

STAHL UND EISEN

ZEITSCHRIFT FÜR DAS DEUTSCHE EISENHÜTTENWESEN

Herausgegeben vom Verein deutscher Eisenhüttenleute

Geleitet von Dr.-Ing. Dr. mont. E. h. O. Petersen

unter verantwortlicher Mitarbeit von Dr. J. W. Reichert und Dr. M. Schlenker für den wirtschaftlichen Teil

HEFT 20

18. MAI 1933

53. JAHRGANG

Ueber Erzeugung, Vergießen und Behandlung von Thomas-Schienenstahlblöcken.

Von Dr.-Ing. Karl Eichel in Saarbrücken.

[Bericht Nr. 252 des Stahlwerksausschusses des Vereins deutscher Eisenhüttenleute¹⁾.]

(Anforderungen an Roheisen und Kalk. Blasezeit. Desoxydation, Beruhigung und Kohlhung des Rohstahles. Kokillenabmessungen und Kokillpflege. Steigender oder fallender Guß. Gießgeschwindigkeit, Gießtemperatur. Erstarrungsvorgänge. Zusammenhang zwischen Stehzeit, Walztemperatur und Schienenauswurf.)

Die in den letzten Jahren stets größer werdende Geschwindigkeit, die schwereren Maschinen und Wagen und die hierdurch verursachte Steigerung der Raddrucke sowie der Anfuhr- und Bremsmomente haben die Lieferung einer einwandfreien Schiene zur Voraussetzung und gleichzeitig zu ständig größer werdenden Güteanforderungen an die Schienen geführt. Die Erzielung der mechanischen Eigenschaften des Schienenbaustoffes macht kaum nennenswerte Schwierigkeiten; erhebliche Sorgen bereitet jedoch der mitunter stark schwankende Entfall an Schönheitsfehlerschienen oder Schienen zweiter Wahl.

tausch der Erfahrungen jedem zugute kommen werde. (Auch wurde der Legendenbildung vorgebeugt.) Zuletzt blieb es aber dann auch wiederum Aufgabe der einzelnen Werke, den Stoff zu bearbeiten und daraus nützliche Schlüsse zu ziehen.

Bei der Aufstellung des Arbeitsplanes traten sogleich Unterschiede in der Bezeichnung der Fehler sowie in der Art ihrer zahlenmäßigen Feststellung auf. Die Werke kamen deshalb überein, den Ausschub an Schönheitsfehlerschienen

Werk: **Satzbericht**

Monat	Satz-	Profil ¹⁾	Blasemeister	Mischereisenanalyse	Kalksatz	Schraffsatz	Satzgang							
Nummer	Bereich-	Schl.	Name	C	Mn	Si	P	S	kg	%	kg	%	Art	Schl.

Werk: **Blockbericht**

Monat	Satz-	Profil ¹⁾	Blasemeister	Block	Stehzeit	Stehzeit	Stehzeit
Nummer	Bereich-	Schl.	Name	Schl.	Nr	von	bis
						Uhr	Uhr

Blasezeit **Gießtemperatur** **Gieß-⁵⁾ bemerkung** **Gieß-⁵⁾ klauen** **Schienenausfall**

min	2	des mittl. Blockes	Art	Schl. Nr.	min	ges. Zahl	Schmelz- und Schuppen	Kopfrisse	Fußrisse	Schmelzproben	Sonst. Fehler	Feinart

Grubenart **Aussehen des Blockes** **Satzanalyse** **Schienenlänge** **Lage des Aus-** **Ausfall**

Art	Schl. Nr.	Blockwalze	Bezeichnung	Schl. Nr.	C	Mn	Si	P	S	Zahl der gew. Schienen	m	Schl. Kopf	Mitte	Fuß	ausfallen	Fußrisse

- 1) Profil Schlüssel**
- | | | | | | |
|--------------|---|---|---|---|---|
| S. 49 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Pr. 8 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| S.B.B. 1 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| frz. Std. 46 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| " " 30 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
- 2) Name Nr.**
- | | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|
- 3) In % von dem an der Blockwaage ermittelt Rohstahlsgewicht**
- 4) Art Nr.**
- | | | |
|----------|-----------|-----------|
| normal 1 | unruhig 2 | Auswurf 3 |
|----------|-----------|-----------|
- 5) Art Nr.**
- | | | | |
|----------|--------|--------|------------|
| normal 1 | heiß 2 | kalt 3 | gebrennt 4 |
|----------|--------|--------|------------|
- 6) Leichte Fehler ohne Rücksicht auf Lage**
- | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|

- Schlüssel**
- | 1) Profil Nr. | 2) Name | Nr. | Ausfall |
|---------------|---------|-----|-----------------|
| S. 49 | 1 | 1 | Joch |
| Pr. 8 | 2 | 2 | Sonstige Fehler |
| S.B.B. 1 | 3 | 3 | Gesamt Fehler |
| frz. Std. 46 | 4 | 4 | |
| " " 30 | 5 | 5 | |
- 4) Grubenart Nr.**
- | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|
- 5) Aussehen Nr.**
- | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|
- 6) Länge Nr.**
- | | | | | | |
|------|------|------|------|------|-----------|
| 30 m | 24 " | 18 " | 15 " | 12 " | urt. 12 " |
|------|------|------|------|------|-----------|
- 7) Leichte Fehler ohne Rücksicht auf Lage.**

Abbildung 1 a. Satzkarte.

Abbildung 1 b. Blockkarte.

Bei der Bekämpfung des Entfalls an diesen Schönheitsfehlerschienen sind die Bestrebungen der Erzeuger und Verbraucher insofern gleichgerichtet, als ein großer Teil der Fehler, die auf der Strecke früher oder später zutage treten, seiner Herkunft nach mit den Fehlern wesensgleich ist, die bereits im Hüttenwerk zum Ausscheiden der Schiene führen.

Da jedoch der Entfall an Schienen zweiter Wahl eine empfindliche wirtschaftliche Einbuße bedeutet, so müssen die Werke auch schon aus diesem Grunde den Fehlerquellen nachgehen. Zunächst war dies an der Saar Sache des einzelnen, später schlossen sich die Werke zu einer Gemeinschaftsarbeit zusammen in der Erkenntnis, daß der Aus-

auf die gewalzten Normallängen von 12, 15, 18 und 30 m zu beziehen unter Angabe dieser Längen. Profilverfäher und Ausfall bei der mechanischen Prüfung kommen für die Bewertung des Ausschusses nicht in Betracht, da hierbei der Fehler eindeutig erkannt ist. Doch ist über die Ursachen der Brüche von Schlagproben Mitteilung zu machen.

Zwei Arten von Fehlern wurden verfolgt: die Splitter, auch Schuppen oder Schalen genannt, und die Risse. Bei der Beurteilung des Ausfalles sollte die Lage der Fehler am Schienenkopf oder -fuß besonders berücksichtigt werden. Zur besseren Auswertung bedienten sich die Werke im weiteren Verlauf der Untersuchungen zweier Holleritkarten, einer Blockkarte und einer Satzkarte nach dem abgebildeten Muster (Abb. 1 a und b). In beiden Karten finden also alle irgendwie innerhalb eines gewissen Zeitraumes einem Wechsel unterliegenden Arbeitsbedingungen Aufnahme. Die Maßnahmen allgemein betriebstechnischer Natur wurden

¹⁾ Vorgetragen in der Sitzung des Unterausschusses für den Thomasbetrieb am 25. November 1932 in Düsseldorf. — Sonderdrucke sind vom Verlag Stahleisen m. b. H., Düsseldorf, Postschließfach 664, zu beziehen.

im voraus unter den Werken besprochen, und Abweichungen waren ausdrücklich anzuführen. Trotzdem erwies sich die Bearbeitung des Stoffes als sehr schwierig, weil vielerlei Einflüsse sich gegenseitig überdecken. Die Aufstellung von Häufigkeitskurven war deshalb nur in einigen wenigen Fällen möglich, denn es leuchtet ein, daß beim Zusammenwirken der verschiedensten technischen Arbeitsbedingungen der wechselnde Einfluß jeder einzelnen sich nur dann zahlenmäßig darstellen läßt, wenn alle übrigen Voraussetzungen unverändert sind oder eine sehr große Zahl von Beobachtungen vorliegt. Bei dem Umfang des Fragenkreises ist es erklärlich, daß er nicht in allen Punkten lückenlos blieb. Immerhin liegen so viele klare Ergebnisse vor, daß es sich lohnt, darüber zu berichten, damit hierdurch auch das Verständnis gefördert wird für die Schwierigkeit, den heutigen Anforderungen gerecht zu werden.

Wenn im folgenden die einzelnen Fragen an einigen sprechenden Beispielen erläutert werden, so ist von vornherein darauf hinzuweisen, daß man nur an ungünstigen Walzungen oder Chargen mit hohem Ausschuß Beobachtungen anzustellen vermag, während gute Walzungen in der Regel gar keinen oder nur wenige Rückschlüsse auf die Ursachen des guten Ergebnisses zulassen.

Die Bestrebungen, guten Schienenbaustoff herzustellen, decken sich, da dieser ja nur ein Teil der gesamten Stahlerzeugung ist, in der Hauptsache mit den Bemühungen, die auf die möglichst einwandfreie Stahlgüte im allgemeinen abzielen. Ueber die Herstellung von Schienenstahl zu berichten, heißt also im Grunde fast nichts anderes, als einen Abriß der Stahlerzeugung schlechthin zu geben. Dabei spielen, was nur zu leicht immer wieder in Vergessenheit gerät, der Ausgangsstoff der Stahlerzeugung, das Roheisen, und die Beschaffenheit des Zuschlagmittels, des Kalkes, keine geringere Rolle als der ganze Ablauf des Thomasverfahrens.

Wegen des Kalkes haben die Saarwerke bekanntlich große Schwierigkeiten. Nach den Mitteilungen vom Jahre 1928 hat er die in *Zahlentafel 1* angegebene Zusammensetzung. Da der Bezug von auswärtigem Kalk, etwa

Zahlentafel 1. Chemische Beschaffenheit des Stahlwerkalkes.

Werk	SiO ₂ %	Fe ₂ O ₃ Al ₂ O ₃ %	CaO %	MgO %	Glüh- verlust %	Stück- größe mm
G	3,5	1,2	90,0	3,0	2,5	75
H	3,8	—	86—92	—	1,2—2,5	150
K	3,6	2,0	86,0	2,3	5,08	300

Kreidekalk, Schwierigkeiten bereitet, sind alle Werke in der Hauptsache auf ihre Muschelkalk-Vorkommen an der Saar mit ihren wechselnden, nicht selten von Lehm durchsetzten Lagerstätten angewiesen, und es bleibt Aufgabe der Kalkwerke, den Verlust an wirksamem Aetzkalk für die Bindung der im Kalk selbst enthaltenen Kieselsäure durch strenges Ausschauen des Rohkalkes herabzudrücken und einen gut durchgebrannten Kalk von etwa 90 % CaO zu liefern. Grobe und ungebrannte Stücke sind unbedingt auszuschneiden, denn den Konverter als Kalkbrennofen zu betreiben, ist für ihn eine sehr teure Angelegenheit.

Nach H. Bansen²⁾ erniedrigt 0,1 % technischer Kalk, bezogen auf den Roheiseneinsatz, die Badtemperatur um 4,35°, also um doppelt soviel wie 0,1 % Schrottzusatz (2,15°). Jede Erhöhung des Gehaltes an Verunreinigungen, an Kohlensäure und an gebundenem Wasser im Kalk erniedrigt die Badtemperatur für je 1 % um 8 bzw. 10 und 34°.

Das beste Roheisen kann also nichts nützen, wenn der Stahlwerker zeitweilig gezwungen ist, mit einem Kalk von nur 80 % CaO und weniger zu arbeiten. Abgesehen von ungeheurem Auswurf und verstärkter Bildung von Ansätzen wird der Chargengang derart unruhig und die Schlackenbildung derart schlecht, daß solche Chargen sich kaum für gewöhnlichen Stahl, geschweige denn für Schienenstahl eignen. Der Einfluß der Kalkanalyse ist durch Großzahl-Forschung nicht zu erfassen; aber es liegen Beobachtungen genug darüber vor, daß jedem Umschlag in der Kalkbeschaffenheit, der sich sofort im Chargengang und in der Vermehrung der in der Schlacke herumschwimmenden ungelösten Kalkstücke offenbart, eine Erhöhung des Schienenausschusses um mehrere Hunderteile auf dem Fuße folgt. Ja, es ist eine unbestreitbare Tatsache, daß schlechter Kalk sich ebenso ungünstig wie schlechtes Roheisen auswirkt (*Abb. 2 a und b*). Man verwendet deshalb in der Regel ausgesuchten Kalk von mittlerer Stückgröße.

