

# Neues vom Eisen.

Von

Prof. Hanns Freiherr Jüptner v. Jonstorff.

---

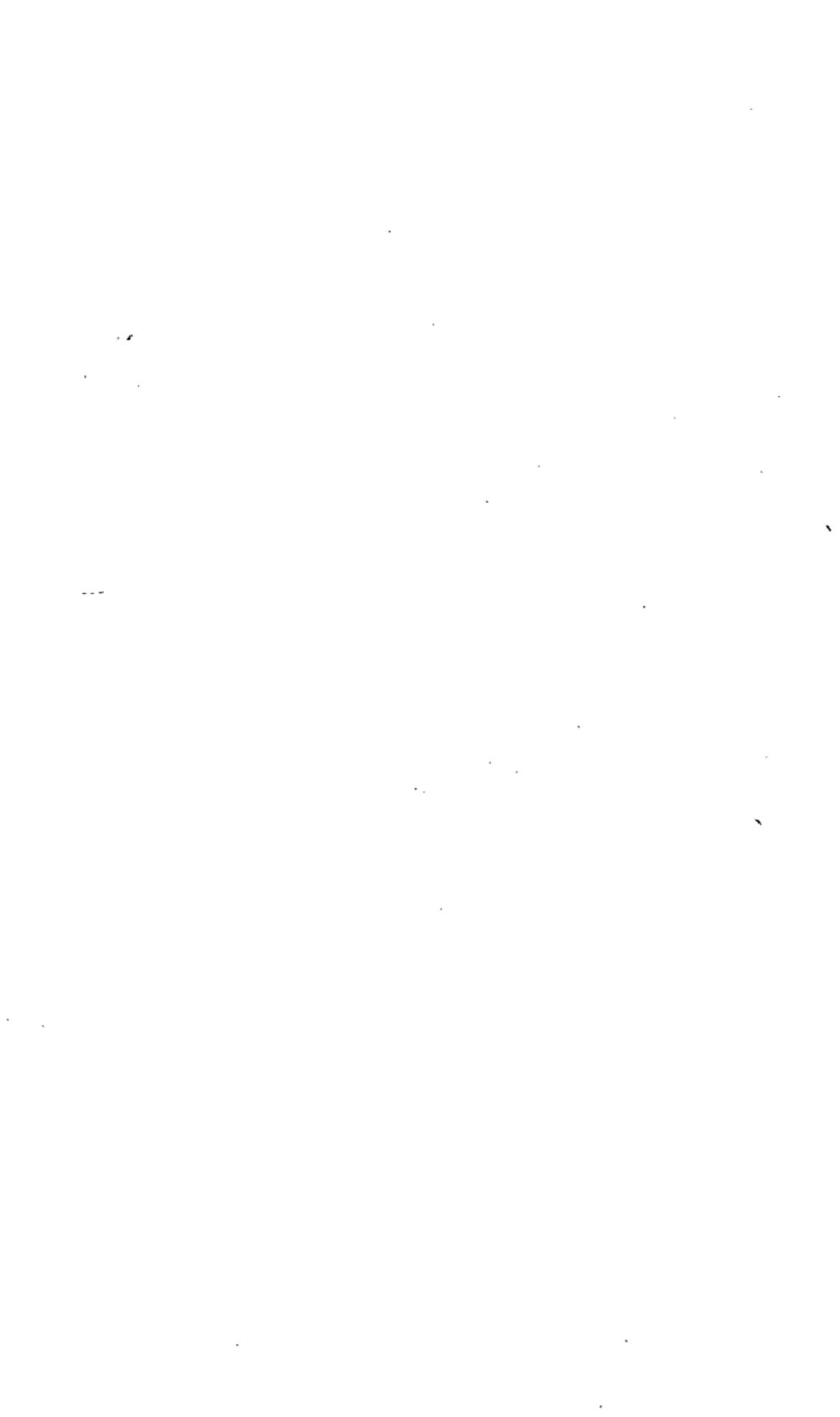
Vortrag, gehalten den 7. Dezember 1904.

*(Mit Demonstrationen.)*

Mit 4 Tafeln und 23 Abbildungen im Texte.<sup>1)</sup>

---

<sup>1)</sup> Teils nach Klischees, welche von Herrn Oberingenieur Ritter von Dormus und von der Verlagsbuchhandlung Artur Felix freundlichst überlassen wurden; teils nach Originalaufnahmen des Verfassers.



Die Metallurgie hat in den letzten Jahren so enorme Fortschritte gemacht, daß es ziemlich schwer ist, für einen einzigen kurzen Vortrag eine geeignete Auswahl zu treffen.

Zunächst wollen wir von den in letzter Zeit in Anwendung gekommenen Spezialstählen ganz absehen und nur die technisch wichtigsten Eisensorten, die sich kurz als Eisenkohlenstofflegierungen bezeichnen lassen, in Betracht ziehen.

---

Das chemisch reine Eisen besitzt keineswegs jene Eigenschaften, welche uns dieses Metall so unentbehrlich machen. Diese Eigenschaften erhält das Eisen erst durch die Gegenwart gewisser Begleitstoffe, von denen Kohlenstoff, Silizium, Mangan, Phosphor und Schwefel in den technischen Eisensorten nie fehlen. — Der wichtigste dieser Begleitstoffe ist der Kohlenstoff, denn diesem Elemente verdankt das Eisen in erster Linie seine technische Verwendbarkeit, weil seine Eigenschaften sich einerseits mit dem Kohlenstoffgehalte, andererseits je nach der Behandlung des fertigen Metalles innerhalb ungewöhnlich weiter Grenzen ändern.

Dementsprechend ist es auch der Kohlenstoffgehalt, welcher der Einteilung der technischen Eisensorten zugrunde liegt. — Man unterscheidet hiernach:

1. Eisen mit weniger als  $\frac{1}{2}\%$  Kohlenstoff, Es ist ziemlich weich und zäh, läßt sich gut schmieden und wird daher schmiedbares Eisen oder kurz Schmiedeeisen genannt. Erhitzt man solches Eisen zum Glühen und kühlt es dann rasch ab, indem man es beispielsweise glühend in Wasser taucht — ein Vorgang, den man als Härten bezeichnet — so erleiden seine Eigenschaften wenig Änderung und man sagt daher, das schmiedbare Eisen sei nicht oder richtiger wenig härtbar.

2. Eisen mit  $\frac{1}{2}$  bis  $2\%$  Kohlenstoff. Es ist härter und fester, aber weniger zäh als das vorige. Es ist gut härtbar, d. h. beim raschen Abkühlen des glühenden Metalles nimmt seine Festigkeit, Elastizität und Härte bedeutend zu, seine Zähigkeit aber ab. Die hierher gehörigen Eisensorten werden Stahl genannt.

3. Eisen mit mehr als  $2\%$  Kohlenstoff. Es ist spröde und daher nicht mehr schmiedbar und wird Roheisen genannt. — Von dieser kohlenstoffreichsten Eisensorte existieren nun verschiedene Arten.

Ist die Hauptmenge des im Metalle enthaltenen Kohlenstoffes als Graphit, — d. i. in jener Form vorhanden, die als Rohmateriale der Bleistiftfabrikation und als Farbe zum Schwärzen eiserner Öfen allbekannt ist, — so erscheint das Roheisen an der Bruchfläche grau und heißt deshalb graues Roheisen. Wegen seiner besonderen Eignung wird solches Eisen zur Herstellung von Gußwaren benützt und heißt dann Gußeisen.

Enthält das Roheisen keine Graphitausscheidungen, so hat der Bruch eine helle Farbe. Solches Metall bezeichnet man deshalb als weißes Roheisen. Da es beim Erstarren die Gußformen nicht scharf ausfüllt, ist es für Gießereizwecke nicht geeignet.

