmt den arglosen Kaiser Montezuma gefangen. Rücksichtslos erbeutet Cortez die Schätze mit den überlegenen Waffen. Zwar versuchen die Azteken, sich gegen die Eindringlinge zu wehren, doch es ist bereits zu spät. In einer letzten Schlacht im Juli 1520 vernichtet Cortez mit seinen wenigen Söldnern ein Aztekenheer von zweihunderttausend Mann und löscht das Reich Montezumas aus.

Das Gold hat die spanischen Eroberer angelockt und vermochte nicht, dem Eisen Widerstand zu leisten. Als Metall und Schmuck war es den Eroberern wertvoller als die Azteken, für die einstigen Besitzer wertloser als das schlichte Eisen der Waffen und Rüstungen.

Der Untergang des Aztekenreiches ist nur ein Beispiel dafür, wie eine blühende Kultur vernichtet wurde, weil sie nicht über bessere oder wenigstens gleichwertige Werkzeuge und Waffen als ihre Angreifer verfügte. Waffen aus Eisen eignen sich besser als solche aus Stein oder Bronze, und ihr Besitz verleiht Macht und Überlegenheit.

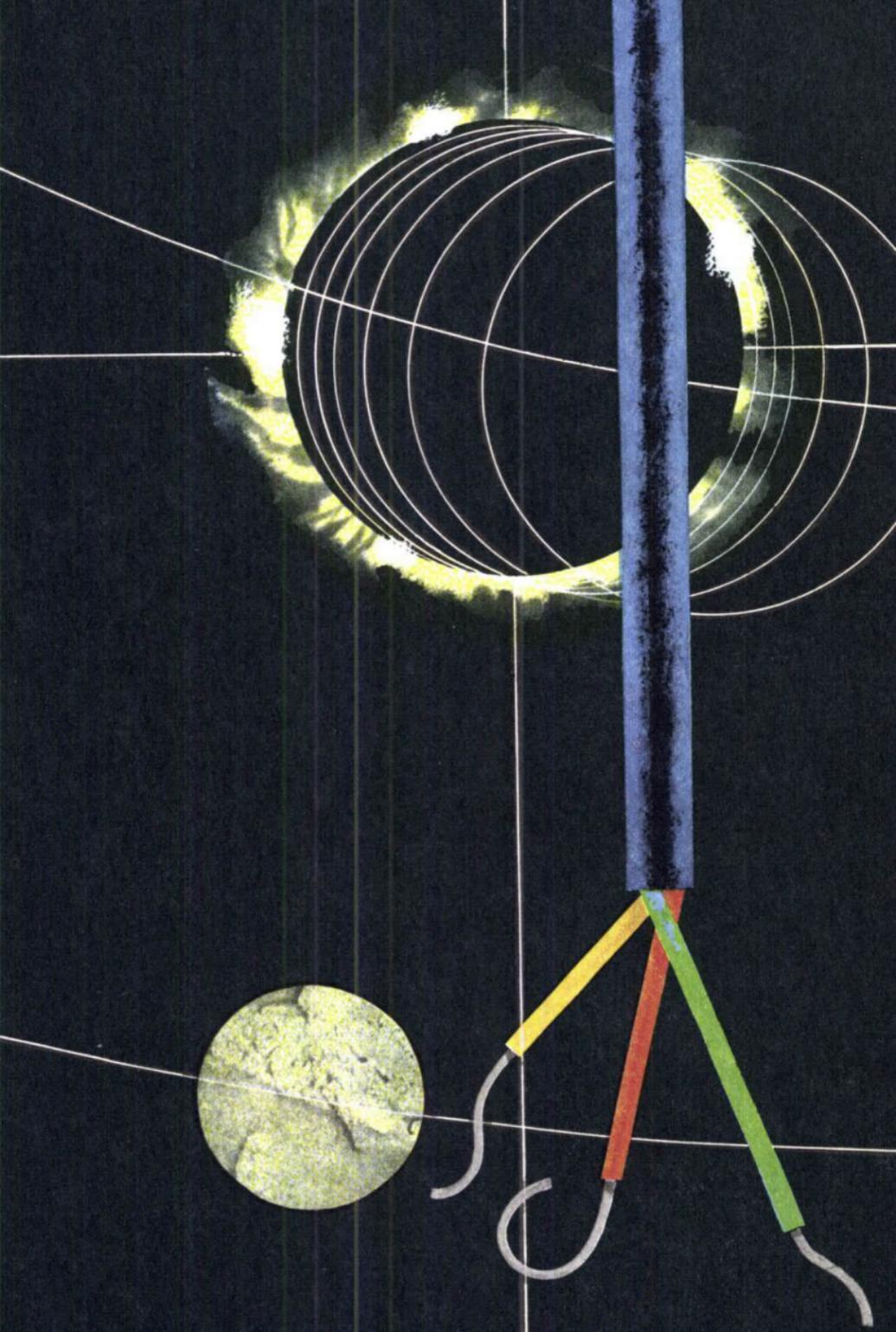
Auch in unserer Zeit zählen das Eisen und der daraus hergestellte Stahl zu den unentbehrlichen Werkstoffen. Überall auf der Erde baut man neue und größere Hochöfen, verläßt immer mehr und immer besserer Stahl die metallurgischen Werke. Maschinen, Bauwerke, Verkehrsmittel, Werkzeuge und viele Dinge unserer Umgebung können wir uns ohne Eisen und Stahl nicht vorstellen. Die Erfolge unserer Technik und Zivilisation beruhen zum großen Teil



auf diesem Werkstoff, der über so unterschiedliche Eigenschaften verfügen kann. Man stellt ihn hart oder weich, spröde oder zäh, fest, rostfrei oder hitzebeständig dar, wie es der jeweilige Einsatz verlangt. Ohne Übertreibung läßt sich feststellen: Ohne Eisen und Stahl ist unser heutiges Leben unvorstellbar! Daran ändert auch die Tatsache nichts, daß der Mensch inzwischen viele neue Werkstoffe mit wertvollen Eigenschaften entwickelt und herstellt. Die zahlreichen anderen Metalle, besonders Aluminium, sind ebenfalls unentbehrlich geworden. Sie können und sollen den Stahl aber nicht überall ersetzen, sondern ihn dort ergänzen, wo sie besser geeignet sind.

Dies gilt auch für die Plaste, Erzeugnisse der Chemieindustrie, hergestellt aus Kohle, Erdöl oder Erdgas. Gewiß gewinnen sie zunehmend an Bedeutung. Sie ersetzen den Stahl in vielen Fällen nicht nur, sie eröffnen immer häufiger völlig neue Anwendungsmöglichkeiten.

Man wird zwar noch vor dem Jahre 2000 mehr Plaste herstellen als Eisenwerkstoffe, aber dadurch verliert das Eisen nicht an Bedeutung. Im Gegenteil, der Mensch benötigt für seine Industrie und zur Abdeckung seiner Bedürfnisse ständig neue und immer mehr Werkstoffe, und er muß alle Möglichkeiten ausschöpfen, um diese Werkstoffe zu erzeugen. Deshalb errichtet man gerade in den sozialistischen Ländern und in den vom Kolonialismus befreiten Staaten rasch neue und moderne Hütten- und Stahlwerke. Heute produziert man in der Welt jährlich



etwa 700 Millionen Tonnen Stahl. Im Jahr 2000 sollen es bereits rund 1 200 Millionen Tonnen sein. Wollten wir diese 700 Millionen Tonnen Stahl des Jahres 1970 auf Eisenbahnwagen verladen, von denen jeder 50 Tonnen trägt und 15 Meter lang ist, so erhielten wir einen Zug mit vierzehn Millionen Waggons und 210 000 Kilometer Länge! Aus 700 Millionen Tonnen Stahl könnten wir ein Seil herstellen, das bei einem Durchmesser von 2 Zentimetern von der Erde zur Sonne und zurück reicht! Diese Beispiele verdeutlichen, welche Mengen an Stahl die Menschheit unserer Zeit benötigt.

Es lohnt also, sich näher mit Eisen und Stahl zu befassen. Viel erreichte der Mensch in den letzten 200 Jahren, um die modernen Hüttenwerke unserer Zeit zu schaffen. Wissenschaftler erforschten den Feinbau und die Eigenschaften des Eisens, ungezählte Ingenieure konstruierten und bauten die Anlagen zum Schmelzen und Veredeln des Eisens, und unzählige Arbeiter stehen vor ihnen und sorgen dafür, daß der Bedarf der Menschheit an Eisen und Stahl gedeckt wird.

## **Der Weg zum Eisen**

Wenn der Mensch Eisen braucht, so muß er einige Mühe aufwenden, um es zu erhalten. Er findet das Metall nicht in der Natur, so wie Steine, Holz oder Kohle, die man beinahe überall oder an bestimmten Stellen, den Lagerstätten, antrifft.

Wir dürfen nicht sagen: Eisen liegt doch an jeder Stelle herum, man kann es auf jedem Schrottplatz oder in jeder Fabrik finden, man kann es in einem Haushaltwarengeschäft in vielfältiger Gestalt kaufen, man kann es . . . , und viele Beispiele lassen sich anführen. Denn hierbei handelt es sich um Eisen, das der Mensch bereits produziert hat, das man als Werkzeug verkauft oder über den Schrottplatz einer neuen Verwendung zuführt. Ohne eine metallurgische Industrie, ohne Hochöfen und Stahlwerke gibt es kein Eisen und keinen Stahl.

Dabei enthält die Erde so gewaltige Eisenmengen, daß wir diese niemals aufbrauchen können. Wir wissen, daß ein großer Teil des feurig-flüssigen Erdinneren aus metallischem Eisen besteht. Doch wir haben keine Möglichkeit, an diese unermesslichen Schätze heranzukommen, deshalb sollen uns diese Vorkommen auch nicht weiter interessieren.

Aber auch die Erdoberfläche enthält sehr viel Eisen. Etwa 5 Prozent der Erdrinde besteht aus Eisenverbindungen. Sie verleihen dem Erdboden die gelbbraune Färbung. 5 Prozent Eisenverbindungen in der Erdrinde, das sind riesige Mengen, wenn wir

an die Größe der Erdoberfläche denken. Also gibt es auf der Erde genügend Eisen?

So einfach ist es nun auch wieder nicht. Denn erstens handelt es sich auch diesmal nicht um metallisches Eisen, wie wir es zur Verarbeitung benötigen, und zweitens sind 5 Prozent Eisenverbindungen im Boden für die Hüttenwerker zu wenig, um aus ihnen im Hochofen metallisches Eisen herstellen zu können.

Warum findet man in der Natur kein Eisen, sondern nur Eisenverbindungen, die doch ganz andere Eigenschaften als das Metall aufweisen? Die Verbindung Eisen mit Sauerstoff, das Eisenoxid, ein schweres Mineral, kann man zu einem rötlichen oder dunklen Pulver zerkleinern. Es ist nicht hart oder fest, läßt sich weder biegen noch schmieden, kurz, es unterscheidet sich vom Eisen so deutlich wie die Asche vom Holz.

Die Antwort auf unsere Frage finden wir leicht, wenn wir Eisen betrachten, das längere Zeit im Freien lag, beispielsweise einen Nagel aus einem verrotteten Holzzaun. Diesen rostigen Nagel umgibt eine braune Schicht, die nicht mehr den Eigenschaften des Metalls ähnelt, sondern mürbe und bröcklig ist und immer tiefer nach innen wächst. Nach längerer Zeit besteht der gesamte ehemalige Nagel aus Rost, aus einer Eisenverbindung, wie wir sie auch in der Natur antreffen. Die Härte und Festigkeit des Eisennagels ging dabei verloren.

Der Chemiker hat eine Erklärung für diesen Vorgang: Eisen ist ein recht unbeständiges, ein unedles

**Metall.** Es reagiert leicht mit anderen Stoffen und bildet dabei neue chemische Verbindungen. Das Eisen, das wir erzeugen, existiert nur eine begrenzte Zeit als Metall und wandelt sich früher oder später in Rost oder andere Verbindungen um.

Ein solch unbeständiges Metall kann also auf der Erdoberfläche über längere Zeit hinweg nicht existieren und kommt deshalb nur in Form von Verbindungen vor.

Vereinzelt findet man auf der Erde metallisches Eisen. Dieses Meteoreisen stammt von anderen Himmelskörpern. In dieser Form nutzten die Menschen vor vielen tausend Jahren das Eisen zum ersten Male, lange bevor sie lernten, das Metall aus seinen Erzen zu gewinnen. Sie hämmerten daraus Schmuck, Werkzeuge und Waffen mit besseren Eigenschaften, als die Gegenstände aus Bronze oder Stein sie aufwiesen.

Meteoreisen war natürlich sehr selten und die daraus hergestellten Dinge entsprechend wertvoll.

Wann und wo man zuerst Eisen erschmolzen hat, wissen wir nicht. Wir wissen aber, daß leicht zugängliche Eisenverbindungen, das heißt angereicherte Eisenoxide vorhanden sein mußten und daß der Mensch jener Zeit bereits über technische Kenntnisse und Fähigkeiten verfügen mußte, um die notwendigen metallurgischen Prozesse zu beherrschen. So konnte man zum Beispiel bereits vor etwa 4 000 Jahren im Kaukasus Temperaturen erzeugen, die man zur Gewinnung des Eisens aus den Erzen benötigt.

Wissenschaftler fanden in Mauerspalten ägyptischer Pyramiden Bruchstücke eiserner Werkzeuge, die länger als 5 000 Jahre dort gelegen hatten. In China und Indien erzeugte man bereits vor 4 000 Jahren Eisen. Auch in Europa spielte das Eisen sehr früh eine Rolle. Allerdings war es damals so kostbar, daß man aus ihm hauptsächlich Schmuckstücke, Waffen oder Pflüge herstellte. Es gehörte viel Geschicklichkeit und Erfahrung dazu, weiches Schmiedeeisen zu erzeugen, aber noch viel schwieriger war die Gewinnung von gutem Stahl, aus dem man Schwerter schmieden konnte. So verarbeitete man hauptsächlich die in Damaskus gefertigten Stähle zu den hochgeschätzten Damaszener Schwertklingen. Besonders wertvoll waren eiserne Pflugschare. Der „Sachsenspiegel“, eine Sammlung von Rechtsvorschriften aus dem 13. Jahrhundert, setzte für den Diebstahl eines eisernen Pflugschars die Todesstrafe fest.

Natürlich ist das damals gewonnene Eisen nicht mit unserem Gußeisen und Stahl zu vergleichen. Es war durch Schlacke verunreinigt und spröde, und nur in wenigen Werkstätten vermochte man guten Stahl herzustellen.

Die Gewinnung des Eisens setzt also viele naturwissenschaftliche Kenntnisse und komplizierte technische Anlagen voraus. Ein modernes Hüttenwerk besteht aus vielfältigen Schmelz-, Meß-, Regel- und Transportanlagen, in dem Spezialisten, Ingenieure und Hüttenwerker, tätig sind. Andererseits ermöglichen Eisen und Stahl eine rasche

𓆎 𓆏 𓆐 𓆑 𓆒 𓆓



**Weiterentwicklung der Technik und eine Verbesserung unseres Lebens, da sie als vielseitig anwendbarer und preiswerter Werkstoff die Voraussetzung zum Bau von Maschinen, Fahrzeugen und den mannigfachsten Geräten schaffen.**

## **Ein Gang durch die Maxhütte**

Wir wissen nun, daß wir Eisen nicht in der Natur finden. Der Mensch muß es aus seinen in der Erde vorkommenden Verbindungen, den Erzen, gewinnen. Uns ist auch bekannt, daß einzelne Völker bereits vor mehreren tausend Jahren über diese Fertigkeiten verfügten.

Erst gegen 1700 beginnt in größerem Umfange die Eisengewinnung. Sie ist zu jener Zeit noch recht primitiv. Doch mit der Entwicklung von Naturwissenschaften und Technik ist der Mensch auch in der Lage, die Verfahren und Anlagen zur Eisen- und Stahlgewinnung zu verbessern. Heute stehen in den Industriestaaten der Welt große und moderne Hütten- und Stahlwerke, und man entwickelt ständig neue Verfahren, vergrößert und automatisiert die Werke. Dadurch erzeugt man mehr, besseren und billigeren Stahl, der überall dringend benötigt wird.

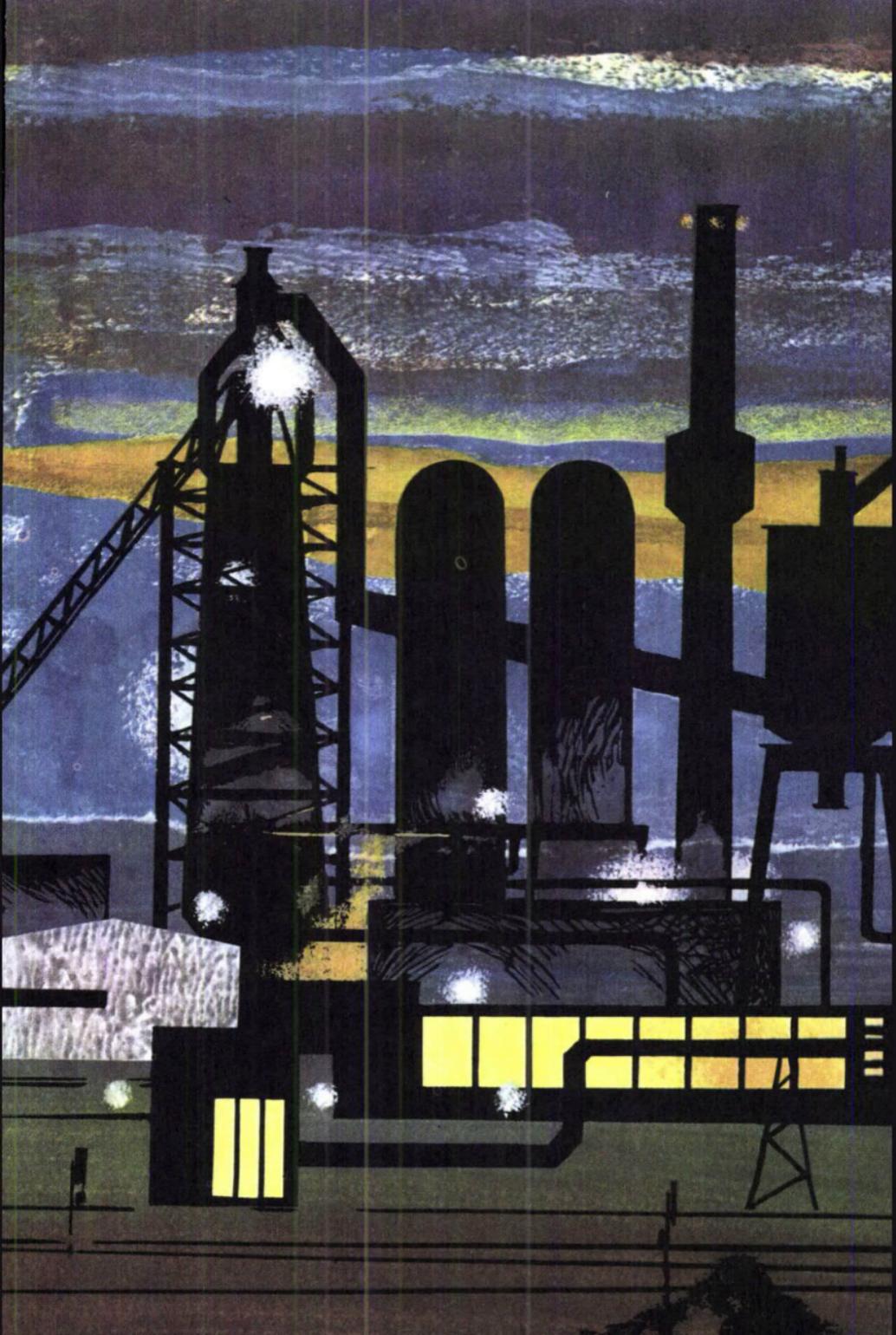
Ein modernes Hüttenwerk ist ein komplizierter Industriebetrieb und besteht aus verschiedenen Abteilungen. Bevor wir die einzelnen Abschnitte der Eisen- und Stahlerzeugung näher kennenlernen, wollen wir ein solches Werk besichtigen. Hierbei können wir erste Eindrücke sammeln, die uns einen Begriff von den vielfältigen Vorgängen vermitteln.

Wir besuchen die Maxhütte in Unterwellenborn bei Saalfeld. In diesem volkseigenen Werk wird Roheisen und Stahl erzeugt, den man im angeschlossenen Stahlwerk verformt.

Während der Fahrt nach Unterwellenborn erinnern wir uns, daß die Maxhütte nach dem Kriege das einzige Hochofenwerk war, das nach der Teilung Deutschlands auf dem Boden der damaligen sowjetischen Besatzungszone verblieb. Hier schmolzen die Kumpel 1945 erstmals in einem volkseigenen Werk Eisen für den friedlichen Aufbau unseres Staates. Gleichzeitig erweiterten und modernisierten sie unter großen Schwierigkeiten das Werk, so daß die Produktionsziffern von Jahr zu Jahr anstiegen. Inzwischen kamen größere und modernere metallurgische Betriebe hinzu. Doch noch immer hat die Maxhütte einen wichtigen Anteil an der Versorgung unserer Wirtschaft mit Eisen und Stahl.

Jetzt erblicken wir vor uns die Rauchglocke der Maxhütte. Schön sieht dies nicht aus, doch Rauch und Flugstaub entstehen nun einmal bei den metallurgischen Prozessen und lassen sich nur zum Teil eindämmen.

Schon aus großer Entfernung fallen uns die drei Hochöfen mit ihren Aufzügen und Rohrleitungen auf, die zusammen mit den danebenstehenden Winderhitzern den Kern der Hütte darstellen und das Bild bestimmen. Wir betreten das Werk, und man führt uns zunächst zu den Hochöfen. Jetzt, da wir unmittelbar vor ihnen stehen, erkennen wir, wie groß sie sind. In diesen Hochöfen wird aus Erz, Koks und den Zuschlägen bei Temperaturen bis zu 1 600 Grad Celsius das flüssige Roheisen erzeugt,

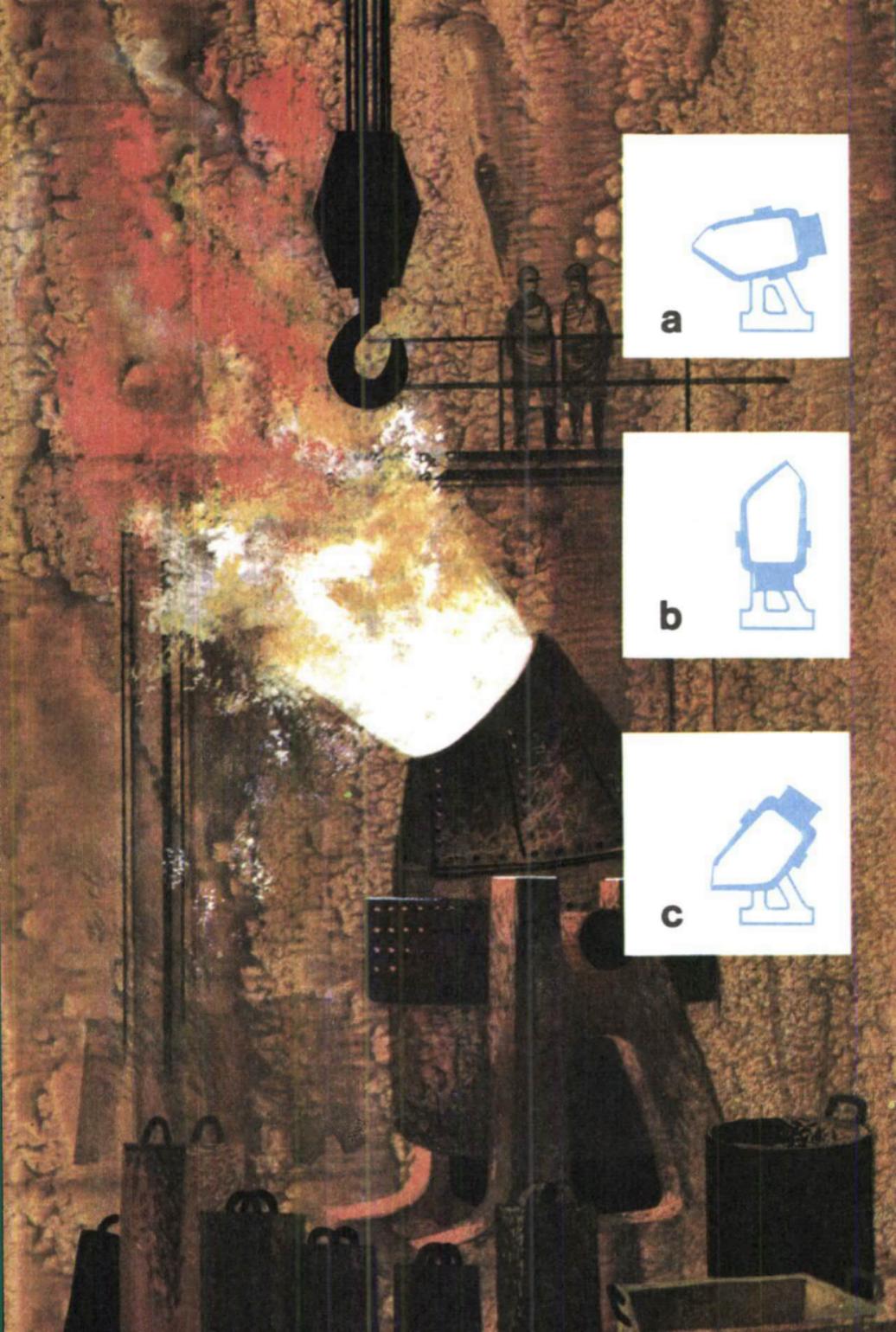


das sich im unteren Teil des Ofens ansammelt. Wie ein rotglühender Feuerstrom fließt es beim Abstich aus dem Ofen und wird in große Pfannen geleitet. Jeden Tag sind es je Hochofen etwa 500 Tonnen Roheisen. Auf der anderen Seite des Ofens wird das Abfallprodukt, die flüssige Schlacke, abgelassen und in großen Spezialwagen abtransportiert.

Brausend strömt heiße Luft aus den mächtigen Winderhitzern in den Hochofen. Dadurch wird der Koks zum Glühen gebracht und verbrannt und die Umwandlung des Erzes zum Eisen ermöglicht. Förderbänder bewegen die Ausgangsstoffe, Erze, Koks und Zuschläge, aus den Aufbereitungsanlagen automatisch gesteuert zum oberen Teil des Hochofens, zur Gicht. Tag und Nacht, über Jahre hinweg, wiederholen sich diese Vorgänge: Beschickung des Hochofens und Abstich von Roheisen und Schlacke.

Verfolgen wir den Weg des Roheisens nach dem Abstich. Kräne transportieren das schmelzflüssige Roheisen in großen Pfannen zum Roheisenmischer, einem riesigen Sammelgefäß. Von hier aus gelangt es in die um eine Achse drehbar gelagerten birnenförmigen Gefäße des Thomasstahlwerkes. Diese Thomaskonverter füllt man in liegender Stellung mit flüssigem Roheisen, richtet sie mit der Einfüllöffnung nach oben auf und bläst gleichzeitig Luft, Wind genannt, unter starkem Druck durch im Boden befindliche Öffnungen.

Konverter: a Füllstellung, b Blasstellung, c Kippstellung



**a**



**b**



**c**

Unter der Einwirkung des Luftsauerstoffs verbrennen Bestandteile des Roheisens. Zusammen mit den Gasen wird ein Strom glühender Schlacke- und Eisenteilchen mit gewaltigem Getöse aus der Birnenöffnung herausgeschleudert und durch einen Kamin abgesaugt. Dabei wandelt sich das Roheisen in zähen und schmiedbaren Stahl mit besseren Gebrauchseigenschaften um.

Nach wenigen Minuten ist der Umwandlungsprozeß beendet. Die Thomasbirne neigt sich nach vorn, und der Stahl entleert sich in die bereitstehende Gießpfanne.

Der flüssige Stahl gelangt nun zur Gießgrube. Hier wird er in große, langgestreckte, röhrenförmige Formen gegossen, in denen er langsam zu festem Stahl erstarrt.

Noch bevor der Stahl erkaltet ist, gelangen die rotglühenden, aber bereits festen Stahlblöcke auf Spezialfahrzeugen in das Walzwerk. Gewaltige Kräfte pressen den Block durch Walzenpaare mit immer engerem Zwischenraum, formen ihn zu Schienen, Stangen oder Profilen. Als Halbzeug verläßt der Stahl das Werk und tritt den Weg zu den Verbrauchern an. Auf Baustellen, in Maschinenbetrieben oder Werften verarbeitet man diesen Stahl zu Brückenkonstruktionen, Maschinenteilen, Schiffsrümpfen und vielem mehr.

Bisher galt unser Interesse nur dem Eisen, das natürlich das Haupterzeugnis eines Hüttenwerkes darstellt, aber auch die anderen Produkte, die den Hochofen verlassen, sind sehr wichtig und gefragt.

Die glühende Schlacke wird nach dem Abstich mit Wasser abgelöscht, zum Erkalten gebracht. Sie stellt ein sehr begehrtes Nebenprodukt dar. Fein gemahlen und mit weiteren Zusätzen versehen, verarbeitet man sie zu Zement, einem wichtigen Produkt für die vielen großen und kleinen Baustellen unserer Republik.

Der Koks verbrennt nur, wenn man ständig Luft in den Hochofen drückt. Dabei entstehen Gase, die das Erz zu Eisen umwandeln und anschließend den Ofen als Gichtgase verlassen. Mit diesen brennbaren Gichtgasen heizt man die Winderhitzer auf, betreibt die Glühöfen oder erzeugt elektrische Energie.

Durch das gesamte Werk ziehen sich Schienenstränge, auf denen Eisenbahnwaggons die Rohstoffe bringen oder die fertigen Erzeugnisse transportieren. Spezialwagen befördern das flüssige Roheisen oder die glühende Schlacke. Überall sieht man Menschen, die mit ihren weißen Schutzhelmen am Hochofen stehen, die Walzstraße steuern, im Stahlwerk arbeiten oder notwendige Reparaturen an den Anlagen durchführen. Sie sind es, die alles in Bewegung setzen und wohldurchdachte Ordnung in das scheinbare Durcheinander bringen. Sie sind die Herren des Werkes.

Wir stehen wieder am Tor der Maxhütte. Ein Güterzug, mit Erz aus der Sowjetunion beladen, fährt in das Werk. Aus dem Thomasstahlwerk steigt eine gelbbraune Wolke in den Himmel. Wir wissen, daß jetzt ein Konverter arbeitet und Roheisen in Stahl

umwandelt. Autobusse halten vor dem Werktor und bringen Arbeiter, die das Gelände betreten. Bald beginnt die nächste Schicht. Im Hüttenwerk gibt es keine Pause, Tag und Nacht wird Roheisen und Stahl erzeugt.