Abb. 2 besagt auch, wie abwegig es sein kann, etwa eine bestimmte Meister-Schicht für den Entfall an Ausschuß verantwortlich zu machen. Die Sätze mit auffallend geringem Ausschuß inmitten eines sonst sehr ungünstigen Erzeugungszeitraumes erklären sich nicht selten daraus, daß nur wenige Blöcke eines Satzes überhaupt für schwere Schienen verwalzt werden konnten.

Aehnlich wie der Kalk ist auch das Roheisen fortgesetzt Gegenstand anregender Aussprache mit den einschlägigen Fachgenossen. Schlechthin wünscht der Stahlwerker die Anlieferung eines gleichmäßigen dünnflüssigen und damit kurz blasenden Eisens mit etwa 3,5 % C, höchstens 0,5 % Si, 1 bis 1,2 % Mn, 1,8 % P und höchstens 0,07 % S. Diese Forderungen sind auch im Saargebiet keineswegs übertrieben, und wenn der Stahlwerker auch die Schwierigkeiten würdigt, die der Hochöfner in der Befriedigung seiner Ansprüche wegen des minderwertigen Saarkokes und der wechselnden Beschaffenheit des Erzes, ja sogar der launenhaften Witterungsverhältnisse des Saargebietes hat, so darf ihn das nicht hindern, ganz besonders vor und während der Schienenwalzung nachdrücklich auf Einhaltung seiner Bedingungen zu bestehen, nachdem die Bedeutung der chemischen und physikalischen Eigenschaften des Roheisens für den Erfolg oder Mißerfolg unbestreitbar ist. O. Holz³⁾, P. Oberhoffer und A. Wimmer⁴⁾ und zuletzt H. Bansen²⁾ haben den Einfluß der Eisenbegleiter auf den Flüssigkeitsgrad des Roheisens sowie auf den Wärmehaushalt einer Thomascharge ausführlich dargelegt. Ohne diese jedem Metallurgen geläufigen Erkenntnisse im einzelnen wiederholen zu wollen, sei doch kurz die Frage gestreift, ob nicht die besonders an der Saar gelegentlich herrschende Sitte, Schrott in erheblichen Mengen im Hochofen umzuschmelzen, den Stahlwerker von vornherein des Vorteils beraubt, der mit dem Verblasen eines höhergekohlten und wärmeren Roheisens verbunden ist. Diese Frage bedarf dringend einer Klärung durch eine eingehende, von unbeteiligter Seite gewissenhaft vorgenommene Untersuchung, die sich auch mit der jeweiligen Zusammensetzung der Hochofenschlacke zu befassen hätte, da es doch eine bekannte Tatsache ist, daß das Stahlwerk günstig arbeitet, wenn man am Hochofen mit kurzer Schlacke von wenigstens 42 % CaO fährt. In diesem Zusammenhang kommt auch dem Eisenoxydulgehalt des Roheisens eine nicht zu unterschätzende Bedeutung zu. Der Mangengehalt kann unterschritten werden, wenn im übrigen ein physikalisch heißes Eisen von wenigstens 1200° beim Einleeren in die Birne

²⁾ Stahl u. Eisen 46 (1926) S. 1277.

³⁾ Stahl u. Eisen 41 (1921) S. 1285.

⁴⁾ Stahl u. Eisen 45 (1925) S. 969.

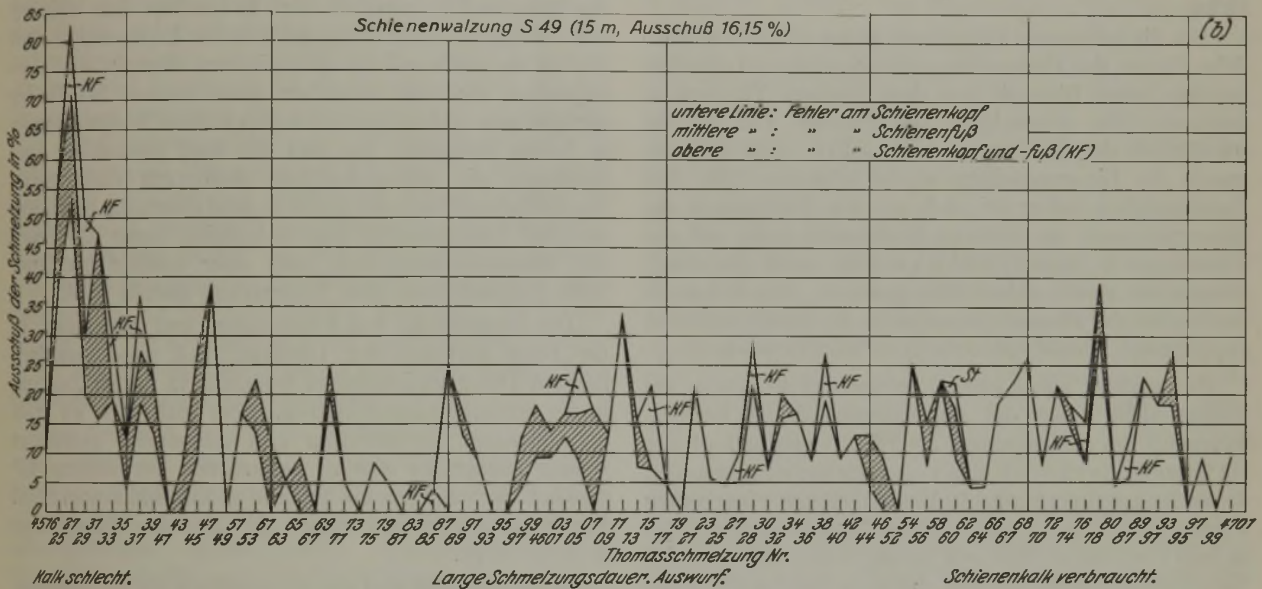
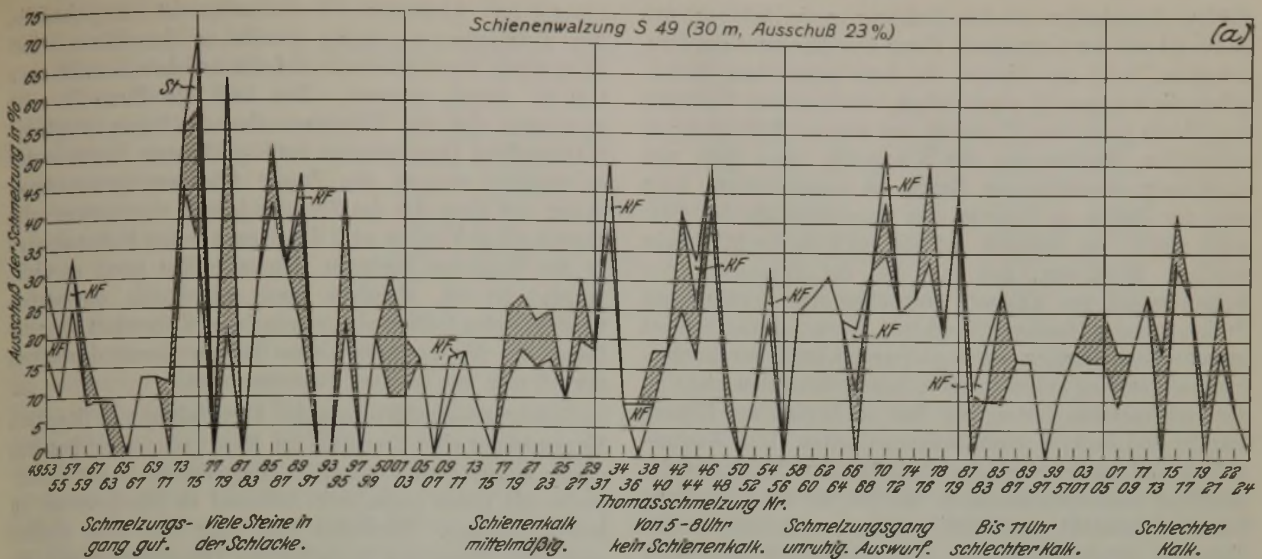


Abbildung 2 a und b. Aussschuß in Abhängigkeit von der Kalkbeschaffenheit.

angeliefert wird — im allgemeinen gelten ja für gute Verblasbarkeit heute mindestens 1250° — und gleichzeitig der Siliziumgehalt äußerstenfalls die Hälfte des Mangan gehaltes nicht überschreitet. Ueberhaupt ist die Beschränkung des Siliziumgehaltes dringend erwünscht, da das Silizium das Metallbad dickflüssig macht und ein stärkeres Ansteigen über 0,6% Si hinaus erfahrungsgemäß die Schlagprobe gefährdet, jedenfalls aber das Ausbringen an guten Schienen in der Regel stark beeinträchtigt. Wenn aber gelegentlich auch annehmbare Ergebnisse erzielt werden bei Verarbeitung eines Roheisens mit hohem Siliziumgehalt, so besagt das nur, welche Bedeutung gleichzeitig der physikalischen Beschaffenheit des Roheisens zukommt. Die Blasezeit je t Rohstahl ist bei annähernd gleicher chemischer Zusammensetzung um so kürzer, je höher die fühlbare Wärme des Eisens ansteigt. Die Folge erhöhter Blasezeit ist eine weitgehende Oxydation des Eisenbades, die durch den Desoxydationsvorgang anscheinend nicht in ihrem ganzen Umfange wieder aufgehoben wird. Hieraus scheinen sich auch die obengenannten Brüche bei Schlagproben zu erklären, die beim Verblasen hochsiliziumhaltigen Eisens nicht selten vorkommen. Wenn auch Roheisen mit hohem Siliziumgehalt, sofern es warm genug

ist, gelegentlich kurz bläst, so besteht bei ihm doch die Gefahr, daß bei dem außergewöhnlich heißen Gang trotz Kalk- und Schrottzusatz der Stahl zu heiß vergossen wird, sich deshalb brüchig walzt und, falls man ihn nicht einfach von der Schienenwalzung völlig ausschließt, hohen Aussschuß an Schönheitsfehlerschienen verursacht. Schließlich sei noch darauf hingewiesen, daß dem Stahlwerker mit der Einhaltung der gewünschten Roheisenanalyse nur sehr schlecht gedient ist, wenn etwa die Hälfte der Hochöfen chemisch heißes und die andere Hälfte chemisch mattes Eisen liefert; man erlebt beim Verblasen das ganze Auf und Ab in der Beschaffenheit des Eisens, und wenn Stetigkeit in der Anlieferung des Schienenstahles verlangt wird, dann ist der Hinweis auf die Notwendigkeit eines einigermaßen gleichmäßigen Ausgangsstoffes ebenso berechtigt wie begründet.

Es muß aber mit eben solcher Klarheit gefordert werden, daß der Stahlwerker selbst alle ihm zu Gebote stehenden Maßnahmen trifft, um das ihm nun einmal zur Verfügung gestellte Roheisen unter den günstigsten Bedingungen zu verarbeiten. Hierzu gehören größtmögliche Vermeidung von Strahlungsverlusten im Mischer, ausreichende Beheizung des Mischers, selbst wenn sie Geld kostet, vor allem sorg-

fältiges Abschlacken vor dem Einleeren in die Birne, um den Schwefel mit der Schlacke in Form von Mangansulfid fernzuhalten, Wahl der Birnen, die dank sorgfältiger Bodenpflege die kürzeste Blasezeit haben, unmittelbares Verblasen des Eisens nach dem Einleeren, um weitere Abkühlung zu vermeiden, Bestimmung des knappsten, aber doch von vornherein ausreichenden Satzes an ausgesuchtem Kalk und des Satzes an Schrott, den man ebenfalls der Güte nach wählt. Im Hinblick auf die späteren Ausführungen verdient Beachtung, daß man bei der Erzeugung von Schienenstahl den Kalksatz gegenüber dem gewöhnlichen Stahl um einige Hundertteile erhöht. Werke, die den Schrott in namhaften Mengen warm oder gegen Ende der Kohlenstoffverbrennung geben können, haben dabei den nicht zu unterschätzenden Vorteil, das Bad zu Beginn des Blasens wärmer und dadurch dünnflüssiger zu halten. Daß Wochenanfang und -ende wegen des ungenügenden Ausgleichs der einzelnen Hochofenabstiche im Mischer für die Herstellung von Schienenstahl zweckmäßig völlig ausschalten, ist eine Tatsache, deren Mißachtung sich gelegentlich sehr stark rächt.