Enthält das weiße Roheisen beträchtliche Mengen Mangan, so wird es grob kristallinisch. Solches Eisen zeigt im Bruche große spiegelnde Flächen und wird daher Spiegeleisen genannt. Es findet nur hüttenmännische Verwendung.

Steigt der Mangangehalt noch höher (auf 20 bis über 90<sup>0</sup>/<sub>0</sub>), so verschwindet der grobkristallinische Bruch wieder und man hat Ferromangan, das bei hohem Mangangehalte säulen- bis nadelförmige Kristallformen zeigt.

---

Im geschmolzenen Eisen ist der Kohlenstoff in beträchtlichen Mengen löslich. Bei 1100<sup>0</sup> C. löst dasselbe 4·3<sup>0</sup>/<sub>0</sub> Kohlenstoff; je höher die Temperatur steigt, desto mehr davon kann es aufnehmen und bei der Temperatur des elektrischen Lichtbogens (etwa 4000<sup>0</sup> C.) kann es 40<sup>0</sup>/<sub>0</sub> desselben lösen. — Beim Erkalten verringert sich diese Löslichkeit, der überschüssige Kohlenstoff scheidet sich unter gewöhnlichen Verhältnissen als Graphit ab, und es entsteht graues Roheisen.

Durch plötzliche Abkühlung von Eisen, das im elektrischen Lichtbogen geschmolzen und mit Kohlenstoff gesättigt wurde, gelang es Moissan, den überschüssigen Kohlenstoff in Form winziger Diamantkristalle

zur Abscheidung zu bringen. Es war dies die erste künstliche Darstellung von Diamanten.

Wie schon erwähnt, entsteht das graue Roheisen dadurch, daß sich der überschüssige Kohlenstoff des ge-



Fig. 1. Graues Roheisen, poliert, nicht geätzt,  $V = 400$  (Graphit).

schmolzenen Metalles bei seiner Abkühlung und Erstarrung als blätteriger Graphit ausscheidet. Betrachtet man eine polierte Schliiffläche von grauem Roheisen unter dem Mikroskop, so sind diese Graphitblättchen deutlich sichtbar (Fig. 1).

Aber auch die übrigen technischen Eisensorten, die — mit freiem Auge betrachtet — eine vollkommen gleichförmige Masse zu bilden scheinen, sind weitaus in den meisten Fällen durchaus nicht homogen.

Im schmiedbaren Eisen z. B. lassen sich zwei verschiedene Bestandteile unterscheiden. Der eine derselben ist nahezu reines, d. i. kohlenstoffreies Eisen, und weil dieses auf lateinisch Ferrum heißt, wird er Ferrit genannt. Er bleibt beim Ätzen mit verdünnten Säuren blank, während der zweite Bestandteil, der Perlit, eine dunkle Farbe annimmt und Kohlenstoff enthält.

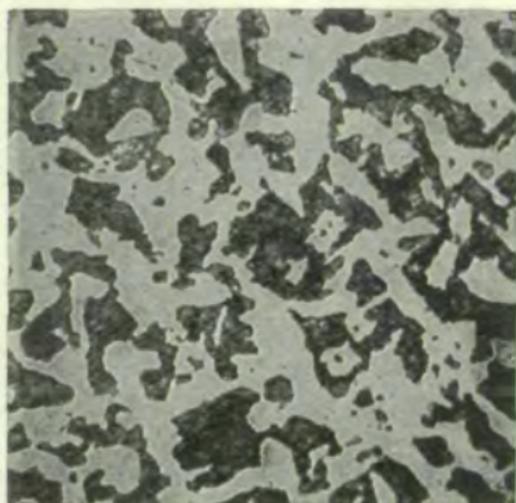


Fig. 2. Schmiedeeisen (0.3 % C)  
 $V = 140$  (Ferrit und Perlit).

— Je weniger Kohlenstoff das Eisen enthält, desto mehr und größere Ferritkörner sind sichtbar, während mit wachsendem Kohlenstoffgehalte auch die Flächen des Perlites wachsen. (Fig. 2 und 3.)

Der zweite Bestandteil, der Perlit, ist selbst kein einfaches Gefügeelement. Schleift man das Eisen auf einer nachgiebigen Unterlage, z. B. auf einer Kautschukplatte, so werden die weicheren Gefügeelemente des Per-

lites tiefer ausgerieben als die härteren und man sieht, daß derselbe aus parallelliegenden abwechselnden Lamellen besteht. Die weicheren, also tiefer ausgeriebenen Lamellen sind Ferrit, während der andere, sehr harte Bestandteil — den wir später noch näher kennen lernen werden — Zementit genannt wurde. (Fig. 4.)

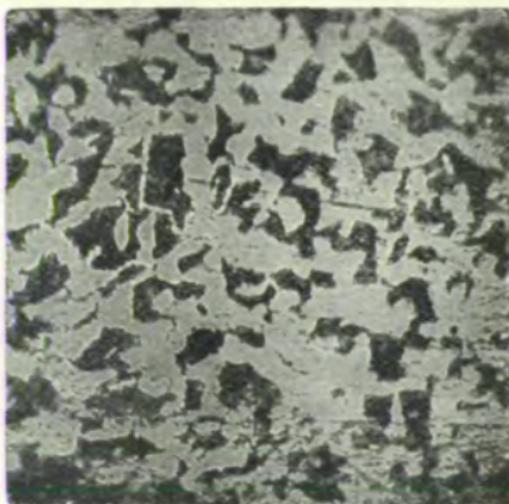


Fig. 3. Schienenstahl (0.54 %)  $V = 104$   
(Ferrit und Perlit).

Ein in der eben geschilderten Weise geschliffener Perlit zeigt genau das nämliche mikroskopische Gefüge wie das Perlmutter. Betrachtet man ihn bei schwachen Vergrößerungen, so gewahrt man daher auch das nämliche, von Beugungerscheinungen des Lichtes herrüh-

rende Irisieren wie bei diesem, woher eben sein Name rührt. — Erst bei sehr starken Vergrößerungen wird der lamellöse Aufbau desselben deutlich sichtbar.

Untersuchen wir nun Stahl, so finden wir in demselben, wenn er weniger als 0.9% Kohlenstoff enthält, dieselben Bestandteile wie im schmiedbaren Eisen, nur wächst der Perlitgehalt immer mehr, je mehr sein Kohlenstoffgehalt zunimmt, und bei einem Kohlenstoffge-

halte von etwa 0·9 0/0 ist der Ferrit völlig verschwunden und der Stahl besteht nur mehr aus Perlit (Fig. 5).

Steigt der Kohlenstoffgehalt des Stahles noch höher, so tritt neben dem blättrigen Gemenge von Ferrit und Zementit, dem Perlit, noch selbständiger Zementit auf. Es ist dies eine Verbindung von Eisen und Kohlen-



Fig. 4. Geschmiedetes Eisen (0·45 0/0 C)  $V = 1000$  (Ferrit und Perlit).

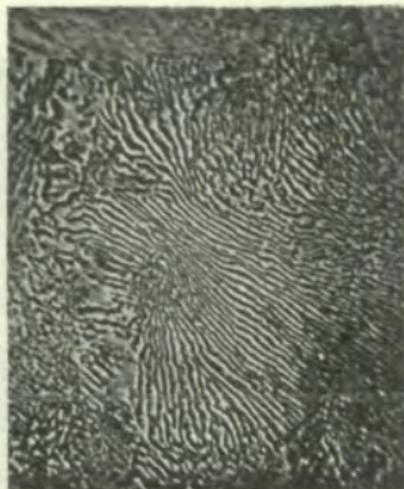


Fig. 5. Stahl (0·9 0/0 C),  $V = 1000$  (Perlit).

stoff im Verhältnisse 3 Atome Fe auf 1 Atom C, die Eisenkarbid genannt wird (Fig. 6).