## **Der Hochofen**

Kernstück eines Eisenhüttenwerkes sind die Hochöfen. Je nach ihrer Größe fassen sie 1 000 und mehr Kubikmeter Erz, Koks und Zuschläge. Mit einer Gesamthöhe von 30 bis 70 Metern verleihen sie mit den danebenstehenden Winderhitzern dem Werk das charakteristische Bild.

In den verschiedenen Teilen eines Hochofens spielen sich bestimmte Prozesse bei der Roheisenerzeugung ab. Er wird nach unten durch den Bodenstein abgeschlossen, der zugleich das Gewicht des Ofens und des Einsatzes aufnehmen muß. Unter Einsatz versteht der Hochöfner alles, was sich während des Betriebes im Hochofen befindet, also Erze, Zuschläge, Koks, Roheisen und Schlacke. Der Bodenstein selbst liegt in einem Betonfundament.

Wollte man einen Hochofen nur aus Mauerwerk errichten, wie beispielsweise eine Fabrikese, so würde er sehr bald zusammenfallen. Seine eigene Last und das Gewicht des Einsatzes sind so groß, daß er auseinandergedrückt würde. Aus diesem Grunde erhält er ein Korsett, das einen Teil dieser Last aufnimmt. Dabei ruht der obere Teil des Hochofens, der Kohlensack, der Schacht und die Gicht, in einem stählernen Gerüst, das den Ofen umgibt. So drückt dieser obere Teil nicht auf das Mauerwerk der Rast. Auch die stählerne Gichtbühne sowie die schweren Gichtverschlüsse und Gasleitungen werden durch ein Gerüst getragen und belasten den Hochofen nur wenig. Den seitlichen Druck, den wie bei

jedem Behälter das Gewicht der Füllung hervorruft, nimmt ein Stahlmantel auf, der das Mauerwerk umgibt.

Diese Stahlkonstruktionen und Abstützungen ermöglichen, trotz der Belastung im Hochofen große Mengen Roheisen zu schmelzen.

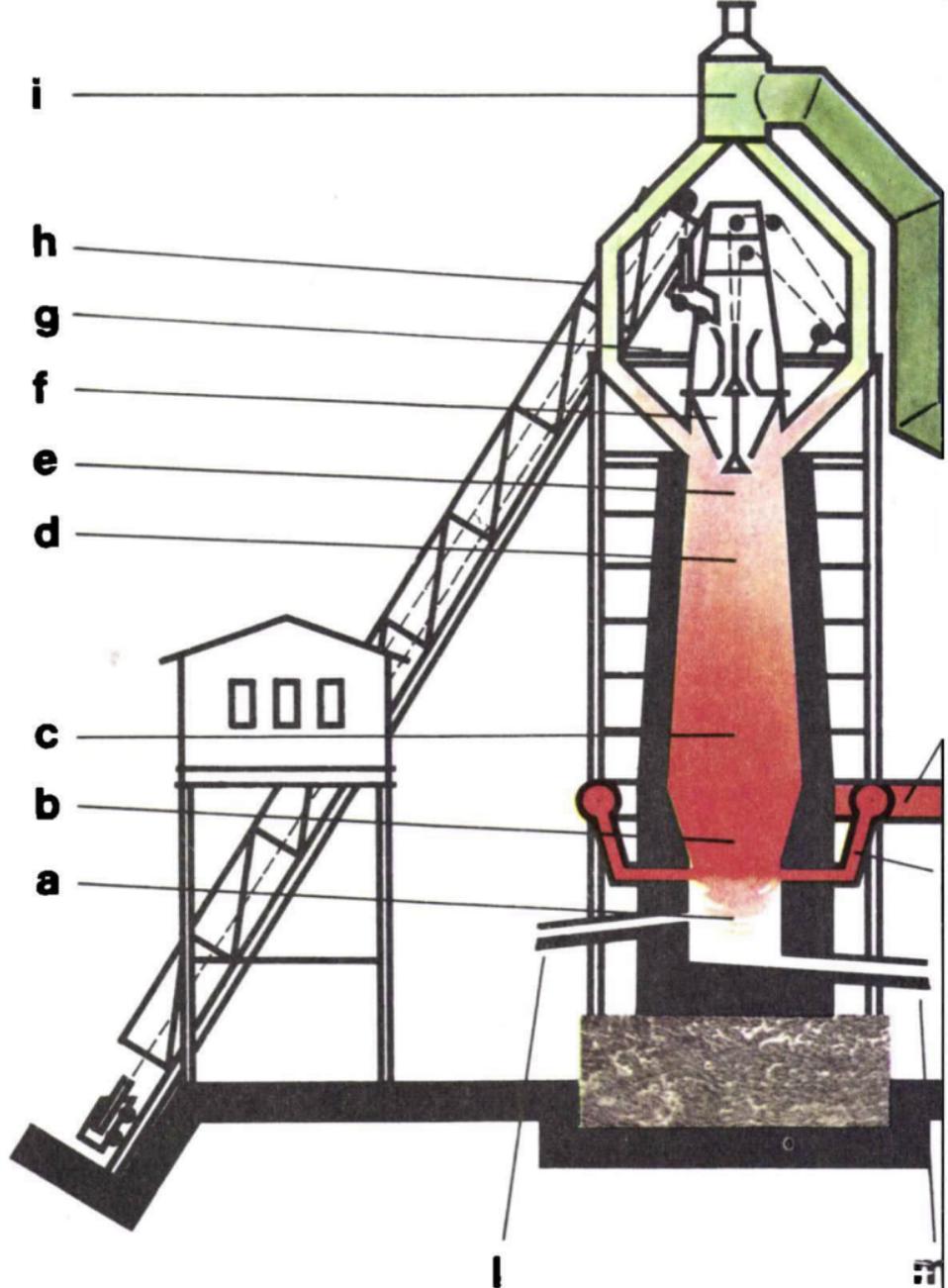
Das Mauerwerk des Ofens muß nicht nur druckfest, sondern auch wärmebeständig sein, denn im Hochofen herrschen an einzelnen Stellen Temperaturen bis zu 1800 Grad Celsius. Diesen hohen Temperaturen und der Berührung mit dem flüssigen Roheisen und der Schlacke müssen die Steine widerstehen. Man kann also keine gewöhnlichen Ziegelsteine für das Mauerwerk verwenden, sondern benutzt hochfeuerfeste Schamottesteine, die man speziell für diesen Zweck herstellt.

Am oberen Ende des Hochofens befindet sich die Gicht. Hier erfolgt die Beschickung mit Erzen, Koks und Zuschlägen und die Ableitung der Gichtgase. Früher stand die Gicht offen. Die im Hochofen entstehenden Gichtgase konnten ungehindert ins Freie entweichen. Die brennbaren Gichtgase entzündeten sich beim Austritt an der Luft, und jeder Hochofen war von einer lodernden Fackel gekrönt. Dabei gingen große Energiemengen verloren, die Gase verbrannten nutzlos und erwärmten nur die Luft. Moderne Hochöfen sind mit einem Gichtverschluß versehen. Man leitet die Gichtgase durch mächtige Rohre ab, befreit sie von mitgerissenem Flugstaub und sammelt sie. Die Gase liefern durch ihre Verbrennung die Energie für die Winderhitzer, das

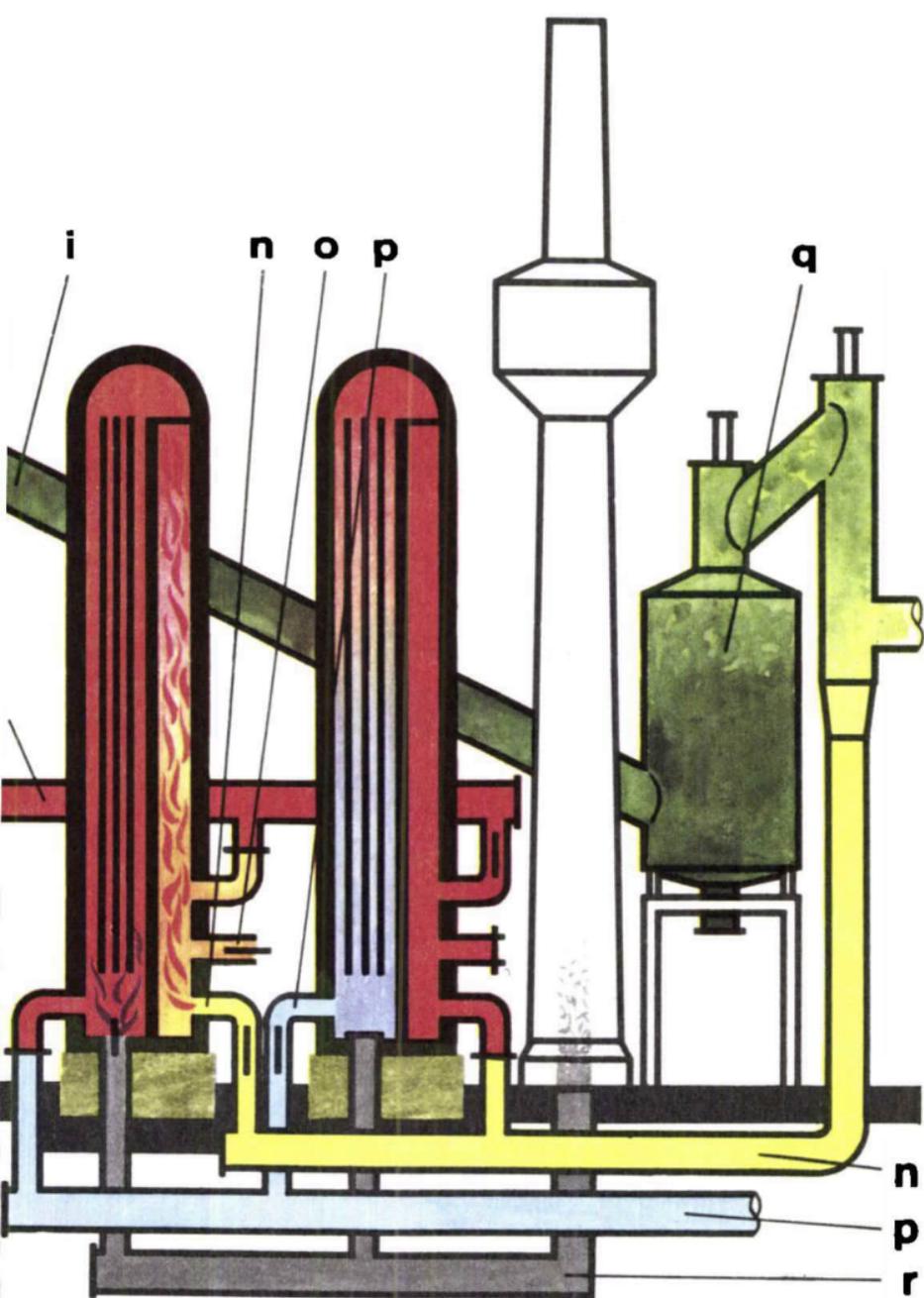
Walzwerk und andere Einrichtungen des Hüttenwerkes.

Während des Beschickungsvorganges muß man die Gicht einen Augenblick öffnen. Hätte man nur einen einfachen Verschuß, etwa eine Klappe, so würden bei diesem Einfüllvorgang viel Gichtgase entweichen und verlorengehen. Aus diesem Grunde verschließt man die Gicht mit zwei übereinanderliegenden Glocken, von denen man stets nur eine öffnet. Es wird das Schleusenprinzip angewandt.

Die Beschickung der Hochofenanlagen erfolgt weitgehend automatisch. Aus großen Vorratsbunkern wiegt man das Einsatzgut, Erze, Zuschläge und Koks, entsprechend ihrer jeweiligen Zusammensetzung auf Förderbänder ab. Moderne Meß-, Steuer- und Regelanlagen sorgen von der Zentrale aus, daß das Einsatzmaterial in der richtigen Menge auf den Förderbändern zum Hochofen gelangt. Von der Gicht aus fällt es ebenfalls automatisch in den Ofen. An den Anlagen selbst sieht man kaum noch Arbeiter, Maschinen ersetzen hier den Menschen. Früher mußten Hilfsarbeiter das Einsatzmaterial mit Karren zur Gichtbühne transportieren, die Kumpel schütteten es in den Hochofen. Diese Arbeit war nicht nur sehr schwer, sondern auch gefährlich, denn beim Öffnen der Gichtglocke traten die giftigen Gichtgase aus, und viele Arbeiter erkrankten schwer. Im Hochofen verbrennt der Koks, hohe Temperaturen und Gase entstehen, die die Eisenoxide in Eisen umwandeln, sie zu Eisen reduzieren. Dazu braucht man Sauerstoff, der mit der Luft in den Hochofen



Hochofenanlage: a Gestell, Herd, b Rast, c Kohlensack, d Schacht, e Gicht, f Gichtglocke, g Gichtbühne, h Schrägaufzug für Erz, Koks und Zuschläge, i Gichtgas zum Winderhitzer,



j Heißwind vom Winderhitzer, k Windform, l Schlackenabfluß, m Eisenabfluß, n Gichtgas, o Verbrennungsluft, p Kaltwind, q Staubsaack, r Abgase

gedrückt wird. Diese Luft nennt der Hochöfner Wind. Auch wir wollen diese Bezeichnung benutzen.

Der Wind wird durch rings um den Hochofen angeordnete Düsen eingeblasen und tritt am oberen Teil des Gestells in den Innenraum ein. Schon bei einem kleinen Ofen drückt man mit Hilfe eines Gebläses beträchtliche Mengen an Wind hinein – in jeder Minute die Luft von etwa zehn Klassenräumen.

Das Einblasen der Luft bringt jedoch erhebliche Probleme mit sich. Zunächst schien alles sehr einfach zu sein. Man stellt genügend große Gebläse auf, die auf der einen Seite Luft ansaugen und sie auf der anderen Seite durch die Windleitung und die Düsen in den Ofen drücken. Und Luft gibt es schließlich überall. Würde man aber so große Mengen kalter Außenluft in den Hochofen blasen, so müsste die Temperatur in seinem Inneren merklich abnehmen. Die Luft erwärmt sich im Hochofen und verbraucht dazu Wärmeenergie, die der Umgebung im Innern des Ofens entnommen wird. Man benötigt mehr Koks, und die Zeit zwischen den Abstichen des Roheisens vergrößert sich. Die Leistung des Hochofens nimmt ab. Günstiger ist die Verwendung von vorgewärmter Luft.

Am oberen Teil des Hochofens entweichen die heißen und brennbaren Gichtgase, am unteren Teil will man vorgewärmten Wind einblasen. Es liegt doch nahe, die Energie der Gichtgase zu benutzen, um die kalte Luft zu erwärmen. Vor etwa 150 Jahren, als man sich bemühte, die Hochöfen größer und

leistungsfähiger zu bauen, verwirklichte man diese Idee. Der Engländer Cowper baute erstmals Winderhitzer, die heute zu jedem Hochofen gehören.

Diese Türme mit 6 bis 8 Meter Durchmesser und bis zu 40 Meter Höhe enthalten innen ein Gitternetz aus feuerfesten Schamottesteinen. Sie ähneln riesengroßen Kachelöfen.

Man leitet von einer Seite Gichtgase und Luft ein, die in einem Brennraum verbrennen und Wärmeenergie erzeugen. Anschließend strömen die heißen Gase von oben nach unten durch das Gitterwerk und erhitzen es allmählich auf 800 bis 900 Grad Celsius. Sind die Steine auf helle Rotglut erhitzt, so leitet man die Gichtgase um und verwendet sie zum Aufheizen eines bereits wieder abgekühlten Winderhitzers. In den ersten Winderhitzer strömt nun in umgekehrter Richtung wie bei den Gichtgasen die kalte Luft. Sie nimmt von den glühenden Steinen Wärme auf und erhitzt sich dabei auf etwa 800 Grad Celsius. Jetzt erst gelangt der so vorgewärmte Wind über die Ringleitung und die Düsen in den Hochofen.

Natürlich kühlt sich durch das Durchblasen der kalten Luft der Winderhitzer langsam ab. Beträgt seine Temperatur nur noch 600 bis 700 Grad Celsius, schaltet man erneut um, und ein inzwischen aufgeheizter Winderhitzer nimmt die kalte Luft auf. Da der Vorgang des Aufheizens doppelt soviel Zeit in Anspruch nimmt wie das Anwärmen der Kaltluft, heizt man je Hochofen ständig zwei Winderhitzer, während ein dritter die Kaltluft vorwärmt.

Ist noch ein vierter Winderhitzer vorhanden, so dient er gewöhnlich als Reserve, denn von Zeit zu Zeit muß man die Steine im Inneren ausbessern und erneuern.

Im Inneren des Hochofens spielen sich chemische Prozesse ab, die sehr hohe Temperaturen erzeugen und das Material des Ofens beanspruchen. Auch das feuerfeste Material wäre auf die Dauer dieser außergewöhnlichen Einwirkung nicht gewachsen, wenn man es nicht zusätzlich von außen kühlen würde. Dies geschieht am einfachsten mit Wasser, das an den besonders gefährdeten Stellen herunterläuft.

Ein Hochofen mittlerer Größe braucht in jeder Minute etwa 10 Kubikmeter Wasser. Diese Menge reicht aus, um zwanzigtausend Familien mit Wasser zu versorgen. Für den Betrieb eines Hüttenwerkes spielt also das Wasser eine entscheidende Rolle. Steht es nicht in genügender Menge zur Verfügung, so kann es zu Störungen am Hochofen kommen.

## **Wasser für Max**

Es ist gar nicht so einfach, sich heute in die ersten Jahre nach dem zweiten Weltkrieg zurückzusetzen. Es waren sehr harte und entbehrungsreiche Jahre. Sie waren aber dennoch notwendig, weil sie uns den Weg in eine neue Zukunft bereiteten, die wir heute erleben.

Der von den Nationalsozialisten entfesselte Krieg war 1945 beendet. Um den Widerstand der faschistischen Armeen zu brechen, hatten die Siegermächte hart zurückschlagen müssen. Städte und Industriebetriebe waren mehr oder weniger stark zerstört. In der damaligen sowjetischen Besatzungszone begannen die Werktätigen unter der Führung der Partei der Arbeiterklasse und mit Hilfe der Sowjetunion tatkräftig und planvoll mit dem Wiederaufbau. Dabei gab es sehr große Schwierigkeiten zu überwinden.

Auf dem Territorium der späteren Deutschen Demokratischen Republik war zwar eine metallverarbeitende Industrie vorhanden, die auch wieder mit der Produktion wichtiger Güter begann. Doch es fehlte an Eisen und Stahl.

Wie sollte man die zerstörten Städte und Industriewerke erneuern, Brücken errichten oder Maschinen bauen ohne den unentbehrlichen Werkstoff Stahl? Die Hochöfen und Stahlwerke standen in der überwiegenden Mehrheit in den Westzonen. Im Osten Deutschlands gab es nur die Stahlwerke in Hennigsdorf bei Berlin und in Riesa, beide lagen in Trümmern,

auch die Maxhütte in Unterwellenborn, die mit ihren drei Hochöfen der einzige Roheisenerzeuger war. Bevor man die zerstörten Werke in Hennigsdorf und Riesa wieder aufgebaut hatte, mußte man die Produktion in der Maxhütte unter allen Umständen sichern und steigern. Unter der Losung „Aus Stahl wird Brot“ setzte man am 4. Februar 1946 den ersten Hochofen der Maxhütte in Betrieb. Die beiden anderen Hochöfen folgten bald darauf.

Doch es fehlte weiter an Eisen und Stahl. Vertraglich festgesetzte Lieferungen aus den westlichen Besatzungszonen trafen nicht ein, weil man unseren Aufbau stören wollte. Also mußten wir uns selbst helfen und die Produktion in der Maxhütte weiter erhöhen. Das konnten wir aber nur durch den Bau eines vierten Hochofens erreichen.

1948 legte daher die Sozialistische Einheitspartei im Entwurf des Zweijahrplanes fest: „Die Roheisenerzeugung soll im Jahre 1950 360 000 Tonnen betragen, wenn alle vier Hochöfen der Maxhütte arbeiten, wozu eine Verstärkung der Gebläseanlage dieses Werkes erforderlich ist.“

Doch bald stellte es sich heraus, daß man nicht nur die Gebläseanlage erweitern mußte, es fehlte auch an Kühlwasser für die Hochöfen. Die vier Öfen würden bei vollem Betrieb in jeder Stunde über 2600 Kubikmeter Wasser benötigen. Diese Menge stand nicht zur Verfügung, selbst wenn man alle Reserven im Werk nützte. Selbst bei drei Öfen war das Kühlwasser so knapp, daß aus diesem Grunde immer häufiger Produktionsstörungen an den Hoch-

öfen eintraten. Es mußte auf jeden Fall etwas geschehen.

Wie aber sollte man den großen Durst von Max stillen?

5 Kilometer von der Maxhütte entfernt fließt die Saale. Sie enthielt genug Wasser, um die Öfen ausreichend mit Kühlwasser zu versorgen. Doch war das Wasser nicht so ohne weiteres zu erlangen. Zwischen Fluß und Werk lag ein Berg mit einem 170 Meter hohen Steilhang zur Saale hin. Wollte man das Saalewasser nutzen, so mußte man eine Wasserleitung bauen und dabei den Steilhang überwinden – eine sehr schwierige Aufgabe für jene Zeit.

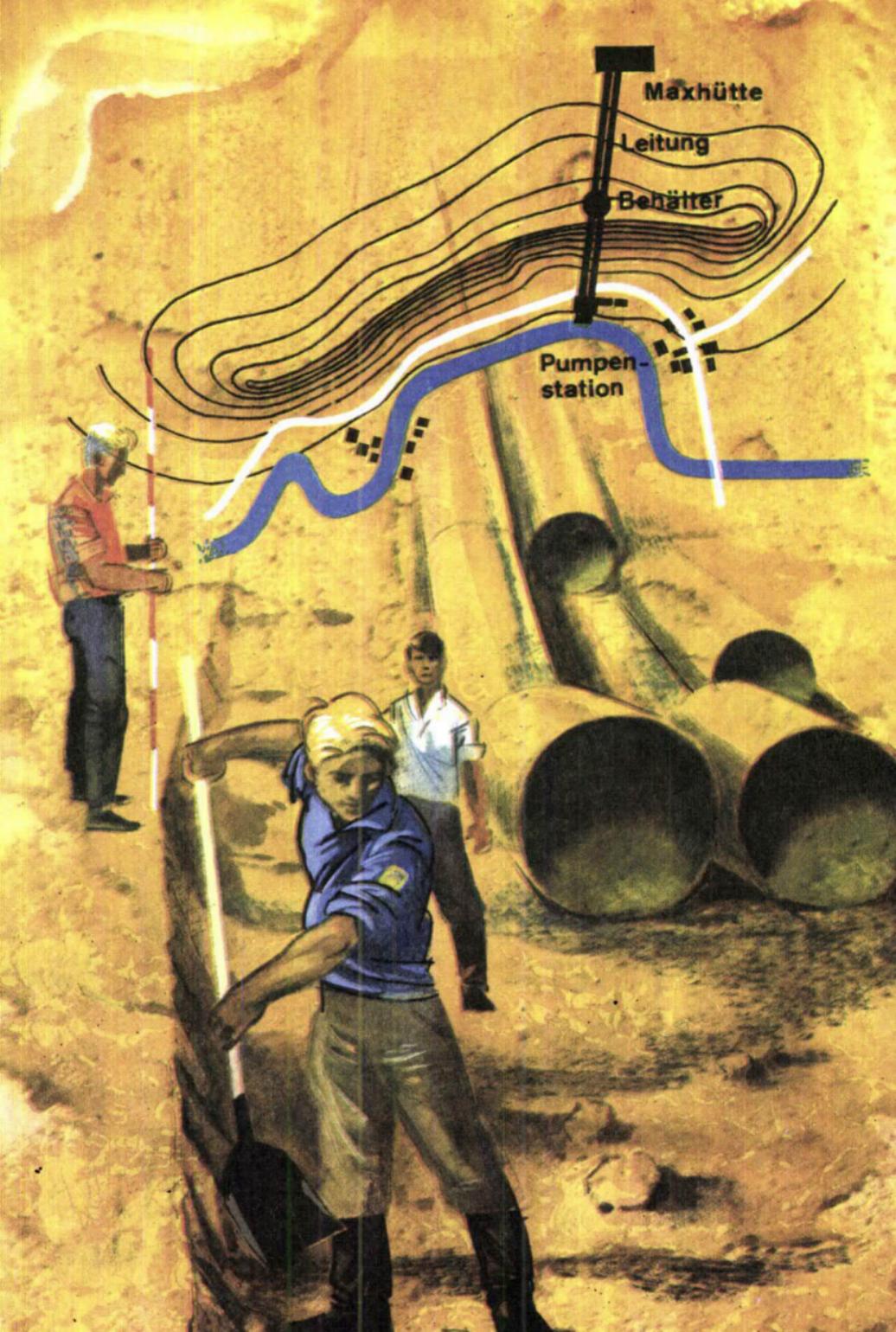
Man suchte nach anderen Möglichkeiten, doch es fand sich keine bessere Lösung. Die Zeit drängte, höchste Eile war geboten. So entschloß man sich nach eingehenden Beratungen für den Bau der Wasserleitung. Das Objekt wurde zur Planaufgabe Nummer eins im Zweijahrplan erklärt.

Unter großen Schwierigkeiten beschaffte man das Material, das damals selbst in solch verhältnismäßig geringen Mengen sehr kostbar war. Woher sollten aber die vielen Arbeitskräfte kommen, die man zum Bau der Leitung benötigte? Die Kumpel der Maxhütte konnten ihren Arbeitsplatz nicht verlassen, auch in den anderen Betrieben hatten die Werktätigen harte und wichtige Arbeit zu leisten.

Die Partei der Arbeiterklasse wandte sich an die Jugend und rief sie zur Mitarbeit auf. Am 22. Dezember 1948 berichtete der damalige Mitteldeutsche

Rundfunk über die Notwendigkeit, diese Wasserleitung für die Maxhütte sehr schnell zu bauen, und rief im Anschluß daran die Jugend zur Mithilfe auf. Schon nach wenigen Minuten läutete in der Redaktion des Rundfunksenders das Telefon. Die ersten Freiwilligen meldeten sich. Weitere Anrufe folgten, dann kamen Telegramme und Briefe. Eine Flut von Bereitschaftserklärungen brach herein. Bald waren es Tausende Männer, Frauen und viele Jugendliche, die sich freiwillig für den Bau der Wasserleitung zur Verfügung stellten. Aus Leipzig und Jena kamen je dreihundert Studenten, zweihundertfünfzig Studenten reisten aus Dresden an. Angehörige der Volkspolizei, Arbeiter aus Betrieben und Schüler meldeten sich und scheuten weder den Winter noch die harte Arbeit. Sie wußten, „Max braucht Wasser“, und das wollten sie ihm geben. Hier zeigte sich erneut, wie sehr die Freie Deutsche Jugend mit ihrer Begeisterung und ihrem Einsatzwillen zum Wegbereiter für ein neues Deutschland wurde.

Die Arbeiten begannen planmäßig am 3. Januar 1949, und sie waren schwer. Es gab damals keine modernen Baumaschinen. Hacke und Schaufel zählten zu den wichtigsten Werkzeugen, begeistert gingen die vielen Helfer an die Arbeit. Daran änderte auch der Winter nichts, der mit strengem Frost, Schneesturm, Regen und Schlamm die Hände erstarren ließ und die Kleidung durchnäßte. „Max braucht Wasser“ – diese Losung beflügelte alle und ließ wahre Heldentaten vollbringen. 14 000 Kubik-



Maxhütte

Leitung

Behälter

Pumpenstation



meter Boden mußten die Arbeiter ausheben, 2500 Kubikmeter Felsen des Steilhangs sprengen und hacken. Große Mengen an Material waren zu transportieren, die schweren Wasserleitungsrohre mußten verlegt, ein Hochbehälter und ein Pumpenhaus gebaut werden.

3 Monate Bauzeit war für die Durchführung der Planaufgabe vorgesehen. Eine sehr kurze Zeit, wenn man die damaligen Verhältnisse berücksichtigt. Es gab viele Fachleute, die die Einhaltung dieses Termins für unmöglich hielten. Sie meinten: Der größte Teil der Helfer sind junge Studenten und Schüler, die bei Bauarbeiten keine Erfahrungen haben und bald wieder die Baustelle verlassen. Das Wetter wird zusätzliche Schwierigkeiten bringen, das Material wird nicht rechtzeitig herangeschafft werden, der Plan wird in Gefahr kommen.

Doch die Vorsichtigen und Zweifler hatten unrecht. Gerade die Jugend sah hier ihre Aufgabe, die mit den Schwierigkeiten wuchs und alle Hemmnisse und Schwierigkeiten überwand. Jeder sprang für den anderen ein, denn nur gemeinsam erreicht man das Ziel.

Und schließlich war es soweit. Vier Tage vor dem Plantermin, am 30. März, war die Wasserleitung mit Hochbehälter und Pumpenstation fertig. Am 1. April 1949 weihte Minister Fritz Selbmann die Leitung feierlich ein. Das erste Wasser floß zur Maxhütte. Max konnte seinen Durst löschen.

Seit diesen Ereignissen sind 25 Jahre vergangen. Auch jetzt noch versorgt sie die Hochöfen der Hütte

mit Kühlwasser. Wenn wir heute die Stelle passieren, an der die Rohre von der Saale den Steilhang hinaufkriechen, so denken wir daran, daß hier nicht nur eine Rohrleitung gelegt wurde, sondern daß hier die Jugend ein Beispiel gab, wie man schwierige Aufgaben gemeinsam zum Nutzen des ganzen Volkes meistern kann.

## **Die Nahrung des Hochofens**

Der Hochofen braucht zu seinem Betrieb Eisenerze, Koks, Zuschläge und Luft, die gewissermaßen seine Nahrung darstellen. Diese Stoffe wandeln sich auf chemischem Wege um und liefern dafür Roheisen, Schlacke, Gichtgase und Wärme.

Bevor wir im folgenden Kapitel die Vorgänge im Inneren des Hochofens kennenlernen, wollen wir uns zunächst den Ausgangsstoffen zuwenden. Man stellt sie entweder in anderen Industriebetrieben her oder gewinnt sie in der Natur. Danach durchlaufen sie aber in den meisten Fällen einen mehr oder weniger umfangreichen Aufbereitungsprozeß, bevor sie in den Hochofen gelangen.

Dies gilt besonders für die Eisenerze. Sie enthalten das Eisen in chemisch gebundener Form, meist in Verbindung mit Sauerstoff. Der Chemiker spricht von Eisenoxiden. Obwohl solche Eisenoxide in der Erdoberfläche recht häufig vorkommen, liegen sie aber nur in geringer Konzentration vor. Dadurch wird ihre Verhüttung im Hochofen unwirtschaftlich.

Verdeutlichen wir uns dies an einem Beispiel. Überall im Erdboden befindet sich Wasser. Allerdings macht der Gehalt nur wenige Prozent aus, so daß es für uns nicht in Erscheinung tritt und auch nicht nutzbar ist. Erst wenn sich das Wasser an bestimmten Stellen anreichert, bilden sich Quellen, Flüsse und Seen, dort bemerken wir es und können es verwenden.