Alle die genannten Maßnahmen zielen auf zwei wesentliche Punkte des Umwandlungsvorganges ab, auf die Einhaltung kurzer Blasezeit und eines gewissen Temperaturbereiches. Die Abhängigkeit der Blasezeit von der Beschaffenheit des Roheisens und des Kalkes sowie vom Zustande der Birnenstellung wurde schon gestreift. Der Vollständigkeit halber sei auch auf den Durchmesser des Konverters und des äußeren Blaskranzes sowie auf das Einsatzgewicht, worauf kürzlich vor allem von K. Thomas⁵⁾ hingewiesen wurde, aufmerksam gemacht. Deutlicher als der Einfluß der Blasezeit ist derjenige der Stahltemperatur zu erkennen, worauf später noch zurückzukommen ist.

Es unterliegt jedoch keinem Zweifel, daß die Wärme des Stahles allein kaum das Ausschlaggebende bei der Abhängigkeit des Schienenausschusses ist. Vielmehr liegt hier ein Zusammenwirken mit den Desoxydationsvorgängen vor, die bei ihrer außerordentlichen Wichtigkeit näher besprochen werden sollen. Wenn man von der Tatsache ausgeht, daß zu heiß vergossener Stahl sich brüchig walzt, muß man sich Rechenschaft darüber ablegen, daß diese Brüchigkeit neben anderen Ursachen auch von der Anhäufung von Gasblasen und deren Lage dicht unter der Blockoberfläche herrührt. Da ferner wohl der größte Teil der Gase aus Reaktionsgasen besteht⁶⁾, hat durch die Desoxydation deshalb „die weitestgehende und schnellste Entfernung“ dieser Sauerstoffverbindungen zu erfolgen. Mangan eignet sich für diesen Zweck deshalb nur unvollkommen, weil das entstehende Manganoxydul vom Kohlenstoff unter Bildung von neuem Kohlenoxyd reduziert wird, während die Sauerstoffverbindungen von Aluminium und Silizium schwer oder überhaupt nicht reduzierbar sind. In der Eigenschaft des Siliziums und Aluminiums, auch Kohlenoxyd zu zersetzen, liegt ihre beruhigende Wirkung auf das Stahlbad.

Bei der Durchführung der Desoxydation des Schienenstahles liegen bei den einzelnen Werken ganz verschiedene örtliche Verhältnisse vor, die zu einer bestimmten Arbeitsweise zwingen, wie denn ganz allgemein bei der Erzeugung von Hartstahl die Desoxydation, der Zusatz von Kohlenstoff und Mangan und die Beruhigung des Stahles mehr oder weniger stark ineinander übergreifen. Dies ist besonders dort der Fall, wo die genannten Vorgänge sich erst in der

Stahlpfanne abspielen. Vorteilhafter ist es jedenfalls, den Desoxydationsvorgang bereits in der Birne selbst einzuleiten. Es sei hier an die aufschlußreichen Ausführungen von K. Neu⁷⁾ erinnert. Neu hält die Birne für den geeigneten Ort zur Vornahme einer kräftigen, möglichst vollständigen Desoxydation des abgeblasenen Bades, wobei er zunächst nur an den Zusatz flüssigen Ferromangans denkt. Da diese Art des Zusatzes jedoch nicht immer oder überall möglich ist, so wird die Zugabe festen Ferromangans in den fraglichen geringen Mengen, selbst wenn es nicht vorgewärmt ist, ebenfalls noch mit Erfolg angewandt werden, wobei freilich ein ganz geringer Zeitverlust über die Dauer des Abschlackens hinaus bis zur Gesamtdauer von etwa 8 min mit in Kauf zu nehmen ist.

Erfahrungsgemäß ist mit der Verwendung von flüssigem Ferromangan eine Ersparnis an Manganmetall verbunden, das heißt man erzielt denselben Mangangehalt in der Fertigprobe mit einem geringeren Aufwand an flüssigem als an festem Mangan. Zweifellos gibt man sich aber hierbei auch einer Täuschung bezüglich der Desoxydationswirkung des flüssigen Ferromangans hin. Es leuchtet ohne weiteres ein, daß bei gleichem Mangangehalt der Fertiganalyse und geringerem Aufwand an metallischem Mangan die Desoxydation ein und desselben vorgeblasenen Stahlbades geringer sein muß als bei Aufwand größerer Manganmengen in festem Zustande. Da aber die oben gemachten Ausführungen die außerordentliche Bedeutung einer guten Desoxydation offenbaren, so ist es ganz allgemein, besonders aber bei Schienenstahl, sehr bedenklich, wenn die Frage der Manganersparnis von mehr oder weniger berufener Seite gelegentlich in den Vordergrund gestellt wird.

Die Verwendung von Ferrosilizium und Aluminium in der Birne verbietet der Umstand, daß diese spezifisch leichten Desoxydationsmittel jedenfalls in festem Zustand in der Schlacke hängen bleiben. Aber auch dort, wo etwa mit flüssigem Ferrosilizium und Aluminium gearbeitet werden könnte, ist eine so weitgehende Verwendung bedenklich, da besonders die Tonerde zu Einschlüssen im Stahl Veranlassung gibt und damit die Güte des Erzeugnisses in Frage stellt.

In vielen Fällen wird also der Stahl mit 75- bis 78prozentigem Ferromangan in der Birne in 7 bis 8 min vordesoxydiert und, nachdem die Schlacke sorgfältig abgesteift wurde, um ihr Mitfließen zu verhüten, in die Stahlpfanne ausgeleert, in der sich bei Werk H bereits eine abgewogene Menge flüssigen Spiegeleisens und bei Werk G auch flüssiges Ferrosilizium (10 % Si) befindet. Werk K gibt das Spiegeleisen während des Ausleerens dem Stahl zu (wenn nötig, mit geringen Mengen Anthrazit), sodann 40 kg körnig gemahlenes Ferrosilizium (45 %) und schließlich 200 g kleinstückiges Aluminium je t Rohstahl beim Abgießen in die Kokille, wogegen Werk H neben 2 kg Aluminium 40 bis 45 kg 90prozentiges Ferrosilizium bereits in der Pfanne zusetzt. Die hochsiliziumhaltige Legierung soll sparsamer sein.

Wie oben schon ausgeführt, zielen die Zusätze gleichzeitig auf die Desoxydation, die Beruhigung und die Fertiganalyse des Stahles ab. Die chemischen Umsetzungen und die dabei auftretenden Wärmetönungen sind in *Zahlentafel 2* zusammengestellt. Es kommt also darauf an, einmal die Bildung von Eisenoxydul beim Verblasen des Roheisens schon möglichst einzuschränken, auf jeden Fall jedoch dem Stahl Gelegenheit zu geben, die enthaltenen Gase weitgehend abzuschneiden.

⁵⁾ Ber. Stahlw.-Aussch. V. d. Eisenh. Nr. 196 (1930); Stahl u. Eisen 50 (1930) S. 1665/74 u. 1708/12.

⁶⁾ P. Klinger: Stahl u. Eisen 46 (1926) S. 1245.

⁷⁾ Vgl. Stahl u. Eisen 34 (1914) S. 805.

Der ersten Aufgabe — Einschränkung der Bildung von Eisenoxydul — dienen alle Maßnahmen, die die Verkürzung der Blasedauer bezwecken, also die Beachtung der chemischen und physikalischen Beschaffenheit des Roheisens und des Kalkes, Form und Zustand der Birne, Vermeidung zu heißen Ganges wegen der

größeren Verwandtschaft des Eisens zum Sauerstoff bei steigenden Temperaturen, ausreichender Schutz des Eisens durch Mangan und Phosphor, eine mäßige Erhöhung des Kalksatzes, um den möglichst basischen Ablauf des Verfahrens zu gewährleisten und Unterbrechung des Blasevorganges bei einem Phosphorgehalt der Vorprobe von etwa 0,06 %. Zur Erfüllung der zweiten Aufgabe — Abscheidung der Gase — trägt die Desoxydation in der Birne bei, „weil dort die Temperatur höher ist und die geringere Badtiefe den Gasen und Schlackenoxiden mehr Gelegenheit gibt aufzusteigen als in der Stahlpfanne“, ferner langsames Ausleeren des Stahles, da bei der Durchmischung mit dem Spiegeleisen neuerdings Gas gebildet wird, dem Gelegenheit zum Abzug gegeben werden muß. Hierauf ist besonders zu achten, wenn bei Erzeugung von Schienen untergeordneter Art oder bei Störungen im Betrieb der Spiegelöfen die Kohlun nach der Zugabe des erforderlichen Ferromangans durch Anthrazit erfolgt, wie dies gelegentlich vorkommt. Hierbei tritt natürlich eine noch erheblich stärkere Gasentwicklung auf als bei dem üblichen Verfahren. Schließlich erweist sich die Verminderung des ferrostatischen Druckes in der Pfanne durch Wahl weiter und dafür weniger hoch bemessener Pfannen als vorteilhaft.

Der Zeitpunkt, zu dem die Beruhigung des Stahles einsetzt, hängt mit davon ab, ob man hoch- oder niedrigsilizierten Schienenbaustoff herstellt. Das benötigte Ferrosilizium muß, gleichgültig ob es nur gemahlen oder in leistungsfähigen Spiegeleisenöfen zusammen mit dem Spiegeleisen als 10prozentiges Ferrosilizium mitgeschmolzen wird, in der Pfanne zugesetzt werden, und zwar in einem Zeitpunkt, wo die Gasbildung noch in vollem Gange ist, so daß die Gase durch den dickflüssigen beruhigten Stahl nicht mehr so gut entweichen können. Vielleicht ist hierauf auch die gelegentliche Erscheinung zurückzuführen, daß mit Silizium beruhigte Stahlblöcke „durchbrechen“ oder sich stark rissig walzen. Das Durchbrechen kann durch Aufgeben von Aluminium auf den Blockkopf zwar abgewendet werden, im übrigen bleibt natürlich dieser Kunstgriff ohne Wirkung auf die Gaseinschlüsse in den tiefer gelegenen Blockschichten. Diese Vermutung stützt sich auch auf die Beobachtungen bei einer größeren Anzahl von Chargen die in der Pfanne mit Aluminium beruhigt wurden, und bei denen festgestellt wurde, daß trotz genügender, ja verhältnismäßig reichlicher Aluminiumzugabe in Stücken von 1 kg die abgegossenen Blöcke durchbrachen und auch beim Walzen keineswegs die erwartete Ribfreiheit aufwiesen. Die Erklärung hierfür kann darin liegen, daß das Aluminium in der Pfanne ebenfalls sehr früh zugegeben werden muß, um seine Lösung vor Zulauf der Restschlacke zu gewährleisten. In diesem Falle wird der Stahl außerordentlich dickflüssig, so daß die gebildete Tonerde ebenso wie die Kieselsäure, die ohnedies durch den nachfließenden Stahlstrom stets von neuem mit dem Pfanneninhalt durchmischt werden, kaum hochkommen können und in feinsten

Zahlentafel 2. Molekulare Bildungswärmen beim Desoxydationsvorgang auf 1 kg.