Das weiße Roheisen unterscheidet sich in seinem mikroskopischen Gefüge gar nicht von kohlenstoffreichem Stahl, nur überwiegt mit wachsendem Kohlenstoffgehalte die Menge des neben dem Perlite selbständig auftretenden Zementites immer mehr und das Gefüge gewinnt hiermit ein immer regelmäßigeres Aussehen (Fig. 7).

Im grauen Roheisen tritt, wie schon früher erwähnt, Graphit auf. Neben diesem erscheint aber immer Perlit, der manchmal von Zementit, manchmal von Ferrit begleitet ist (Fig. 8).

Alle bisher vorgeführten Metalle waren langsam erkaltet oder ausgeglüht. In denselben tritt stets als charakteristischer Bestandteil Perlit auf.



Fig. 6. Stahl (1.50 % C),  $V = 1000$  (Perlit und Zementit).

Nun zeigen aber, wie schon eingangs erwähnt, kohlenstoffhaltige Eisenlegierungen, namentlich aber Stahl, die Eigenschaft, sich härten zu lassen, d. h. wenn man dieselben über  $700^{\circ}\text{C}$ , den sogenannten Rekaleszenzpunkt, hinaus erhitzt und dann rasch abkühlt, nehmen sie eine bedeutend größere Härte, Festigkeit und Elastizität an, während ihre Zähigkeit abnimmt.

Nehmen wir ausgeglühten Stahl mit  $0.9\%$  Kohlenstoff (der, wie wir früher gesehen haben, nur aus Perlit besteht) und härten denselben, indem wir ihn auf etwa  $800^{\circ}\text{C}$ . erhitzen und dann in kaltes Wasser tauchen. Schleifen und polieren wir das gehärtete Material in der Art, daß wir dem Poliermittel ein schwaches Ätzmittel zusetzen, z. B. Süßholzextrakt oder salpetersaures Am-

mon, und untersuchen den Schliff unter dem Mikroskop bei sehr starken Vergrößerungen, so finden wir, daß der Stahl auch jetzt nur aus einem einzigen Gefügeelemente besteht, das man nach Geheimrat Martens in Berlin Martensit genannt hat.



Fig. 7. Weißes Roheisen (4.25 % C),  $V = 400$ .

Dieser Martensit besteht aus einzelnen geradlinigen Fäserchen oder Nadeln, die sich unter etwa  $60^{\circ}$  schneiden, so daß hin und wieder triangelähnliche Figuren auftreten (Fig. 9).

Ganz ähnlich verhält sich auch noch Stahl mit etwa 0.5 % Kohlenstoff. Härten wir aber kohlenstoffärmere Eisensorten, so finden wir, wenn die Härtungstemperatur nicht sehr hoch liegt, neben dem Martensit auch

noch Ferrit, woraus sich die geringe Härbarkeit des schmiedbaren Eisens erklärt (Fig. 10).

Härten wir hingegen einen Stahl mit mehr als 0.9% C., so kann derselbe neben Martensit auch Zementit enthalten (Fig. 11).



Fig. 8. Graues dichtes Roheisen.  $V = 660$ .

Während also im ausgeglühten oder im langsam abgekühlten Stahle stets Perlit vorhanden ist, enthält der gehärtete Stahl immer Martensit. Der Vorgang des Härtens besteht also darin, daß sich der Perlit beim

Erhitzen des Stahles auf etwa  $700^{\circ}\text{C}$ . in Martensit umwandelt und daß dieser bei rascher Abkühlung nicht Zeit findet, sich in Perlit rückzuverwandeln, daß er also im rasch abgekühlten Stahle erhalten bleibt.

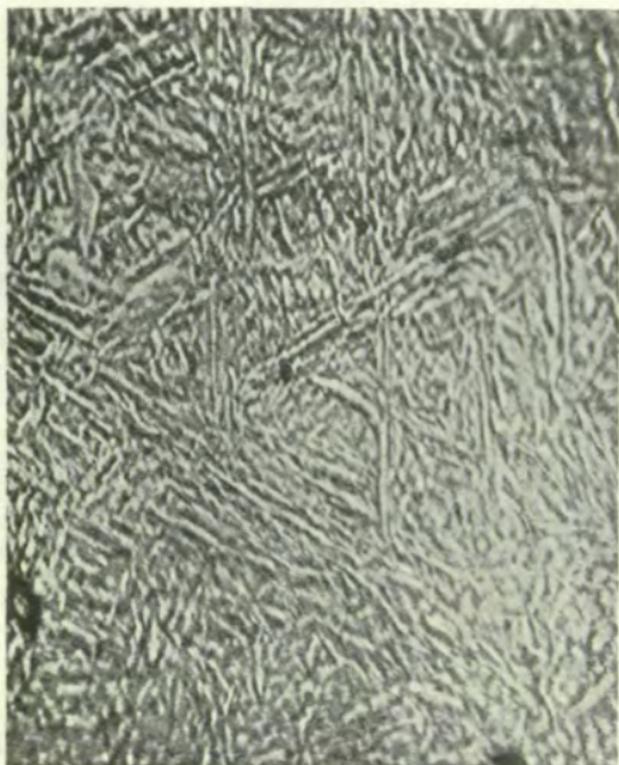


Fig. 9. Stahl mit 0.9% C, gehärtet,  $V = 1000$  (Martensit).

Erhitzen wir solchen gehärteten Stahl und lassen ihn langsam erkalten, so wandelt sich der Martensit in Perlit um und wir haben ausgeglühten Stahl.

Diese Umwandlung von Martensit in Perlit (oder umgekehrt) ist aber nicht so einfach, als es auf den ersten Blick erscheint. Es treten nämlich hierbei Übergangsformen auf, die man (nach dem französischen Chemiker Troost, beziehungsweise nach dem englischen Arzte Dr. Sorby) Troostit und Sorbit genannt hat. Diese

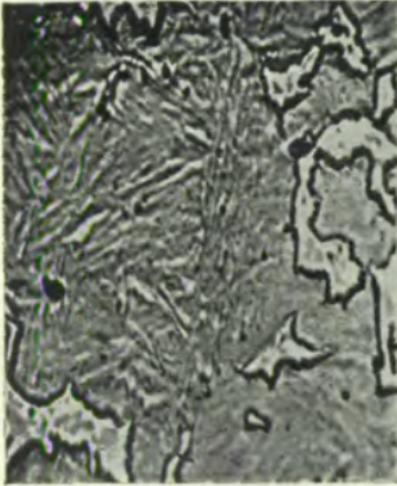


Fig. 10. Eisen mit 0.2% C, gehärtet,  $V = 1000$  (Martensit und Ferrit).

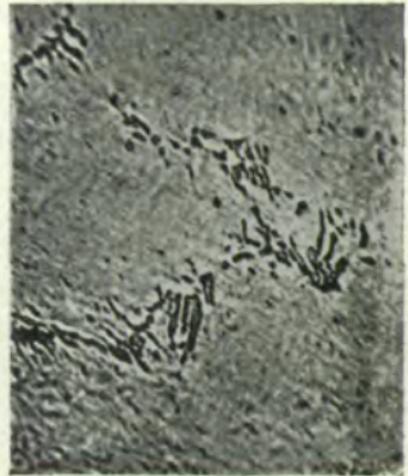


Fig. 11. Stahl mit 1.24% C, gehärtet,  $V = 1000$  (Martensit und Zementit).

Übergangsglieder haben heute praktische Bedeutung gewonnen, indem man — namentlich bei Eisenbahnschienen, um ihre Haltbarkeit zu erhöhen — derartigen „Sorbitstahl“ herstellt.