Auch die Erze liegen an einigen Stellen der Erd-

oberfläche so vor, daß Bergleute sie abbauen können. Allerdings beträgt ihr Anteil auch dann nur 40 bis 70 Prozent, der Rest ist taubes Gestein. Der Bergmann spricht von der Gangart. Besonders mächtige Erzlagerstätten befinden sich in der Sowjetunion. Diese Erze decken nicht nur den Bedarf der eigenen Hüttenwerke, sondern reichen auch für andere Länder aus. Wir führen zum Beispiel den weitaus größten Teil der Eisenerze aus der Sowjetunion ein.

In den Gruben gewinnt man das Erz in großen und kleinen Brocken, vermischt mit der Gangart, so wie es beim Lossprengen anfällt. Wollte man es unklassiert – nicht zerkleinert – in den Hochofen geben, so würden die großen Brocken bereits bei der Beschickung stören, in den Abfülleinrichtungen klemmen und auch im Hochofen Schwierigkeiten bereiten. Ein Zimmerofen, der mit großen Kohlestücken gefüllt ist, brennt schlechter als mit handlich zerkleinerten. Das liegt daran, daß die Oberfläche im Verhältnis zur Masse sehr klein und die Angriffsfläche zur Reaktion des Sauerstoffs der Luft mit der Kohle zu gering ist. Auch das Feinerz, das als Staub oder in feiner Körnung vorliegt, schadet dem Hochofen, indem es den Gasdurchtritt vermindert und den Ofen verstopft.

Schließlich entfernt man noch unerwünschte Begleitstoffe wie Lehm und Gesteine möglichst weitgehend. Sie stellen für den Hochofen einen überflüssigen Ballast dar und mindern seine Leistung.

Diese Aufbereitungsverfahren werden bereits in den Erzgruben durchgeführt. Ein scharfer Wasserstrahl spühlt den Lehm fort, starke Brechanlagen zerkleinern die großen Erzbrocken, und Maschinen sieben das Erz. Dann gelangt es in Eisenbahnwaggons oder auf Schiffen zu den Hüttenwerken.

Hier bereitet man das Erz weiter auf den Hochofenprozeß vor. Häufig wird gesintert. Mit Koksstaub vermischt, schüttet man es auf ein endloses Eisenband, das wie ein Sieb viele kleine Öffnungen aufweist, und entzündet den Koks am Anfang der Anlage. Während sich das Band langsam bewegt, wird Luft durch das Erz-Koks-Gemenge gesaugt, so daß der Koks kräftig abbrennt. Bei den dabei entstehenden hohen Temperaturen sintert das Erz zu einer porösen Masse zusammen. Anschließend entfernt man es vom Band, bricht es in Stücke, sibt noch einmal und führt es dem Hochofen zu. Die nun porösen und doch festen Erzstücke verfügen über eine große Oberfläche und lassen Gase durch.

Die feinen Anteile, die beim Zerkleinern und Sieben des Erzes anfallen und den Hochofen verstopfen, werden auf die Sinteranlage gegeben und in größere Stücke umgeformt.

Für den Hochofen braucht man große Mengen Energie, um die hohen Temperaturen zu erreichen und die Umwandlung der Eisenoxide in flüssiges Eisen zu ermöglichen. Schließlich muß auch Kohlenstoff vorhanden sein, der die Oxide reduziert und durch Aufnahme in das Roheisen dessen Schmelzpunkt herabsetzt.

An diesen Brennstoff werden besondere Anforderungen gestellt. Er muß bei der Verbrennung viel Wärme abgeben. Auch soll er wenig Verunreinigungen enthalten, die in das Eisen übergehen und seine Qualität herabsetzen. Schließlich verlangt man von ihm eine hohe Druckfestigkeit, denn auf ihm lastet im Hochofen die Erzsicht. Würde der Brennstoff vom Erz zerdrückt, so käme es zu einer Verstopfung des Hochofens, und das Gas könnte nicht durchströmen.

Aus diesen Gründen benutzt man nicht die übliche Steinkohle oder gar Braunkohle, sondern Koks. Man gewinnt ihn aus der Steinkohle, die man in den Kokereien in großen Kammern unter Luftabschluß erhitzt. Dabei entweichen die flüchtigen Bestandteile, und es entstehen Gas, Benzol, Phenol und andere wertvolle Stoffe, während fast reiner Kohlenstoff zurückbleibt. Ist der Koks besonders druck- und abriebfest, so eignet er sich als Hüttenkoks.

Wir wissen, daß die Erze immer einen bestimmten Anteil an taubem Gestein enthalten, der über die Hälfte ausmachen kann. Diese Beimengungen werden im Hochofen in eine leichtflüssige Schlacke verwandelt und so aus ihm entfernt. Da die Gesteine bei den Temperaturen im Hochofen meist noch nicht schmelzen, gibt man Zuschläge, meist Kalkstein, hinzu, die in ihrer Zusammensetzung und Menge genau auf die Gesteine abgestimmt sind.

Wir haben erkannt, wie sehr es darauf ankommt, die unterschiedlichen Stoffe in ihrer Art und Menge gut aufeinander abzustimmen. Ständig müssen Erze

und Koks auf ihre Zusammensetzung und Eigenschaften geprüft werden. Dies geschieht im Laboratorium des Hüttenwerkes. Anschließend errechnet man den Möller, das Gemenge aus Erz, Koks und den Zuschlägen, genau, so daß der Hochofen ständig arbeiten kann und eine hohe Ausbeute an Roheisen liefert. In den modernen Werken wird der Möller automatisch nach den Analysenwerten des Laboratoriums über eine Rechanlage und gesteuerte Abfülleinrichtungen zusammengestellt.

Schließlich soll noch einmal die Luft erwähnt werden. Der zu einem Fünftel darin enthaltene Sauerstoff dient zur Verbrennung des Kokes. Luft gibt es erfreulicherweise in unbegrenzter Menge, man saugt sie mit Hilfe großer Gebläse an, führt sie durch die Winderhitzer und drückt sie dann unten in den Hochofen.

Bevor im Hochofen die eigentliche Umsetzung des Erzes zum Roheisen beginnt, mußten also viele Vorbereitungen getroffen und Arbeiten ausgeführt werden. Jetzt aber ist es soweit, und wir können erfahren, was im Hochofen geschieht.

## **Im Inneren des Hochofens**

Im Hochofen spielen sich chemische Vorgänge ab. Natürlich können wir uns alles sehr einfach machen und feststellen, was man in den Hochofen gibt und was er dafür liefert. Darüber haben wir bereits gesprochen. Doch bliebe uns dann vieles unklar. Wir würden nicht die vielen Vorgänge übersehen, die sich bei dieser Stoffumwandlung abspielen, und könnten nicht abschätzen, welche Rolle ihnen bei der Gewinnung des Roheisens zukommt.

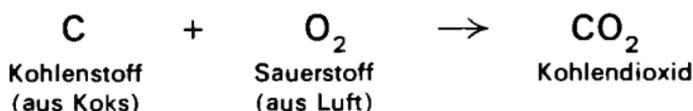
Deshalb wollen wir uns mit den wesentlichen Prozessen im Hochofen etwas näher beschäftigen. Das geht jedoch nicht ohne einige chemische Kenntnisse, doch sollen sie so ausführlich erklärt werden, daß sie jeder versteht.

Zunächst geht es aber noch ohne Chemie. Wir haben bereits erfahren, daß die Einsatzstoffe durch den Gichtverschluß von oben in den Hochofen gegeben werden und nun langsam nach unten sinken. Andererseits leitet man von unten den vorgewärmten Wind in den Ofen, er strömt nach oben. Man spricht hier von einem Gegenstromprinzip, das in der Technik häufig angewandt wird, da es zu einer besonders intensiven Umsetzung führt. Zwei Menschengruppen, die sich auf einem engen Fußweg begegnen, stoßen häufiger aneinander, „reagieren“ stärker miteinander, als wenn eine schnellere Gruppe eine langsamer gehende überholt.

Nach den sich im Hochofen abspielenden Vorgängen unterscheidet man verschiedene Zonen.

Die Vorwärmzone am oberen Ende weist Temperaturen zwischen 200 und 400 Grad Celsius auf. Sie sind zu gering, um Reaktionen zwischen den Einsatzstoffen und den nach oben strömenden Gichtgasen zu ermöglichen. Es kommt in diesem Abschnitt lediglich zu einem Anwärmen des Einsatzguts, noch vorhandenes Wasser entweicht.

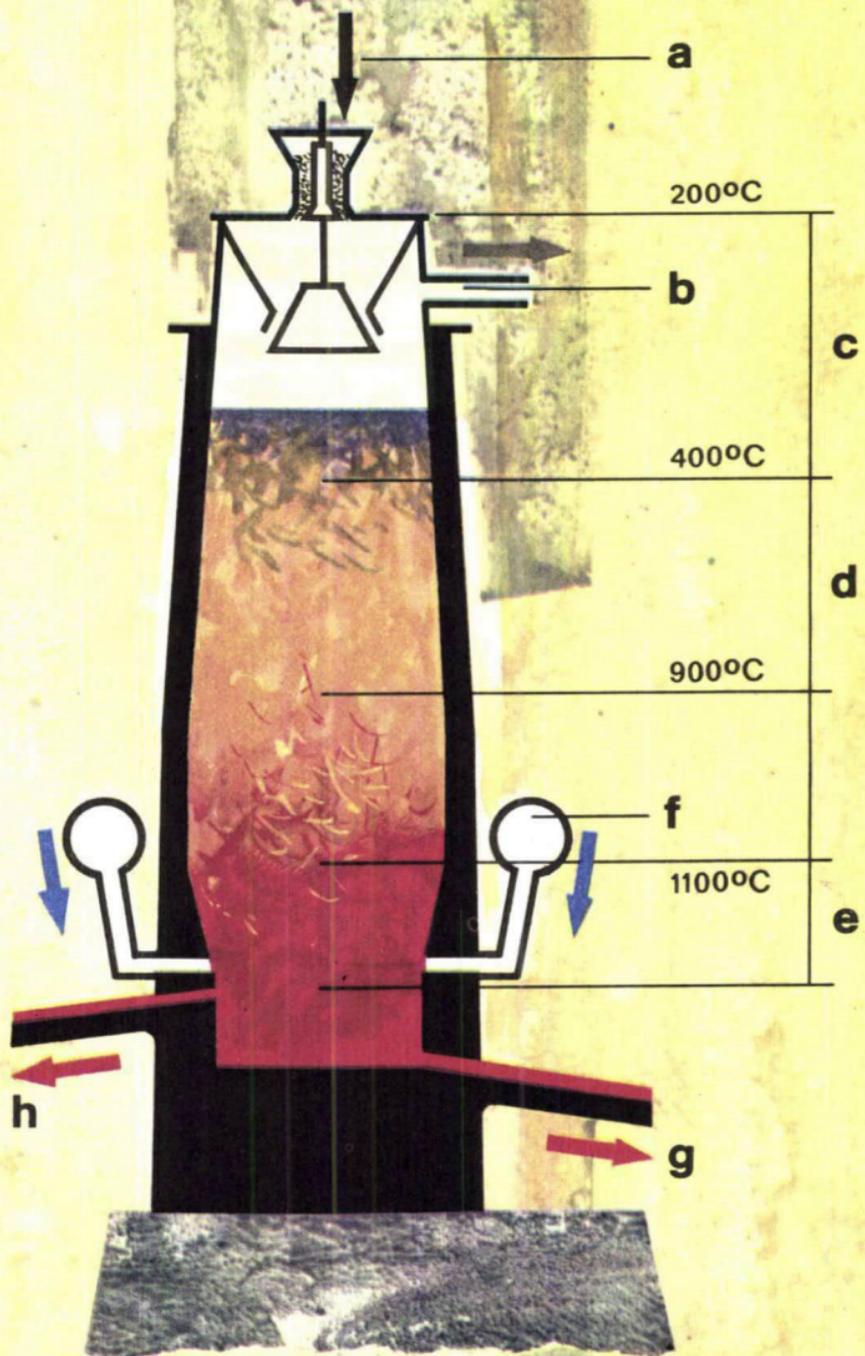
In der Schmelzzone tritt der heiße Wind in den Ofen ein. Hier herrschen über dem flüssigen Roheisen und der darauf befindlichen Schlackeschicht Temperaturen bis 1800 Grad Celsius. Und hier reagiert der Sauerstoff der Luft mit dem Koks, der unter starker Wärmeabgabe zu dem Gas Kohlendioxid verbrennt:



Zusammen mit der restlichen Luft strömt das Gas Kohlendioxid nach oben und trifft dabei auf noch unverbrannten glühenden Koks. Dabei reagiert das Kohlendioxid mit Kohlenstoff, und das Gas Kohlenmonoxid entsteht:

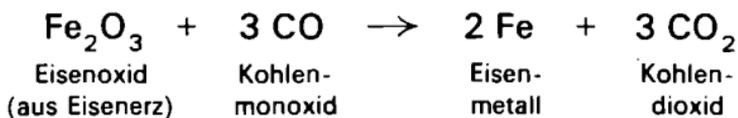


Vorgänge im Hochofen: a Erz, Koks und Zuschläge, b Gichtgas, c Vorwärmzone, d Reduktionszone, e Schmelzzone, f Heißwindzuführung, g Eisenabstich, h Schlackenabfluß



Kohlenmonoxid können wir als einen nur teilweise oxydierten Kohlenstoff ansehen. Es ist bestrebt, sich mit weiterem Sauerstoff zu verbinden und dabei in Kohlendioxid überzugehen. Kohlenmonoxid ist deshalb ein gutes Reduktionsmittel.

Trifft nun dieses Kohlenmonoxid bei seinem Weg nach oben auf die nach unten sinkenden heißen Eisenerze, die bekanntlich chemisch gebundenen Sauerstoff enthalten, so entreißt es dem Eisenoxid den Sauerstoff, wobei es in Kohlendioxid übergeht, während das Eisenoxid zu metallischem Eisen reduziert wird:



Dieser Reduktionsvorgang, also die Überführung des Eisenoxids in metallisches Eisen, spielt sich in der Reduktionszone des Hochofens ab. Allerdings sind hier die Reaktionen bedeutend vielfältiger, als es die Abbildung zeigt. Wer schon mit chemischen Formeln umgehen kann, stellt fest, daß die Umwandlung des Eisenoxids nicht in einem Schritt erfolgt, sondern stufenweise abläuft, wobei aus dem sehr sauerstoffreichen Eisenoxid  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  über das  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  schließlich das sauerstoffarme  $\text{FeO}$  entsteht und dies nunmehr zu Eisen reduziert wird.

Als Reduktionsmittel dient in jedem Fall das Kohlenmonoxid, das immer wieder aus der Umsetzung zwischen Kohlendioxid und Kohlenstoff (Koks) ent-

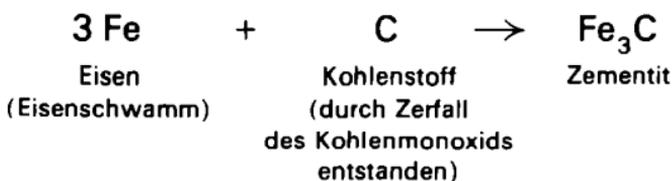
steht. Als Gas umspült es die Eisenoxide und wirkt auf ihrer gesamten Oberfläche.

Wir sehen, wieviel unterschiedliche und vielfältige Reaktionen im Hochofen stattfinden.

Am unteren Teil der Reduktionszone ist zwar bereits metallisches Eisen vorhanden, doch liegt die Temperatur mit 900 bis 1 000 Grad Celsius zu niedrig, um es schmelzen zu lassen. Reines Eisen hat einen Schmelzpunkt von 1 530 Grad Celsius. Daher liegt das Eisen hierzunächst als ein poröser Eisenschwamm, der langsam nach unten in die Kohlzone rutscht. Dabei kommt es zu einer sehr wesentlichen Reaktion, die zur Verflüssigung des Eisens beiträgt. An der großen Oberfläche des porösen Eisenschwammes findet bei den hohen Temperaturen ein teilweiser Zerfall des aufströmenden Kohlenmonoxidgases statt:



Dabei bildet sich ein sehr fein verteilter Kohlenstoff, der vom Eisen aufgenommen wird und dort eine chemische Verbindung bildet, die Zementit heißt:



Je 1 Prozent Kohlenstoff im Eisen setzen dessen Schmelzpunkt um etwa 100 Grad Celsius herab. In der Kohlzone steigt durch den Zerfall des Kohlenmonoxids der Kohlenstoffgehalt des Roheisens bis über 4 Prozent, wodurch der Schmelzpunkt auf etwa 1100 Grad Celsius sinkt. Diese Temperatur herrscht auch im unteren Abschnitt der Kohlzone. Das Eisen verflüssigt sich hier, tropft nach unten und sammelt sich im Gestell.

Die flüssige Schlacke entsteht durch Umsetzung der Gangart, dem tauben Gestein, mit den Zuschlägen. Auch die Schlacke sickert nach unten und sammelt sich auf der Eisenschmelze, denn sie ist leichter als diese. Dadurch schützt sie das metallische Eisen vor einer Verbrennung durch den einströmenden Wind und verhindert die Rückbildung von Eisenoxiden.

Während die flüssige Schlacke ständig in bereitstehende Spezialwaggons abläuft, findet der Abstich des Roheisens im Abstand von 4 bis 6 Stunden statt. Den Stopfen der Abstichöffnung öffnet man mittels einer Maschine, und das Roheisen fließt in die bereitstehende Gießpfanne.

Diese Prozesse verlaufen nur dann so, wenn alle Bedingungen eingehalten werden: Erz, Koks und die Zuschläge müssen genau aufeinander abgestimmt sein, die Windzufuhr ist exakt zu regeln, die Temperaturen in jeder Reaktionszone des Hochofens müssen stimmen. Erst dann arbeitet der Hochofen über Jahre hinweg einwandfrei und liefert gutes Roheisen mit guter Ausbeute.

Trotz aller Maschinen und automatischen Anlagen

ist der Mensch keineswegs entbehrlich geworden. Er bedient die Maschinen, ermittelt die günstigsten Bedingungen für den Ablauf des Hochofenprozesses und kontrolliert die Vorgänge. Ohne ihn ist die Eisengewinnung nicht denkbar.

## **Die Wandlung des Hochofens**

Damit sich die Erze in metallisches Eisen umwandeln und letzteres sich dann verflüssigt, braucht man also recht hohe Temperaturen. Diese Temperaturen müssen erzeugt werden, und dann muß der Hochofen ihnen auch widerstehen. Für die Hüttentechnik stellt dies kein Problem mehr dar. Durch Vorwärmen des Windes, Ausmauern des Hochofens mit feuerfesten Steinen und Anwendung von Kühlwasser erreicht man diese Forderungen.

Doch wie war es früher? Aus Funden und Überlieferungen ist bekannt, daß man bereits vor sehr langer Zeit Eisen kannte und es aus seinen Erzen zu schmelzen wußte.

Natürlich gab es zu jener Zeit noch keine Hochöfen. Dazu fehlten die technischen Kenntnisse und Voraussetzungen. Deshalb erfolgte die Gewinnung des Eisens in Gruben und in kleinen Schachtöfen, die die Menschen aus gebranntem Lehm oder aus Steinen herstellten. Die Wärmeenergie erzeugten sie durch Verbrennen von Holzkohle. Sie war gleichzeitig Reduktionsmittel, da sie wie der Koks zu Kohlendioxid und Kohlenmonoxid verbrennt. Die Luft leitete man auf natürlichem Wege durch Kanäle oder blies sie selbst oder mit Hilfe von Blasebälgen in die Glut und erzielte dadurch eine größere Hitze.

In diesen primitiven Hochöfen reichten die Temperaturen zum Schmelzen des Eisens nicht aus. Es kam nur zu den Vorgängen, die sich heute in der Reduktionszone eines Hochofens abspielen. Das



metallische Eisen sinterte zusammen und bildete einen weichen Klumpen, die sogenannte Luppe. Von Zeit zu Zeit löschte man das Feuer im Ofen und holte den Klumpen heraus und befreite ihn von der anhaftenden Schlacke.

Als man später die Gebläse verbesserte, erhöhte sich auch die Temperatur im Ofen. Man erreichte schließlich, daß Kohlenstoff vom Eisen aufgenommen wurde, und erhielt ein zum Gießen gut geeignetes Roheisen.

Erst gegen 1700 kam der eigentliche Hochofen auf. Er war allerdings noch primitiv und klein und nicht mit komplizierten technischen Ausrüstungen versehen. Als Brennstoff und Reduktionsmittel benutzte man zunächst weiter die Holzkohle. Da der Bedarf an Holzkohle sich ständig erhöhte – immer mehr Hochöfen wurden gebaut –, lichteteten sich die Wälder bedenklich. So ging man von der Holzkohle ab und stellte die Öfen auf Koks um.

Ständig hat man die Hochöfen weiterentwickelt, und auch jetzt ist kein Stillstand zu verzeichnen. Man vergrößerte sie und steigerte dadurch die Tagesproduktion. Hatten die ersten Hochöfen zunächst nur die Größe eines Zimmerofens, so erreichen sie heute Höhen von über 50 Metern und ein Fassungsvermögen von mehr als 1 000 Kubikmetern. In der Sowjetunion und in Japan baut man Hochofenriesen, die bis zu 4 000 Kubikmeter fassen und täglich 10 000 Tonnen Roheisen liefern.

Aber nicht nur die Ausmaße der Hochöfen haben sich geändert. Die Gichtgase entweichen nicht mehr

nutzlos und brennen an der oberen Öffnung ab, sondern man führt sie durch Rohrleitungen ab und versorgt durch sie das Hüttenwerk mit Energie. Die einstmals primitiven und auch gefährlichen Beschickungseinrichtungen sind verschwunden und haben automatisch arbeitenden Anlagen Platz gemacht. Gemeinsam mit eingebauten Kontroll- und Regelgeräten steuert der Hochöfner den Ofen und gewinnt Roheisen mit guter und gleichbleibender Qualität.

Die Beschickungsstoffe sind jedoch gleichgeblieben. Erze, Kohlenstoff in Form von Holzkohle oder Koks und Zuschläge verwandte man von Anfang an. Das liegt hauptsächlich daran, daß Kohle das billigste Material zur Erzeugung der Wärmeenergie und zur Reduktion darstellt. Es hat aber nicht an Versuchen gefehlt, den Koks wenigstens teilweise durch andere Brennstoffe und Reduktionsmittel zu ersetzen. Diese Bemühungen verliefen durchaus erfolgreich. So ist man in der Lage, die Wärme im Hochofen durch Elektroenergie zu erzielen oder Erdöl beziehungsweise Erdgas in den Ofen zu blasen. Auch kann man durch Zusatz von reinem Sauerstoff zum Wind die chemischen Reaktionen im Hochofen beschleunigen.

Die natürliche Luft besteht zum größten Teil aus Stickstoff, der an den Umsetzungen im Hochofen nicht beteiligt ist und unverändert die Gicht verläßt, aber auch er muß im Hochofen aufgeheizt werden und verbraucht dabei Wärme. Der Stickstoff verdünnt den Sauerstoff.

Wenn man dennoch beim Koks geblieben ist und lediglich Erdöl oder Erdgas zusätzlich in den Hochofen bläst, so deshalb, weil dies gegenwärtig der billigste Weg der Roheisenerzeugung ist. Doch das bleibt sicher nicht immer so. Man wird einmal zumindest den größten Teil des Kokses aus den Hochofen verbannen und ihn durch Erdgas, Erdöl oder gar durch elektrische Energie ersetzen. Dabei würde man ein Roheisen erhalten, das frei von ungünstigen Beimengungen ist, die aus dem Koks in das Roheisen treten.

## **Nicht nur das Eisen ist wichtig**

Natürlich interessiert den Hüttenwerker in erster Linie das Roheisen, das er aus dem Erz gewinnt. Die Leistung eines Hochofens bewertet man deshalb auch nach der Menge des geschmolzenen Roh-eisens.

Wir haben aber erfahren, daß auch andere Stoffe während des Hochofenprozesses entstehen. Dies sind die Gichtgase und die Schlacke. Sie stellen heute für uns wertvolle Produkte dar, die wir sorgfältig auffangen und verarbeiten.

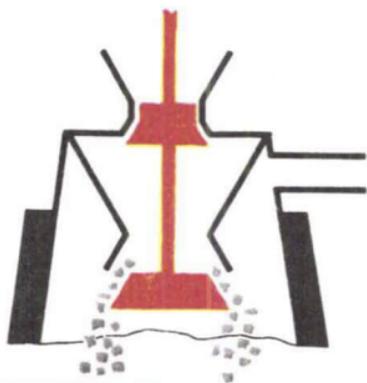
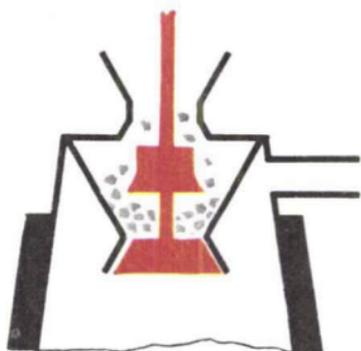
Noch bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts waren die Hochöfen allein für die Erzeugung von Roheisen bestimmt. Die Gichtgase verließen den Hochofen an seinem oberen Ende und wurden hier abgebrannt. Dies war natürlich sehr unwirtschaftlich, denn die nutzlos entweichende Wärmeenergie brauchte man an anderen Stellen des Hüttenwerkes dringend.

Warum brennen eigentlich die Gichtgase?

Die Abgase eines Kachelofens oder eines Kraftwerkes, die durch den Schornstein entweichen, sind nicht mehr brennbar und damit wertlos. Auch im Ofen befindet sich Kohle, die der Sauerstoff der Luft entzündet und die Wärme abgibt. Doch wir dürfen nicht vergessen, daß zwischen den Vorgängen bei der Heizanlage eines Kraftwerkes und denen in einem Hochofen wesentliche Unterschiede bestehen. Im Kraftwerk wird man den Brennstoff vollständig verbrennen, denn dabei erhält man die

größte Wärmemenge. Aus diesem Grund wird durch reichliche Zufuhr von Luft sämtlicher Kohlenstoff des Brennmaterials in Kohlendioxid übergeführt. Anders ist es im Hochofenbetrieb. In den Hochofen wird Luft gedrückt, die bekanntlich aus Stickstoff und Sauerstoff besteht. Der Stickstoff ist ein sehr reaktionsträges Gas und verläßt den Hochofen unverändert. Lediglich seine Temperatur ist auf etwa 250 Grad Celsius erhöht worden. Der Sauerstoff dagegen reagiert mit dem glühenden Koks, wobei sich zunächst Kohlenmonoxid bildet. Dieses Gas entreißt dem Erz den am Eisen gebundenen Sauerstoff. Dabei geht es in das Gas Kohlendioxid über, wobei das Erz zu metallischem Eisen reduziert wird. Beim Emporströmen entsteht zwar aus dem Kohlendioxid durch Koks wieder Kohlenmonoxid, das seinerseits erneut mit dem Erz reagieren kann, aber eigentlich sollte auch aus dem Hochofen nur ein Gemisch von Stickstoff und Kohlendioxid entweichen. Beides sind nicht brennbare Gase. Diese Überlegungen stimmen. Sie gelten aber nur dann, wenn man mehr Luft in den Hochofen bläst, als zur Verbrennung des dort vorhandenen Kokes benötigt wird. So verfahren wir auch bei unserem Ofen in der Wohnung oder im Kraftwerk. Im Hochofen steuert man jedoch die Luftzufuhr so, daß immer ein bestimmter Anteil des noch brennbaren Gases Kohlenmonoxid vorhanden ist, denn

Hochofenbeschickung: a Beschicken, b Öffnen des oberen Gichtverschlusses, c Öffnen des unteren Gichtverschlusses



man will ja in erster Linie das Eisenerz mit Hilfe des Kohlenmonoxids in metallisches Eisen umwandeln. Aus diesem Grunde muß die Luftzufuhr so geregelt sein, daß der Koks nur zum Teil verbrennt. Die Gichtgase bestehen deshalb aus etwa 55 Prozent Stickstoff, 30 Prozent Kohlenmonoxid und 15 Prozent Kohlendioxid. Der Anteil an Kohlenmonoxid macht die Gichtgase brennbar und dadurch wertvoll.

Um die Gichtgase zu nutzen, mußte man die Gichtöffnung verschließen und dennoch die Beschickung des Hochofens und die Ableitung der Gichtgase sichern. Dies Problem löste der Gichtverschluß, der als Schleuse ausgebildet ist. Er besteht im wesentlichen aus zwei Verschlüssen, von denen man jeweils nur den einen während der Beschickung öffnet. Auf diese Weise verhindert man ein unkontrolliertes Entweichen der Gichtgase. Dafür werden die Gase durch mächtige Rohre abgeleitet und zur weiteren Nutzung abtransportiert. Meist durchlaufen sie noch eine Reinigungsanlage, in der man sie von mitgerissenem Staub befreit. Da die Gase den Hochofen mit beträchtlicher Geschwindigkeit passieren, reißen sie kleine Teilchen mit, die bei der späteren Verwendung der Gichtgase stören, indem sie Rohrleitungen und Düsen verstopfen.

Ein Großteil der Gichtgase wird unmittelbar für den Hochofenprozeß selbst verbraucht. Etwa die Hälfte dient zum Aufheizen der Winderhitzer. Den restlichen Teil benötigt man zum Betrieb von Wärme- oder Glühöfen im meist benachbarten Stahlwerk. Oder man verbrennt die Gichtgase in Gasturbinen

und erzeugt elektrische Energie, mit der man Maschinen und Elektromotore in Bewegung hält.

Bei 1000 Tonnen Roheisen gewinnt man etwa 1000 Tonnen Schlacke, die aus der Gangart der Erze und den Zuschlägen besteht. Früher lagerte man sie auf Halden in unmittelbarer Nähe des Hüttenwerkes, die im Laufe der Jahre immer höher wuchsen. Heute liegt keine Schlacke mehr auf Halden, sie wandelte sich von einem lästigen Abfallprodukt zu einem begehrten Rohstoff für verschiedene wichtige Erzeugnisse um.

Die Hochofenschlacke entsteht durch Zusammenschmelzen der Gangart mit den Zuschlägen. Entsprechend der Zusammensetzung der Erze und der Zuschläge erhält man eine basische oder eine saure Schlacke. Die basische Schlacke enthält 30 bis 50 Prozent gebrannten Kalk, während die kalkarme saure Schlacke in der Hauptsache aus Kieselsäure besteht. Die Zusammensetzung der Schlacke bestimmt auch die Verwendung.

Die basische Schlacke verarbeitet man vorwiegend zu Zement. Zu diesem Zweck kühlt man die flüssige Schlacke in Wasser ab. Dabei erstarrt sie zu einer körnigen glasigen Masse, zum Schlackensand. Man mischt diesen Schlackensand mit Portlandzement und etwas Gips und erhält den Hochofenzement. Man kann auch den Zement mit weiterer Schlacke mischen und daraus die begehrten Schlackensteine formen.