Reduktionsstoff	Oxydationsstoff	Gebildetes Oxyd	Reduzierter Stoff	Molekulare Bildungswärme kcal	Bildungswärme kg auf 1 kg			
					a kcal	b kcal	c kcal	d kcal
C	+ FeO	= CO	+ Fe	-36 540	-3040	-507	-1300	-652
C	+ MnO	= CO	+ Mn	-61 740	-5150	-870	-2200	-1120
Mn	+ FeO	= MnO	+ Fe	25 200	4570	350	355	450
Si	+ 2 FeO	= SiO ₂	+ 2 Fe	48 600	1740	338	810	430
Si	+ 2 CO	= SiO ₂	+ 2 C	126 680	4500	2260	2110	530
2 Al	+ 3 FeO	= Al ₂ O ₃	+ 3 Fe	195 500	3620	907	1920	1160
2 Al	+ 3 CO	= Al ₂ O ₃	+ 3 C	305 120	5650	3630	2990	8500
2 P	+ 5 FeO	= P ₂ O ₅	+ 5 Fe	36 800	5950	245	259	130

Verteilung zurückbleiben. Außerdem ist in der Pfanne bedeutend mehr Aluminium erforderlich als in der Kokille, wohl deshalb, weil in der Zeit bis zum Vergießen Kohlenstoff, Mangan und Silizium im Stahlbade noch desoxydierend wirken und Kohlenoxyd sich abscheidet, so daß in der Kokille für das Aluminium nur mehr eine geringere Arbeit zu leisten bleibt. Eine andere Art der Desoxydation besteht darin, daß man — wo dies möglich ist — in der Pfanne erst nach vollkommenem Ausleeren des Birneninhaltes beruhigt, indem man das Aluminium durch Rühren mittels Stangen auf das gesamte Stahlbad verteilt. Aber abgesehen davon, daß diese Maßnahme wohl auch nicht immer völlig glückt und Aluminium in der Schlacke verlorengeht, verhindert eben die Zähflüssigkeit des Bades, wie bereits ausgeführt, seine möglichst weitgehende Entgasung.

Die Zugabe von Aluminium in die Kokille, also im letztmöglichen Zeitpunkt, die gleichzeitig den Vorteil hat, daß eine weitgehende Entgasung des Stahles in der Pfanne vorausgegangen ist, erfordert andererseits aber große Sorgfalt bei der störungsfreien und regelmäßigen Verteilung über den ganzen Rohblock. Gegen die Beruhigung in der Kokille läßt sich einwenden, daß die dort entstehende Tonerde nahezu vollständig im Stahl als Schlackeneinschluß zurückbleibt, wogegen sie nach der Beruhigung in der Pfanne noch genügend Zeit hat, aufzusteigen. Dem stehen jedoch die Nachteile gegenüber, die mit der Beruhigung in der Pfanne zweifellos verbunden sind. Jedenfalls haben mit Aluminium in der Kokille beruhigte Blöcke nach dem Durchsägen völlige Blasenfreiheit ergeben, ohne daß eine Zunahme der Schlackeneinschlüsse zu erkennen gewesen wäre.

Betrachtet man die Bildungswärmen der beim Desoxydationsvorgang sich abspielenden Umsetzungen (Zahlentafel 2), so ist festzustellen, daß nur die Bildung des Kohlenoxydes bei der Reduktion von Eisen- und Manganoxydul durch Kohlenstoff einen Wärmehaufwand erfordert, wogegen bei allen übrigen chemischen Vorgängen zum Teil sehr erhebliche Wärmemengen frei werden. Man darf jedoch bei diesen Zahlenwerten nicht vergessen, daß sie den Wärmeverbrauch nicht wiedergeben, der für das Schmelzen kalter Zusätze und das Erwärmen flüssiger Zusätze auf Stahlbadtemperatur sowie zur Zersetzung zum Beispiel des Ferromangans und Ferrosiliziums erforderlich ist. Es sei nur daran erinnert, daß je höher durch das Schmelzen des Spiegeleisens oder auch des Ferrosiliziums in den hier vorgesehenen Öfen die Wärme dieser Zusätze in den zulässigen Grenzen gesteigert wird, desto weniger die im Stahlbad enthaltenen Wärmemengen zum Ausgleich der zusammen in Lösung gehenden Legierungsbestandteile dienen müssen. Auch soll nicht übersehen werden, daß sich jeweils nur ein Teil des zugesetzten Kohlenstoffes, Mangans oder Siliziums mit dem Sauerstoff verbindet, in der Hauptsache jedoch lediglich in Lösung geht und zur Erzielung der gewünschten Zusammensetzung des Fertigstahles beiträgt.

Der erzeugte Stahl weist je nach der verlangten Festigkeit und dem Schienenprofil etwa nachstehende Zusammensetzung auf:

0,35 bis 0,45 % C,
0,70 „ 1,20 % Mn,
0,07 „ 0,12 % Si (niedrigsiliziert),
0,20 „ 0,30 % Si (hochsiliziert),
0,08 % S höchstens,
0,05 „ 0,1 % P.

Der Erfolg einer Schienenwalzung hängt, wenn man die rein abnahmetechnische Seite hierbei außer acht läßt, in keiner Weise von der chemischen Zusammensetzung des Schienenbaustoffes als solcher ab. Wenn gelegentlich bei

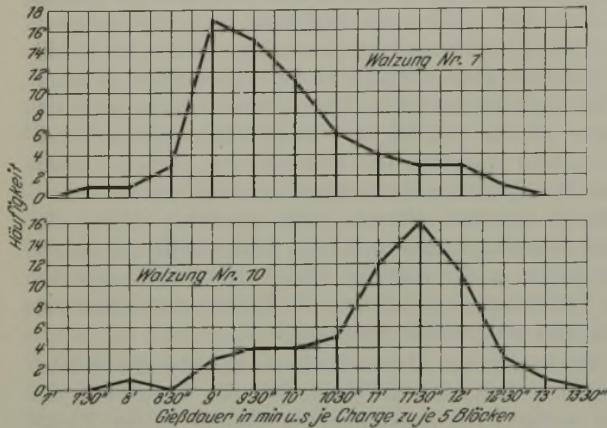


Abbildung 3. Häufigkeit der Gießdauer.

höhersilzierten Schienen größere Ausfälle an Schönheitsfehlerschienen auftreten, so liegt die Ursache nicht in dem höheren Siliziumgehalt, sondern in den bereits geschilderten schwierigen Vorgängen bei der Desoxydation und Beruhigung des Stahles. In diesem Zusammenhang ist die Tatsache von Belang, daß die belgische Staatsbahn, die eine Schiene von 50 kg/m bezieht, die Vorschrift eines Siliziumgehaltes von mindestens 0,20 auf 0,12 % ermäßigt hat mit der ausdrücklichen Begründung, daß sich bei höheren Siliziumgehalten im Verlauf der Walzung erhebliche Schwierigkeiten in Gestalt von Rissen, Zungen und Splintern ergeben. Die Schweiz schreibt sogar einen Siliziumgehalt von höchstens 0,15 % vor.

Bedenklich erscheint eine Unterschreitung der für den Phosphorgehalt verzeichneten Grenze, und zwar wegen der dem Thomasverfahren anhaftenden Eigentümlichkeit der Zunahme an Eisenoxydul bei fortschreitender Entphosphorung zum Schlusse des Verfahrens. Im allgemeinen ergibt Werkstoff mit hohen Phosphorgehalten keine schlechteren Schienen als solcher mit normalem Phosphorgehalt. Wenn trotzdem gelegentlich höherer Schienenauswurf mit höherem Phosphorgehalt zusammen auftritt, so können hierfür — falls nicht zufällig andere, nicht beobachtete Einflüsse die Ursache sind — nur Vermutungen zur Begründung herangezogen werden, die nachzuprüfen begreiflicherweise sehr schwierig ist.

Es folgen nunmehr die Gieß- und Erstarrungsvorgänge. Es würde weit über den Rahmen der vorliegenden Arbeit hinausgehen, wollte man diese Vorgänge in ihrem ganzen Umfang behandeln. Es kann hier auf die verschiedenen Abhandlungen von P. Oberhoffer⁹⁾, F. Baden-

heuer⁹⁾, F. Beitter¹⁰⁾, B. Matuschka¹¹⁾, F. W. Morawa¹²⁾, F. Leitner¹³⁾ und F. Pacher¹⁴⁾ verwiesen werden. Trotz der umfangreichen und tiefeschürfenden Beiträge der genannten Verfasser zu den verschiedenen einschlägigen Fragen ist gerade das Vergießen beruhigten Kohlenstoffstahles zu schwereren Blöcken von 4 t aufwärts gegenüber der Erforschung der Vorgänge beim Gießen leichter Gewichte, meist für Edelmehle, noch wenig bearbeitet. Da jedoch von den Maßnahmen beim Gießen die Erzielung einwandfreier Oberflächen- und Werkstoffbeschaffenheit des Schienenstahles abhängt, sollen die einschlägigen Gesichtspunkte ihrer Bedeutung entsprechend

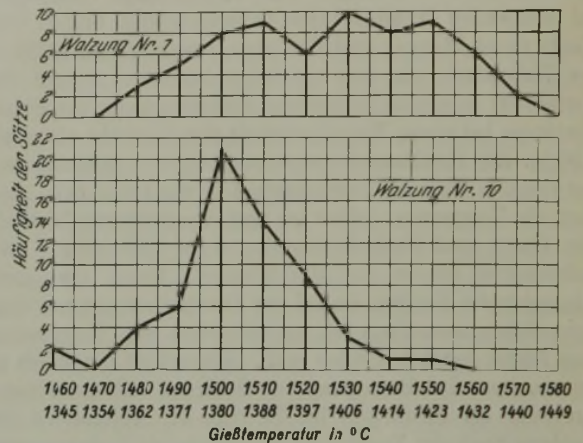


Abbildung 4. Häufigkeit der Gießtemperatur. (Die oberen Zahlen sind berichtigte, die unteren unberichtigte Werte.)

wenigstens kurz hervorgehoben und in einigen Punkten mit besonderen Beispielen belegt werden.

Ein großer Teil der entfallenden Schönheitsfehlerschienen weisen Risse und Schalen auf, und wenn diese auch durchaus nicht nur auf die Gießarbeit zurückzuführen sind, so legen sie doch nahe, dort die Ursache soweit als nur irgend möglich festzustellen und auszuschalten.

Vor allem gilt es, peinlich sauber zu arbeiten. In der Regel wird man eine genügende Anzahl von fast neuen Kokillen für den Schienenstahl bereithalten und sie vor jedem Guß sorgfältig vorbereiten. Rostige, rissige oder sonst irgendwie schadhafte Kokillen sind für Schienenstahl ungeeignet. Die Verwendung von Anstrichmitteln hat sich allgemein eingebürgert und bewährt¹⁰⁾, ohne daß dabei Kokillenlack, Kokillenglasur oder Graphit einen Vorteil vor dem wasserfreien Teer gebracht hätten, der den gedachten Zweck vollkommen erfüllt. Eine Hauptbedingung für die Verwendung aller dieser Mittel ist ihr gleichmäßiger, nicht zu dicker Aufstrich auf die Kokillenwand. Manche Werke geben den Teer unmittelbar vor dem Abguß mittels eines Löffels in die noch warme Kokille, wobei der Teer verkrackt, meist unter gleichzeitiger Entzündung der Oeldämpfe. Der sich hierbei bildende Ruß schlägt sich größtenteils an den Kokillinnenflächen nieder und tut nachher ungefähr die gleichen Dienste wie teurer Graphit oder Lack, ohne etwa die Gefahr der Randblasenbildung infolge Hem-

⁹⁾ Ber. Stahlw.-Aussch. Nr. 140; vgl. Stahl u. Eisen 48 (1928) S. 713.

¹⁰⁾ Stahl u. Eisen 48 (1928) S. 577; ferner 50 (1930) S. 1741/44.

¹¹⁾ Arch. Eisenhüttenwes. 2 (1928/29) S. 405/13; 5 (1931/32) S. 335/54.

¹²⁾ Ber. Stahlw.-Aussch. Nr. 218; Stahl u. Eisen 51 (1931) S. 1221/28.

¹³⁾ Stahl u. Eisen 46 (1926) S. 629; ferner 50 (1930) S. 1081.

¹⁴⁾ Stahl u. Eisen 42 (1922) S. 485; 49 (1929) S. 627.

⁸⁾ Das technische Eisen, 2. Aufl. (Berlin: Julius Springer 1925) S. 338.

mung der Wärmeabfuhr durch die Blockform zu erhöhen. Die Kokillen werden handwarm verwendet, wobei ausdrücklich darauf hingewiesen werden muß, daß diese Wärme meist nicht mehr ausreicht, das in die Haarrisse eingedrungene Wasser zu verdampfen, weshalb bei der Abkühlung der Kokille in Wasserbecken zur äußersten Vorsicht zu

Rohre stand ein solcher von 7,38 % beim Guß mit Rohren gegenüber. Da dieser Ausschuß sich nicht nur auf die Schienen aus dem Blockfuß erstreckt und die Beschaffung der Rohre erhebliche Auslagen erfordert, hat sich die weitere Anwendung dieses Mittels von selbst verboten.