Nehmen wir wieder unseren Stahl mit 0.9% Kohlenstoff und erwärmen ihn, so dehnt er sich bis in die Nähe von  $700^{\circ}\text{C}$ . regelmäßig aus (Fig. 12, längs  $Aa$ ). Erhitzen wir weiter, so tritt eine plötzliche Zusammenziehung ein

(*a b*), darauf folgt (längs *b c*) eine schwache, dann wieder eine plötzliche Ausdehnung (*c d*), worauf bei weiterem Erhitzen die Ausdehnung längs *d B* regelmäßig fortschreitet. Härtet man den Stahl bei Temperaturen, die unter *a* liegen, so besteht der Stahl nur aus Perlit; härtet man ihn bei über *d* liegenden Temperaturen, so besteht er nur aus Martensit; härten wir ihn endlich bei Temperaturen zwischen *b* und *c*, so besteht er der Hauptsache nach aus Troostit, einem eigentümlich körnigen Gefügeelemente, während daneben noch kleine Inseln von Perlit und Martensit gleichzeitig auftreten.

Kühlen wir endlich kohlenstoffreichen Stahl von sehr hohen Temperaturen plötzlich ab (durch Eintauchen in Eiswasser oder eine Kältemischung), so finden wir in demselben deutlich kristallisierten Martensit (dunkler gefärbt) neben einem hellen, auffallend weichen, ganz strukturlosen Formelement, das nach dem kürzlich verstorbenen Professor der Mining School in London, Sir Robert, Austen „Austenit“ genannt wurde (Fig. 13).

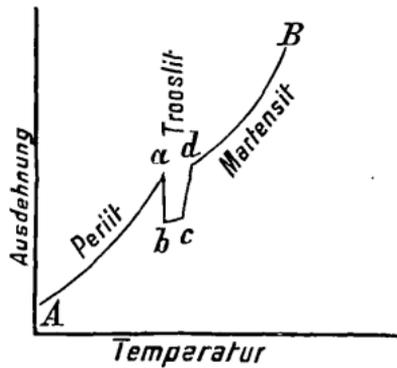


Fig. 12.

Damit sind aber die Veränderungen, welche der Stahl durch Erhitzen und Abkühlen erleiden kann, noch

lange nicht erschöpft und wenigstens die wichtigsten derselben müssen noch besprochen werden.

Läßt man einen Stahl, der bis zum Rekaleszenzpunkt oder darüber erhitzt wurde, langsam abkühlen, so wird er um so grobkörniger, je langsamer die Abkühlung er-



Fig. 13. Stahl mit 1.5 % C, bei 1000 ° C. in Eiswasser gehärtet (Martensit und Austenit),  
 $V = 1000$ .

folgt. Es rührt dies daher, daß das Metall hierbei Zeit hat zu kristallisieren und daß infolge dessen größere Kristalle entstehen können, als wenn die Abkühlung bis unter den Rekaleszenzpunkt rasch erfolgt. Da nun ganz allgemein die mechanischen Eigenschaften der Metalle (namentlich die Zähigkeit) durch grobkörniges Gefüge schädlich beeinflusst werden, hat man auf Mittel gesonnen, vorhandenes grobkörniges Gefüge zu beseitigen. Dies gelingt bei grobkörnigem Stahl sehr einfach, indem man denselben kurze Zeit auf etwas über 700 ° C. erhitzt.

Gegenstände, die ungleich dick sind, wie Eisenbahnschienen, werden — wenn sie glühend die Walze verlassen — an der Oberfläche und an den dünneren Stellen rascher erkalten als im Innern der dickeren Partien und daher an letzteren Stellen ein gröberes Korn besitzen

Gegenstände, die ungleich dick sind, wie Eisenbahnschienen, werden — wenn sie glühend die Walze verlassen — an der Oberfläche und an den dünneren Stellen rascher erkalten als im Innern der dickeren Partien und daher an letzteren Stellen ein gröberes Korn besitzen

als an ersteren (Fig. 14). — Diesen Übelstand hat man dadurch zu vermeiden gesucht, daß man das Walzen der Schienen so einzurichten trachtet, daß dieselben das letzte

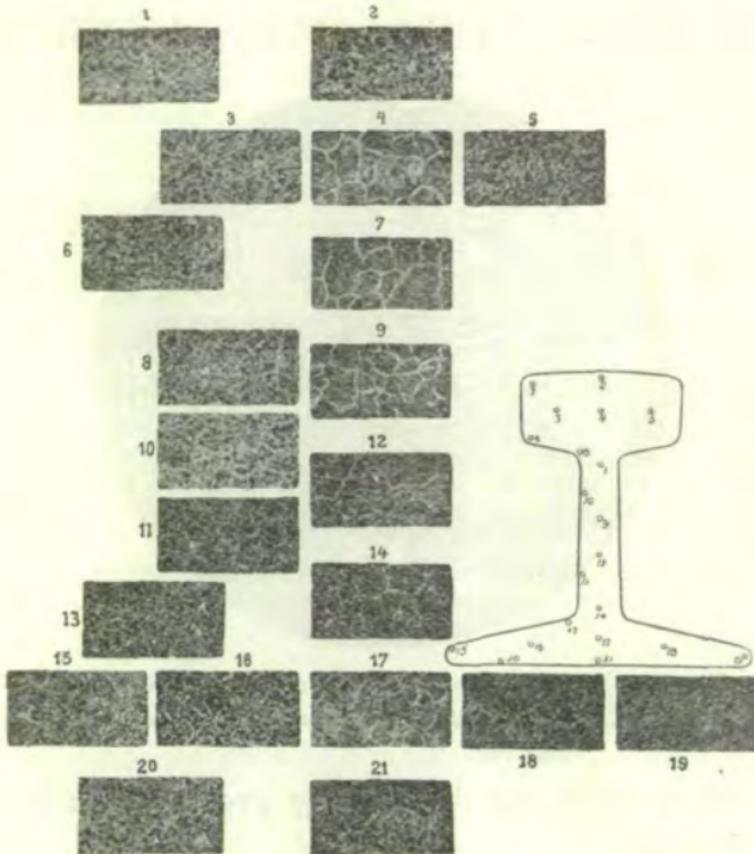


Fig. 14. Ungleiche Korngröße an verschiedenen Stellen desselben Schienenquerschnittes.

Walzenkaliber mit einer Temperatur verlassen, die unter  $700^{\circ}$  C. liegt, weil dann keine weitere Veränderung der Korngröße mehr eintritt. Freilich beginnt das Walzen schon

bei einer viel höheren Temperatur, aber die Kornbildung — die während der Abkühlung stattfindet — wird durch das Walzen gestört, so daß während des Walzens kein grobes Korn entstehen kann. Es ist das ja genau dasselbe, als wenn man eine Salzlösung während des Ein-



Fig. 15. Weiches Eisen über die Elastizitätsgrenze hinaus gedehnt.

dampfens rührt, um die Bildung großer Kristalle zu verhindern.

Ein ganz eigentümliches Verhalten zeigen sehr kohlenstoffarme, sogenannte weiche Eisensorten, die hauptsächlich aus Ferrit bestehen. Dieser Ferrit kristallisiert in Würfeln oder Hexaedern und ist nach drei aufeinander senkrechten Ebenen spaltbar. Die nebeneinander liegenden Ferritkörner sind aber verschieden orient-

tiert, d. h. die Spaltungsrichtungen der benachbarten Ferritkörner liegen im allgemeinen nicht parallel zueinander.

Wird nun ein solches Metall zu dünnen Blechen ausgewalzt, so zeigt sich noch keinerlei Veränderung. Glüht man aber solche Bleche aus, so zeigen sie in Rich-



Fig. 16. Weiches Eisen über die Elastizitätsgrenze hinaus gedehnt.

tungen die unter  $45^{\circ}$  gegen die Walzrichtung geneigt sind, eine auffallende Brüchigkeit. Dies rührt daher, daß beim Ausglühen eine Rekristallisation des Ferrits stattfindet, so daß dann alle Ferritkörner eine gleiche Orientierung zeigen. Das Blech bricht dann längs einer Spaltungsebene.

Diese Spaltungsflächen des Ferrits spielen übrigens auch bei den Formveränderungen eine große Rolle, welche

das Eisen durch Biegen, Dehnen etc. erleidet (Fig. 15 und 16).