Die saure Hochofenschlacke ist nicht weniger wertvoll. Versetzt man den glühenden sauren

Schlackebrei mit nur wenig Wasser, so verdampft dieses sehr plötzlich und bläht die Schlacke auf. Dabei kühlt sich die Schlacke ab und behält ihre schwammartige Struktur. Die vielen Poren machen das Schlackematerial sehr leicht und schwer durchlässig für Wärme. Die Schaumslagge ist daher im Bauwesen ein geschätztes Isoliermaterial.

Dies gilt auch für die Schlackenwolle. Man drückt die flüssige Schlacke durch eine feine Düse und richtet gegen den ausströmenden Strahl einen kräftigen Luftstrom. Die Schlacke zerteilt sich dabei fein und erstarrt augenblicklich zu einer hellgrauen, weichen und wollähnlichen Masse, einem nicht brennbaren Isolierstoff.

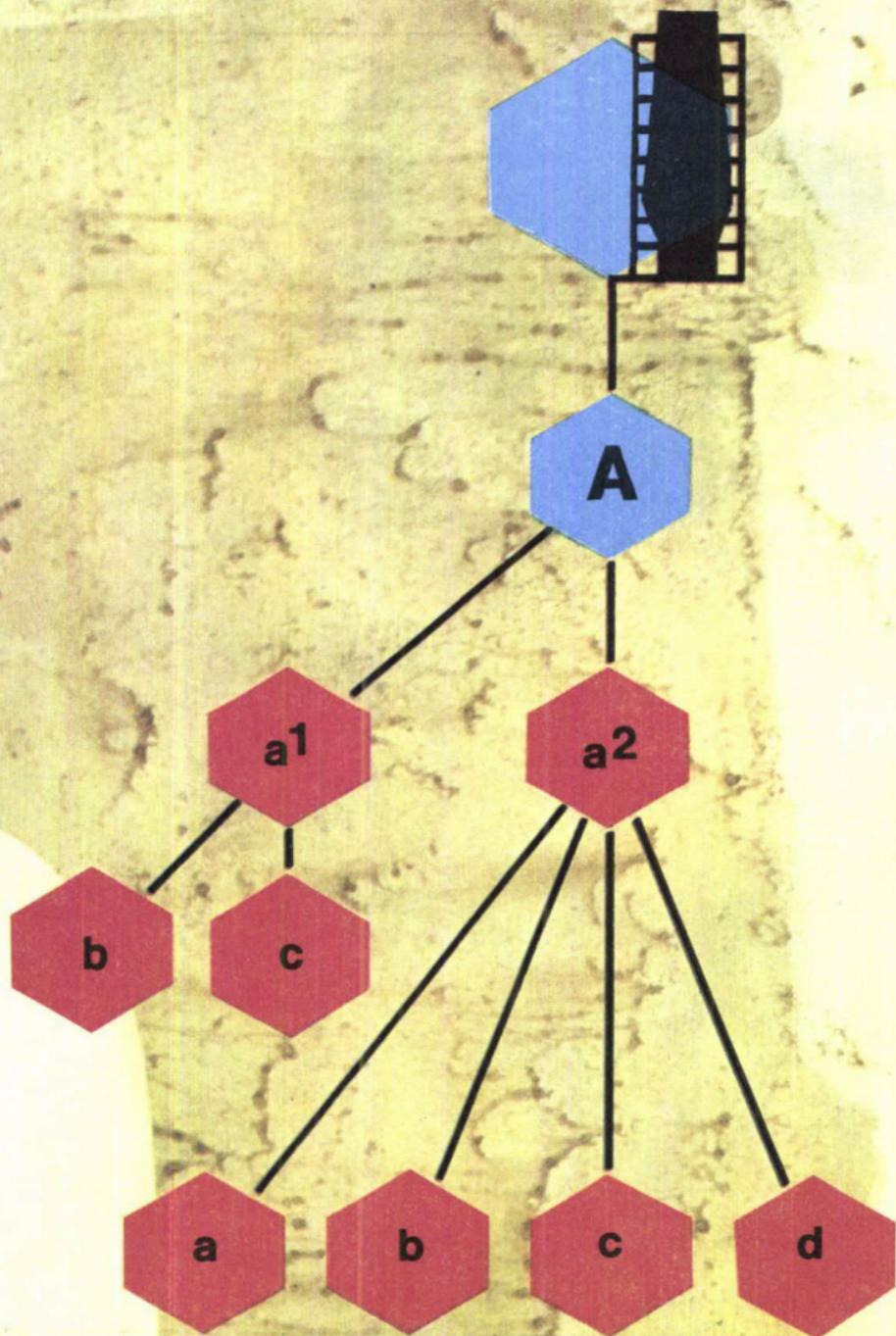
Schließlich kann man die flüssige Schlacke in Formen gießen und erhält Pflastersteine, oder man zerkleinert große Brocken zu Schotter und Splitt für den Straßen- und Gleisbau.

Wie wir sehen, hat man viele Möglichkeiten gefunden, alle Produkte, die bei der Roheisenerzeugung anfallen, nutzbringend zu verwerten. Nicht verwendbare Nebenprodukte gibt es nicht mehr. Dies ist sehr wichtig. Denn einmal werden dadurch der Bauindustrie wertvolle Materialien zur Verfügung gestellt. Mehr Zement und mehr Bausteine bedeutet, man kann mehr Wohnungen, Schulen, Kindergärten

Verwendung der Schlacke: A Schlacke,

a<sup>1</sup> basische Schlacke, b Zement, c Schlackensteine,

a<sup>2</sup> saure Schlacke, a Schaumslagge, b Schlackenwolle, c Pflastersteine, d Splitt



und Betriebe bauen. Zweitens braucht das Hüttenwerk sich nicht mehr um die Beseitigung dieser Stoffe zu sorgen und kann sie sogar verkaufen, so daß auch das Werk seine Vorteile hat.

## **Was gehört zu 1 000 Tonnen Eisen ?**

Die Abbildung Seite 69 zeigt, was ein Hochofen für seinen Betrieb benötigt und was er an Produkten liefert. Gleichzeitig vermittelt sie aber auch einen Eindruck von den großen Mengen an Stoffen, die Tag für Tag den Hochofen durchlaufen und dabei umgewandelt werden. Ein Hochofen mittlerer Größe, der je Tag 1 000 Tonnen Roheisen liefert, benötigt dafür mehr als vierzig Eisenbahnwaggons Erz, fast zwanzig Waggons Koks und fünf Waggons Zuschläge. Das ist schon ein sehr langer Güterzug. Die in den Hochofen durch mächtige Gebläse hineingedrückte Luft reicht aus, um die Menschen einer Stadt wie Weimar mit Atemluft zu versorgen. Wir erfuhren bereits von der Bedeutung des Kühlwassers. Es ist ausreichend für eine kleine Stadt.

Dafür erzeugt der Hochofen Roheisen, Schlacke und Gichtgase. Während die Gichtgase im Werk selbst verbraucht werden, muß man Eisen und Stahl sowie die Schlacke in Form von Hochofenzement, Schlackenwolle und anderen Baustoffen zu den Verbrauchern transportieren. Und dies sind wieder beträchtliche Mengen.

Bei noch größeren Hochöfen wachsen die Mengen der benötigten Einsatzstoffe und der gelieferten Erzeugnisse erheblich an. Der gegenwärtig mächtigste Hochofen der Sowjetunion steht in einem westsibirischen Hüttenwerk im Gebiet Kemerowa. Der Gigant braucht täglich einhundredsiebzig Waggons Eisenerze und achtzig Waggons Koks. Dafür fließen

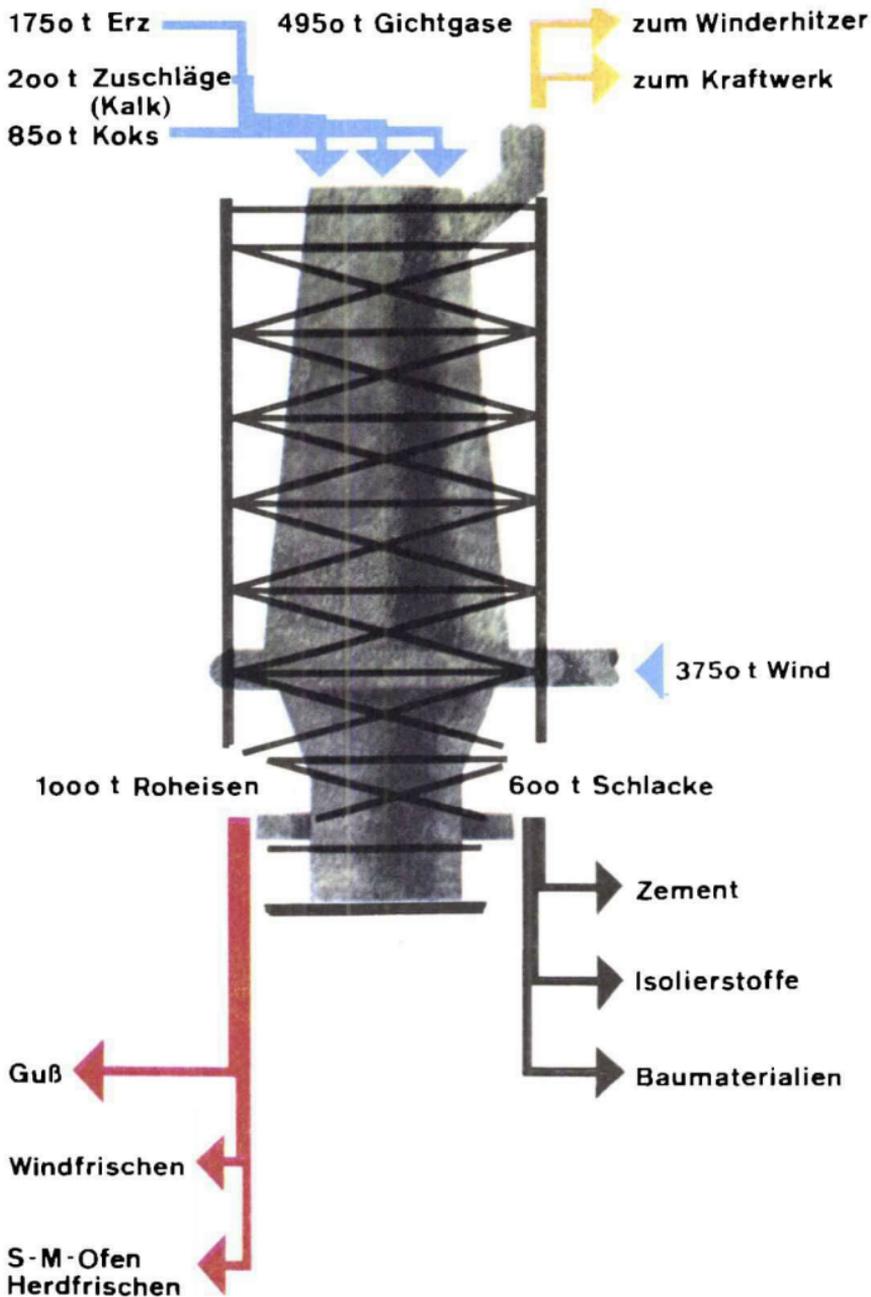
aus ihm in 24 Stunden über 5000 Tonnen Roheisen.

Ein Hüttenwerk besteht aus mehreren Hochöfen. Meist sind es drei oder vier. Viel Erze, Koks, Eisen und Schlackeprodukte erreichen täglich das Hüttenwerk oder verlassen es.

Dies muß beim Bau eines neuen Hüttenwerkes sehr genau beachtet werden. Man wird einen Standort vorsehen, der den Transport möglichst vereinfacht. So ist es kein Zufall, daß man in der Sowjetunion die neuen Hochofenwerke in Sibirien errichtet, da sich dort in unmittelbarer Nachbarschaft riesige Eisenerzlager und Kohlengruben befinden. Dadurch ist der Weg von der Grube zum Hochofen gering und man spart Transportkosten. Es wäre nicht sehr zweckmäßig, ein Werk zum Beispiel in der Nähe von Leningrad zu bauen und Erz und Koks viele tausend Kilometer aus dem Inneren des Landes herbeizuschaffen.

Lassen sich lange Transportwege nicht vermeiden, so wird man versuchen, dafür Wasserwege zu benutzen, man errichtet die Hochöfen an Kanälen, Flüssen oder vielleicht auch an einem Seehafen, denn der Transport mit Schiffen ist billiger als auf den Schienenwegen. Außerdem hat ein Kanal oder Fluß noch einen anderen großen Vorzug aufzuweisen: Er liefert das Wasser für die Kühlung der Hochöfen.

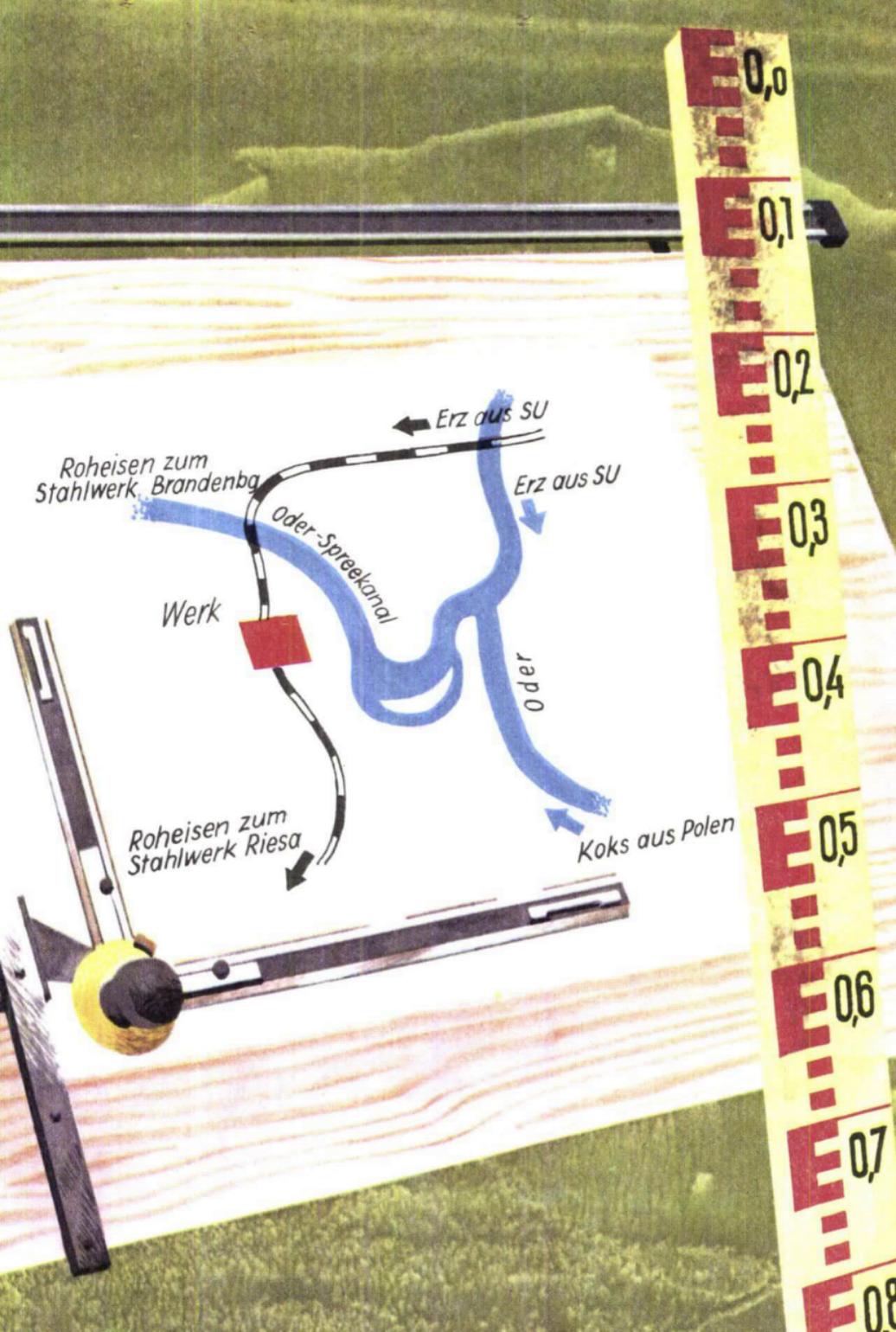
Daran hat man gedacht, als man den Bau des Eisenhüttenkombinates Ost bei Eisenhüttenstadt beschloß. Es steht unmittelbar am Oder-Spree-Kanal,



nahe der Oder. Der Koks kommt auf Schiffen aus Polen. Die Erze liefert die Sowjetunion. Der Oder-Spree-Kanal öffnet den Weg zu den anderen Wasserstraßen unserer Republik. Riesige Erz- und Kokslager an den Entladeplätzen geben ein deutliches Bild von dem großen Appetit der Hochöfen des Hüttenwerkes. Das ausgedehnte Werkgelände durchziehen viele hundert Kilometer lange Schienenstränge. Werkbahnen sorgen für den Transport innerhalb des Betriebes, während auf dem Güterbahnhof ständig vollbeladene Züge eintreffen und wieder abfahren.

Viel ungünstiger sind dagegen die Verhältnisse bei der Maxhütte in Unterwellenborn. Das Werkgelände ist durch die umliegenden Berge eingeeignet und läßt kaum noch eine Erweiterung der Anlagen zu. Die in der Nähe befindlichen Erzgruben sind weitgehend erschöpft, so daß man die Eisenerze wie auch den Koks auf dem Schienenwege aus der Sowjetunion und Polen heranfahren muß. Ein schiffbarer Wasserweg existiert nicht, und selbst die Versorgung mit Kühlwasser hatte nach 1945 ernste Schwierigkeiten bereitet. Heute würde man ein Hüttenwerk sicherlich nicht mehr an dieser Stelle bauen.

Wir verstehen nun auch, weshalb wir in unserer Republik keine neuen Hochöfen mehr bauen, obwohl der Bedarf an Gußeisen und Stahl ständig anwächst. Da wir im eigenen Lande über keine ergiebigen Eisenerze und keinen Hüttenkoks verfügen, müssen wir diese Rohstoffe über viele tausend Kilometer



0,0

0,1

0,2

0,3

0,4

0,5

0,6

0,7

0,8

Roheisen zum  
Stahlwerk Brandenbg

Erz aus SU

Erz aus SU

Werk

Oder-Spreekanal

Oder

Roheisen zum  
Stahlwerk Riesa

Koks aus Polen

einführen. Das ist sehr umständlich und teuer. Zweckmäßiger ist, wenn man das Erz in der Sowjetunion oder in Polen verhüttet und wir lediglich das Eisen oder den Stahl einführen. Dann spart man den Transport von Koks und Erz. Wir produzieren dafür aus einem Teil des Stahls Maschinen oder Chemieanlagen und liefern sie als Gegenleistung.

Durch eine solche Arbeitsteilung sparen wir viel Geld und können dafür andere Aufgaben übernehmen. Allerdings ist es notwendig, daß durch Handelsverträge die Lieferung der vereinbarten Waren gesichert ist, weil es sonst zu Schwierigkeiten in der Wirtschaft kommen würde. Die freundschaftlichen Beziehungen zur Sowjetunion und den anderen sozialistischen Staaten geben uns diese Gewißheit. So erreichen wir durch die sozialistische Arbeitsteilung, daß nicht mehr jedes Land alles selbst herstellen muß, was es für die Wirtschaft und für seine Bevölkerung benötigt, sondern einen Teil von seinen sozialistischen Handelspartnern erhält und dafür die Herstellung und Lieferung anderer Waren übernimmt.

## **Was ist Eisen ?**

Jeder von uns kennt viele Gegenstände aus Eisen, hat es täglich in der Hand. Eisen ist ein recht schweres Metall, fest, weich, hart, elastisch, spröde, an der freien Witterung unbeständig und nichtrostend. Aber halt! Das ist doch unsinnig, was soeben von den Eigenschaften des Eisens gesagt wurde. Eisen kann nicht gleichzeitig weich und hart sein oder spröde und elastisch. Entweder ist es an der Luft beständig, oder es rostet. Welche Eigenschaften besitzt das Eisen nun wirklich?

Die Lösung des Problems: Eisen kann verschiedene Eigenschaften, zudem noch gegensätzliche, aufweisen. Denn was wir in unserer Umgebung antreffen, was wir im Bauwesen oder Maschinenbau verwenden, besteht nicht nur aus Eisen, sondern es enthält unterschiedliche Mengen verschiedener anderer Bestandteile, die seine Eigenschaften teilweise sehr wesentlich ändern. So wird es einmal weich oder dann wieder hart sein, dehnbar oder spröde. Gerade deshalb ist das Eisen als Gebrauchsmetall so wertvoll.

Reines Eisen benötigt man nur selten und stellt es deshalb auch nur in sehr geringen Mengen her. Es ist ein weiches und gut dehnbares Metall, aber für die Technik meist nicht fest genug. Außerdem läßt es sich nicht härten und in Stahl umwandeln. Kurz – als Werkstoff für den Maschinenbau, im Bauwesen oder für Werkzeuge eignet sich reines Eisen nicht.

Dennoch wollen wir uns dieses chemische Element näher betrachten und etwas über seinen Feinbau erfahren.

Eisen baut sich wie jedes andere Metall aus Kristallen auf. Dies klingt sehr überraschend. Kristalle kennen wir vom Zucker oder Kochsalz her und wissen, daß es sich bei ihnen um Körper handelt, die von ebenen Flächen begrenzt sind. Betrachtet man einige Salzkörnchen unter einer Lupe, so ist dies deutlich zu erkennen. Wir sehen die Kristalle, fühlen sie. Aber wie ist es beim Eisen? Es weist eine glatte Oberfläche auf, in der man Kristalle weder sehen noch fühlen kann. Doch diese Behauptung gilt nicht immer. Betrachtet einmal aufmerksam die Bruchfläche eines Gußeisenstückes. Bereits mit der Lupe erkennt man ebene Kristallflächen, und die Rauigkeit ist deutlich zu spüren. Nehmen wir schließlich ein Mikroskop zu Hilfe, erblicken wir in jedem Eisenstück und auch in jedem anderen Metall Kristalle. Hier noch ein Versuch, der beweist, daß Eisen aus Kristallen besteht:

Wir schleifen die Oberfläche eines Eisenstückes und polieren es, geben eine ätzende Flüssigkeit darauf, die unterschiedliche Bezirke der Oberfläche auch unterschiedlich stark angreift. Betrachten wir die so vorbehandelte Oberfläche unter dem Metallmikroskop, bei etwa hundertfacher Vergrößerung, so erkennen wir deutlich die Kristallflächen und die Stellen, an denen sie aneinanderstoßen. Wir haben die Kristalle deutlich sichtbar gemacht und erhalten einen ersten Einblick in den Bauplan der Metalle.

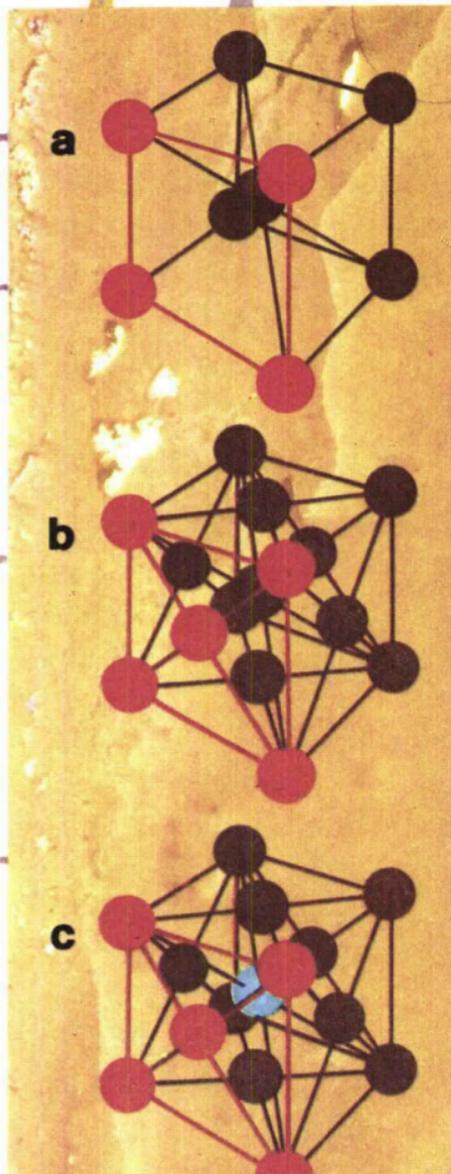
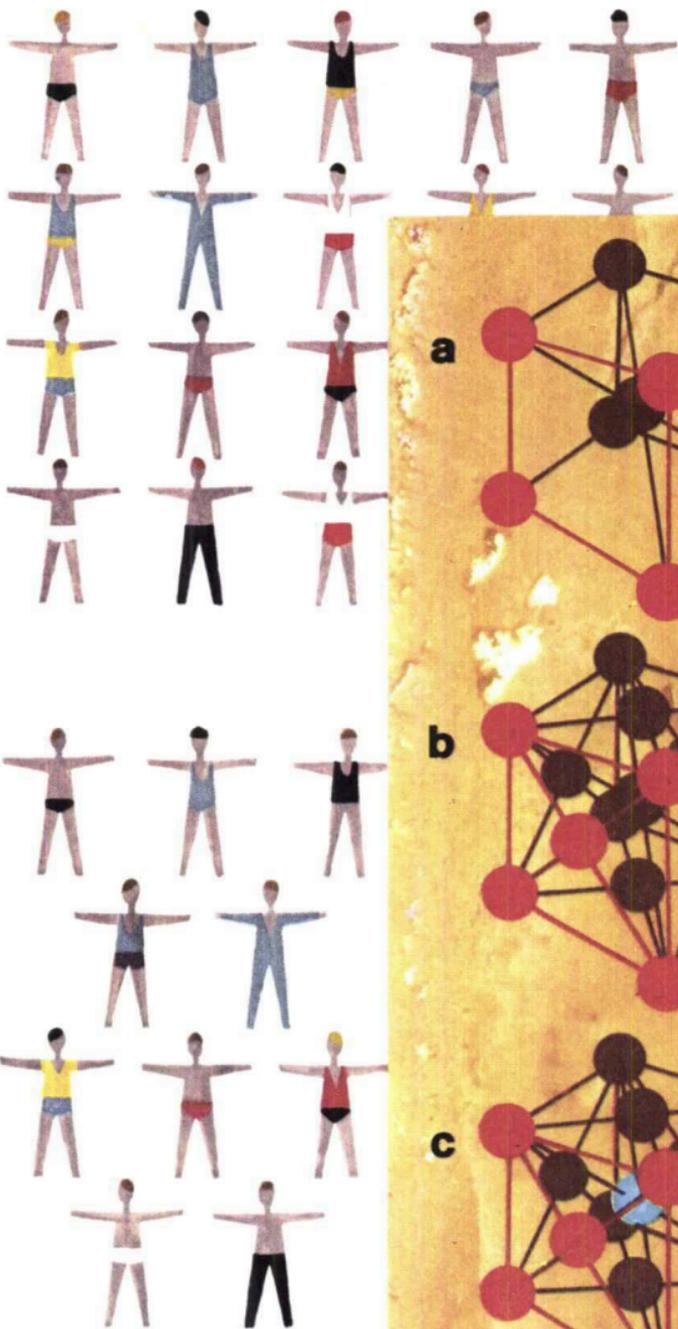
Die Kristalle jeden Stoffes sind nach festen Regeln aufgebaut. Die kleinsten Bausteine eines Elementes sind die Atome. Obwohl sie so winzig sind, daß wir sie auch mit den allerbesten Mikroskopen nicht sehen können, wissen wir dennoch, daß sie sich beim Eisen und vielen anderen Elementen in einer ganz bestimmten Ordnung befinden. Dadurch kommt es zur Bildung der Kristalle. Ein Beispiel soll uns dies veranschaulichen. Wir befinden uns in einem Hubschrauber, der in etwa 200 Meter Höhe über einem Schulhof kreist. Wir übersehen aus der großen Höhe alle Schüler, die sich während der Pause auf dem Hof befinden, auch wenn sie uns recht klein erscheinen. Sie toben auf dem Hof herum und bewegen sich dabei in die verschiedensten Richtungen und mit unterschiedlicher Geschwindigkeit. Hier und da haben sich Gruppen gebildet, zu denen ständig neue Schüler hinzukommen, während sich andere von der Gruppe fortbewegen. Alles bietet ein Bild völliger Unordnung, das sich ständig ändert. Eine Gruppe, die sich eben noch an einer Stelle des Schulhofes befand, hat sich kurze Zeit später aufgelöst, und gleichzeitig bildet sich eine neue Gruppe an einer anderen Stelle des Hofes. Etwas anderes ist aber in einem Teil des Schulhofes festzustellen: Hier hat sich eine Klasse zur Gymnastik aufgestellt. Die Schüler stehen in Reih und Glied. Obwohl sie den Rumpf beugen, die Arme bewegen und in die Höhe springen, bleiben sie dennoch an ihrem Platz, und an dem Zustand der Ordnung ändert sich nichts.

Nach diesem Prinzip müssen wir uns ein Kristall vorstellen, wobei in diesem Beispiel die Schüler den Atomen entsprechen würden.

Jetzt passiert auf dem Schulhof etwas Seltsames. Bisher stand die Gymnastikgruppe so, daß sich jeder Schüler in jedem Glied genau hinter seinem Vordermann befand. Auf ein Kommando hin treten die Schüler auf Lücke, so daß jeder von ihnen den Raum zwischen den beiden Schülern im vorderen Glied vor sich hat. Auch jetzt herrscht Ordnung. Obwohl die Gruppe den gleichen Platz wie vorher benötigt, ist die Aufstellung deutlich anders, hat sich ein anderer Ordnungszustand herausgebildet.

Was hat dies mit den Eisenkristallen zu tun? Sehr viel, denn wir kennen beim Eisen zwei unterschiedliche Kristallformen, die für die Eigenschaften wesentlich sind. Bei Temperaturen bis 911 Grad Celsius bildet das Eisen die Ferritkristalle, bei Temperaturen darüber die anders gebauten Austenitkristalle. Im einzelnen Ferritkristall befindet sich ein Eisenatom in der Mitte eines Würfels, dessen Ecken von weiteren Atomen besetzt sind. Beim Austenitkristall haben wir es zwar auch mit einem Würfel zu tun, doch befinden sich hier Eisenatome im Mittelpunkt der Seitenflächen. Dies ist ein sehr wichtiger Unterschied, denn der Austenitkristall kann deshalb leichter kleine Atome anderer Elemente, etwa Kohlenstoffatome, in die Mitte des Kristallwürfels aufneh-

Kristallformen des Eisens: a Ferritkristall, b Austenitkristall, c Austenitkristall mit Kohlenstoff im Mittelpunkt



men. Beim Ferritkristall ist dies kaum möglich, da der Platz in der Mitte schon durch Eisenatome besetzt ist.

Die Möglichkeit, Kohlenstoff bei höheren Temperaturen in das Kristallgitter aufzunehmen, wobei sich der Kohlenstoff löst, und ihn bei tieferen Temperaturen wieder auszuscheiden, ist entscheidend für die Änderung der Eigenschaften des Eisens. Die Menge des im Eisen befindlichen Kohlenstoffs und die Art, wie er sich im Eisen befindet, ist von wesentlichem Einfluß auf die Eigenschaften. Man hat es dadurch in der Hand, das Eisen hart oder weich, spröde oder elastisch werden zu lassen.