Neben einer sorgfältigen Kokillenpflege spielt die Geschicklichkeit des Gießers eine ausschlaggebende Rolle. Da man aus später noch zu erörternden Gründen beim beruhigten Schienenstahl den fallenden Guß bevorzugt, so ist auf eine verlässige Anordnung und Handhabung der Stopfenführung sowie die Bereitstellung des Pfannenausgusses über der Mitte der genau senkrecht stehenden Kokille zu achten.

Eine Verminderung des Flüssigkeitsdruckes durch Wahl niedrigerer und gleichzeitig weiterer Stahlpfannen würde sich für die mechanische Gießarbeit ebenso vorteilhaft auswirken wie eine Verminderung der Fallhöhe durch niedrigere Kokillen. Nach beiden Richtungen hin sind jedoch ohne weiteres Grenzen gezogen, denn auch die Zwischenschaltung von Gießtrichtern oder Gießwannen für fallenden Gespannguß hat sich wegen der mit solchen Anordnungen verbundenen starken Abkühlung des flüssigen Stahles im Großbetrieb jedenfalls nicht eingeführt. Eine Versuchscharge mit fallendem Gespannguß ergab einen Ausschuß von 17 % gegenüber rd. 9 % beim gewöhnlichen fallenden Guß. Und selbst die Anwendung des steigenden Gusses hat nach den vorliegenden Erfahrungen hinsichtlich Einschränkung der Oberflächenfehler die auf ihn gesetzten

Ausschußhöchst- bzw. Mindestwerte aus den verschiedenen Wälzungen Nr. 7, 2 u. 10

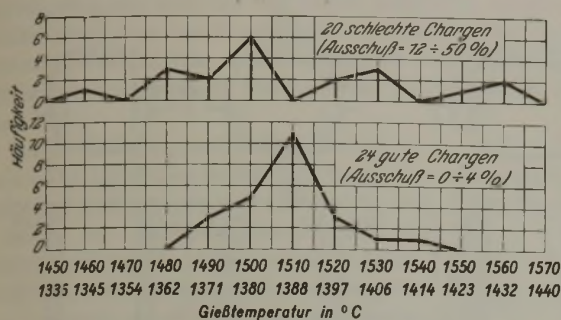


Abbildung 5. Einfluß der Gießtemperatur auf den Schienenausschuß. (Die oberen Zahlen sind berichtigte, die unteren unberichtigte Werte.)

mahmen ist. Scharf zu verurteilen ist auch die gelegentlich noch übliche Unsitte, die Unterlagsplatten mit Blechabfällen abzudecken oder mit feuerfestem Mörtel zu streichen. Im ersten Fall erhielt man den Einschluß solcher ungeschmolzenen Bleche, im anderen Falle würde man nur das Auftreten von Sandadern heraufbeschwören, ganz abgesehen von den Schäden, die eine feuchte Unterlage zur Folge hätten.

Der gedachte Zweck, nämlich der Schutz der Unterlagsplatte vor zu raschem Verschleiß und das leichte Ablösen des Stahlblockes von ihr, wird jedenfalls mit Mörtel nicht erreicht. Hier ist ein leichter Anstrich mit Teer, Graphit oder Glasur noch am ehesten angebracht. Hierdurch kämpft man auch gegen eine andere Unsitte an, das Lösen des Blockes von der Unterlage durch Prellen der Kokille zu bewerkstelligen, was leicht zu schweren Beschädigungen der Blockoberfläche führt. Zu dicker Teeranstrich

hat Festbrennen der Verkokungsrückstände zur Folge, so daß die Kokillen nicht mehr eben auf der Unterlagsplatte aufstehen. Im übrigen ist daran festzuhalten, daß sich bei der Herstellung von Schienenstahl nichts schwerer rächen würde als eine übertriebene Sparsamkeit im Aufwand an Kokillen und Unterlagsplatten.

Um das Anspritzen der Kokille beim Aufziehen des Stopfens beim fallenden Guß zu vermeiden, gibt man auf dem Kokillenboden nicht zu lockere und grobe, unbedingt trockene Holzwole in angemessenen Mengen. Die Verwendung von Hobelspänen, etwa aus der Modellschreinerei, wäre auch eine Ersparnismaßnahme, die man durch unsaubere Blöcke infolge der manchmal stürmischen Wirkung des Gusses in solche Späne teuer bezahlen müßte. Das gleiche Ziel verfolgte man zeitweilig durch Einsetzen von Blechrohren, die den ersten Strahl des Gusses abfangen. Das Ergebnis umfangreicher Versuche lockte nicht zu ihrer Fortsetzung. Einen Ausschuß von 8,81 % beim Guß ohne

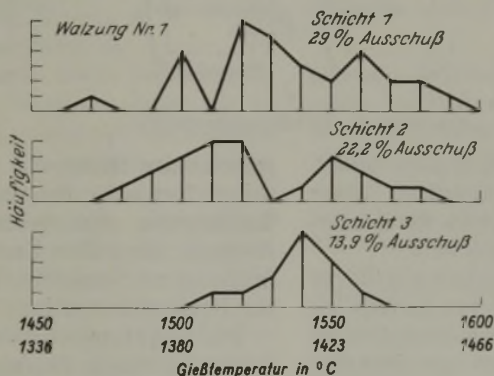


Abbildung 6. Gießtemperatur, unterteilt nach Stahlwerksschichten. (Die oberen Zahlen sind berichtigte, die unteren unberichtigte Werte.)

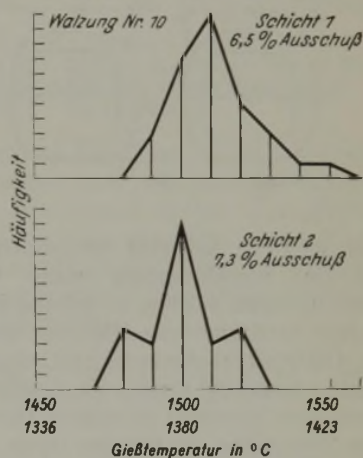


Abbildung 7. Gießtemperatur, unterteilt nach Stahlwerksschichten. (Die oberen Zahlen sind berichtigte, die unteren unberichtigte Werte.)

Erwartungen nicht erfüllt. Ein größerer Vergleichsversuch ergab sogar 17,95 % Ausschuß für steigenden Guß gegenüber 12,85 % beim fallenden Guß. Die Gründe sind vorerst noch nicht klar erkennbar. Wahrscheinlich ist eine Ursache die gelegentlich durch sogenannte Deckelbildung hervorgerufene Ueberwallung des Stahles an den Kokillenwandungen, die bei der gegenüber dem fallenden Guß stark verminderten Gießgeschwindigkeit besonders dann leicht auftreten kann, wenn die Wärme des Stahles an der unteren Grenze liegt.

Mit dem Hinweis auf einige Vor- und Nachteile des steigenden oder fallenden Gusses ist bereits die Erörterung der metall- und wärmekundlichen Seite des Gießvorganges angeschnitten. Bekanntlich gibt man dem fallenden Guß den Vorzug, weil hierbei — richtige Gießwärme und -geschwindigkeit sowie Kokillenabmessung vorausgesetzt — die Erstarrung folgerichtig von unten nach oben verläuft, so daß der zuletzt vergossene heißere Stahl in die tiefer gelegenen Schwindungshohlräume nach-

fließen kann, und man bis auf den unvermeidlichen Lunker im Blockkopf im übrigen einen über den ganzen Blockquerschnitt gesunden, dichten Werkstoff erhält. Der Lunker soll beim fallenden Guß größer sein als beim steigenden; trotzdem nimmt man ihn in Kauf, um die Güte der darunterliegenden Blockschichten zu gewährleisten. Seine Größe hängt überdies von der Gießtemperatur ab, mit deren Ansteigen er sehr stark zunehmen kann. Da aber zu hohe Gießwärme

Walzungen, Nr. 1 und 10, zeigen (Abb. 3) zwei deutliche und sehr verschiedene Höchstwerte, der Gießzeit von 9 und 11,5 min je Charge oder von 54 und 69 s je Blockmeter, obwohl alle Sätze mit einem Ausguß von 35 mm Dmr. abgossen worden sind. Ihnen stehen rd. 20 und 7 % Ausschub gegenüber. Gleichzeitig weist aber die erste Walzung drei verschiedene Höchstwerte der Gießwärme¹⁵⁾ bei 1390, 1406 und 1423° auf, wogegen die gute Walzung einen aus-

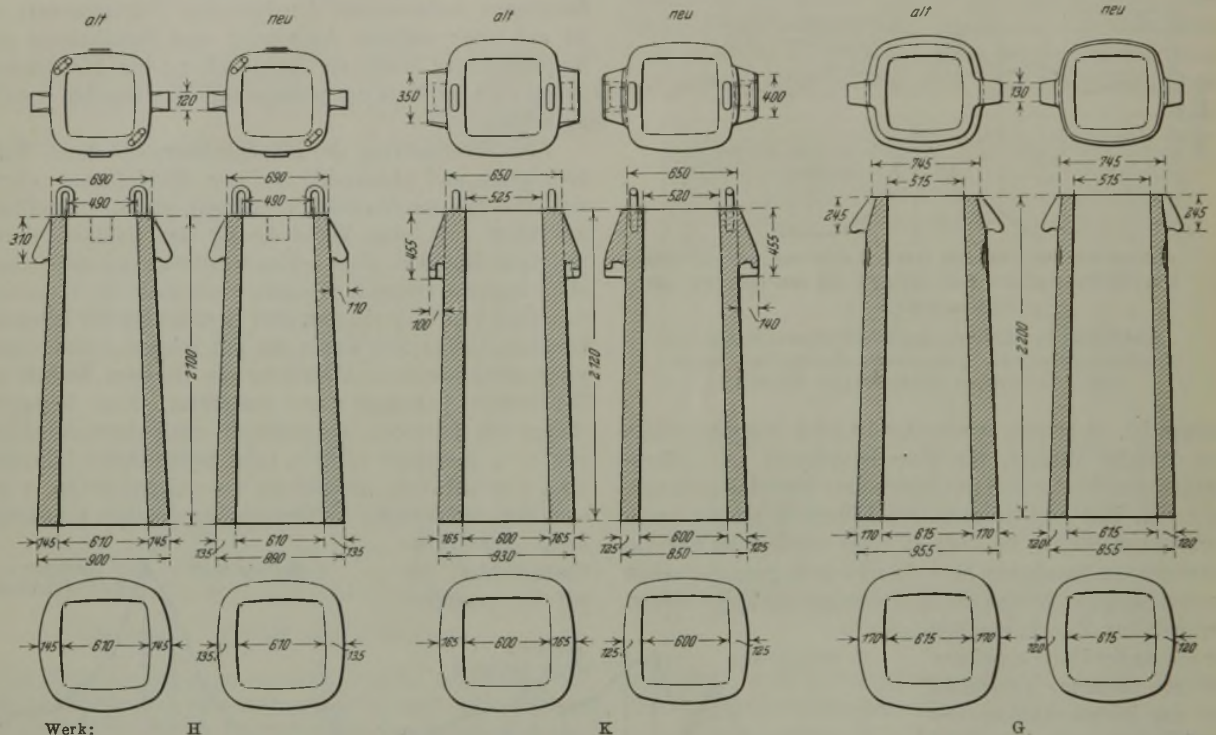


Abbildung 8. Kokillenabmessungen.

sich sofort im Auftreten von schweren Blockrissen äußert, ist eine verhältnismäßig rasche Richtigstellung dieses Betriebsfehlers möglich, so daß damit zugleich die Lunker Gefahr im Rahmen des Möglichen bekämpft wird.