Außer den bisher besprochenen Kleingefügebestandteilen des Eisens treten noch andere Erscheinungen in demselben auf, von denen ich nur einige der wichtigsten

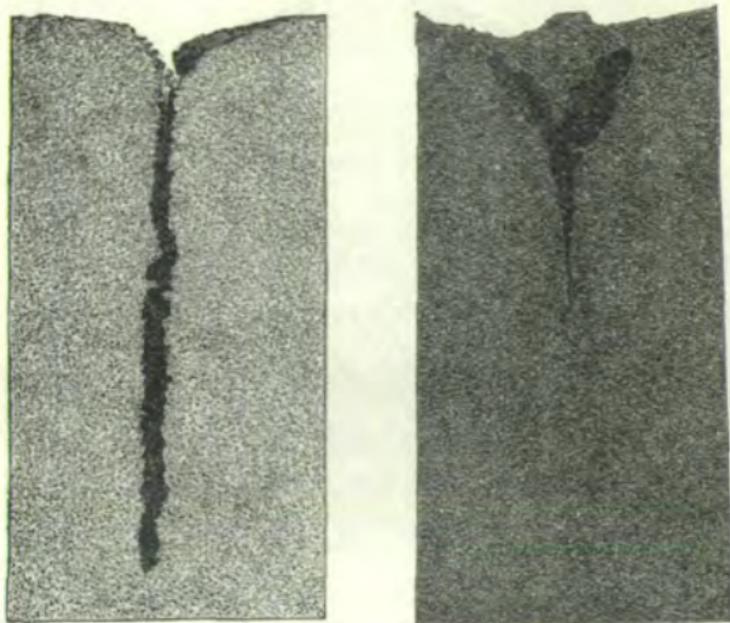


Fig. 17 und 18. Längsschnitte von Ingots mit Lunkern.

kurz erwähnen möchte. Es sind dies Schlackeneinschlüsse und Hohlräume.

Diese Hohlräume sind nun von zweierlei Art. Die einen, Lunker genannt, entstehen dadurch, daß das geschmolzene Metall sich beim Erstarren zusammenzieht, daher die Gußform nicht ganz auszufüllen vermag. Ihre Oberfläche ist rau. Sehr schön sind sie an gegossenen

Stahlblöcken, den sogenannten Ingots zu sehen, die der Länge nach auseinander geschnitten werden. (Fig. 17 und 18).

Die andere Art der Hohlräume ist im Innern glatt. Sie entstehen dadurch, daß das geschmolzene Eisen Gase (namentlich  $H_2$  und

$CO$ ) absorbiert, beim Erstarren aber wieder abgibt. Ist nun die Außenfläche des Ingots bereits erstarrt, so kann das Gas nicht entweichen und es müssen daher Gasblasen entstehen (Taf. I).

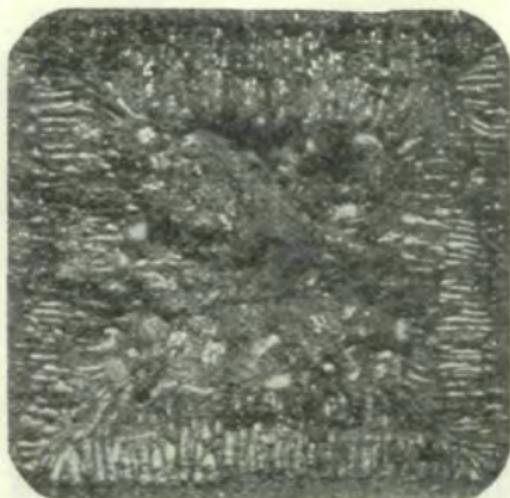


Fig. 19. Querschnitt eines Ingots mit Rand-Blasen.

Treten diese Blasen in den äußersten Teilen des Ingots auf, so heißen sie Randblasen; erscheinen sie mehr im Inneren desselben, so entsteht ein Blasenkranz (Fig. 19 und 20).

Wenn ich nun zu der modernen Eisenerzeugung übergehe, so muß ich mich allerdings, um Ihre Aufmerksamkeit nicht zu sehr in Anspruch zu nehmen, auf einige besonders interessante Punkte beschränken.

Der enorm gesteigerte Bedarf an Eisen und Stahl hat die Eisenindustrie in den letzten 10—20 Jahren zu einer geradezu erstaunlichen Entwicklung gebracht! — Als charakteristische Merkmale dieser Entwicklung sind die Massenproduktion und die Anwendung hoch vervollkommener maschineller Einrichtungen anzusehen.



Fig. 20. Querschnitt eines Ingots mit Blasenkrantz.

Der Anstoß hierzu ging namentlich von Nordamerika aus, da gerade dieses Land wegen Mangel an Arbeitskräften und der dadurch bedingten enormen Höhe der Löhne gezwungen war, die vorhandenen Arbeitskräfte möglichst auszunützen und die Produktion zu

steigern, andererseits aber die Menschenarbeit tunlichst durch Maschinenarbeit zu ersetzen.

Den Ausgangspunkt für die ganze Eisenindustrie bildet die Gewinnung der Erze. Sie erfolgt teils unter Tag, d. h. durch Bergbau, teils aber nach Art eines Steinbruches, d. i. durch Tagbau. Letzterer ist natürlich billiger, aber kann nur unter ganz besonders günstigen Verhältnissen durchgeführt werden. Das gilt für den be-

rühmten steirischen Erzberg zwischen Eisenerz und Vordernberg.

Der Abbau erfolgt hier treppenförmig oder, wie man sich ausdrückt, in Etagen. Natürlich kann ein derartiger Tagbau im Winter wegen des Schneés nicht betrieben werden, weshalb in Eisenerz auch regulärer Stollenbau vorkommt.

Die gebrochenen Erze werden mittels Seilbahnen (Bremsberge) zu Tal gefördert.

Diese Erze werden nun, gewöhnlich nach vorhergehender Röstung, wozu eigene Röstofenanlagen dienen, mit Zuschlägen gemengt, in den sogenannten Hochöfen niedergeschmolzen. Als Brennmaterial wurde früher in den Alpenländern meist Holzkohle verwendet. Heute kommt fast nur mehr Kokes zur Anwendung.

Man bringt abwechselnde Lagen von Brennmaterial und Erz — dem man geeignete Zuschläge zugesetzt hat — in den Hochofen, in den von unten Luft — oder, wie sich der Hüttenmann ausdrückt, Wind — eingeblasen wird. — Die oben, an der sogenannten Gicht entweichenden Gase finden zum Vorwärmen des Windes (Winderhitzung), zum Heizen von Kesseln, zum Rösten der Erze und zum Betriebe von Gebläsemaschinen (Gasmaschinen) etc. Anwendung.

Die entstehende geschmolzene Schlacke wird heute gewöhnlich kontinuierlich abfließen lassen, während das Eisen sich im Eisenkasten ansammelt und von Zeit zu Zeit zum Abfließen gebracht, d. h. abgestochen wird.

Noch vor 25—30 Jahren hatte man kleine Hochöfen. So war der Hochofen Nr. 13 in Vordernberg nur 3·85 *m* hoch und lieferte in 24 Stunden  $\frac{9}{10}$  bis 1 Waggon Roheisen. Er war der kleinste Hochofen, den ich je gesehen, und ist seitdem einer andern Verwendung zugeführt worden; er diente nämlich später zum Kalkbrennen und wird heute als Selchküche benützt. Aber auch die größten unserer damaligen österreichischen Hochöfen waren nicht höher als 14—16 *m* und lieferten per Tag etwa 3—3  $\frac{1}{2}$  Waggon Roheisen.

Seither haben sich die Verhältnisse gewaltig geändert! — Der ältere Donawitzer Hochofen produziert täglich 20 Waggon, der neue aber 30 Waggon Roheisen und der Eisenerzer 40 Waggon (Taf. II).