Erinnern wir uns an die Vorgänge im Hochofen. Aus den Eisenoxiden bildet sich das metallische und zunächst reine Eisen mit einem Schmelzpunkt von über 1500 Grad Celsius. Es kommt aber bald mit sehr viel Kohlenstoff in Berührung und nimmt diesen teilweise auf. Dabei sinkt gleichzeitig der Schmelzpunkt auf 1150 Grad Celsius bei 4 Prozent gelöstem Kohlenstoff. Mit einem hohen Kohlenstoffgehalt und auch noch anderen Verunreinigungen versehen, verläßt es als Roheisen den Hochofen.

Beim Erstarren und Abkühlen nimmt die Löslichkeit des Eisens für Kohlenstoff ab. Schließlich wandeln sich bei 911 Grad Celsius die Austenitkristalle in Ferritkristalle um, und jetzt muß sich der restliche Kohlenstoff ausscheiden. Die Ferritkristalle können durch ihren Aufbau keinen Kohlenstoff mehr aufnehmen. Der sich ausscheidende Kohlenstoff bildet entweder eine Verbindung mit dem Eisen, den Zementit, oder

er scheidet sich direkt als Kohlenstoff in Form von Graphit aus. Im ersten Fall ist das Eisen hell gefärbt, im anderen durch den ausgeschiedenen schwarzen Graphit dunkel. Ob sich Zementit oder Graphit bildet, hängt auch noch von den anderen Beimengungen ab. Doch darauf wollen wir nicht eingehen.

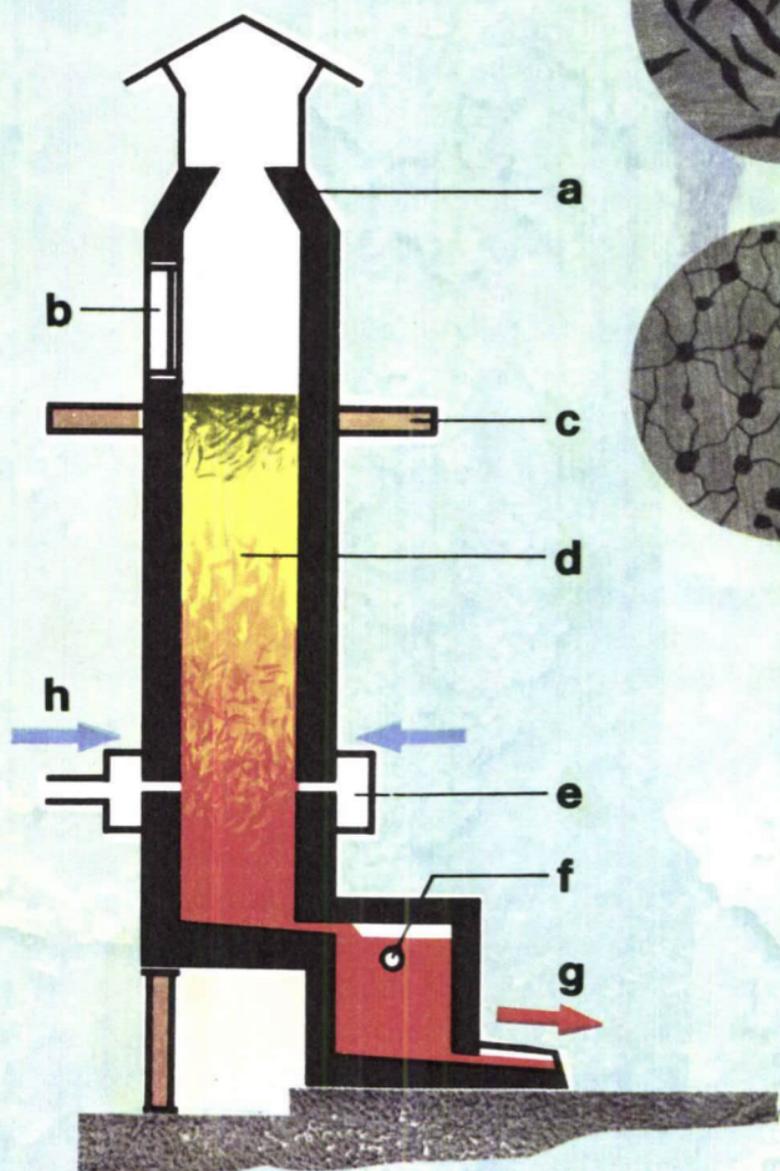
## Vom Roheisen zum Gußeisen

Zementit macht das Roheisen hart, aber auch spröde. Es läßt sich nicht schmieden, drehen oder fräsen. Der Schmelzpunkt liegt jedoch recht niedrig. So ist es verständlich, daß der Mensch dieses Roheisen in Formen goß. Es wurde durch ihn zum Gußeisen.

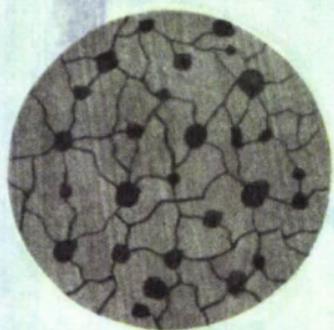
Schon vor 3000 Jahren gab es in China Eisengießereien. In Europa stellt man erst seit 1400 Kugeln, Geschütze, Ofenplatten und Gefäße aus Gußeisen her. Bevor im Jahre 1855 der Engländer Henry Bessemer die Stahlherstellung entscheidend vereinfachte und verbesserte, spielte Gußeisen im Maschinenbau eine sehr große Rolle. Dampfmaschine, Eisenbahn, Webmaschinen und vieles andere wäre ohne diesen Werkstoff nicht möglich gewesen.

Aber heute noch ermöglicht das Gußeisen die Herstellung kompliziert geformter Teile durch einen einfachen Gußprozeß. Öfen, Heizkörper, Zylinderblöcke, Bremstrommeln, Gehäuse, Abflußrohre, Walzen und viele Maschinenteile sind nur einige wenige Beispiele für die vielfältige Anwendung. Zwar sind Gußteile spröde und können durch einen plötzlichen Stoß oder Schlag zertrümmert werden, doch gibt es Verwendungsmöglichkeiten genug, bei denen diese Eigenschaften nicht stören, und außerdem hat man es verstanden, diese wesentlich zu verbessern.

Kupolofen: a Mauerwerk, b Beschickungsöffnung, c Gichtbühne, d Schacht, e Windleitung, f Schlackenabstich, g Eisenabstich, h Wind, A Gußeisen mit Lamellengraphit, B Gußeisen mit Kugelgraphit



**A**



**B**

Um Gußeisen mit den jeweils gewünschten Eigenschaften zu erhalten, muß es eine bestimmte Zusammensetzung aufweisen. Dabei kommt es nicht allein auf den Gehalt an Kohlenstoff an. Auch Elemente wie Silizium, Mangan, Schwefel und Phosphor sind im Gußeisen vorhanden und müssen sorgfältig aufeinander abgestimmt sein. Jede Gußeisensorte besitzt eine typische Zusammensetzung, woraus sich die geforderten Eigenschaften ergeben.

Eine solch exakte Zusammensetzung erreicht man im Hochofen nicht. Deshalb schmilzt man Roheisen mit Kohlenstoff, Silizium, Mangan, Schwefel und Phosphor und mit weiteren Zusätzen in genau berechneten Mengen. Dies kann im Kupolofen geschehen, einem Schachtofen, der wie ein kleiner Hochofen aussieht. Von oben füllt man ihn mit Roheisen, Koks und den Zuschlägen. Von unten leitet man Luft ein. Der Koks verbrennt, und die notwendige Schmelzwärme entsteht. Die Luft muß nicht in Winderhitzern vorgewärmt werden, da im Gegensatz zum Hochofen die Temperaturen niedriger sein dürfen. Man benötigt auch weniger Koks als beim Hochofenprozeß, denn er dient nur zur Erzeugung der Wärme. Schlacke und Gußeisen entnimmt man am unteren Teil des Kupolofens und fängt sie getrennt auf.

Beim Erstarren scheidet sich im Gußeisen ein Teil des überschüssigen Kohlenstoffs aus und bildet schwarze Fäden oder Kugeln aus Graphit. Das Gußeisen mit Kugelgraphit ist bereits so fest und zäh, daß man es häufig anstelle von Stahl verwenden

kann. Scheidet sich der Kohlenstoff faden- oder streifenförmig ab, so spricht man vom Gußeisen mit Lamellengraphit. Auch dieses hat wertvolle Eigenschaften und findet vielfach Verwendung.

Gußeisen mit Kugel- und mit Lamellengraphit sieht durch den ausgeschiedenen Kohlenstoff dunkel aus. Bei einer bestimmten Zusammensetzung entsteht ein hellgefärbtes Gußeisen. Man spricht von weißem Gußeisen. Hier hat sich der überschüssige Kohlenstoff vollkommen mit dem Eisen zu Zementit verbunden. Dadurch wird das Gußeisen so hart und spröde, daß man es in diesem Zustand nicht gern anwendet, weil es sich zu schwer bearbeiten läßt. Durch eine anschließende Wärmebehandlung, Tempern genannt, wird der Kohlenstoff entweder in Graphit umgewandelt oder aus dem Gußeisen entfernt. In beiden Fällen verringert sich dadurch der Gehalt an Zementit. Deshalb ist der sogenannte Temperguß leichter zu bearbeiten und zäher, so daß man ihn zur Herstellung von Rädern, Gehäusen oder Kleinmaschinenteilen verwendet.

## **Der Weg zum Stahl**

Reines Eisen ist weich und dehnbar, aber nur wenig fest. Es enthält keinen Kohlenstoff oder nur sehr geringe Mengen davon und auch keine anderen Bestandteile. Roheisen dagegen weist mit über 4 Prozent einen beträchtlichen Kohlenstoffgehalt auf, wobei der Kohlenstoff teils in chemisch gebundener Form als Zementit, teils als Graphitausscheidungen vorliegt. Hinzu kommen noch andere Beimengungen, die während des Hochofenprozesses in das Roheisen gelangen. Auch das Gußeisen enthält viel Kohlenstoff. Roheisen und Gußeisen sind harte und feste, jedoch sehr spröde Werkstoffe.

Erhöht man im Reineisen den Kohlenstoffgehalt oder verringert ihn im Roheisen, so erhält man Stahl. Stahl vereint die günstigen Eigenschaften des Roheisens mit denen des Reineisens – er ist elastisch und fest, hart, zäh und dehnbar. Er läßt sich schmieden, schweißen, drehen, fräsen oder bohren. Durch die Änderung des Kohlenstoffgehaltes sowie durch bestimmte Wärmebehandlungen verändern sich die Eigenschaften des Stahls, so daß man ihn beinahe allen Forderungen anpassen kann. Er wurde zum wichtigsten, in vielen Fällen unersetzlichen, metallischen Werkstoff.

Heute bezeichnet man als Stahl Eisen mit einem Kohlenstoffgehalt unter 2 Prozent, wobei man Reineisen nicht unbedingt dazuzählt.

Will man also Stahl herstellen, so muß man vom Roheisen ausgehen und einen Teil des Kohlenstoffs

entfernen. Begleitelemente wie Silizium, Schwefel und Phosphor beeinflussen die Eigenschaften des Stahls ungünstig und dürfen nicht in größeren Mengen in ihm enthalten sein.

Man bezeichnet einen Stahl, dessen Eigenschaften in der Hauptsache durch den Kohlenstoff bestimmt werden, als Kohlenstoffstahl oder unlegierten Stahl. Gibt man noch bestimmte Mengen anderer Elemente, zum Beispiel Mangan, Chrom, Nickel, Molybdän hinzu, so entstehen legierte Stähle. Sie können wertvoll sein, sind aber auch teurer als die Kohlenstoffstähle.

Wir wissen jetzt, wie man das Roheisen verändern muß, um Stahl zu erhalten. Man entfernt einen Teil des Kohlenstoffs. Dies hört sich sehr einfach an, doch wie soll das geschehen? Den so leicht erscheinenden Vorgang technisch in die Praxis umzusetzen erwies sich als sehr schwierig. Über lange Zeiten hinweg bemühte sich der Mensch, Stahl herzustellen. Doch waren seine Mittel und Möglichkeiten zunächst viel zu gering, und der Stahl war kostbar und nicht einmal besonders gut. Erst um 1850 ermöglichten die Technik und die Wissenschaft die Stahlerzeugung in großen Mengen und zu geringem Preis. Stahl wurde zum wichtigsten Werkstoff.

## **Stahl aus dem Konverter**

Zu Beginn des 19. Jahrhunderts wurde die Erzeugung größerer Mengen guten und billigen Stahls zu einem Problem. Die Technik und die Naturwissenschaften, besonders die Physik und Chemie, befanden sich in einer stürmischen Entwicklung. England, Deutschland und Frankreich wandelten sich zu Industriestaaten. Besonders in England verlief dieser Vorgang sehr schnell. Immer zahlreicher entstanden Fabriken; in denen die Arbeiter unter meist unmenschlichen Bedingungen die vielfältigsten Güter produzierten. Es ist kein Zufall, wenn Karl Marx gerade im England jener Zeit das Wesen des Kapitalismus untersuchte und die Ausbeutung der Arbeiter durch die Fabrikbesitzer aufdeckte.

Britische Forscher und Ingenieure bestimmten zunächst auch die technische Entwicklung. Sie erfanden den mechanischen Webstuhl und die Spinnmaschine. James Watt konstruierte die erste funktionstüchtige Dampfmaschine und Stephenson die Lokomotive. In England baute man die ersten eisernen Dampfschiffe.

Für diese industrielle Entwicklung benötigte man immer größere Mengen an Eisen und Stahl. In den vielen Hochöfen des Landes gab es ausreichend Roh-eisen, doch eignete sich dieses nur als Gußeisen. Es war vielfältig verwendbar, war hart und fest, doch auch spröde und ließ sich nicht schmieden und walzen. Schon ein kräftiger Hammerschlag konnte ein daraus hergestelltes Werkstück zerstören. Für

Maschinen, Brücken und Schiffe, für Schienen, die das Land in einem immer dichteren Netz durchzogen, verwendete man meist nur Gußeisen und mußte dabei manche Schwierigkeit in Kauf nehmen. Stahl wäre sehr viel geeigneter gewesen, doch seine Herstellung war umständlich und der Werkstoff teuer und knapp. Deshalb setzte man ihn nur dort ein, wo sich Gußeisen überhaupt nicht verwenden ließ.

Die Stahlgewinnung erfolgte zu jener Zeit nach dem Puddelverfahren. Man erhitzte das Roheisen über einer Flamme in großen flachen Herdöfen. Dabei verbrannte an der Oberfläche der Schmelze langsam der Kohlenstoff. Arbeiter mußten mit langen und schweren Eisenstangen das geschmolzene Eisen ständig umrühren, um auch die unteren Schichten an die Oberfläche zu bringen. Bei dieser anstrengenden und gefährlichen Arbeit standen sie in unmittelbarer Nähe der glühenden Eisenschmelze. Nach längerer Zeit erhielt man schließlich einen teigartigen und mit Schlacke verunreinigten Stahlbrei.

In der englischen Sprache heißt puddle umrühren. Deshalb bezeichnete man diese Methode der Stahlerzeugung, die Henry Cort in England etwa 1740 entwickelt hatte, als Puddelverfahren. Aber mit diesem Verfahren konnte man nicht die benötigten Stahlmengen herstellen, dafür war es zu umständlich und zu zeitraubend.

Der englische Fabrikant Henry Bessemer interessierte sich um 1850 auch für die Stahlherstellung. Für ihn

stand fest, daß derjenige, der entscheidende Verbesserungen fand, die Ergebnisse sofort an die Hüttenwerke verkaufen und viel Geld verdienen konnte.

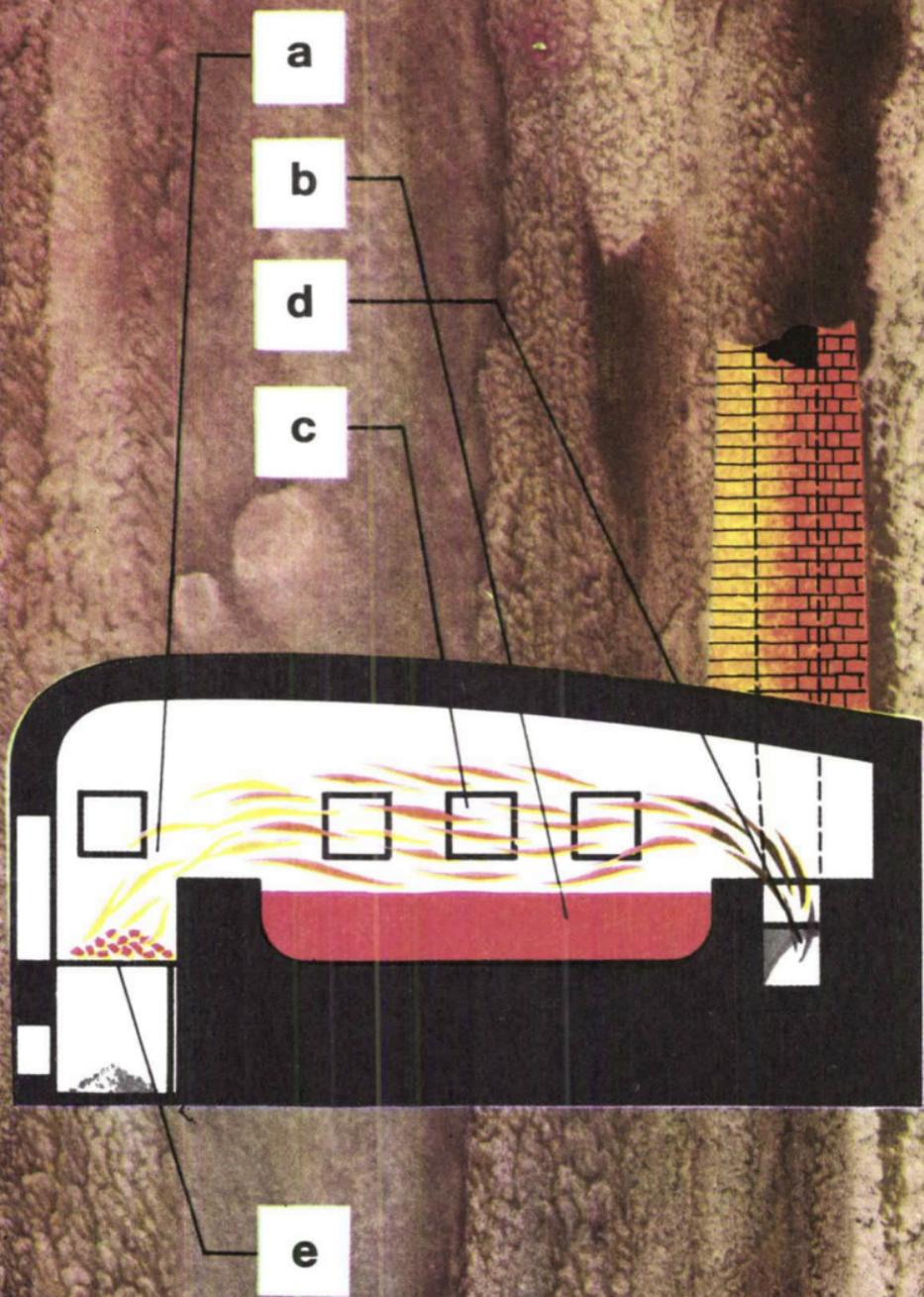
Bessemer kannte das Puddelverfahren genau. Immer wieder dachte er über die sich dabei abspielenden Vorgänge nach, bei denen aus dem Roheisen Stahl entstand.

Schließlich aber hatte Bessemer die Lösung gefunden: Die Luft darf nicht nur an der ruhigen Oberfläche mit dem Roheisen reagieren. Man darf auch nicht wie bisher das unter der Oberfläche befindliche Eisen an die Luft bringen, indem man es umrührt. Besser ist es, Luft in die Schmelze zu drücken, so daß die Verbrennung des Kohlenstoffs auch innen erfolgt. Wenn man Luft in Wasser leitet, so sprudelt sie durch das Wasser nach oben und verteilt sich dabei gründlich in der Flüssigkeit. Drückt man Luft durch flüssiges Roheisen, so verläuft es entsprechend. Der Kohlenstoff verbrennt jetzt auch in der Schmelze. Zugleich rührt der Luftstrom die Schmelze kräftig und ohne Mühe viel gründlicher um, als es mit den Stangen möglich ist.

Durch die schnelle Verbrennung von Kohlenstoff und anderen Beimengungen sollte schließlich so viel Wärme entstehen, daß die Schmelze genügend heiß und flüssig bleibt.

Nun kam es darauf an, diese Idee im praktischen

Puddelverfahren: a Flammen, b Stahlschmelze, c Öffnungen zum Einführen der Stangen, d zur Esse, e Rost



Versuch zu überprüfen. In der kleinen Eisengießerei in Cheltenham stellte sich Bessemer eine einfache Apparatur zusammen. Sie bestand aus einem eimergroßen Tongefäß und einem Tonrohr, das durch einen festen Schlauch mit einem kräftigen Blasebalg verbunden war. In das Gefäß ließ er flüssiges Roheisen füllen und tauchte das Tonrohr tief in die Schmelze. Gleichzeitig wurde ein kräftiger Luftstrom durch das Rohr gedrückt. Zischend schoß die Luft durch die Schmelze und entwich sprudelnd an der Oberfläche. Dabei riß sie eine Funkengarbe mit sich, die aus glühenden Eisen- und Schlackenteilchen bestand. Die Schmelze blieb flüssig, wurde sogar noch heißer. Alles verlief so, wie es sich Bessemer vorgestellt hatte. Es dauerte nicht lange, und es war so viel Kohlenstoff verbrannt, daß man einen guten Stahl gießen konnte.

Bessemer erkannte sofort die Bedeutung seiner Erfindung. Im August des Jahres 1856 führte er den inzwischen vielmals erprobten und erheblich verbesserten Versuch englischen Eisenfachleuten vor. Das Ergebnis überzeugte alle. Bald standen nicht nur in englischen Hüttenwerken Bessemerbirnen. Eine entscheidende Wende hatte begonnen.

Ein Konverter besteht aus einem birnenförmigen eisernen, mit einem feuerfesten Futter ausgekleideten Gefäß. Der Boden enthält viele Düsen, durch die der Wind eingeblasen werden kann. Die Birne hängt in einem drehbaren Gestell. Daher erklärt sich auch die Bezeichnung Konverter. Denn im Lateinischen bedeutet *convertere* umdrehen.



Zum Füllen kippt man die Birne nach vorn und füllt sie zum Teil mit dem flüssigen Roheisen, wobei die Düsen noch nicht mit der Schmelze in Kontakt kommen. Nun bläst man einen kräftigen Luftstrom durch die Düsen und richtet den Konverter in die Arbeitsstellung auf. Brausend strömt der Wind durch das flüssige Eisen, der Kohlenstoff und das Silizium verbrennen. Eine mächtige Funkengarbe schießt aus der Öffnung und in einen Abzug. Nach etwa 20 Minuten ist der Kohlenstoffgehalt so weit abgesunken, daß sich Stahl in der Birne befindet. Sie wird weit nach vorn gekippt und der Stahl abgegossen. Der Vorgang wiederholt sich viele Male, bis man den Konverter neu auskleiden muß.

Doch bald nach der Einführung des Bessemerverfahrens stellte man fest, daß sich nicht jedes Roheisen auf diese Weise zu gutem Stahl verarbeiten ließ. Schon nannten einige Hüttenbesitzer Bessemer einen Betrüger. Auch Bessemer war überrascht. Nach vielen Versuchen erkannte er die Ursache. Enthält das Roheisen Phosphor, so bleibt dieser in der Schmelze und macht den Stahl spröde. Viele Eisenerze enthalten aber Phosphorverbindungen, die beim Verhütten im Hochofen in das Roheisen übergehen.

Diesmal ermöglichte ein Nichtfachmann eine Stahlgewinnung aus solch phosphorhaltigem Roheisen. Der junge englische Polizeischreiber Sidney Gilchrist Thomas wollte nicht sein Leben lang über Berichten und Protokollen sitzen. In seiner Freizeit befaßte er sich leidenschaftlich mit chemischen Studien. Durch

seinen Vetter Percey Gilchrist, der ein Stahlwerk leitete, erfuhr er von dem Versagen des Bessemerverfahrens bei phosphorreichem Roheisen. Das interessierte ihn, und bald sah er einen Ausweg. Wenn der Phosphor nicht durch den Wind aus der Schmelze entfernt werden kann, so muß man ihn an die Auskleidung der Birne binden. Nach eingehenden Versuchen im Keller seiner Wohnung stellte er fest, daß man dies mit der üblichen Auskleidung der Bessemerbirne nicht erreicht. Erneut führte er zahlreiche Versuche durch. Im Jahre 1878 wußte er: Man mußte eine kalkhaltige Auskleidung benutzen. Percey Gilchrist, der mit Interesse die Arbeiten verfolgt hatte, sorgte dafür, daß die Versuche im Stahlwerk sogleich in die Praxis umgesetzt werden konnten. Sie erbrachten einen vollen Erfolg. Nun konnte man auch phosphorreiches Roheisen in der Thomasbirne zu gutem Stahl verarbeiten. Noch ein weiterer Erfolg stellte sich beinahe nebenbei ein. Die Phosphorverbindungen aus dem Roheisen reichern sich in dem kalkreichen Futter des Konverters an. Mahlt man nach dem Auswechseln der Auskleidung das Futter, so erhält man einen wertvollen Phosphordünger, das Thomasmehl.

## **Das Siemens-Martin-Verfahren**

Wir könnten nun annehmen, daß mit dem Bessemer- und Thomasverfahren das Problem der Stahlerzeugung endgültig gelöst worden sei. Doch auch nach der erfolgreichen Bearbeitung eines Problems ist die Entwicklung nicht beendet. Jedes Verfahren bringt nicht nur Vorteile. Oft stellt sich heraus, daß man es unter bestimmten Umständen überhaupt nicht einsetzen kann. Es tauchen Schwierigkeiten auf, die man vorher nicht gesehen hat; dann ist es die Aufgabe der Wissenschaftler und Techniker, nach neuen Möglichkeiten zu suchen, die das bisherige Verfahren ersetzen oder ergänzen und erweitern.

So war es bei der Stahlerzeugung. Gewiß, man konnte nun mittels des Windfrischens in den Konvertern große Mengen Stahl herstellen. In dem Maße aber, wie man immer mehr Stahl als Werkstoff zum Bau von Maschinen, Fahrzeugen oder Brücken einsetzte, fiel Jahre später Schrott an. Schrott ist verrostetes, unbrauchbar gewordenes Eisen und enthält viel Sauerstoff in gebundener Form. Will man daraus neuen Stahl gewinnen, so muß man den Sauerstoff entziehen, wie es im Hochofen mit dem Erz geschieht. Eine Entkohlung ist nicht mehr notwendig, denn dies ist ja schon früher geschehen.

Ein interessantes Problem. Stellen wir uns vor, wir sollten hierzu die beste Lösung finden. Denken wir zunächst nach und ordnen systematisch, was wir bereits wissen: Schrott enthält viel Sauerstoff und wenig Kohlenstoff. Roheisen weist einen sehr

hohen Kohlenstoffgehalt auf, der beträchtlich verringert werden muß. Beim Puddelverfahren verbrannte man den Kohlenstoff, indem man die Eisenschmelze mit dem Luftsauerstoff in Berührung brachte. Im Konverter besorgt ebenfalls Sauerstoff die Verbrennung und Entfernung des Kohlenstoffs. Und jetzt fällt uns sicherlich die richtige Lösung ein: Wir schmelzen Schrott und Roheisen gemeinsam. Dann verbindet sich der Sauerstoff des Schrotts mit dem Kohlenstoff des Roheisens und entweicht als gasförmiges Kohlendioxid. Übrig bleibt sauerstofffreies und kohlenstoffarmes Eisen, also Stahl. Damit verwendet man Schrott sinnvoll weiter. Durch seinen gebundenen Sauerstoff erreicht man die Entkohlung des Roheisens nicht nur von der Oberfläche, sondern von innen her, und sie verläuft schneller als bei den alten Verfahren. Anstelle von Schrott kann man auch Eisenerze mit dem Roheisen zusammenschmelzen. Eisenerze enthalten ebenfalls viel Sauerstoff. Der Gedanke ist richtig. Der französische Metallurge Pierre Martin hatte schon lange vor uns diese Idee. Nur gab es um die Mitte des 19. Jahrhunderts eine unüberwindliche Schwierigkeit. Um kohlenstoffarmen Stahl als flüssige Schmelze zu erhalten, benötigt man Temperaturen von mehr als 1500 Grad Celsius, und das schien zu dieser Zeit unerreichbar. Verbrennt man Gas unter Zufuhr einer genügenden Luftmenge, so wird Wärme frei. Auf dem Gasherd bringen wir auf diese Weise täglich unser Kaffeewasser zum Sieden. Ein beträchtlicher Teil der freiwerdenden Wärme dient dazu, die kalte Verbren-

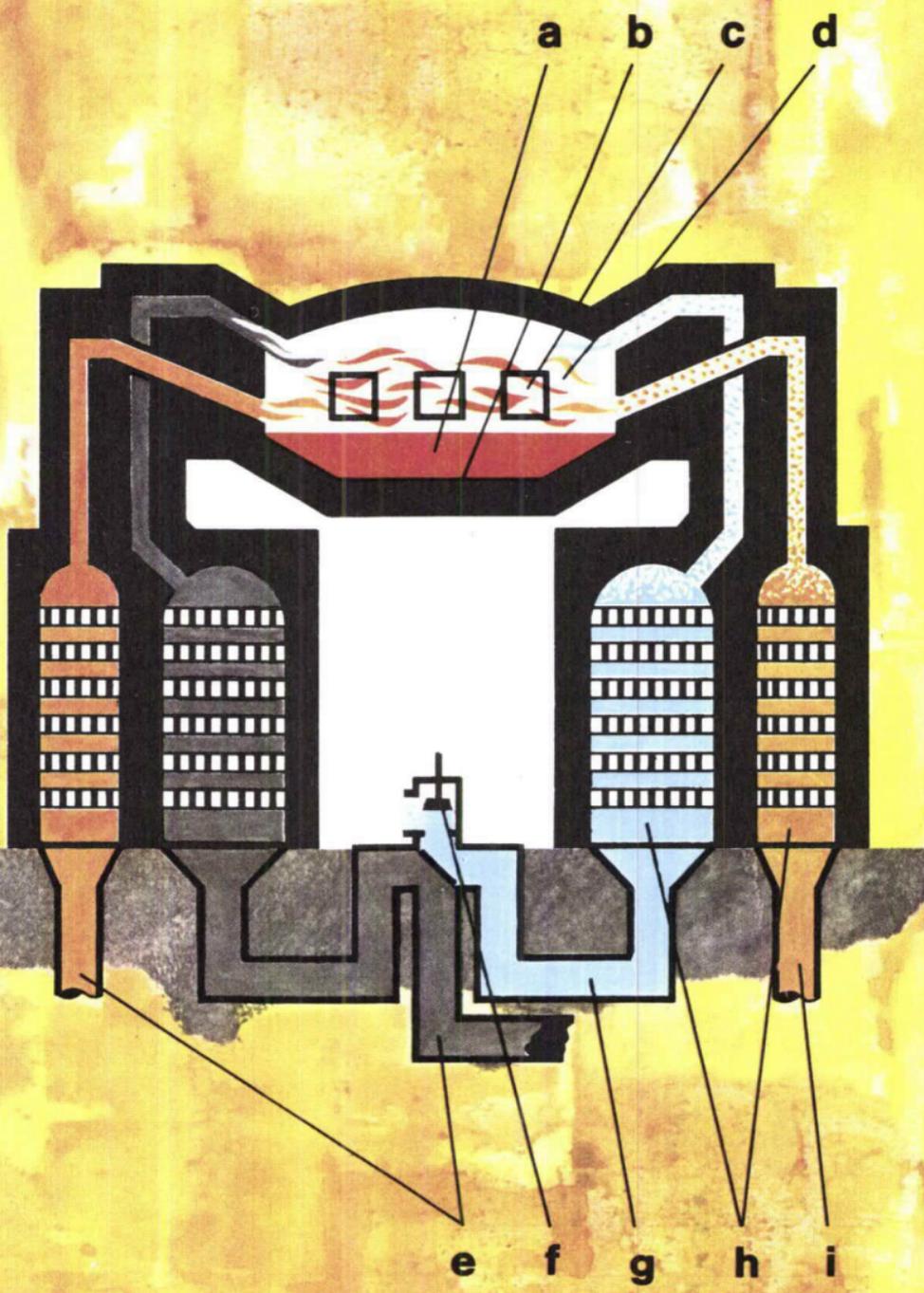
nungsluft und das kalte Gas, die beide in der Flamme miteinander reagieren, auf die hohe Temperatur der Flamme zu bringen. Dadurch kühlt sich aber die Flamme ständig ab. Das folgende Beispiel widerspiegelt diese Verhältnisse ungefähr: Gießen wir in heißen Tee die gleiche Menge kaltes Wasser, so kühlt sich der verdünnte Tee beträchtlich ab. Ist das zugesetzte Wasser heiß, so bleibt auch der Tee heiß.