Die Gießgeschwindigkeit, ausgedrückt in min/Blockmeter, beeinflusst sowohl die Ausbildung des Lunkers als auch ganz besonders die spätere Oberflächenbeschaffenheit des Werkstoffes. Sie läßt sich regeln, indem man einen dem Pfanneninhalt und der Blockgröße entsprechenden Ausflußquerschnitt wählt, der dann bei üblicher Gießtemperatur die Kokille in dem gewünschten Zeitmaß zu füllen gestattet. Zu rasches oder zu langsames Gießen wirkt wie zu heißes oder zu kaltes Gießen. Dabei ist zu berücksichtigen, daß trotz der in der Regel während des Gießens eintretenden Erweiterung des Ausgusses die Gießdauer gleich schwerer Blöcke infolge des sinkenden ferrostatischen Druckes in der Stahlpfanne vom Beginn bis zum Ende des Gießens zunimmt. Da dieses Druckverhältnis für eine bestimmte Pfannenform sich stets in gleicher Weise ändert, kann bei Verwendung der gleichen Ausflußöffnung die Ausflußgeschwindigkeit nur von Badtemperatur und Flüssigkeitsgrad abhängen. Beobachtet man demnach die Gießzeit für geschlossene Chargen, so gestattet sie einmal einen Rückschluß auf die Beschaffenheit des flüssigen Stahles, wie sie andererseits die Abhängigkeit des Schienenausschusses von der Gießdauer offenbaren müßte. Eine solche ist jedoch kaum festzustellen, wenn auch Anzeichen darauf hindeuten, daß sehr rasch vergossene Chargen ungünstigere Ergebnisse bringen als langsamer vergossene, was sich ja mit den allgemeinen Erfahrungen deckt. Zwei verschiedene

gesprochenen Höchstwert bei 1380° zeigt (Abb. 4). Eine weitere Steigerung der Gießzeit durch Wahl engerer Ausflußöffnungen anzustreben, wäre bedenklich, weil die Besorgnis, unter allen Umständen ein Einfrieren des engen Ausgusses zu vermeiden, leicht zu einer Uebersteigerung der Temperatur verleitet.

Der Gießtemperatur kommt wohl die größere Bedeutung in diesem Zusammenhange zu. Es gilt heute, da zu heißer Stahl brüchige Blöcke und schlechte Schienen verschuldet, noch allenthalben die Regel, daß der Schienenstahl um so besser ist, je kälter er vergossen wird, und ein kleiner Pfannenbär wird, sofern der Stahl noch sauber ausläuft (so daß also keine Kaltschweißstellen auftreten), als Zeichen weitestgehender Wärmebeschränkung gerne in Kauf genommen. Es scheint, daß man in dieser Beziehung die Grenze des Zweckmäßigen bereits unterschritten hat. Denn die Auswertung der Gießwärmen zeigt immer wieder, daß eine mittlere Wärme von etwa 1370 bis 1405° bessere Ergebnisse bringt als kälter vergossener Stahl. Besonders ausgeprägt ist diese Feststellung aus Abb. 5 ersichtlich, wo die 20 schlechtesten Sätze aus drei Walzungen Nr. 1, 2 und 10 den 24 besten derselben Walzungen gegenübergestellt sind. Unterteilt man die Walzung 1 nach den drei Stahlwerksschichten, so bietet sich ein ähnliches Bild (Abb. 6); andererseits wurde bei Walzung Nr. 10 auf allen Schichten ziemlich gleichmäßig vergossen; der Ausschub bewegte sich in engen Grenzen (Abb. 7).

¹⁵⁾ Die Gießtemperaturen sind im Text unberichtigt wiedergegeben. Ihre Ermittlung stößt wegen der aus der Kokille aufsteigenden Teerdämpfe gelegentlich auf Schwierigkeiten.

Wie jedoch schon dargelegt, ist nicht die Stahltemperatur allein entscheidend, sondern das Maß der eingetretenen Beruhigung des Stahles oder sein Gasehalt spricht erheblich mit. Denn bei der sofort mit dem Füllen der Gußform beginnenden Erstarrung kommt es vor allem darauf an, die Gasblasen möglichst weit von der Blockoberfläche nach dem Innern abzurängen, was zweifellos dann um so besser möglich ist, je weniger Gase der Stahl enthält. Der Erstarrungsvorgang wird von der bereits erwähnten Kokillwärme sowie von der Wandstärke beeinflusst. Ein weitgehender Wärmeentzug durch genügend abgekühlte Kokillen von ausreichender Wandstärke gilt allgemein als vorteilhaft.

Hinsichtlich des erforderlichen Kokillengewichtes herrschen jedoch noch keine einheitlichen Auffassungen. Die Erkenntnis, daß Kokillen mit sauberen Innenflächen ein Hauptfordernis darstellen, zwingt aus wirtschaftlichen Erwägungen dazu, für den größeren Verbrauch durch vorzeitiges Ausschalten der Kokille eine Ermäßigung des Kokillengewichtes als Ausgleich vorzunehmen. In der Tat haben sämtliche Saarwerke die Wandstärken ihrer Kokillen zum Teil sehr erheblich verringert (Abb. 8), so daß zum Beispiel bei Werk K das Gewicht um rd. 25 % von 5500 auf 4000 kg zurückging. Man hat sich dabei vor der allgemeinen Durchführung dieser Maßnahme durch eingehende Untersuchungen an einigen Musterkokillen unter maßgeblicher Mitwirkung der Warmstelle Saar des Vereins deutscher Eisenhüttenleute vergewissert, daß eine Beeinträchtigung

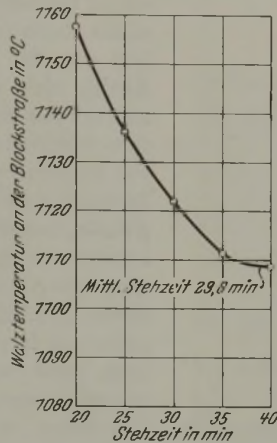


Abbildung 9. Zusammenhang zwischen Stehzeit in der Gußform und Walztemperatur.

des erwünschten Wärmeüberganges durch Verminderung der Wandstärke nicht eintritt. Ueber die Ergebnisse ist schon früher berichtet worden¹⁶⁾, so daß sich ein Eingehen darauf an dieser Stelle erübrigt. Es sei hier nur gesagt, daß sich die dünnwandige Kokille auch bei der Massenerzeugung durchaus bewährt hat. Insbesondere sind Blockrisse nicht aufgetreten. Bezüglich der Kokillenabmessungen muß noch auf die Bedeutung einer ausreichenden Konizität hingewiesen werden, um unter allen Umständen ein Hängenbleiben des Rohblockes beim Abziehen der Kokille, das sehr leicht Querrisse zur Folge haben kann, zu vermeiden. Schließlich verdient die Größe des Kantenhalbmessers noch besondere Beachtung. Man sollte dabei wohl nicht über 60 mm gehen, wenn man nicht die Gefahr von Kantenlängsrissen heraufbeschwören will. So hat ein Werk durch Verkleinerung dieses Halbmessers von 100 auf 40 mm den vorher in lästigem Umfang vorhandenen Kantenlängsriß nahezu völlig ausgeschaltet. Dabei darf jedoch nicht übersehen werden, daß die Kokille in den Ecken immer noch genügend stark bemessen ist, da sonst die Transkristallisation gerade in der gefährdeten Blockstelle ungünstig verläuft, was sich in starken Transkristallisationsdiagonalen äußert. Das Verhältnis der Blockhöhe zum Querschnitt entspricht den Erfordernissen, die einerseits auf ein im Großbetrieb einzuhaltendes Blockgewicht und andererseits auf einen möglichst günstigen Ablauf der Erstarrung abzielen.

Mit der Erstarrung geht die Blockseigerung und die Lunkerbildung vor sich. Beide werden sich bei Beachtung aller angezogenen Einflüsse auf ein Maß beschränken, das für den Werkstoff im Hinblick auf seinen Verwendungszweck keine Gefahren in sich schließt. Welche

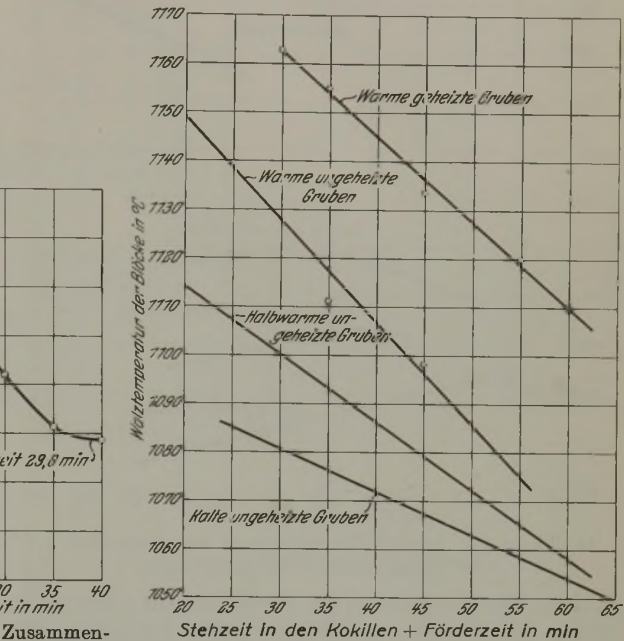


Abbildung 10. Einfluß der Stehzeit in der Kokille + Förderzeit auf die Walztemperatur der Stahlblöcke.

gegeben. Deutlich tritt das Verhältnis zutage, wenn aus einem Rohblock zwei Längen zu 30 m oder zwei Längen zu 30 und eine Länge zu 15 m gewalzt werden. Vom Werkstandpunkt aus ist es also sehr wesentlich, neben 30-m-Längen auch stets 15-m-Längen in Auftrag zu erhalten, um auf diese Weise den besonders unangenehmen Ausschuß bei 30-m-Längen herabzudrücken.

Zahlentafel 3. Verteilung des Schienenausschusses auf die verschiedenen Blockschichten.

Gewalzte Länge . m	Ausschuß %		
	5 × 15	2 × 30	2 × 30 und 1 × 15
Schiene			
A	14,97	12,95	8
B	8,09	—	15
C	8,21	—	—
D	9,37	—	—
Z	17,87	23,0	15
Mittel . .	11,20	17,6	11,7

Die Fehler, deren Ursachen wie Spritzer, Schalen, Mattschweißen, Randblasen und Transkristallisation in den vorausgegangenen Ausführungen näher besprochen sind, äußern sich in Splittern und Rissen, die der Natur der Sache entsprechend zum Teil erst nach längerem Befahren der Schiene zutage treten, wie das besonders H. Meyer¹⁷⁾ an einigen treffenden Beispielen erläutert hat.

Die Verfestigung des Stahles ist mit dem Abheben der Kokille noch nicht beendet. Es soll deshalb zum Schluß hier noch kurz eingegangen werden auf die Aufgabe der Betriebe,

¹⁷⁾ Die Eisenbahnschiene, ihr Werdegang im Hüttenwerk. Vortrag, gehalten auf der Schienentagung in Düsseldorf am 2. April 1930. Ferner: Stahl u. Eisen 48 (1928) S. 506.

¹⁶⁾ Arch. Eisenhüttenwes. 5 (1931/32) S. 186/90.

seine vollkommene Erstarrung in einer Weise herbeizuführen, daß der Block auch noch die aus walztechnischen wie metallkundlichen Gründen erforderliche gleichmäßige Walzwärme innen und außen behält. Dabei ergeben sich in der Hauptsache vier verschiedene Möglichkeiten für den Verlauf der

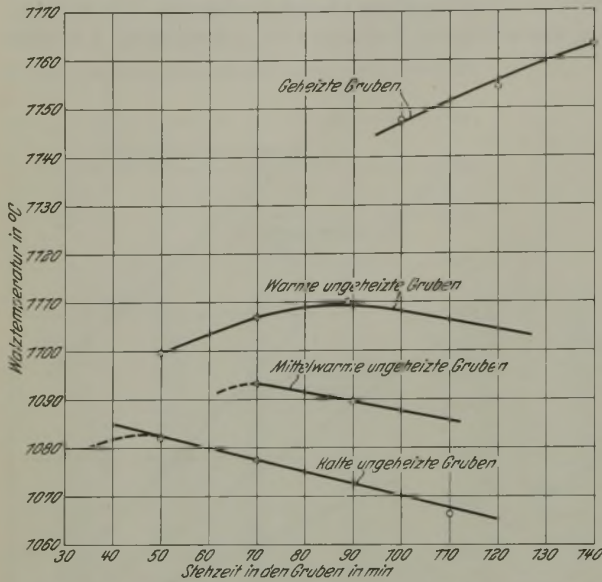


Abbildung 11. Einfluß der Stehzeit in den Tiefgruben auf die Walztemperatur der Stahlblöcke.

mittleren Blocktemperatur, von der Wärme des vergossenen Stahles (etwa 1425°) ausgehend bis zur Erreichung der Walztemperatur an der Blockstraße von etwa 1150°.