Der Weiterverarbeitung — den sogenannten Frischprozessen — wird das Roheisen vom Hochofen entweder in fester Form oder — um Brennmaterial zu sparen — flüssig, d. i. im geschmolzenen Zustande zugeführt. Der Transport des flüssigen Roheisens kann auf ziemlich weite Strecken erfolgen, man bedient sich hierzu sogenannter Pfannenwagen.

Die wichtigsten Frischmethoden für den Massenbetrieb sind gegenwärtig der saure und namentlich der basische Bessemerbetrieb und der (Siemens-) Martinprozeß. Bei ersterem wird das geschmolzene Roheisen in einem großen, eigentümlich gestalteten Apparat — Birne oder Konverter — gebracht und so lange Luft durchgeblasen, bis der Kohlenstoffgehalt des geschmolzenen Roheisens so weit als erforderlich ver-

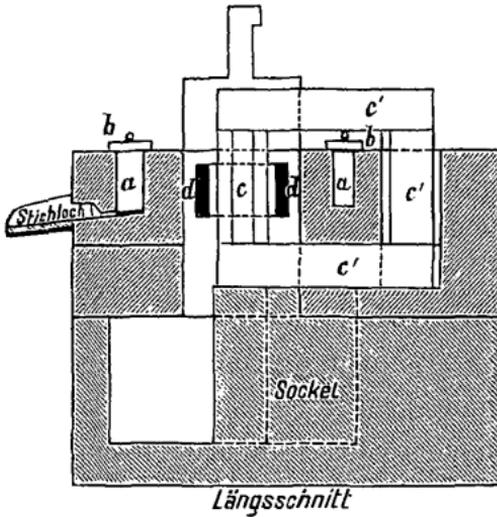
brannt ist. Um die Luft durch das geschmolzene Roheisen blasen zu können, sind kräftige Gebläsemaschinen erforderlich (Taf. III).

In neuerer Zeit gewinnt der Martinprozeß immer größere Bedeutung. Bei demselben wird das Roheisen in einem mit heißem Gase und vorgewärmter Luft geheizten großen Flammofen (dem Martinofen) mit weichem Abfalleisen (Alteisen) zusammengeschmolzen, oder es wird in demselben Ofen mit Eisenerzen erhitzt, wobei der Sauerstoff der Erze den überschüssigen Kohlenstoff des Roheisens verbrennt. — Zum Eintragen der festen Beschickungsbestandteile (Eisen, Kalkstein, Erz) in den Ofen benützt man gegenwärtig häufig elektrisch angetriebene „Chargirmaschinen“.

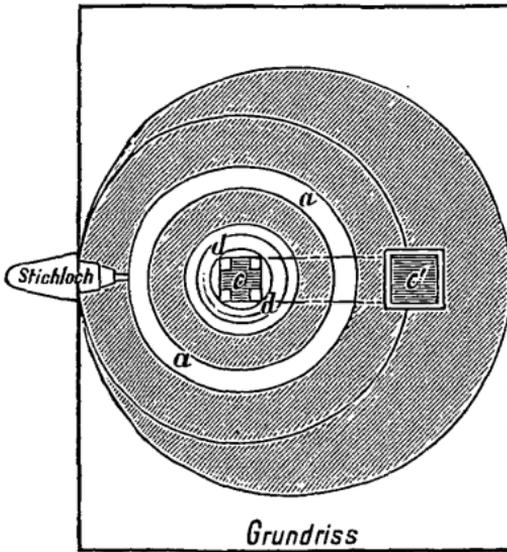
Auf der entgegengesetzten Seite der Martinöfen befinden sich die Abstichöffnungen, Gußgruben und sonstigen Gießvorrichtungen, wie Koquillen (eiserne Formen zum Gießen der Stahlblöcke oder Ingots) etc. (Taf. IV).

Die so gewonnenen Ingots werden nun durch Schmieden (unter großen Dampfhämmern) oder durch Walzen weiter verarbeitet. Zum Bewegen dieser Materialien dienen mancherlei Krane, die teils mit Dampf, teils mittels elektrischer Ströme bewegt werden.

In neuester Zeit sind auch erfolgreiche Versuche gemacht worden, Eisen und Stahl auf elektrischem Wege herzustellen. Einerseits bezwecken diese Versuche, das Eisen direkt aus seinen Erzen mittels des elektrischen Stromes zu gewinnen, während man sich anderseits damit begnügt, das Roheisen dadurch in Stahl umzuwandeln,



Längsschnitt



Grundriss

Fig. 21 und 22. Schnitt und Grundriss des Kjellinschen Ofens.

daß man es — ähnlich wie beim Martinprozesse — mit Alteisen („Schrott“) oder mit Erzen schmilzt und hierbei einen Ofen benützt, der mittels eines elektrischen Stromes geheizt wird.

Letzteres Verfahren hat bisher größere Erfolg aufzuweisen gehabt, indem nach demselben die Gesteungskosten einer Tonne Stahl nur 70 — 80 Mark betragen. Einer der interessantesten dieser elektrischen Stahlföfen ist der von Kjellin in Gysinge (Schweden) (Fig. 21 und 22). Der Ofen besteht aus der kreisförmigen Rinne *a a*, welche als Schmelzraum dient und die mittels der Deckel *b* zugedeckt werden kann. In der Mitte dieser Rinne

befindet sich der Eisenkern *c*, der rahmenartig um die Rinne herumgreift. Der Eisenkern *c* ist bei *dd* mit isoliertem

Kupferdraht umwunden. Schickt man durch diese Kupferspule einen Wechselstrom von hoher Spannung, so wird der Eisenkern abwechselnd magnetisiert und entmagnetisiert und induziert dann in dem geschlossenen Stromkreise, den das in der ringförmigen Rinne *aa* enthaltene geschmolzene Metall darstellt, einen Wechselstrom von niederer Spannung, aber von großer Stromstärke und dieser dient als Wärmequelle für den Ofen.

---

Habe ich Ihnen einige wenige Bilder aus der modernen Eisenindustrie vorgeführt, so will ich Sie zum Schlusse nur noch auf die Schwierigkeiten aufmerksam machen, welche sich dem Umbau eines älteren Eisenwerkes — ich möchte sagen einer gründlichen Modernisierung desselben — entgegensetzen. Nicht nur, daß der Neubau bedeutende Kosten verursacht — oft viele Millionen Gulden —, muß man auch trachten, denselben so durchzuführen, daß der Betrieb der alten Anlage so lange keine Störung erleidet, bis dieselbe sukzessive durch neue Anlagen ersetzt werden kann. Es gehört dies zu den schwierigsten Aufgaben der Technik und auf welcher energische Weise man sich da manchmal zu helfen sucht, soll das letzte Bild zeigen, das eine Martinofenese darstellt, die — um möglichst rasch und billig für einen Neubau Raum zu schaffen — absichtlich umgestürzt wurde (Fig. 23).

---

Dieses Bild, im Zusammenhange mit dem kurzen Überblick über die Entwicklung der Eisenindustrie, bietet

eine ausgezeichnete Illustration zu den Worten Attinghausens im „Toll“:

„Das Alte stürzt, es ändert sich die Zeit  
Und neues Leben blüht aus den Ruinen.“

Dieses neue Leben ist aber, wie der kurze Überblick über die Entwicklung der Eisenindustrie gezeigt hat, nicht das Leben des Hamsters, der vom eigenen Fette zehrt, oder jenes der Drohne, die sich vom Honig nährt, den die Arbeitsbienen sammeln, sondern die ernste, emsige technische Arbeit, jene geistige und physische Arbeit, welche zum Wohle der Menschheit schafft.