Die Verbrennungstemperaturen liegen also beträchtlich höher, wenn man die zur Verbrennung notwendigen Gase vorher erhitzt.

Die Brüder Friedrich und Wilhelm Siemens, beide Ingenieure, befassen sich mit der Frage und finden 1856 schließlich die auf den ersten Blick sehr einfach erscheinende Lösung. Die heißen Abgase, die sonst nutzlos in den Schornstein entweichen, leiten sie zunächst durch wabenförmig mit feuerfesten Steinen ausgemauerte Kammern. Die Abgase geben einen Teil ihrer Wärmeenergie ab, wobei sich die Steine auf fast 1000 Grad Celsius erhitzen. Durch die glühendheißen Kammern strömen nun getrennt das Gas und die Verbrennungsluft, und sie erwärmen sich auf mehrere hundert Grad. Im Herd treten sie dann zusammen, das Gas verbrennt, und es entsteht mehr Wärme als beim Zusammentritt kalter Gase.

Natürlich kühlen bei diesem Vorgang die Kammersteine ab, man muß sie nach einiger Zeit erneut durch

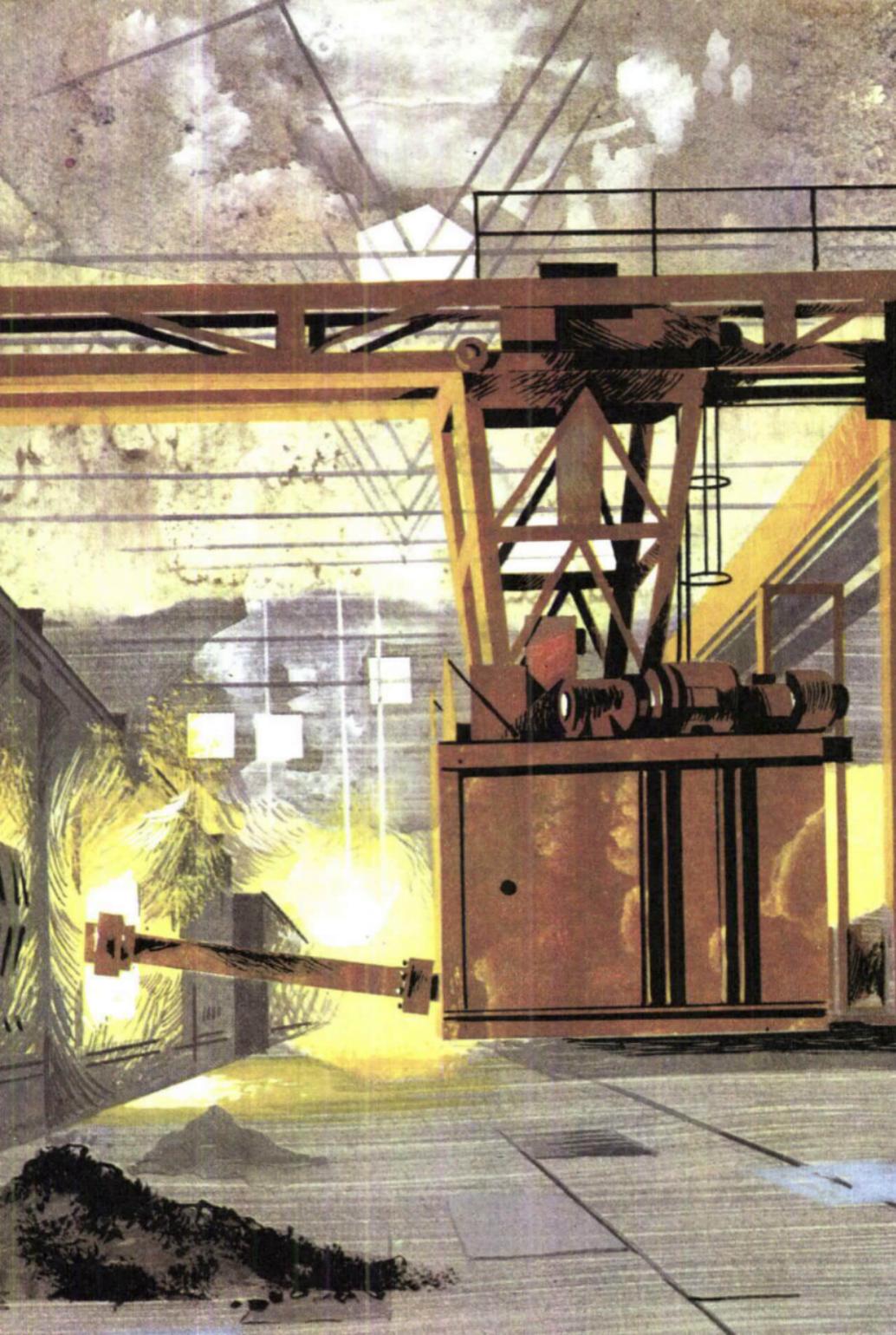
Siemens-Martin-Verfahren: a Stahlbad, b Herd, c Arbeitsöffnungen, d Verbrennung, e Abgase, f Ventil, g Luft, h Vorwärmkammern, i Gas



heiße Abgase aufheizen. Abwechselnd dienen also zwei Kammern zum Erwärmen der Verbrennungsgase und zwei weitere zum Aufheizen durch die heißen Abgase. So kann der Herdofen ununterbrochen arbeiten.

Die Erfindung enthält noch einen weiteren, sehr wichtigen Vorteil. Nur ein kleiner Teil der erzeugten Wärmeenergie dient zum Schmelzen des Eisens bei der Stahlerzeugung. Den größeren Teil leitete man als Abgase in die Esse und von da in die Luft. Das ist eine sehr unwirtschaftliche Methode, denn man muß viel mehr Wärmeenergie erzeugen, als tatsächlich benötigt wird. Und das kostet zusätzliches Geld. Die Wärmespeicherkammern nutzen einen Teil der überschüssigen Wärme und führen sie erneut dem Prozeß zu, da man mit ihr Frischluft und Gas aufheizt. Natürlich nehmen die Wärmespeicherkammern nicht alle Wärme auf, die in den heißen Abgasen enthalten ist. Die Abgase treten noch heiß aus den erwärmten Kammern aus. Deshalb leitet man sie in modernen Anlagen durch weitere Wärmeaustauscher und zwingt sie, den größten Teil ihrer Energie abzugeben, ehe sie in die Esse gelangen.

Diese Wärmespeicherkammern wurden also zum entscheidenden Bestandteil der Öfen. Jetzt konnte Pierre Martin seine Ideen verwirklichen. Im Jahre 1864 brannte der erste Ofen mit Wärmekammern. Er war noch sehr klein und faßte nur 1,5 Tonnen Schmelze. Das Verfahren bewährte sich, immer mehr und immer größere Siemens-Martin-Öfen entstan-



den. Heute arbeiten in der Sowjetunion Siemens-Martin-Öfen, von denen jeder mehr als 500 Tonnen Eisen, das ist mehr als die Ladung von 25 Eisenbahnwagen, aufnehmen kann, und auch in unserer Republik ist dieses Verfahren am weitesten verbreitet.

Der eigentliche Prozeß der Stahlherstellung aus Roheisen und Schrott findet im Herd statt, der sich, aus Steinen aufgemauert, über den Kammern befindet. Ein Futter aus feuerfesten Steinen schützt die Mauern vor der heißen Schmelze und nimmt gleichzeitig schädliche Verunreinigungen wie Phosphor und Schwefel auf und bindet sie.

Solch ein Siemens-Martin-Stahlwerk bietet einen interessanten und nachhaltigen Eindruck. In langer Reihe stehen die Öfen, von denen man nur den Herdteil sieht, während sich die großen Wärmespeicherkammern unterhalb der Arbeitsebene befinden. Mit dumpfem Brausen strömen die Gasmengen durch die Kammern und verbrennen über der Schmelze. Meßinstrumente kontrollieren, registrieren und regeln Temperatur und Gaszusammensetzung. Tritt man in die Nähe der Öfen, so spürt man die Hitze und ahnt die Glut, die in ihrem Inneren herrscht. Die Strahlung ist so intensiv, daß man die Augen durch dunkel gefärbtes Glas schützen muß, will man aus gebührender Entfernung kurz in das Innere des Herdes schauen. Die Chargiermaschine, mit Stahlschrott gefüllt, fährt mit ihrer großen Beschickungsmulde heran, die wie ein riesiger Löffel aussieht. Vor einem Ofen kommt die Maschine zum Stehen, die Be-

schickungstür öffnet sich. Das weißglühende Innere läßt die Chargiermaschine und die Umgebung des Ofens hell aus der dunklen Halle heraustreten. Die Maschine fährt nun dicht an die Öffnung heran, so daß die Beschickungsmulde tief in das Innere des Ofens hineinstößt. Langsam dreht sich der lange Arm, die Mulde entleert sich. Dann fährt die Chargiermaschine zurück, während sich die schwere Ofentür senkt und die Öffnung verschließt.

Ständig entnehmen die Arbeiter dem Ofen kleine Proben der flüssigen Schmelze, die im Laboratorium schnell analysiert werden. Mit modernen spektralanalytischen Apparaten geht dies so rasch, daß bereits nach wenigen Minuten die Zusammensetzung der Schmelze bekannt ist. Aus den Werten für Kohlenstoff, Schwefel, Phosphor und anderen Bestandteilen weiß der Stahlwerker genau, wie er den Prozeß des Herdfrischens beeinflussen muß und wann der Stahl die gewünschte Qualität erreicht hat und der Abstich erfolgen muß. In dickem Strahl fließt der weißglühende Stahl in die bereitgestellte Gießpfanne. Ein Kran hebt die Pfanne an und transportiert sie zu der Gießgrube, dort ergießt sich der flüssige Stahl in die Kokillen. Der Siemens-Martin-Ofen wird nach kurzer Kontrolle erneut beschickt. Der Arbeitsrhythmus wiederholt sich, Tag und Nacht in immer gleichbleibender Folge.

## Neue Wege

Über 100 Jahre lang hat das Bessemerverfahren unter Berücksichtigung der Verbesserungen durch Sidney Thomas bei phosphorhaltigem Roheisen die Stahlerzeugung in der ganzen Welt nachhaltig beeinflußt. Zwar wurden die Konverter größer, und auch die technische Ausrüstung vervollkommnete sich, aber grundsätzlich blieb das Verfahren unverändert. Wenig später kam das Siemens-Martin-Verfahren hinzu.

Beide Verfahren unterscheiden sich grundsätzlich und weisen sowohl Vorteile als auch Nachteile auf. Das Windfrischen in der Bessemerbirne verläuft in recht kurzer Zeit. Doch lassen sich die Konverter nicht beliebig groß bauen. Für die Stahlherstellung nach dem Siemens-Martin-Verfahren benötigt man etwa 7 Stunden Zeit, aber dafür gibt es bereits Öfen mit einem Fassungsvermögen von mehr als 500 Tonnen Eisen, das entspricht der Menge, die man auf fünfundzwanzig Güterwaggons transportieren muß. Wesentlich ist die Möglichkeit, im Siemens-Martin-Ofen Schrott zusammen mit Roheisen zu verarbeiten und zu neuem hochwertigen Stahl umzuschmelzen.

So konnte es gar nicht anders sein, daß beide Stahlgewinnungsverfahren nebeneinander existierten, wobei bestimmte Umstände dem einen oder anderen den Vorzug gaben.

Dieser Zustand änderte sich ab 1950. Um diese Zeit entwickelte man in Österreich eine Methode zur

Stahlgewinnung, die gegenüber den bisher üblichen so viele Vorteile aufweist, daß sie sich sehr rasch verbreitete. Es handelt sich um das Sauerstoffaufblasverfahren oder LD-Verfahren, so genannt nach den Anfangsbuchstaben des Entwicklungsortes Linz-Donawitz. Gegenüber der bisherigen Arbeitsweise gab es einige bedeutende Änderungen.

Anstelle von Luft verwendet man reinen Sauerstoff, der durch Düsen von oben her unter hohem Druck auf die Oberfläche des flüssigen Eisens geblasen wird. Von dieser Arbeitsweise leitet sich auch die Bezeichnung Sauerstoffaufblasverfahren ab. Der kräftige Sauerstoffstrom mischt die Schmelze, so daß der Prozeß in etwa 30 Minuten beendet ist.

Wesentlich ist auch, daß man reinen Sauerstoff anstelle der bisher benutzten Luft verwendet. Das war erst möglich, als man Sauerstoff in reinem Zustand billig aus der Luft gewinnen konnte. Aber dennoch ist natürlich die Luft sehr viel preiswerter als Sauerstoff. Wenn man ihn trotzdem zum Aufblasen benutzt, so muß man sich andere Vorteile versprechen.

Luft besteht zu 20 Prozent aus Sauerstoff. Der weit- aus größere Teil, nämlich rund 80 Prozent, ist Stickstoff. Nur der Sauerstoff ermöglicht bei der Stahlgewinnung aus Roheisen die Verbrennung des Kohlenstoffs und der anderen Begleitelemente. Dagegen passiert der Stickstoff die Schmelze ohne jede Reaktion.

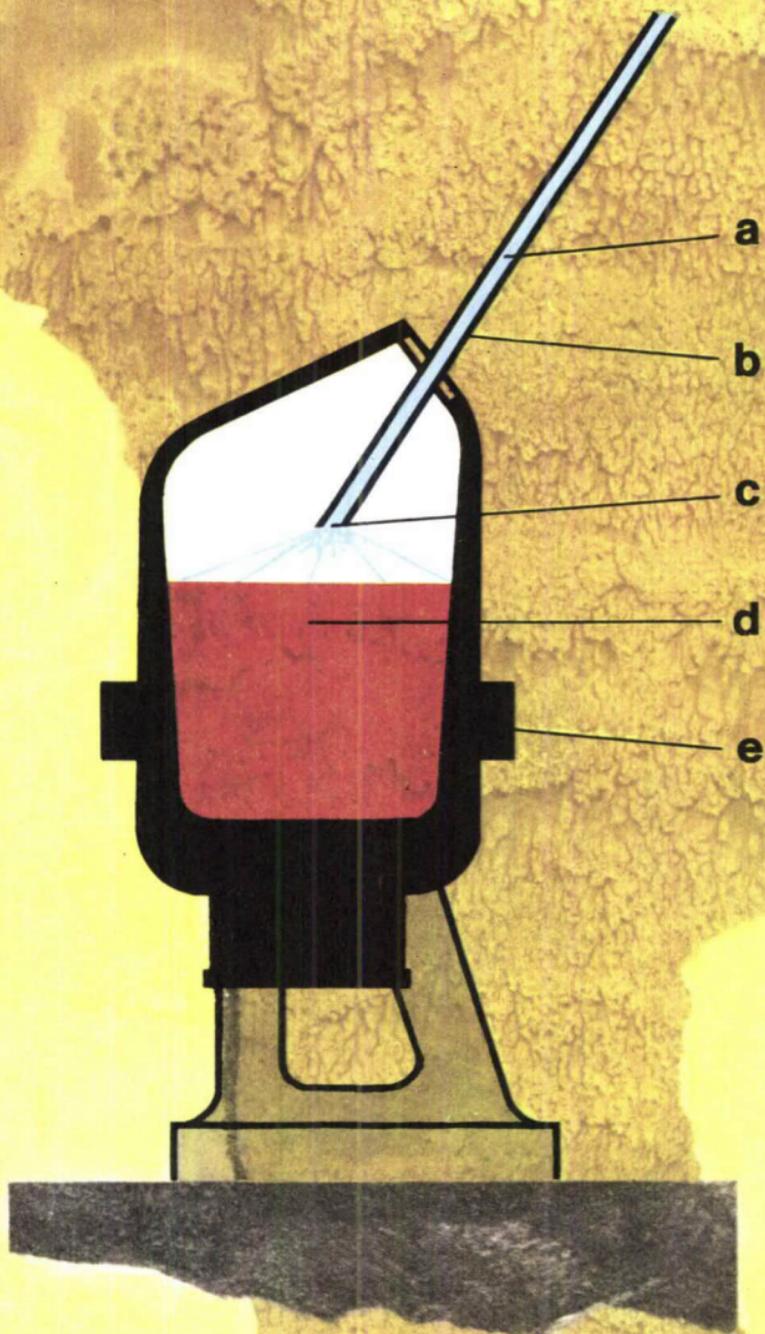
Wir haben ähnliche Verhältnisse bereits bei der Besprechung des Hochofenprozesses kennengelernt.

Allerdings erwärmt sich der Stickstoff sehr stark beim Durchgang der glühenden Schmelze, die sich ihrerseits abkühlt. Die Gase übernehmen Wärme von der Schmelze und führen sie fort. Wir können dies mit einem Versuch leicht beweisen. In zwei Gläser füllen wir die gleiche Menge heißes Wasser. Mit einem Trinkhalm blasen wir in die Flüssigkeit des einen Glases einen kräftigen Luftstrom. Bald werden wir feststellen, daß hier die Temperatur des Wassers schneller absinkt als in dem anderen Glas.

So ist es auch im Konverter. Nur weil im Roheisen viele Bestandteile enthalten sind, die bei ihrer Verbrennung Wärme abgeben, bleiben das Roheisen und der daraus entstehende Stahl flüssig.

Beim Sauerstoffaufblasverfahren wird weit weniger Wärme durch die entweichenden Gase abgeführt. Durch die Reaktion mit dem Sauerstoff erwärmt sich die Schmelze stark, so daß man erhebliche Mengen Schrott zusetzen kann. Schrott fällt in den Industriestaaten in beträchtlichen Mengen an und ist ein sehr wichtiger Altstoff. Aus ihm entsteht durch Umschmelzen neuer Stahl. Dies ermöglichte erst das Siemens-Martin-Verfahren. Das LD-Verfahren kann mit einem Anteil Schrott arbeiten, da hier weniger Wärme abgeführt wird als beim Windfrischen und der Sauerstoff der Rostschicht zusätzlich die Verbrennung des Kohlenstoffs im Roheisen

Sauerstoffaufblasverfahren: a Sauerstoff, b Lanze, durch die der Sauerstoff geblasen wird, c Düsen, d Schmelze, e birnenförmiger Behälter



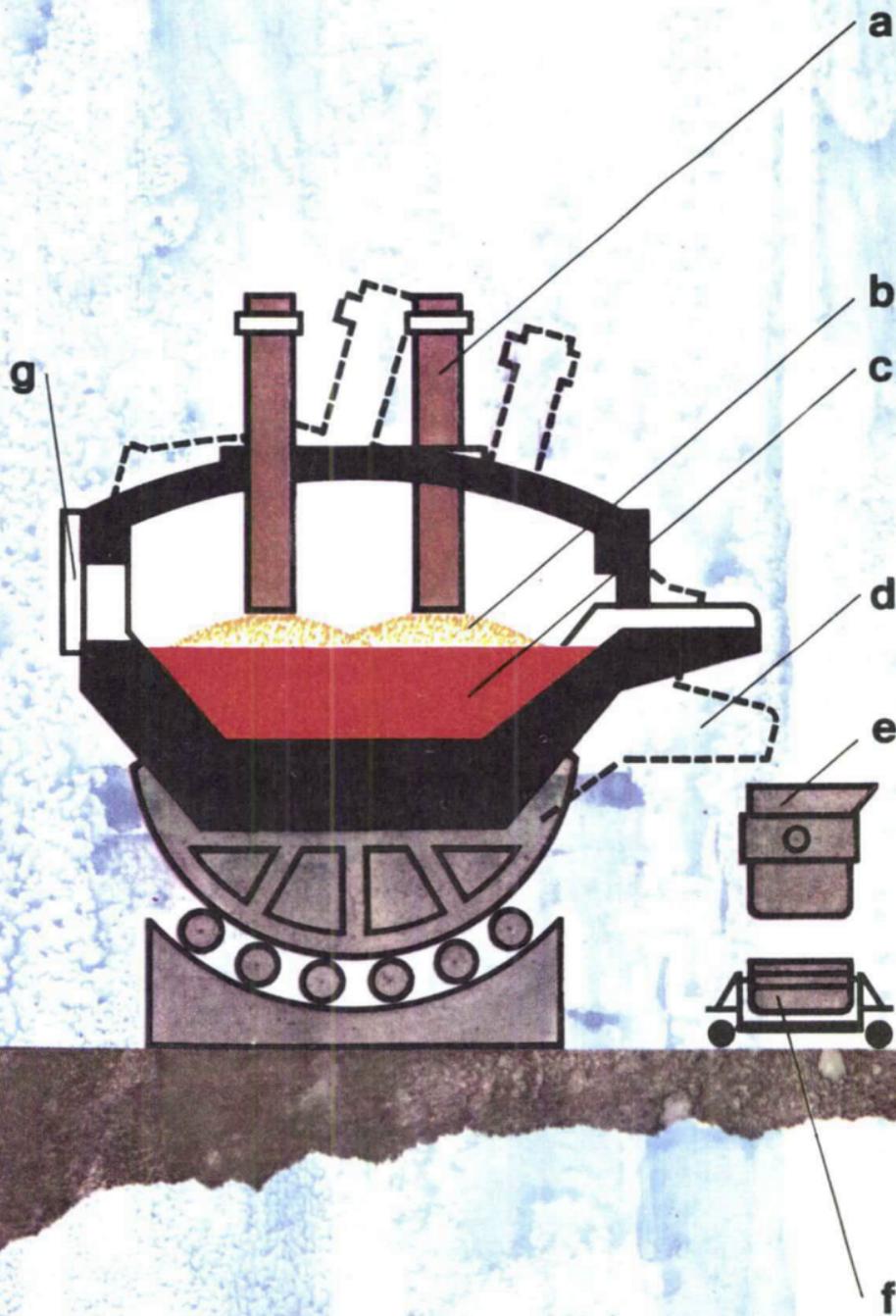
fördert. Heute ist man in der Lage, mittels des LD-Verfahrens in mehr als 400 Tonnen fassenden Konvertern in kurzer Zeit Stahl mit vorzüglicher Qualität billiger herzustellen als nach anderen Verfahren.

Bereits vor der Entwicklung des Sauerstoffaufblasverfahrens hatte man für die Stahlerzeugung das Elektrostahlverfahren eingeführt. Im Prinzip handelt es sich dabei um ein Siemens-Martin-Verfahren, nur daß die Wärmeenergie aus elektrischer Energie stammt. Dadurch fallen die großen Wärmespeicheröfen fort, und die Ofenanlage wird wesentlich kleiner.

Zunächst baute man Elektrostahlwerke dort, wo man billige Elektrizität aus Wasserkraftwerken erzeugte. Inzwischen stellt man immer mehr elektrische Energie her, und bald schon wird der größte Teil aus Atomkraftwerken fließen. Dadurch gewinnt die Herstellung von Elektrostahl an Bedeutung. Man hat ausgerechnet, daß im Jahre 2000 bereits 40 Prozent des Stahles auf diese Weise hergestellt werden.

Am verbreitetsten ist der Elektrolichtbogenofen. Die Schmelze befindet sich in einem verschlossenen Herd, der mit einem Futter ausgekleidet ist. Er steht auf Rollen, so daß man ihn zum Entleeren leicht kippen kann und die Schmelze ausläuft. Auch das Beschicken läßt sich sehr schnell durchführen. Der Deckel mit den eingebauten Elektroden schwenkt

Elektrolichtbogenverfahren: a Kohlelektrode, b Lichtbogen, c Stahl, d Gießstellung (gestrichelte Linie), e Transporteimer, f Schlackewagen, g Schafftür

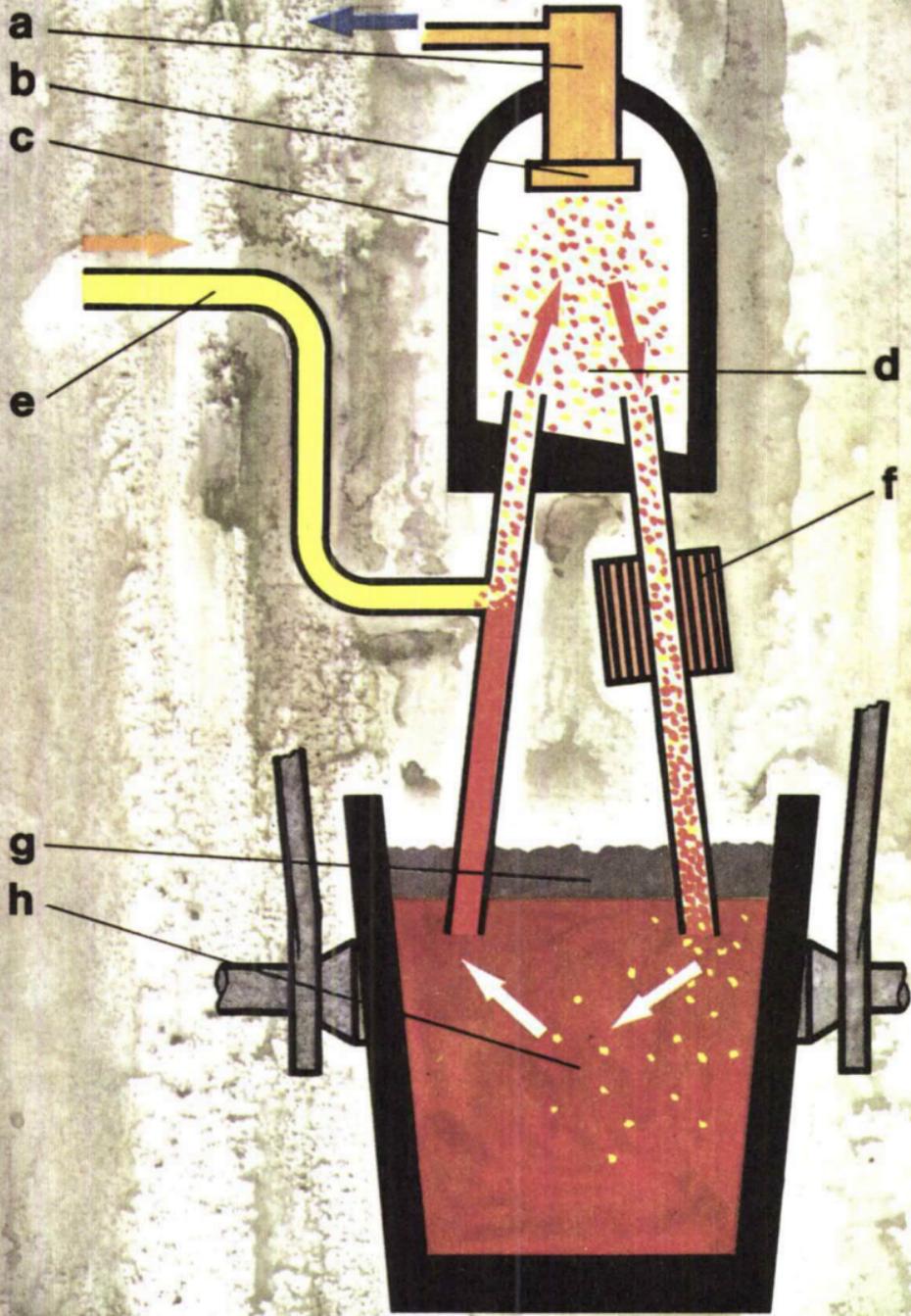


zur Seite, und ein Kran senkt einen Korb mit dem Einsatzgut in den noch heißen Ofen. Der Boden des Metallkorbes besteht aus dünnen Stahlplatten, zusammengehalten durch ein Seil. In der Ofenhitze schmilzt das Metallseil, die Stahlplatten klappen nach unten, und das Einsatzgut fällt in den Ofen. Befindet sich alles Schmelzgut im Ofen, schwenkt der Deckel wieder zurück, und das Einschmelzen kann beginnen.

Die Stromzuführung erfolgt über Kohleelektroden. Zwischen Metall und Elektroden bildet sich beim Stromdurchgang ein mächtiger Lichtbogen, dessen außerordentliche Wärmeenergie das Einsatzgut bald schmelzen läßt. Der Lichtbogen erzeugt nicht nur die notwendige Schmelztemperatur, sondern begünstigt auch die chemischen Vorgänge, die schließlich zum Stahl führen. Heute baut man bereits große Elektrostahlöfen mit einem Fassungsvermögen von mehr als 200 Tonnen. Wegen der hohen Temperatur und der genauen Temperatureinhaltung gewinnt man im Lichtbogenofen einen Stahl von besonders hoher und gleichmäßiger Qualität.

Die bisher aufgeführten Verfahren liefern einen Stahl, der immer noch Verunreinigungen enthält. Diese wirken sich in manchen Fällen nachteilig aus. In besonderem Maße sind es Gase, die den Stahl spröde und rissig werden lassen.