- A. In der Regel wird der Block nach einem Aufenthalt in der Kokille von 30 bis 35 min in etwa 5 min zur ungeheizten Tiefgrube gebracht, in der er bis zu etwa 2 h verbleibt.
- B. Bei längerer Stehzeit in der Kokille oder unzureichender Temperatur der ungeheizten Gruben ist ein kurzes Aufwärmen des Rohblockes nach erfolgtem Umsetzen in den geheizten Tiefgruben erforderlich.
- C. Bei übermäßig langer Stehzeit in der Kokille oder Ueberfüllung der Tiefgruben werden Blöcke beiseite gesetzt und dann sofort in den geheizten Tiefgruben wieder auf Walztemperatur gebracht. Dieses Verfahren wird man nur im Notfall anwenden. Denn es schließt neben unnötigem Wärmeverlust die Gefahr in sich, daß einmal der Fadenlunker zur Ausbildung kommt, oder daß die Rohblöcke, die äußerlich schon sehr erkaltet erscheinen, zu früh in die Tiefgruben eingesetzt und dann mit teigigem Kern verwalzt werden, wenn sie nicht vorher schon, besonders in der Blockmitte, unter starken Ueberhitzungserscheinungen ausbauchen und zu Schrott werden.
- D. Die Rohblöcke werden nach normaler Kühlzeit in den Kokillen unmittelbar in geheizte Tiefgruben eingesetzt. In diesem Falle müssen die Gruben zur Vermeidung der unter C genannten Fehler mit reichlichem Gasüberschuß betrieben werden. Der Wärmeablauf gleicht hierbei ungefähr dem Fall A, das heißt bei einer bestimmten Bestzeit werden die Blöcke kälter, so daß heizbare Gruben unter Umständen niedrigere Walz-

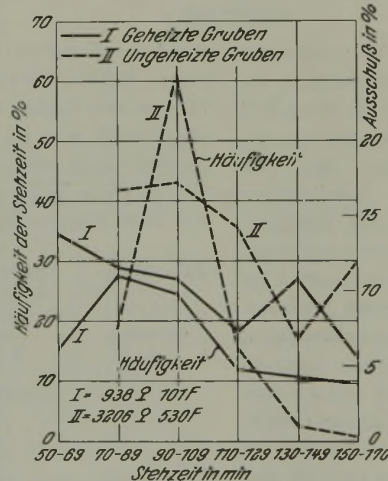


Abbildung 12. Beziehung der Stehzeit in den geheizten und ungeheizten Tiefgruben zum Ausschuß.

temperaturen bringen als gutgehende ungeheizte Gruben. Dieser Mißstand führt leicht zu Trugschlüssen.

Umfangreiche Beobachtungen, die zum Teil schon in einer Arbeit von W. Heiligenstaedt¹⁸⁾ verwertet sind, haben sich mit diesem wichtigen Teilgebiet befaßt, und zwar unter Berücksichtigung von Schienenstahlblöcken. Die Ermittlungen haben ergeben, daß bei einer Stehzeit des Blockes in der Gußform von 25 bis 35 min seine durchschnittliche Wärme um annähernd 7°/min abnimmt. Für den Aufenthalt des Blockes im Freien (während seiner Beförderung in die Tiefgrube), beträgt die Temperatursenkung etwa 15°/min. Hieraus ersieht man, daß die Abkühlung je Zeiteinheit in der Kokille wesentlich geringer — nur halb so groß — ist als an der Luft, daß jedoch dieser Wert schon um dessentwillen berücksichtigt werden muß, weil man vor Ablauf von 20 min nach dem Abgießen des Stahles die Kokille nicht abheben darf, da der Block sich noch nicht überall von ihr gelöst hat und infolgedessen Rißbildung zu gewärtigen wäre; man wird mit einer mittleren Stehzeit von 30 min zu rechnen haben. Eine weitere Erhöhung dieser Zeitspanne verbietet sich schon wegen des Verschleißes der Kokille, besonders aber auch aus der Erkenntnis des Einflusses, den die Kühlzeit in der Gußform auf die Walztemperatur hat. Abb. 9 zeigt diesen Einfluß deutlich, ebenso Abb. 10. Hier tritt aber auch die Wärme der Tiefgruben in ihrer Wirkung selbst stark hervor insofern, als auch kurze Steh- und Förderzeiten bei kalt oder schlapp gehenden ungeheizten Tiefgruben keine ausreichende Walztemperatur mehr einzuhalten gestatten und andererseits wieder warme ungeheizte Tiefgruben den Wärmeverlust bei langen Steh- und Förderzeiten nicht zu decken vermögen.

Auch beim Betrieb der geheizten Tiefgruben zeigt sich bei gleicher Aufheizzeit ein erheblicher Unterschied in den erreichbaren Walztemperaturen in Abhängigkeit von der Steh- und Förderzeit.

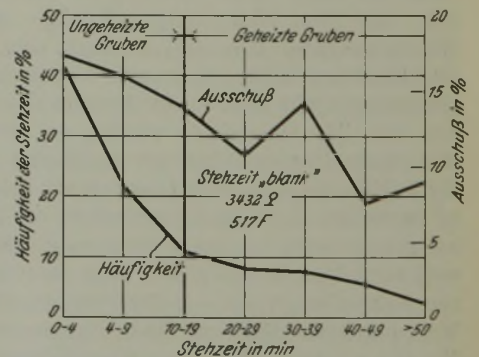


Abbildung 13. Beziehung der Stehzeit im Freien zum Ausschuß.

Für jeden Wärmezustand der Tiefgruben ergibt sich auch eine günstigste Stehzeit der Blöcke in ihnen (Abb. 11 und Zahlentafel 4). Sie liegt bei warmen Gruben zwischen 80 und 100 min. Kürzere Stehzeit ergibt niedrigere Temperaturen; ob dies daran liegt, daß der Block noch nicht ausgeglichen ist oder daß diese Gruben den Block anfangs noch aufheizen, muß dahingestellt bleiben, da die Wechselwirkung zwischen Block und Mauerwerk sowie die Strahlungsverluste der Tiefgruben noch nicht ergründet sind. Längere Stehzeit zieht langsames Erkalten des Blockes nach sich. Ähnlich liegt die günstigste Stehzeit in den mittelwarmen Gruben zwischen 60 und 80 min; der Block gleicht sich schneller aus, und das Erkalten tritt eher ein.

¹⁸⁾ Arch. Eisenhüttenwes. 3 (1929/30) S. 709.

Bei kaltgehenden Gruben sinkt die Stehzeit auf 40 bis 60 min, was für den Wärmeausgleich durchaus unzureichend ist.

Ausgehend von einer Stehzeit in der Kokille + Förderzeit von 30 min sind bei den drei genannten Wärmestufen innerhalb der ungeheizten Tiefgruben und den festgelegten günstigsten Stehzeiten mittlere Blocktemperaturen an der Blockwalze von 1135, 1110 und 1085° zu erreichen. Ueberschreitung dieser Stehzeiten hat Temperaturminderungen von 0,2 bis 0,25°/min zur Folge. Je Minute kürzere Stehzeit in der Kokille und im Freien ließe sich in den drei verschiedenen warmen Ofengruppen eine Steigerung der mittleren Blocktemperatur um 2,2, 1,4 und 0,9°/min erzielen. Das bedeutet wiederum, daß auch durch einen sehr frühzeitig abgezogenen Block in einer kalten

Zahlentafel 4. Beziehung zwischen Stehzeiten, Wärme der Tiefgruben und Walztemperatur.

	Ungeheizte Tiefgruben			Geheizte Tieföfen
	warm	mittelwarm	kalt	
Annähernde Wärme der Gruben °C	1100	1025	950	1175
Günstigste Stehzeit in den Tiefgruben min	80—100	60—80	40—60	über 140
Mittlere Blocktemperatur an der Blockstraße °C	1135	1110	1085	1165
Temperaturminderung je min längere Stehzeit in den Tiefgruben °C	0,2—0,25			
Temperaturerhöhung je min kürzere Stehzeit in den Kokillen + Förderzeit (Normalfall 30 min)	2,2	1,4	0,9	1,77

Rohblock über den allgemein gültigen Bestwert seiner Stehzeiten hinaus im Freien und nachher in der Tiefgrube verbleibt, dann wird dieser Block durch stärkere Verzunderung sauberere Oberflächenbeschaffenheit erhalten. Natürlich darf die Verzunderung nicht bis zum Ablauen gesteigert werden, da sonst ein gelegentliches Aufschließen tiefer gelegener Randblasen erfolgt.

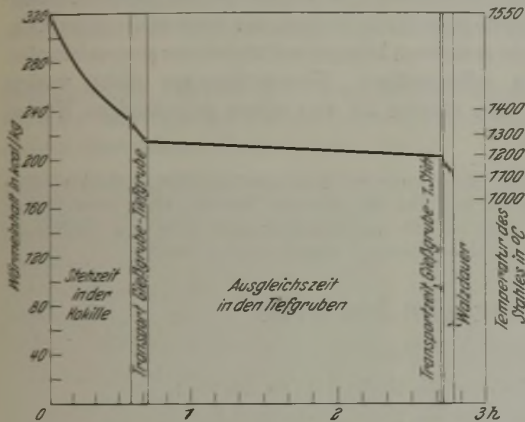


Abbildung 14. Veränderung von Wärmeinhalt und Temperatur im Blockdurchschnitt.

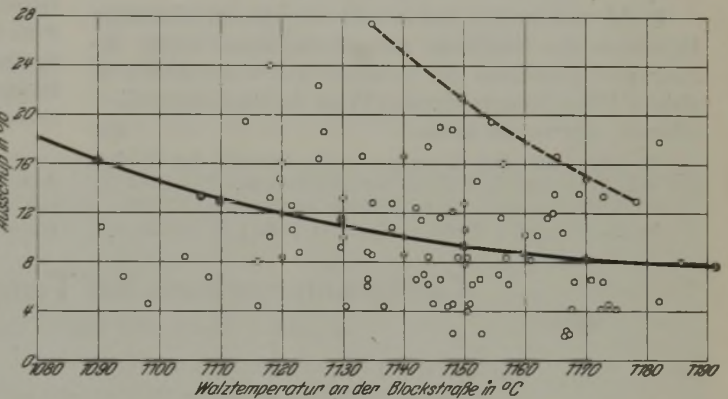


Abbildung 15. Abhängigkeit des Schienenausschusses von der Walztemperatur an der Blockstraße.

Grube kein wesentlicher Wärmegewinn mehr zu buchen ist. Andererseits werden die Tiefgruben infolge ihrer Wärmespeicherungsfähigkeit um so mehr wärmeausgleichend und -steigernd wirken, je kälter die eingesetzten Blöcke sind.

In den geheizten Tiefgruben nimmt die Walztemperatur mit der Stehzeit in den beobachteten Grenzen zu. Es läßt sich bei der im laufenden Betrieb nötigen Blockfolge und der hierbei verfügbaren Aufheizzeit eine mittlere Walztemperatur von 1165° erreichen. Durch Verkürzung der Stehzeit in der Kokille und der Förderzeit tritt immer noch eine Temperaturerhöhung von 1,77°/min ein.

Die Auswertung einer größeren Reihe von Walzungen zeigt (Abb. 12) eine gute Uebereinstimmung zwischen dem Sinken des Ausschusses und der Erhöhung der Stehzeit in den geheizten Tiefgruben. Für die ungeheizten Gruben ergibt dieselbe Auswertung einen Bestwert der Abstehtzeit von 140 min. Dieser von den früheren Angaben in Zahlentafel 4 abweichende Wert erklärt sich daraus, daß man bei den ungeheizten Tiefgruben eine Zusatzbeheizung mit Gichtgas eingeführt hat.