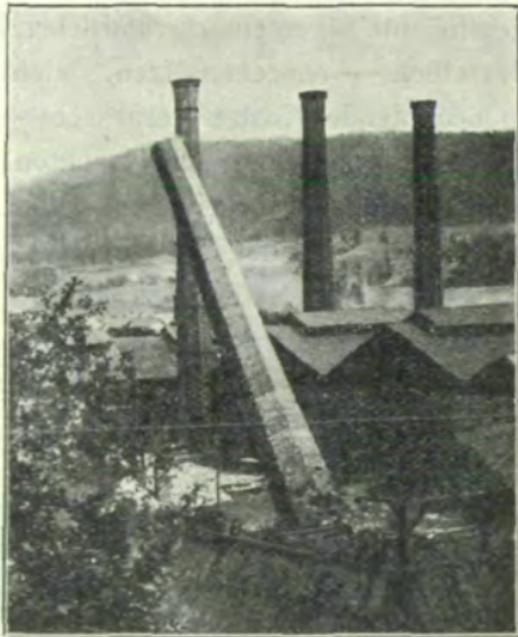
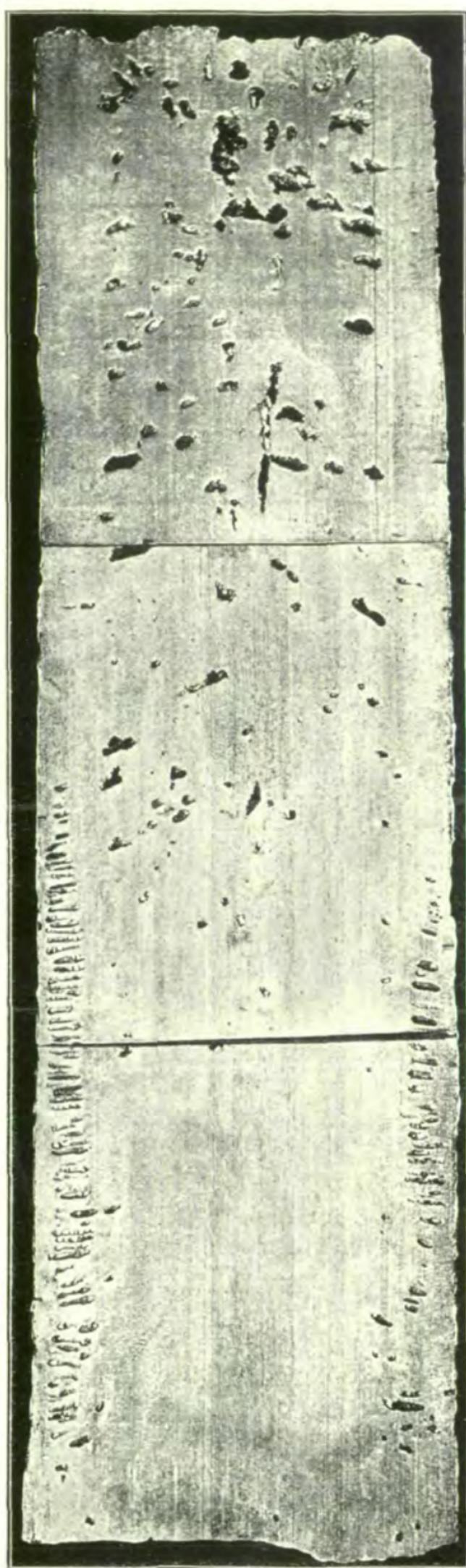
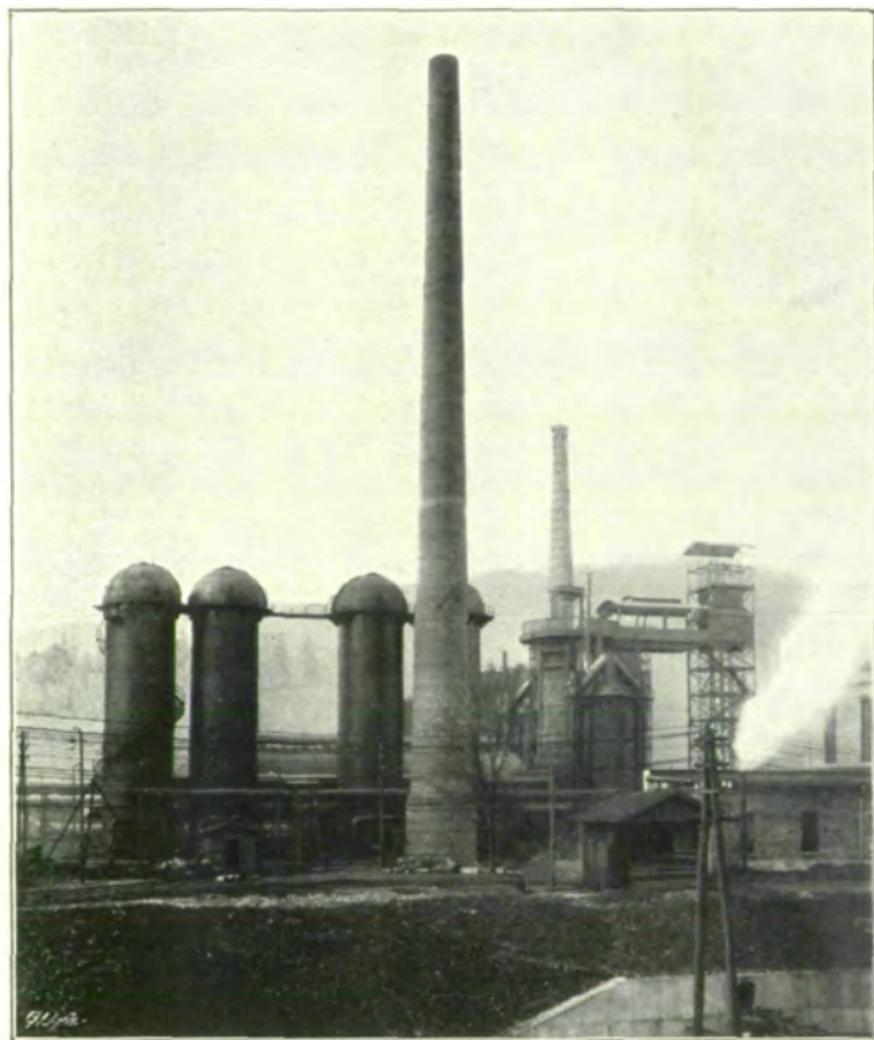


Fig. 23. Esse im Umstürzen (Donawitz).



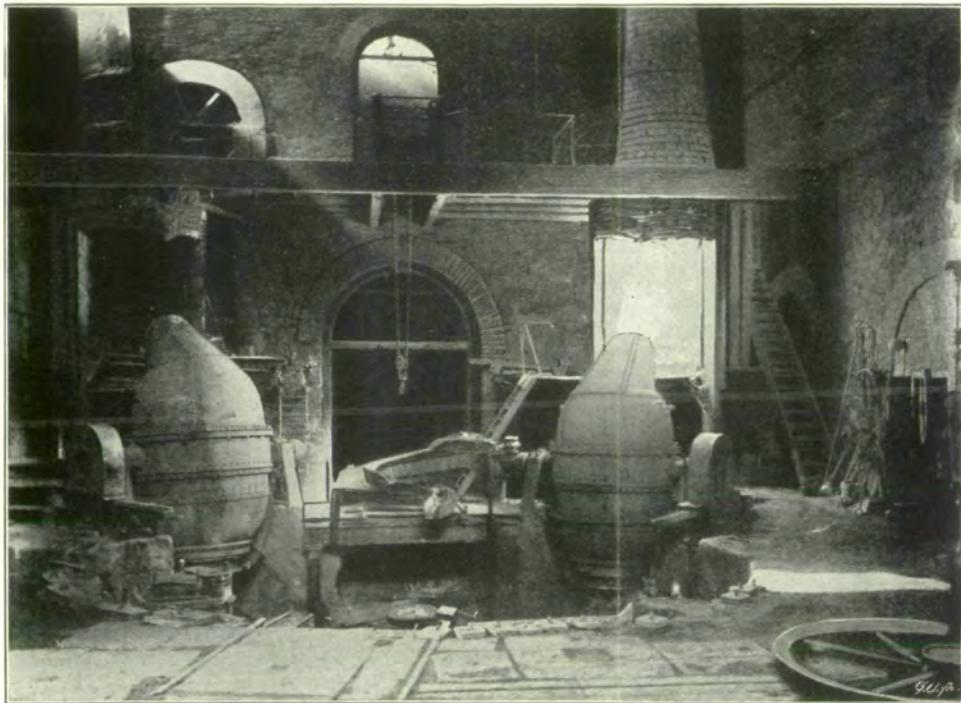
Längsschnitt eines Ingot mit Blasen.