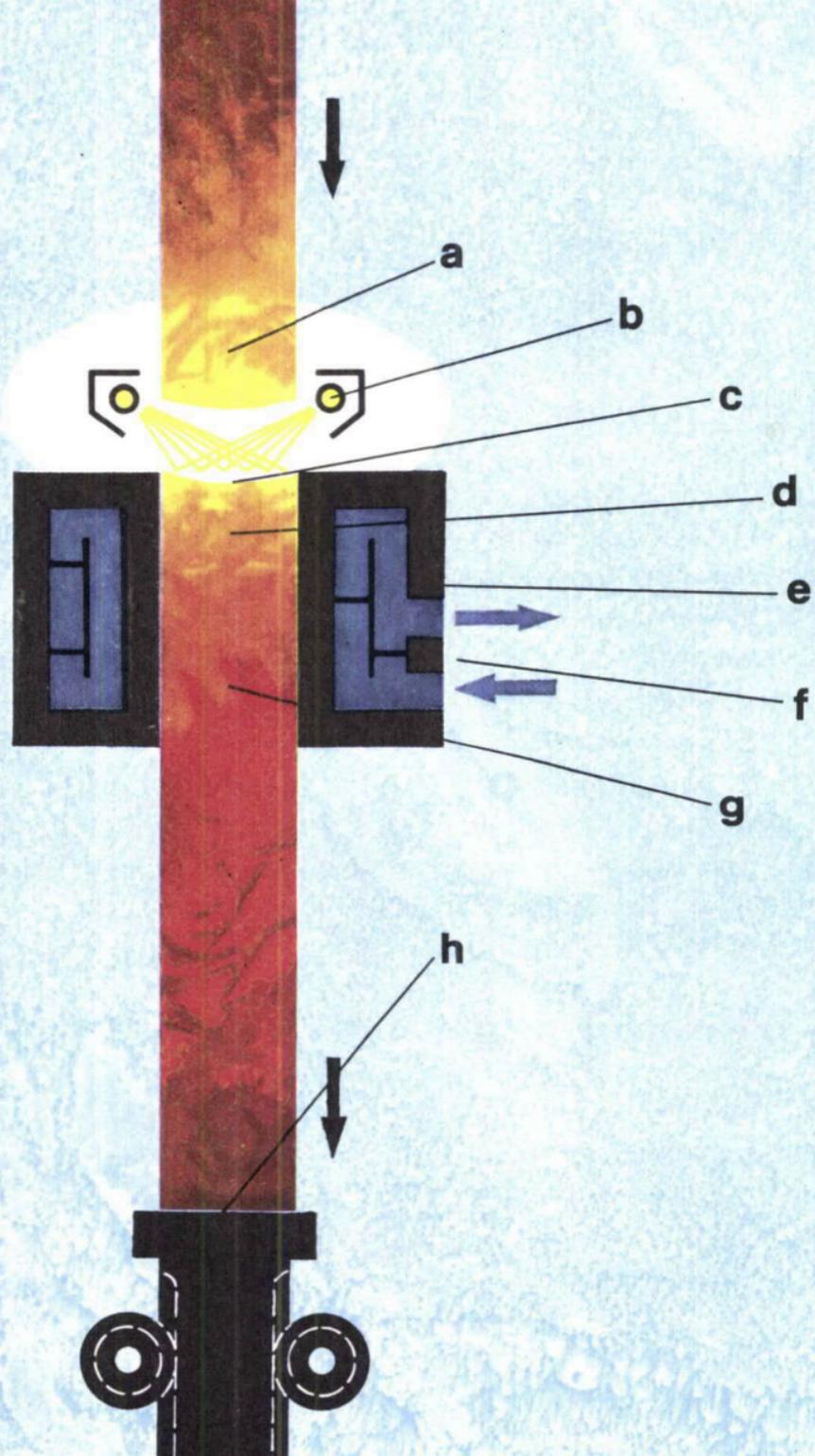
Umlaufentgasung von Stahl: a Vakuumpumpe, b Prallteller, c Vakuumkammer, d Schmelze wird fein verteilt und entgast, e Edelgas drückt Schmelze in die Vakuumkammer, f Heizung, g Schlacke, h Schmelze



Um einen völlig gasfreien und reinen Stahl zu erhalten, wendet man das Vakuumschmelzverfahren an. Man geht von Rohstahl aus, der als Block vorliegt, führt ihn in einen luftdicht abgeschlossenen Schmelzraum ein. Kräftige Pumpen saugen die Luft ständig heraus, während ein mächtiger Lichtbogen den Stahlblock an seinem Ende schmelzen und nach unten tropfen läßt. Hier erstarrt er zu einem Stahl hoher Reinheit.

Eine andere Möglichkeit besteht in der Anwendung eines Elektronenstrahls, der den im Vakuumschmelzgefäß befindlichen Stahlbarren schmelzen läßt. Der flüssige Stahl tropft ab und sammelt sich in einer wassergekühlten Form. In dem Maße, wie der obere Barren verbraucht wird, wächst unten ein Barren, der nun aus hochreinem Stahl besteht. Den Elektronenstrahlschmelzofen entwickelte in der DDR Manfred von Ardenne. Im Edelstahlwerk Freital bei Dresden stehen heute große Anlagen, in denen man ultrareinen Stahl herstellt. Hier sieht es beinahe aus wie in einem großen Laboratorium. In riesigen Hallen stehen die Öfen mit den zugehörigen Anlagen. Sie ähneln in keiner Weise mehr den Konvertern oder Siemens-Martin-Öfen. Dicke Rohrleitungen führen von den Öfen zu den Pumpen, die die Luft aus dem Schmelzbehälter saugen. Stromkabel versorgen die Anlagen mit elektrischer Energie. Ein

Elektronenstrahlverfahren: a Abtropfelektrode, b Elektronenstrahler, c flüssiger Stahl, d Erstarren des Stahls, e Kupferkokille, f Kühlwasser, g umgeschmolzener Stahl, h beweglicher Boden



dumpfes Brausen erfüllt die Halle. An Schaltpulten kontrollieren und steuern die Stahlwerker die Vorgänge im Ofen.

Einen Nachteil besitzen aber alle diese Stahlerzeugungsverfahren. Der Prozeß besteht aus sich ständig wiederholenden gleichen Arbeitsgängen. Beim Windfrischen sind die wichtigsten: Kippen des Konverters in Füllstellung und Einbringen des Einsatzgutes, Aufrichten des Konverters, Hindurchdrücken von Luft und Ablauf des Frischvorganges, Ausleeren des Stahles. Der Vorgang setzt sich also aus einzelnen Etappen zusammen, die in bestimmter Reihenfolge nacheinander ablaufen müssen. Auch beim Siemens-Martin-Verfahren oder beim Vakuumschmelzen muß man den Ofen entleeren und neu beschicken.

Anders verläuft der Hochofenprozeß: Die einzelnen Teilvorgänge gehen ineinander über. Ständig wird der Hochofen beschickt, ständig tropft das flüssige Roheisen nach unten. Lediglich der Abstich erfolgt im Abstand von mehreren Stunden.

Ein ständig, kontinuierlich verlaufender Prozeß hat viele Vorteile. Er läßt sich besser überwachen und steuern, und man erhält ein Erzeugnis von gleichmäßigerer Qualität.

Deshalb bemühen sich die Metallurgen, auch die Stahlerzeugung kontinuierlich zu gestalten. Sowjetische Spezialisten haben bereits erste Anlagen entwickelt, die sich schon jetzt bewährt haben. Die Anlage besteht aus mehreren hintereinander angeordneten Wannen, die miteinander verbunden sind. Die erste Wanne ist ständig mit flüssigem Roheisen

gefüllt und wird ununterbrochen mit einer bestimmten Menge Schrott beschickt. Die so gewonnene Schmelze läuft über einen Mischer und eine Abmeßvorrichtung in die nächste Wanne. Hier erfolgt die Abtrennung vom Schwefel. In weiteren Wannen entfernt man Phosphor und andere Verunreinigungen und verringert den Kohlenstoffgehalt auf das gewünschte Maß. Dann fließt der Stahl kontinuierlich und in gleichmäßiger Qualität aus.

Welch ein Unterschied zwischen den ersten primitiven Anlagen zur Stahlgewinnung und den heutigen! Dennoch waren die Konverter und Siemens-Martin-Öfen zu ihrer Zeit genauso bahnbrechend wie heute die Anlagen zur kontinuierlichen Stahlerzeugung. Und schließlich ist ein Ende der Entwicklung noch lange nicht erreicht. Es gibt noch sehr viel zu tun, und die Zeit ist nicht fern, wo in einem Stahlwerk nur noch wenige Arbeiter und Ingenieure die automatisch ablaufende Produktion von einem Schaltpult aus überwachen und regeln.

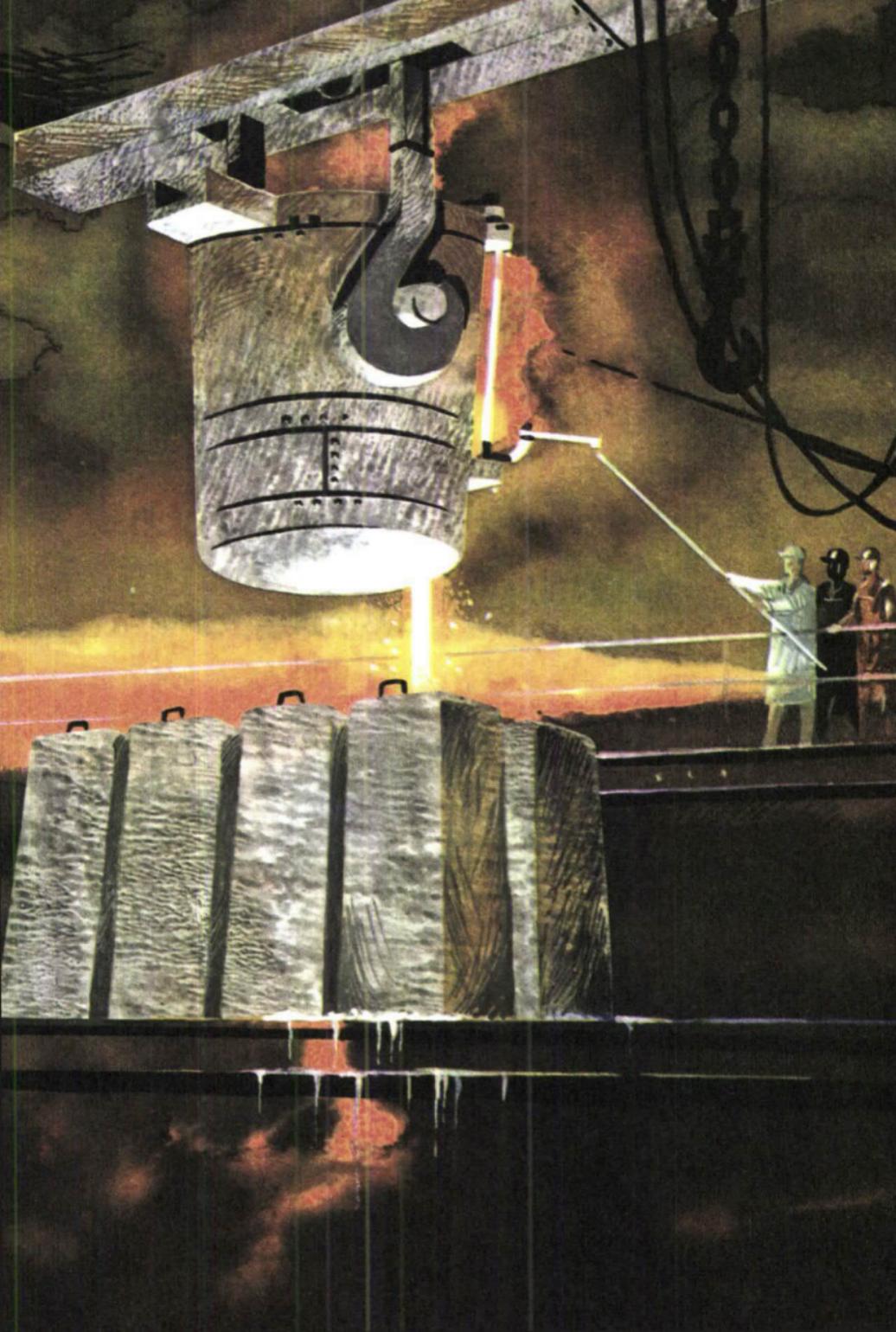
## **Die endlose Schlange aus Stahl**

Stahl ist bei seiner Herstellung flüssig. Als weißglühende Schmelze erhält er in den Konvertern, Siemens-Martin-Öfen oder Elektroherden die gewünschte Zusammensetzung.

Nach dem Herstellungsprozeß muß er jedoch eine Form bekommen, die seine weitere Bearbeitung ermöglicht. Stahl nützt uns nichts als flüssige Schmelze oder als plumper Klumpen, sondern erst als Schiene, Träger oder Draht, als Blech, Rohr oder Maschinenteil. Aus der Schiene baut man Verkehrswege für die Eisenbahn, der Draht dient zum Verpacken oder Befestigen, aus dem Blech werden vielleicht Schiffskörper geschweißt, und in den Rohren fließt Öl oder Dampf. Diese Beispiele lassen sich beliebig vermehren.

Ist der Schmelzprozeß beendet, so erfolgt der Guß der Stahlschmelze. Aus den Öfen fließt der flüssige Stahl in die großen Gießpfannen, die ihn zur Gießgrube befördern. Hier stehen gußeiserne Formen, Kokillen genannt, in die von oben oder unten die Schmelze gelangt. Durch die Abkühlung erstarrt die Schmelze. Kräne ziehen die Kokillen, die sich nach oben etwas verjüngen, von dem verfestigten Stahlblock ab. Haben die Kokillen einen quadratischen Querschnitt, so erhält man Blöcke; ist der Querschnitt rechteckig, Brammen.

Blöcke und Brammen sind die ersten festen Stahlerzeugnisse, die man, erneut geschmolzen, durch mächtige Walzen weiter verformt.

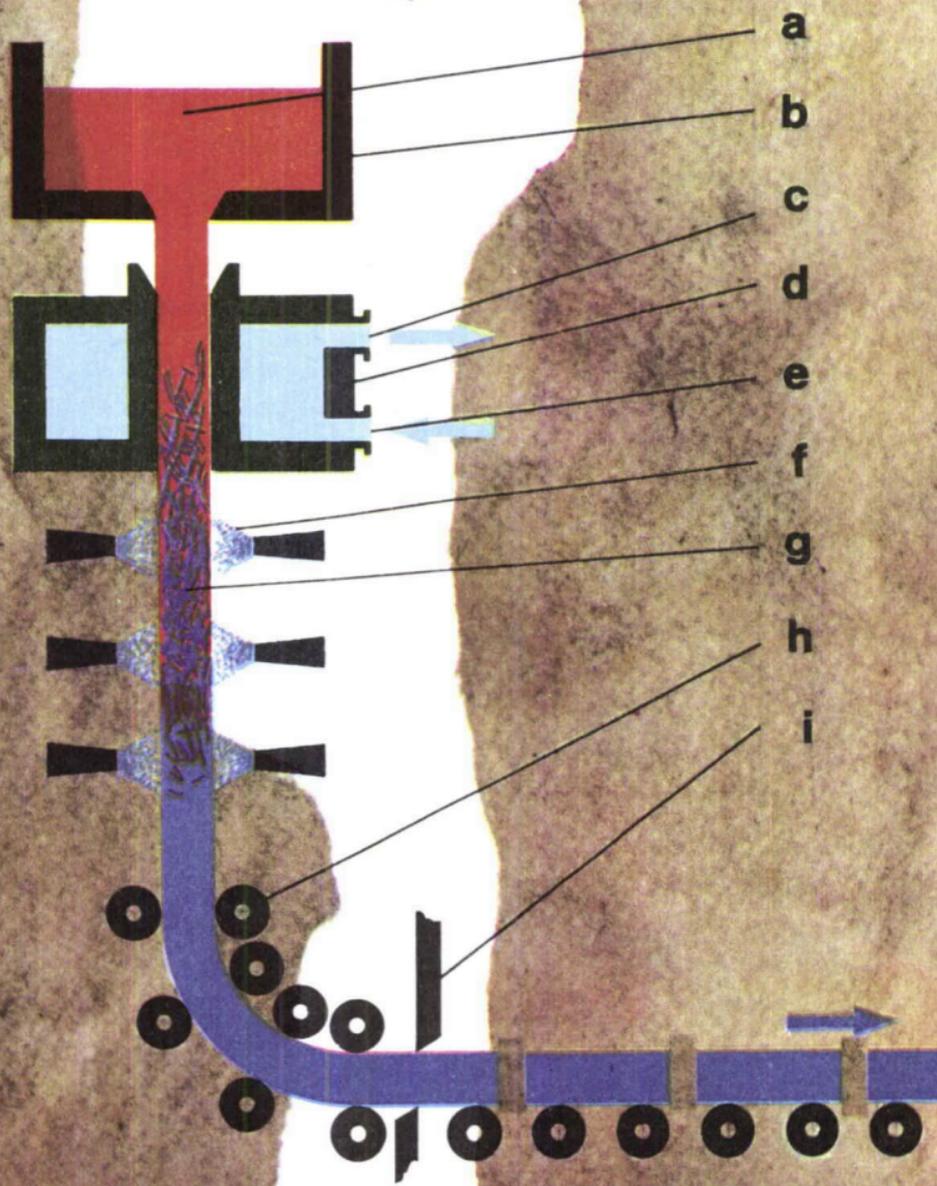
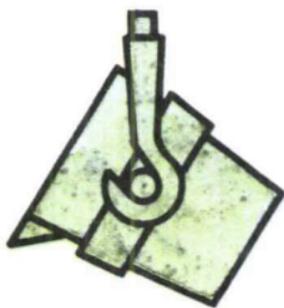


Dieses Verfahren war in allen Stahlwerken der Welt seit langer Zeit üblich, und man konnte sich keine bessere Lösung vorstellen. Dabei gab es viele Nachteile:

Der Kokillenguß ist eine schwere, schmutzige und gefährliche Arbeit, man benötigt eine große Anzahl Kokillen, das Abziehen der Kokillen von dem glühenden Stahlblock ist schwierig und verlangt spezielle Vorrichtungen. Die Kokillen muß man jedesmal reinigen, schmieren und für den nächsten Guß vorbereiten. Blöcke oder Brammen müssen gelagert und vor dem Walzvorgang mit viel Wärmeenergie wieder aufgeheizt werden. Beim Kokillenguß bilden sich am oberen Ende Gasblasen im festen Metall, so daß man diesen Teil der Blöcke abschneiden muß. Von 10 Tonnen Stahl, den man in den Konvertern und Öfen schmilzt, gelangen nur etwa 8 Tonnen in das Walzwerk, der Rest erneut in den Ofen. Kurz und gut, man hatte vieles auszusetzen, doch sah man bis vor kurzer Zeit keine bessere Lösung.

Die revolutionäre Änderung brachte das Stranggußverfahren, das man seit 1945 entwickelte und heute in den großen Stahlwerken einsetzt. Die Idee ist sehr einfach. Man läßt den flüssigen Stahl, wie er aus dem Stahlwerk kommt, in eine von außen gekühlte Kupferröhre fließen. In dieser Form beginnt der Stahl von seiner Oberfläche her zu erstarren und wird als

Stranggußverfahren: a flüssiger Stahl, b Zwischenbehälter, c, d, e wassergekühlter Kristallisator aus Kupfer; hier erstarrt die Schmelze, f Wasserkühlung, g Stahlstrang, h Rollen, i Schneidevorrichtung



ein noch glühender Strang nach unten abgezogen. Man schneidet gleichlange Stücke ab, die man dann auf Transportrollen, ohne daß sie eine Menschenhand berührt, in das benachbarte Walzwerk transportiert und dort weiterverarbeitet.

Gewiß, die Idee dieses Verfahrens ist einfach. Doch mußten die Metallurgen zu seiner Verwirklichung sehr viele technische Probleme lösen, mußte die Technik bereits einen hohen Stand erreicht haben. Besonders in der Sowjetunion befaßten sich Metallurgen, Ingenieure und Arbeiter sehr intensiv mit der Entwicklung und Einführung solcher moderner Anlagen, um dadurch mehr und billiger und mit weniger harter menschlicher Arbeit Stahl herzustellen. Im Jahre 1955 weihte man im Werk „Krasnoje Sormowo“ in Gorki die erste Stranggußanlage ein. Größere und leistungsfähigere folgten in kurzer Zeit. Heute steht die Sowjetunion nicht nur in der Menge des erzeugten Stahls an der Spitze, sondern auch in der Technologie.

Aus dem Ofen transportieren Gießpfannen den flüssigen Stahl in eine Zwischenpfanne, die bereits zur Stranggußanlage gehört. Von hier fließt die Schmelze in die wassergekühlte Kupferröhre, den Kristallisator. Der Strang wird durch Walzen in gleichmäßigem Tempo herausgezogen, weiter abgekühlt und in der Richtmaschine von Unregelmäßigkeiten befreit. Eine Schere schneidet gleichlange Stücke ab, die man mit Hilfe von Transportwalzen zum Stahlwerk befördert. Die Anlage läuft automatisch, nur wenige Ingenieure und Arbeiter bedienen

sie. Es gibt keine Gießgrube und keine Kokillen mehr, und man braucht die Kokillen nicht von den Blöcken oder Brammen abzuziehen. Auch das Grobwalzwerk, das die Blöcke zu dünneren Knüppeln auswalzt, fällt weg, die Verluste an Stahl sind wesentlich geringer, und der Stahl hat eine gleichmäßige Qualität. Viele Vorteile, die eine neue Etappe in der Metallurgie einleiten.

Im August 1969 nahm in unserer Republik die erste Strangußanlage den Dauerbetrieb auf, nachdem im Stahl- und Walzwerk Riesa sowjetische Fachleute gemeinsam mit den Werktätigen des Stahlwerkes diese von der Sowjetunion gelieferte moderne Anlage erbaut hatten. Dadurch konnte man die Arbeitsproduktivität in diesem Werk erheblich steigern und unsere Industrie mit mehr und besserem Stahl versorgen.

## **Im Walzwerk**

In den meisten Fällen steht neben dem Stahlwerk eines Hüttenbetriebes das Walzwerk. Hier verformt man die Stahlbarren zu Schienen, Trägern, Stangen, Blechen oder Rohren. Dazu dienen mächtige durch Elektromotoren angetriebene und sich in entgegengesetzter Richtung drehende Walzen. Der Abstand zwischen den Walzen ist immer etwas geringer als die Dicke des Stahlblockes. Dadurch verformt sich der Stahlblock, nimmt an Dicke ab, streckt sich dafür und wird schließlich zu einem dünnen Blech oder einer schlanken Stange. Sind in den Walzen Aussparungen, so entstehen beim Walzvorgang Profile, zum Beispiel Schienen oder Träger.

Der Stahl bewegt sich auf Stahlrollen hin und her, besondere Vorrichtungen sorgen dafür, daß das Werkstück an der richtigen Stelle zur Walze gelangt. Das Walzgerüst mit den Rollen, den Steuermechanismen und den Antriebsmotoren bezeichnet man als Walzstraße.

Der Maler Adolf von Menzel hat um 1850 in einem bekannten Gemälde die Arbeit in einem Walzwerk zu jener Zeit festgehalten. In einer schmutzigen und vom glühenden Stahl heißen Werkhalle mußten viele Arbeiter zum Beispiel die Walzen mit der Hand bewegen, und bald traten durch die harte Arbeit gesundheitliche Schäden auf, durch Unfälle wurden kräftige Männer zu Krüppeln. Und dafür erhielten sie einen sehr geringen Lohn, der Gewinn gehörte den Fabrikherren.



Heute sieht man direkt an der Walzstraße kaum noch einen Arbeiter, er steuert die Anlage von einem Pult aus. Viele Walzstraßen werden sogar automatisch durch einen Rechner gesteuert.

Vieles hat sich bei uns geändert. Nicht nur die schwere körperliche Arbeit ist weitgehend eingeschränkt. Ärzte sorgen sich um die Gesundheit der Arbeiter, Erholungsheime in den schönsten Gegenden der Republik stehen ihnen zur Verfügung. Die Werke gehören nicht mehr einzelnen Menschen, sondern sind volkseigene Betriebe.

## **Stahl wird veredelt**

Weshalb ist der Stahl immer noch unser wichtigster Werkstoff, und weshalb wird er auch zukünftig seine große Bedeutung behalten?

Stahl hat viele und sehr unterschiedliche Eigenschaften, die sich teilweise durch eine nachträgliche Behandlung weitgehend verändern lassen. Man kennt Stähle, die noch bei Rotglut einem hohen Druck standhalten oder die bei größter Kälte fest und elastisch bleiben, Stähle, die nicht rosten und von keinen Säuren angegriffen werden oder die sehr hart sind. Es gibt Stähle mit besonderen magnetischen Eigenschaften und solche, die auch bei hohen Temperaturen nicht verzundern. Schließlich kann Stahl auch so billig hergestellt werden, daß man ihn in großen Mengen zum Bau von Häusern, Brücken, Fahrzeugen oder Maschinen benutzt. Durch die Änderung seiner Eigenschaften ist Stahl so wertvoll.

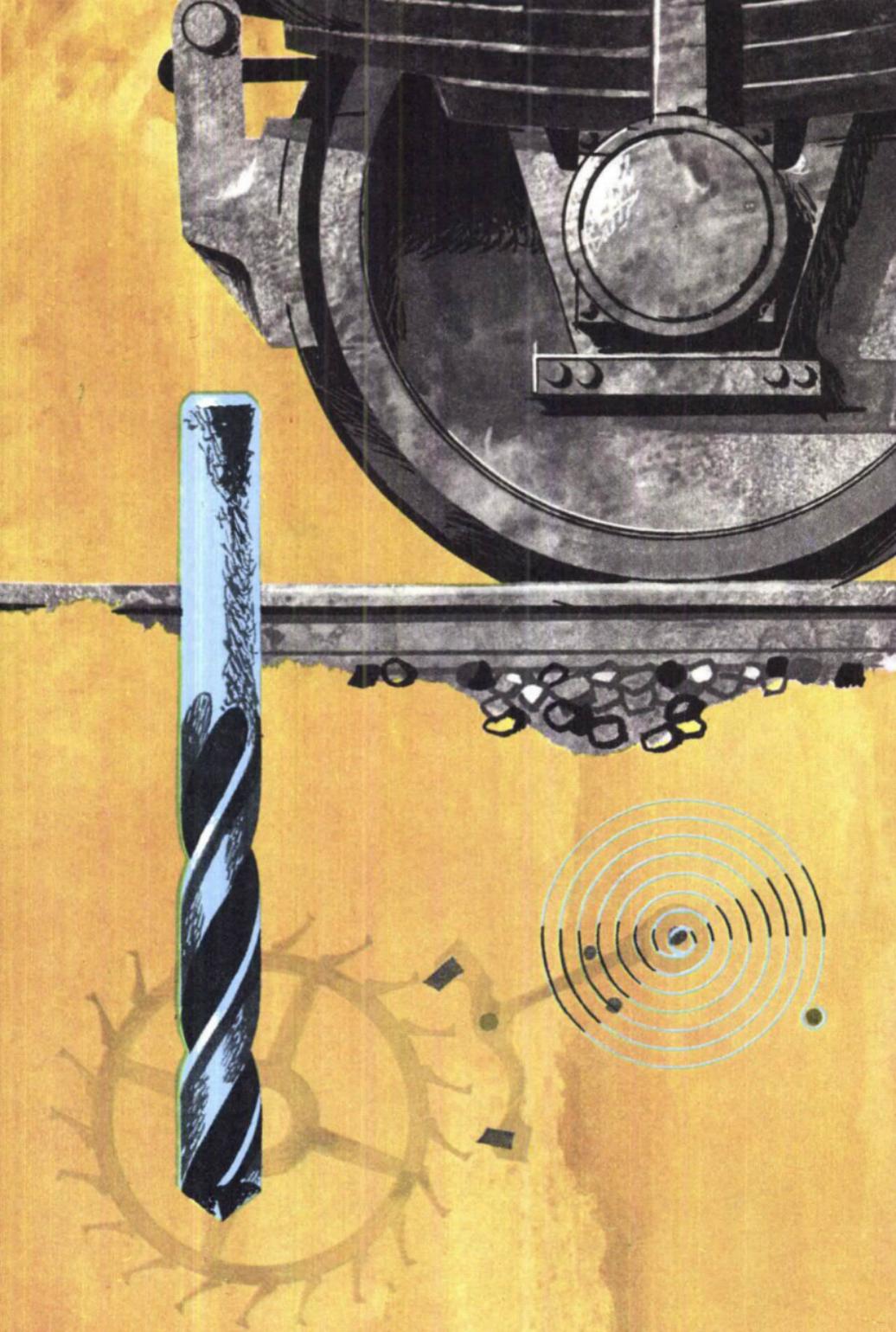
Wichtig ist die Festigkeit des Stahls, die man, so wie es der Konstrukteur oder Ingenieur verlangt, verändern kann. Gleichzeitig wünscht man sich einen elastischen Werkstoff, der nicht bei einem Schlag oder einer anderen starken Beanspruchung bricht, sondern nur kurzzeitig seine Form ändert, wie zum Beispiel bei Eisenbahnschienen, wenn gerade ein Zug auf ihnen entlangfährt. Oder denken wir an den elastischen Uhrfederstahl, den man beim Aufziehen der Uhr zu einer kleinen Rolle wickelt. Anschließend rollte er sich wieder ab, wobei er das Räderwerk der Uhr in Bewegung setzt.

Man wünscht eine harte Oberfläche dort, wo sich bewegende Maschinenteile ständig berühren. Zahnräder aus gehärtetem Stahl schleifen sich nur sehr langsam ab. Häufig ist aber ein weniger fester Stahl erwünscht, der sich auf der Dreh- oder Bohrmaschine viel leichter bearbeiten läßt. Dehnbaren Stahl kann man ohne vorheriges Erhitzen durch Walzen oder Pressen in eine bestimmte Form bringen. Man spricht von einer plastischen Verformbarkeit, die viele Fertigungsverfahren ermöglicht.

Heute stellt man Stähle her, die selbst noch bei 700 Grad Celsius fest sind. Gewöhnliche Stähle lassen sich bei einer solchen Temperatur bereits walzen oder schmieden. In der Chemieindustrie braucht man zähe und feste, Säuren oder anderen Chemikalien gegenüber beständige Werkstoffe. Der Metallurge kann solche Stähle liefern.

Solange der Mensch Eisen kennt, war er auch an der Herstellung von gutem Stahl interessiert. Im Altertum waren die Klingen aus Damaskus berühmt. Ihre Herstellung hütete man als strenges Geheimnis. Dieser Stahl war so kostbar, daß man aus ihm nur Waffen, Schmuck oder Pflugschare herstellte. Ein Schwert oder eine Rüstung aus Stahl konnten sich zu jener Zeit nur wenige leisten, und ihr Besitz entschied oft über Leben oder Tod. Völker, die über Waffen aus Stahl verfügten, waren anderen überlegen, konnten sie unterwerfen oder ausbeuten oder sich gegen die Angriffe ihrer Feinde besser schützen.