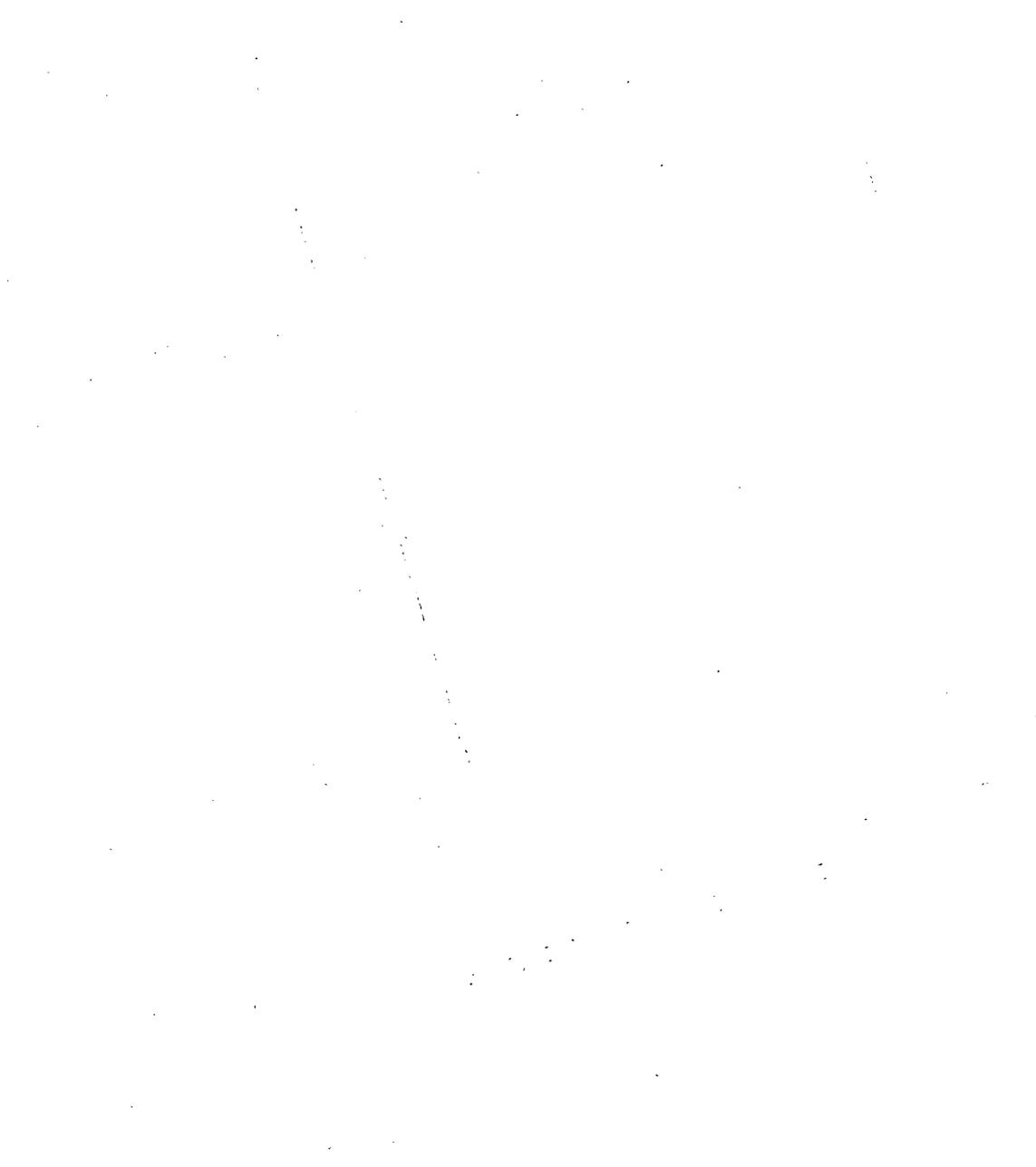


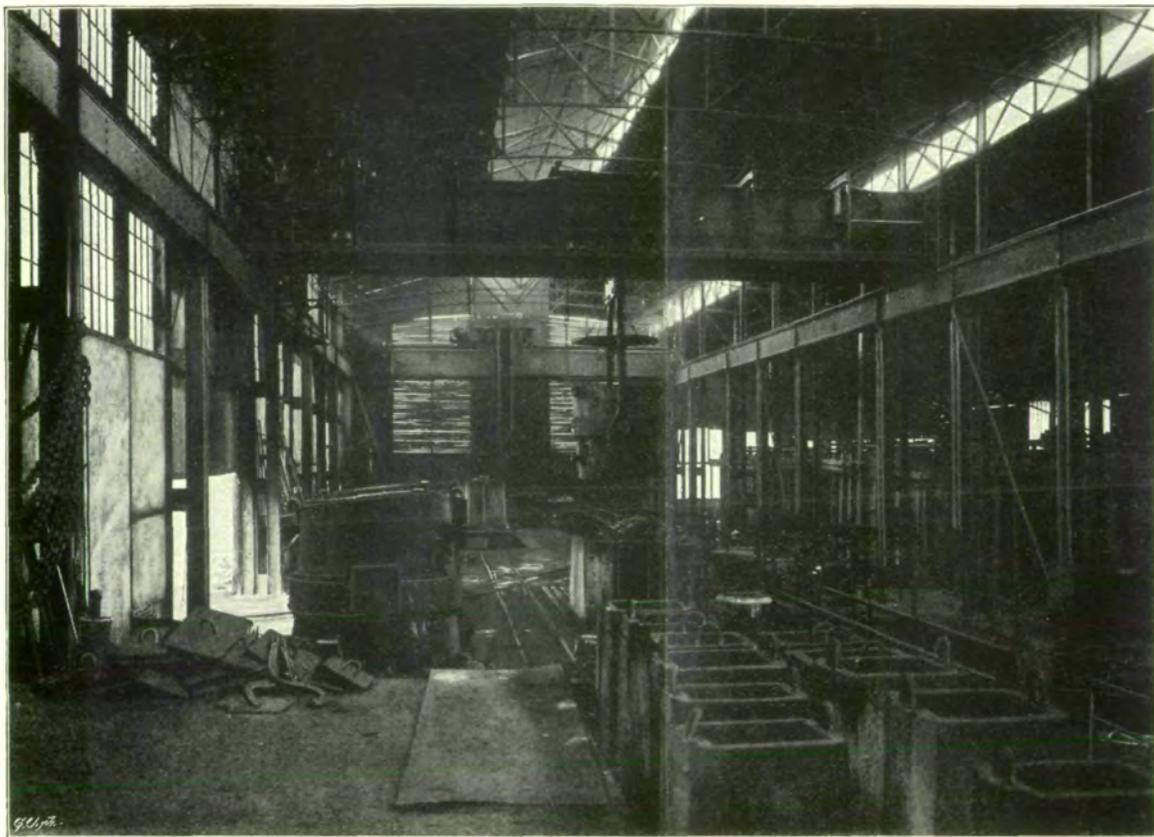
Moderner Hochofen mit Gichtturm, Winderhitzern (Cowper),  
Wind- und Gasleitungen.





Ehemalige Bessemerhütte in Neuberg.





Neuere Martinhütte mit elektrischen Laufkranen, die zum Heben der Gußfannen dienen.