Es gehörte also sehr viel Erfahrung dazu, um guten



Stahl herzustellen. Deshalb war er so kostbar. Erst viel später, zu Beginn des 18. Jahrhunderts, kamen Wissenschaftler dem Geheimnis des guten Stahls auf die Spur. Sie erkannten die Gründe für die Festigkeit und Härte des Stahls. Diese Erkenntnis ermöglichte es, die Eigenschaften nach Wunsch zu verändern. Die Herstellung von Stahl wandelte sich von der Kunst zur Wissenschaft. Der Weg war frei für die Herstellung von großen Mengen Stahl in Fabriken.

## Wie der Stahl gehärtet wird

Wie wir bereits wissen, besteht das Eisen wie alle Metalle aus vielen winzig kleinen Kristallen. Die Kristalle entstehen dadurch, daß ihre atomaren Bausteine regelmäßig angeordnet vorliegen. Beim Eisen sind es die Eisenatome. Hier kann sich allerdings die Anordnung mit der Temperatur ändern. Bei Temperaturen über 900 Grad Celsius ist das Kristallgitter anders gebaut als bei Temperaturen darunter.

Eisen kann Kohlenstoff aufnehmen. Dabei wandern die kleineren Kohlenstoffatome in das Eisengitter hinein und nehmen dort bestimmte Plätze ein. Das Gammaeisen über 900 Grad Celsius verfügt in seinem Kristallgitter über solch große Hohlräume, daß bis zu 2 Prozent Kohlenstoff aufgenommen werden kann. Die Atome beim Alphaeisen, das unter 900 Grad Celsius existiert, sind viel dichter gepackt und ermöglichen die Aufnahme von sehr viel weniger Kohlenstoff. Ist im Eisen mehr Kohlenstoff enthalten, so muß er sich in anderer Form ausscheiden, indem er sich zum Beispiel mit Eisen zu Zementit (die chemische Formel dafür lautet:  $\text{Fe}_3\text{C}$ ) verbindet.

Erwärmt man also Eisen über 900 Grad Celsius, so löst sich Kohlenstoff im Eisengitter. Kühlt man jetzt den Stahl ab, so scheidet sich der überschüssige Kohlenstoff wieder aus.

Dieser Vorgang spielt sich allerdings nur bei sehr langsamer Abkühlung ab. Nur dann haben die im

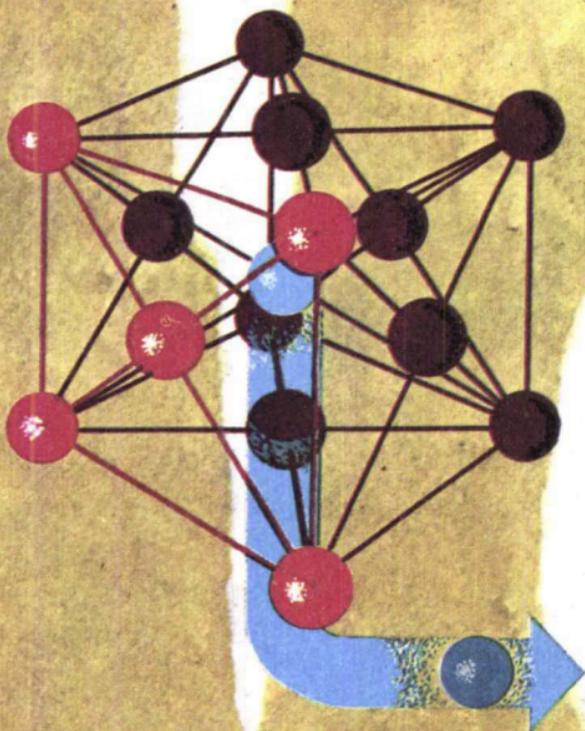
Eisengitter befindlichen Kohlenstoffatome genügend Zeit, ihre Plätze zu verlassen und sich an der Oberfläche der Kristalle auszuscheiden. Schreckt man dagegen den glühenden Stahl durch kaltes Wasser plötzlich ab, so muß der Kohlenstoff an seinem Platz bleiben. Die Eisenatome ordnen sich zu einem Kristallgitter, das eigentlich keinen Platz für diese Kohlenstoffatome hat, und es entstehen Spannungen. Diese Spannungen machen den Stahl sehr hart und fest.

Man hat also in der Hand, durch ein entsprechendes Härteverfahren die Eigenschaften des Stahles zu verändern. Notwendig ist ein bestimmter Kohlenstoffgehalt im Stahl, ein Glühofen zum Aufheizen des Werkstückes und ein Bad zum plötzlichen Abkühlen. Hierfür wählt man Öl oder Wasser, wobei Wasser besonders schroff wirkt.

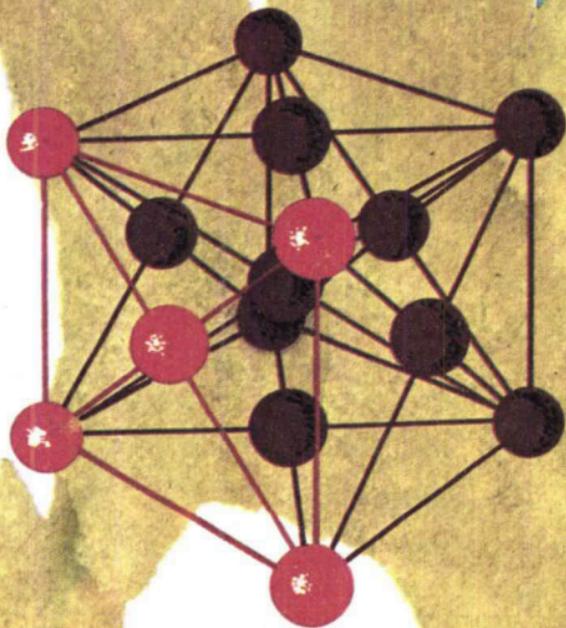
Ein so gehärteter Stahl hat jedoch viel von seiner Elastizität eingebüßt, er ist spröde und bricht leicht. Durch ein Erwärmen auf einige hundert Grad Celsius mit einer sich anschließenden sehr langsamen Abkühlung verliert er einen Teil seiner Härte, wird aber gleichzeitig elastischer. Man spricht vom Anlassen des gehärteten Stahles. Auf diese Art und Weise kann man durch die richtige Wahl der Temperatur beim Abschrecken und Anlassen Härte und Elastizität des Stahles verändern.

Dies soll uns ein Versuch erläutern, den wir ohne Mühe selbst durchführen können. Wir benötigen eine Stopfnadel, die aber bei diesem Versuch unbrauchbar wird. Eine Stopfnadel besteht aus

über 911°



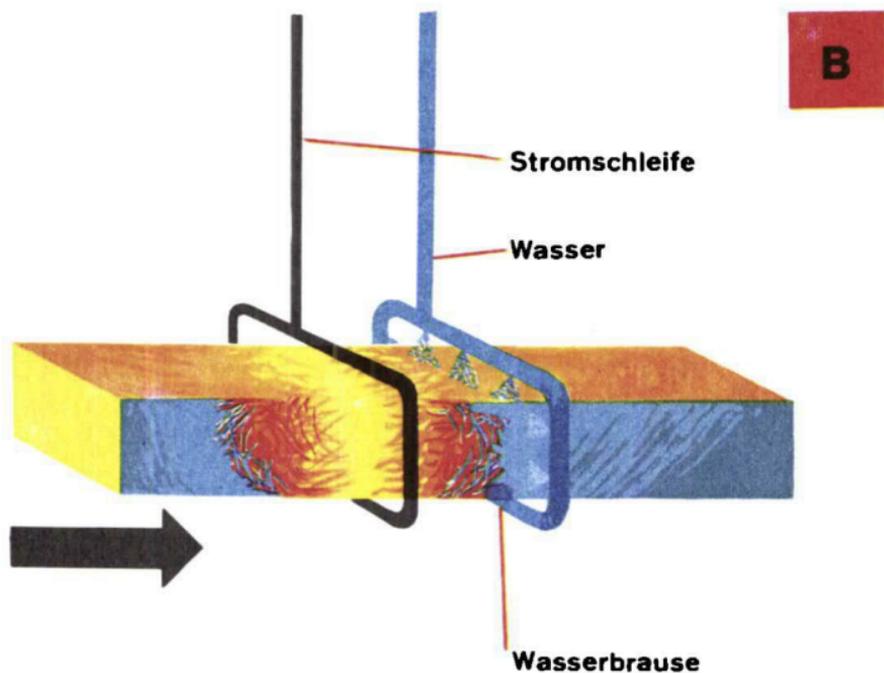
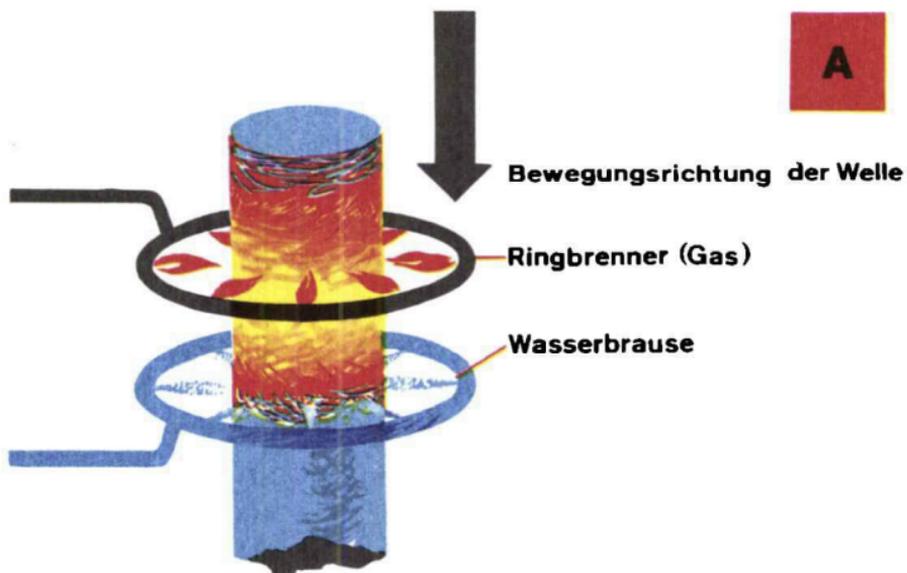
unter 911°



hartem und elastischem Stahl. Die Härte ist aber so groß, daß wir die Nadel nicht biegen, sondern nur zerbrechen können. Mit einer Zange halten wir nun die Nadel in die Flamme eines Gasbrenners und erhitzen sie auf helle Rotglut. Dann tauchen wir sie schnell in ein bereitgestelltes Glas mit kaltem Wasser. Durch das Abschrecken ist der Stahl so hart, daß er wie Glas bricht. Wenn wir ein Stück der zerbrochenen Nadel wieder auf schwache Rotglut erhitzen und langsam abkühlen lassen, so wird der Stahl wieder weich und läßt sich jetzt sogar biegen. Dafür fehlt ihm aber die ursprüngliche Härte.

Solche Wärmebehandlungsverfahren spielen heute eine sehr große Rolle, weil sie dem Stahl Eigenschaften verleihen, die er für seine Bearbeitung und Verwendung haben muß. Will man einen Stahl mit den gewünschten Eigenschaften erhalten, muß man die Glühtemperatur und die Abschreck- und Anlaßbedingungen sehr genau einhalten.

Große Werkstücke, wie Zahnräder oder Wellen, passen nicht in einen Glühofen. Vielfach ist man auch daran interessiert, nur die Oberfläche zu härten und das Innere elastisch und zähe zu lassen. Dann erhitzt man zum Beispiel die Welle durch einen Ring von Gasbrennern, der sich langsam über die Welle bewegt. Die Geschwindigkeit ist so groß, daß sich nur eine Oberflächenschicht ausreichend erhitzt. Hinter den Gasbrennern bewegt sich eine



Wasserbrause, die den glühenden Stahl plötzlich abkühlt und härtet.

Noch vorteilhafter ist die Anwendung von elektrischem Strom. Durch eine dicke Kupferschlange leitet man starken Strom, wodurch die Oberfläche des Werkstückes im Inneren der Schleife zu glühen beginnt. Langsam bewegt man die Schleife über das Werkstück. Auch hierauf folgt eine Wasserbrause zum Abschrecken. Man spricht in diesem Fall von einer induktiven Härtung.

Schließlich kann man auch von einem Stahl ausgehen, der so wenig Kohlenstoff enthält, daß er in diesem Zustand nicht mehr härtbar ist. Bei geringem Kohlenstoffgehalt sind die Kohlenstoffatome auch bei Temperaturen unter 900 Grad Celsius im Kristallgitter löslich und bewirken keine Spannungen. Man kann nun bei aus kohlenstoffarmem Stahl gefertigten Werkstücken zuvor die Oberfläche mit Kohlenstoff anreichern. Dazu legt man sie in Kästen mit Kohlepulver und glüht sie längere Zeit. Beim anschließenden Abschrecken erhält man eine gehärtete Oberfläche, innen bleibt der Stahl zäh.

## **Edelstähle**

Es gibt auch eine andere Möglichkeit, Stahl besondere und wertvolle Eigenschaften zu verleihen. Dazu gehört die Zugabe von anderen Metallen während der Stahlschmelze im Siemens-Martin-Ofen oder im Elektroherd. Art und Menge dieser Metalle bestimmen dann die Eigenschaften des Stahles, der sogenannten Stahllegierung. Silizium als Legierungselement liefert einen Stahl, der besonders gute magnetische Eigenschaften zeigt und deshalb zur Herstellung von Transformatorenblechen benutzt wird. Chrom und Nickel, in größeren Mengen zugesetzt, machen den Stahl beständig gegen klimatische Einflüsse sowie saure Flüssigkeiten und lassen ihn nicht rosten. Mangan wiederum läßt den Stahl besonders fest werden. Wir finden ihn deshalb als Werkstoff für Eisenbahnweichen, wo die breiten Schienen in dünne Spitzen auslaufen, die nicht abbrechen dürfen. Ein Zusatz von Wolfram erhöht die Wärmebeständigkeit. Werkzeuge aus einem solchen Stahl lassen höhere Bearbeitungstemperaturen zu, wie sie zum Beispiel bei schnell laufenden Drehmaschinen auftreten. So hat jedes Legierungselement einen bestimmten Einfluß, wobei die Mischung und Menge verschiedener Zusätze die Möglichkeiten noch erweitern. Man erhält wertvolle Stähle, die Edelstähle.

Die Metallurgen haben so viele unterschiedliche Stahlsorten entwickelt, daß sie alle Forderungen erfüllen können. Aber immer noch forschen sie

nach neuen Möglichkeiten, um besseren und noch billigeren Stahl herzustellen. Manche der zugesetzten Legierungsmetalle sind sehr knapp und deshalb auch teuer. Dadurch steigt der Preis des Stahles an, und man ist deshalb bemüht, mit billigen Legierungsmetallen die gleiche Verbesserung der Eigenschaften des Stahles zu erzielen.

## **Der Feind des Eisens**

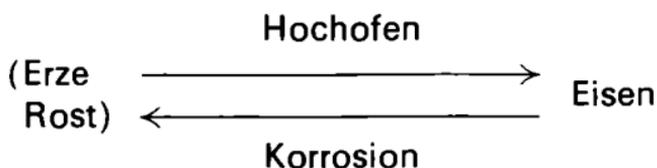
Die Herstellung von Eisen und Stahl ist ein mühevoller und komplizierter Weg. Doch müssen wir auch beachten, daß Eisen und Stahl täglich in großen Mengen durch die Korrosion, das Verrosten, zerstört werden. Der Rost greift das Metall langsam und oft unauffällig an und verursacht schließlich gewaltige Schäden und Verluste.

Ein Stahlmast wird errichtet. Mit geschickten Griffen fügen die Monteure die einzelnen Teile zusammen und verschrauben sie. Dabei fällt eine Schraube auf den Boden und bleibt im Gras unbeachtet liegen. Der Mast ist fertig. Man spritzt Farbe auf den Stahl, einmal, zweimal oder dreimal. Dann ist alles getan. Die Arbeiter verlassen die Baustelle und beginnen eine neue Tätigkeit. Die Schraube aber bleibt liegen. Tage, Wochen und Monate vergehen. Die Sonne scheint, es regnet. Schnee bedeckt die Landschaft und taut wieder ab. Wir stehen am Mast und treten auf die Schraube, die während des Baues in das Gras fiel. Wie hat sie sich verändert? Die einst so blanke metallische Oberfläche ist mit einer unansehnlichen braunen Schicht überzogen. Es ist Rost. Zwar ist die Kruste noch dünn und die Schraube durchaus noch zu gebrauchen. Doch bald wird die Rostschicht immer dicker, frißt sich immer weiter in das Metall, bis die Schraube brüchig und unbrauchbar ist. Sie besteht nicht mehr aus Eisen, sondern nur noch aus bröckelndem Rost und hat alle Festigkeit verloren.

Doch warum rosten die Schrauben nicht, die beim Bau des Mastes verwendet wurden und die jetzt die einzelnen Teile zusammenhalten? Weshalb rostet der Stahl nicht, aus dem der Mast besteht? Nun, auch er wäre schon längst mit einer Rostschicht überzogen, hätte man ihn nicht mit einem Farbanstrich versehen. Die Ölfarbe überzieht ihn wie eine Haut, die schädliche Einflüsse von ihm abhält und das darunterliegende Metall schützt.

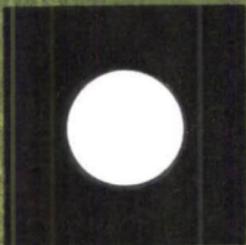
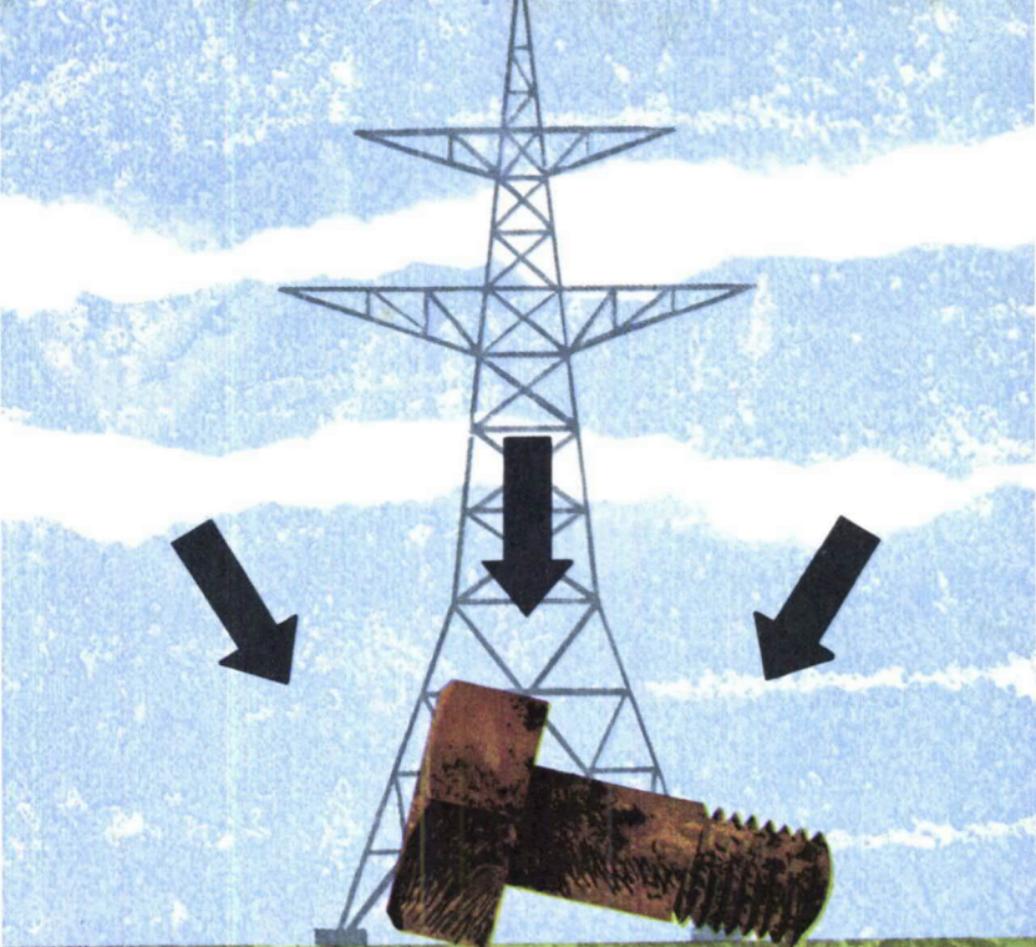
Die Korrosion des Eisens kostet uns jährlich etwa eine Milliarde Mark, je Einwohner unserer Republik sind das 60 Mark.

Bei der Korrosion wandeln sich die Metalle an der Luft unter dem Einfluß von Feuchtigkeit, Verunreinigungen und Salzen usw. mehr oder weniger schnell in nichtmetallische Stoffe um. Betrachtet man diesen Vorgang genauer, so stellt man fest, daß er in umgekehrter Richtung verläuft, als wir ihn bei der Herstellung des Roheisens kennengelernt haben, also



Der beständige Zustand ist das Erz, ist der Rost, das Eisenoxid, zu dem das Eisen zurückkehrt und in dem man es auch in der Natur vorfindet. Der Mensch muß viel Energie anwenden, um das Erz in den unbeständigen metallischen Zustand zu überführen.

Die Korrosion hängt von verschiedenen Einflüssen



ab. In warmer und trockener Luft ist die Rostbildung verschwindend gering. Deshalb haben sich Eisengegenstände in Wüstengebieten sehr lange unverändert erhalten.

Viel schneller verläuft die Korrosion in feuchter Atmosphäre oder im Wasser und besonders, wenn Salze zugegen sind. Schiffe oder Hafenanlagen aus Stahl wären sehr schnell durch Rostbildung zerstört, wenn man sie nicht gründlich durch Farbanstriche schützen würde. Auch die Luft in den Städten oder in Industriegebieten fördert die Korrosion. Meist enthält hier die Luft beträchtliche Mengen Schwefeldioxid oder andere schädliche Stoffe, die aus den Abgasen stammen und zur Rostbildung beitragen.

Wir haben aber gelernt, uns wenigstens zum Teil gegen die Korrosion zu schützen. Dazu gibt es viele Möglichkeiten.

Eine wesentliche Schutzmaßnahme ist der Farbanstrich, der nach dem Eintrocknen einen festen und dichten Film bildet; er soll Wasser und Luft von dem Eisen fernhalten. Dieser Anstrich darf aber nicht beschädigt sein, da an diesen Stellen sofort die Rostbildung einsetzt und dann unter der Farbschicht weiterläuft. Deshalb muß man den Farbanstrich häufig überprüfen und nach gewissen Zeiten erneuern. Wichtig ist auch, daß man vor dem Auftragen der Farbe alte Farbreste und Rost sorgfältig entfernt, da sonst die Schutzwirkung nicht lange andauert.

Man hat ausgerechnet, daß in unserer Republik 36000 Menschen, das entspricht der Einwohner-

zahl einer mittleren Stadt, Tag für Tag damit beschäftigt sind, Farbanstriche als Korrosionsschutz aufzubringen. Rechnet man noch die Kosten für die dabei verbrauchte Farbe hinzu, so ist dies schon eine sehr teure Sache, aber immer noch billiger, als würde man nichts tun.

Eine andere häufig angewandte Möglichkeit des Korrosionsschutzes besteht darin, andere Metalle in dünner Schicht auf das Eisen zu bringen. Dies können edlere Metalle sein, die dem Angriff des Rosts besser widerstehen, wie Chrom, Zinn, Silber oder Gold. Oder man verwendet Metalle, die sich schnell selbst mit einer dichten Schutzschicht überziehen, wie Aluminium.

Beim Emaillieren bringt man eine glasige Schicht auf das Metall, wodurch man die Rostbildung gleichfalls verhindert. Immer häufiger überzieht man die Eisenoberfläche mit Platen. Allerdings muß die Oberfläche des Eisens vorher gründlich gereinigt und vorbereitet werden.

Solche Schichten schützen nicht nur die unter ihnen befindlichen Metalle, sondern sie sehen oft auch dekorativ aus, wie wir es vom verchromten Metall oder den Emailsichten her kennen. Bei diesen Werkstoffkombinationen bewirkt stets Stahl die Festigkeit, während der Überzug vor Korrosion schützt und häufig zur Verschönerung beiträgt.

Der Metallkundler hat noch eine andere Möglichkeit bereit. Er kann durch Zusatz von bestimmten Legierungsmetallen rostbeständige Stähle herstellen. Bekannt sind die Stähle, die viel Chrom und Nickel

enthalten und stets eine blanke und saubere Oberfläche aufweisen.

Weshalb verwendet man sie dann nicht ausschließlich? Nun, Chrom und Nickel sind knappe und deshalb teure Metalle, die man nicht in großen Mengen zur Verfügung hat. Deshalb benutzt man die rostbeständigen Stähle nur dort, wo es unbedingt notwendig ist. Wichtig sind auch die rostträgen Stähle, die wesentlich langsamer durch Rost zerstört werden als die üblichen. Sie enthalten sehr wenig Kupfer und nur kleine Mengen an Chrom und werden zukünftig eine große Bedeutung haben. Wie wir sehen, ist der Metallkundler mit Erfolg bemüht, den Kampf gegen den Rost zu führen und dadurch große Schäden und Verluste zu verhüten.

## **Gemeinsam geht es besser**

Jeder Industriestaat braucht Stahl – in den Maschinenbaubetrieben, im Bauwesen, im Verkehr, überall. Auch in der Zukunft läßt sich der Stahl durch Plaste und andere Werkstoffe nicht ersetzen, sondern nur sinnvoll ergänzen. Seine Bedeutung wird nicht gemindert.

1945, nach Beendigung des zweiten Weltkrieges, standen die Arbeiter in unserer Republik vor sehr schwierigen Aufgaben. Vieles war zerstört. Häuser und Fabriken lagen in Schutt und Asche, Brücken waren vernichtet, es fehlte an wichtigen Rohstoffen. Und doch mußte der Neuaufbau beginnen. Dazu benötigte man Stahl. Aber die Hütten- und Stahlwerke des ehemaligen Deutschlands befanden sich in den westlichen Besatzungszonen.

Was war zu tun? Die Partei der Arbeiterklasse beschloß, die alten und teilweise zerstörten metallurgischen Betriebe aufzubauen und so schnell wie möglich arbeiten zu lassen. Die Kumpel packten zu. Bereits am 4. Februar 1946 wurde in der Maxhütte Unterwellenborn der erste Hochofen angeblasen, und kurze Zeit später floß der erste Stahl. Die Stahlwerke in Riesa, Hennigsdorf, Brandenburg, Gröditz, Freital und Magdeburg bauten wir mit sowjetischer Hilfe auf und erweiterten sie. In ihren Öfen schmolz man den Schrott des Krieges zu Stahl um, der erstmals friedlichen Zwecken diente. Das Eisenhüttenkombinat in Eisenhüttenstadt entstand, in Calbe an der Saale nahm das Niederschachtofenwerk die Pro-

duktion auf. Immer mehr Stahl floß aus den Öfen. Doch es reichte nicht, denn auch die übrige Industrie wuchs rasch und verlangte Stahl. Die fehlenden Mengen mußten eingeführt werden. Nachdem die Sowjetunion die schwersten Kriegsschäden im eigenen Land beseitigt hatte, lieferte sie uns immer mehr Stahl. Wie sollte es aber weitergehen? Es gab zwei Möglichkeiten. Man konnte große metallurgische Werke in der DDR bauen, in denen man aus sowjetischem Erz und polnischem Koks Roheisen und Stahl in der benötigten Menge erzeugt. Doch wäre es richtig gewesen, Erz und Koks über große Entfernungen heranzubringen, um unbedingt im eigenen Lande Stahl zu erzeugen? Wäre es nicht besser, Roheisen und Stahl dort herzustellen, wo sich Erz und Koks in unmittelbarer Nähe befinden, und nur den Stahl einzuführen? Man entschloß sich zu dieser zweiten Lösung.

Durch die Zusammenarbeit der sozialistischen Länder ist es möglich, die Aufgaben zu verteilen. Jedes Land stellt die Waren her, für die es die besten Voraussetzungen oder ausreichende Rohstoffe besitzt. Man tauscht die fertigen Erzeugnisse aus und spart dabei Geld.

Die Sowjetunion besitzt im Inneren ihres Landes fast unerschöpfliche Eisenerz- und Kohlevorkommen. Sie kennt keine Rohstoffsorgen. In gewaltigen und modernen Hütten- und Stahlwerken wird Roheisen und Stahl erzeugt und in den Walzwerken zu Halbzeugen weiterverarbeitet. Davon erhält unsere Republik einen großen Teil. Wir stellen daraus Schiffe,

Maschinen, Fahrzeuge und viele andere Produkte her, die wir teilweise wieder in die UdSSR liefern. Gemeinsam geht es besser, jeder hilft dem anderen und nützt sich selbst dabei.

Natürlich produzieren wir auch in der DDR weiterhin Roheisen und Stahl. In den metallurgischen Werken vollbringen die Kumpel große Leistungen. Ständig fließt aus den Hochöfen in Unterwellenborn und Eisenhüttenstadt neues Roheisen, ständig wird bester Stahl in Freital, Unterwellenborn, Riesa, Gröditz, Brandenburg, Hennigsdorf und Magdeburg geschmolzen.

Viel hat sich in den vergangenen Jahren getan. Doch neue Ziele werden angezeigt. Es gilt Stahl herzustellen, der billiger, fester ist, weniger korrodiert oder andere spezielle Eigenschaften aufweist. Arbeiter, Ingenieure und Wissenschaftler arbeiten an der Lösung dieser Aufgaben. Gemeinsam mit den anderen Werktätigen in unserer Republik und den sozialistischen Staaten tragen sie dazu bei, das Leben im Sozialismus reicher und schöner zu gestalten.

## **Inhaltsverzeichnis**

- 5 Eisen überwindet Gold
- 13 Der Weg zum Eisen
- 19 Ein Gang durch die Maxhütte
- 27 Der Hochofen
- 35 Wasser für Max
- 42 Die Nahrung des Hochofens
- 47 Im Inneren des Hochofens
- 54 Die Wandlung des Hochofens
- 59 Nicht nur das Eisen ist wichtig
- 67 Was gehört zu 1 000 Tonnen Eisen?
- 73 Was ist Eisen?
- 80 Vom Roheisen zum Gußeisen
- 84 Der Weg zum Stahl
- 86 Stahl aus dem Konverter
- 94 Das Siemens-Martin-Verfahren
- 102 Neue Wege
- 114 Die endlose Schlange aus Stahl
- 120 Im Walzwerk
- 123 Stahl wird veredelt
- 127 Wie der Stahl gehärtet wird
- 133 Edelstähle
- 135 Der Feind des Eisens
- 141 Gemeinsam geht es besser



Das erste Eisen, das man zur Herstellung von Geräten und Waffen verwendete, war als Meteorit vom Himmel gefallen. Doch bald versuchte man, Eisen aus Erz zu schmelzen und ihm immer bessere Eigenschaften zu geben. Heute begegnen uns Eisen und Stahl in fast allen Bereichen des Lebens.