Eine auffallende Erscheinung ist die Verminderung des Ausschusses mit Verlängerung der Stehzeit des Blockes im Freien (Abb. 13). Auf die Gefahren dieser Betriebsweise wurde schon hingewiesen. Wenn es jedoch gelingt, durch besondere Beheizung der Tiefgruben eine ausreichend hohe Walztemperatur auch dann noch zu gewährleisten, wenn der

Es ist ausdrücklich darauf hinzuweisen, daß die wiedergegebenen Zahlenwerte nicht verallgemeinert werden dürfen. Sie vermögen aber wohl zur Anstellung ähnlicher Beobachtungen anzuregen; denn sie legen jedenfalls dar, daß die Wartung der Tiefgruben, besonders wenn diese in sich starke Ungleichheiten aufweisen, mit größter Ueberlegung zu geschehen hat, und daß für den Erfolg einer Walzung der pünktliche und durchaus gleichmäßige Ablauf der Blockbeförderung und des Blockausgleiches für eine und dieselbe Walzung ein Hauptfordernis darstellt. Hierbei die Frage der Gasersparnis in den Vordergrund zu stellen, wäre eine sehr zweischneidige Maßnahme.

Die keineswegs einfachen Vorgänge im Wärmeverlauf eines Rohblockes hat Heiligenstaedt in Anlehnung an die im Robloch vorgenommenen Messungen für einen 4-t-Block nachgerechnet, und er kommt dabei auf eine mittlere Walztemperatur von 1150°. Dies Ergebnis deckt sich fast vollständig mit der Erfahrung und kann als Beweis für die Richtigkeit der Rechnung betrachtet werden (Abb. 14).

Die eingehenden Zeit- und Wärmestudien sind nicht Selbstzweck, sie dienen vielmehr der Erkenntnis, daß das Entscheidende die Erzielung einer möglichst hohen Walztemperatur bleibt. Hierüber liegen klare und eindeutige Zahlenwerte vor, die immer wieder bestätigen, was schon aus den Ausführungen von H. Meyer¹⁷⁾ hervorgeht, daß nämlich mit steigender Walztemperatur eine Abnahme des

Ausschusses eintritt, weil Risse von der Transkristallisation oder von Randblasenbildung herrührend selbst bei Vorhandensein größerer Oxydeinschlüsse bei hoher Walztemperatur vollständig verschweißen. Einen entsprechenden Beleg für die Bedeutung hoher Walztemperatur¹⁹⁾ liefert Abb. 15 durch die obere Begrenzung der Punkte, die besagt, daß Stahl, der seiner Beschaffenheit nach Anlaß zu äußeren Fehlern gibt, durch warmes Walzen sehr verbessert werden kann. Völlig einwandfreier Stahl bewährt sich auch bei niedrigen Walztemperaturen, die aber immer noch über 1080° liegen müssen.

Neben der Walztemperatur darf die eigentliche Walzarbeit in ihrer Bedeutung für den Erfolg der Schienenherstellung nicht außer acht gelassen werden, wenn ihre ausführlichere Darstellung auch den Rahmen des vorliegenden Berichtes überschreiten würde. Es sei nur kurz erinnert an den Einfluß der Walztemperatur auf die Ausbildung des Gefüges und der Seigerung²⁰⁾, an die Beschaffenheit der Block- und Fertigwalzen, an die sorgfältige Einhaltung des festgelegten Stichplanes, ferner an die Bedeutung des wechselnden Bearbeitungsgrades bei Schienen von verschiedenem Metergewicht und schließlich an die Richtarbeit²¹⁾.

Zusammenfassung.

In der vorliegenden Arbeit wird versucht, die bisherigen Ergebnisse der Forschung zusammenzufassen, welche die Saarwerke gemeinsam der technisch wie wirtschaftlich in gleicher Weise bedeutungsvollen Frage der Schönheitsfehler-schienen zugewendet haben.

¹⁹⁾ Mittel aus den Messungen nach Austritt des Blockes aus dem 2., 3. und 4. Kaliber der Blockstraße.

²⁰⁾ R. Stumper: Stahl u. Eisen 49 (1929) S. 177/87.

²¹⁾ A. Lobeck: Stahl u. Eisen 51 (1931) S. 128/29.

Ausgehend von der Beschaffenheit des Roheisens und des Kalkes werden die verschiedenen metall- und wärme-kundlichen Gesichtspunkte bei der Herstellung und Verarbeitung des Schienenstahles erörtert. Eine große Zahl von Einflüssen bestimmen das Ergebnis der Fertigung. So wenig, wie durch die vorliegenden Untersuchungen die einschlägigen Fragen etwa zum eindeutigen Abschluß gebracht werden, ebensowenig darf an die bereits vorliegenden Erkenntnisse die Erwartung geknüpft werden, als ob nunmehr die Schönheitsfehlerschiene aus dem technischen und kaufmännischen Gesprächsstoff ein für allemal zur allgemeinen Befriedigung verschwinden würde. Der Erfolg wird freilich um so größer sein, je mehr die einmal erkannten besten Betriebsbedingungen während einer Walzung allgemein gewürdigt und durch verständnisvolle Zusammenarbeit aller dauernd eingehalten werden können; es muß aber auch festgestellt werden, daß empfindliche Rückschläge eintreten werden, wenn auch nur ein Gesichtspunkt aus irgendeinem Grunde nicht erfüllt ist. Ruhige, vorsichtige und unvoreingenommene Beurteilung jeder Walzung, auch einer einmal ungünstigeren Walzung, wird die außerordentlich vielseitige Frage klären helfen, wobei die Betriebsleute im Stahl- und Walzwerk die tatkräftige Unterstützung ihrer Werksleitungen sowie ihrer Fachgenossen am Hochofen und im Kalkwerk nicht entbehren können und von einem ausgezeichneten, durchaus selbständigen Werkstoffkenner nicht weniger beraten sein müssen als von einem zuverlässigen Wärmemann²²⁾.

²²⁾ Die Erörterung zu dem vorstehenden Bericht wird im Anschluß an den auf der gleichen Sitzung erstatteten Bericht von E. Spetzler: „Untersuchungen über den Entfall an Schönheitsfehler-Schienen“ veröffentlicht werden.

Gefügeuntersuchung bei Temperaturen bis 1100°.

Von Hans Esser und Heinz Cornelius in Aachen.

(Mitteilung aus dem Institut für Eisenhüttenkunde der Technischen Hochschule zu Aachen.)

[Bericht Nr. 212 des Werkstoffausschusses des Vereins deutscher Eisenhüttenleute¹⁾.]

(Einrichtung zur Durchführung von Gefügeuntersuchungen bei hohen Temperaturen. Beobachtungen über die α - γ -Umwandlung in reinem Eisen und unlegierten Stählen, über die Austenit-Martensit-Umwandlung in einem abgeschreckten Stahl mit 2% C und 2% Mn, über die Bildung von Temperkohle in weißem Roheisen sowie über die Löslichkeit von Sauerstoff in Elektrolyseisen in Abhängigkeit von der Temperatur.)

Der Versuch, das Gefüge von Metallen bei höheren Temperaturen zu untersuchen und so unmittelbar den Ablauf von Umwandlungen zu verfolgen, ist schon von P. Oberhoffer²⁾ gemacht worden. Das Verfahren ist aber von ihm nicht zu weiteren Forschungsarbeiten herangezogen worden, anscheinend da sich bei seiner Versuchsanordnung auf den Schliffen bei der Erhitzung eine dünne Schicht bildete, die sich nicht veränderte und so die Beobachtung von Gefügeumwandlungen ausschloß³⁾.

Im folgenden wird ein Vakuumheiztisch (Abb. 1) beschrieben, der metallographische Untersuchungen bei Temperaturen bis zu rd. 1100° auf verhältnismäßig einfachem Wege ermöglicht; da die Proben im luftverdünnten Raum (0,0001 mm QS) erhitzt werden, bleibt das Gefüge der Schliffoberfläche auch bei hohen Temperaturen klar sichtbar. Der obere Gehäuseteil des Tisches enthält die Heizspirale aus Chrom-Nickel- oder Wolframdraht, die in einem Block aus feuerfester Masse (Masse D 4 der Staatlichen

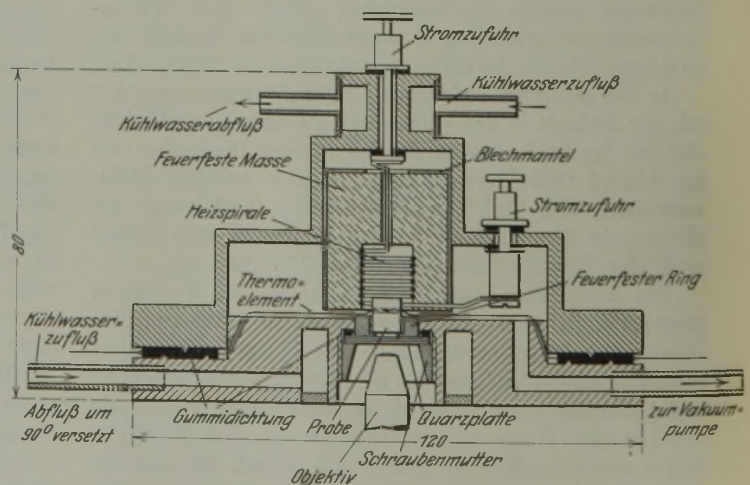


Abbildung 1. Vakuumheiztisch für metallographische Untersuchungen bei hohen Temperaturen.

¹⁾ Erstattet in der Sitzung der Gruppe 1 auf der Wissenschaftlichen Haupttagung des Vereins deutscher Eisenhüttenleute am 13. Mai 1933. — Sonderabdrucke sind vom Verlag Stahleisen m. b. H., Düsseldorf, Postschließfach 664, zu beziehen.

²⁾ Metallurgie 6 (1909) S. 554/67; vgl. Stahl u. Eisen 29 (1909) S. 879.

³⁾ Vgl. Stahl u. Eisen 34 (1914) S. 1352.

Porzellanmanufaktur, Berlin) durch die Zunge eines Blechmantels festgeklemmt wird. Der untere Gehäuseteil trägt die Probe, die in einem wärmeisolierenden Ring aus Masse D 4 auf einer luftdicht eingeschraubten Quarzplatte steht. Durch sie hindurch kann die polierte Grundfläche der Probe mikroskopisch beobachtet werden. In einer Bohrung der

Probe ist die Lötstelle des Thermoelementes untergebracht; bei der Temperaturmessung ist zu berücksichtigen, daß von der Lötstelle bis zur Schlißfläche ein beträchtliches Wärmegefälle besteht. Das Arbeiten mit der Einrichtung hat ein

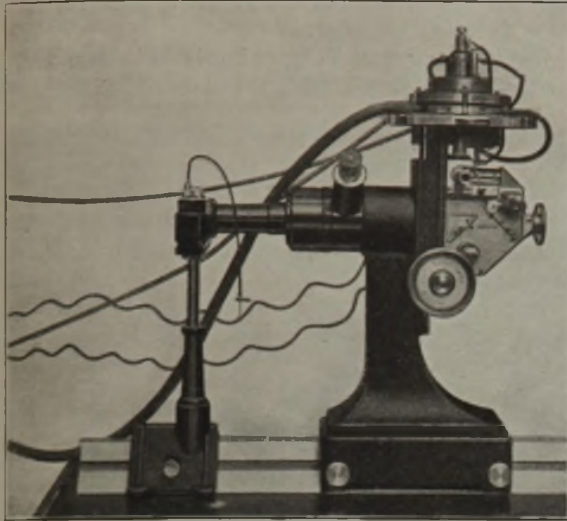


Abbildung 2. Mikroskopstativ mit Vakuumheiztisch und Leica-Kamera.

ausgezeichnetes Vakuum zur Voraussetzung; dieses wurde mit einer Ölpumpe als Vorvakuumpumpe und einer zweistufigen Quecksilberdiffusionspumpe erzeugt.

Mit dieser Versuchseinrichtung wurde in Zusammenarbeit mit H. Hanemann und E. O. Bernhardt ein Film⁴⁾ von verschiedenen Umwandlungsvorgängen in Stahl und Eisen aufgenommen, über dessen Ergebnisse im folgenden berichtet sei.

Bei reinem Eisen mit 0,03 % C wurde das Gefüge während der α - γ -Umwandlung beobachtet. Bei der ersten Erhitzung entstand auf der ungeätzten Schlißoberfläche kurz unterhalb A_{c3} ein Netzwerk von Ferritkornengrenzen (Abb. 3). Wurde bei der weiteren Erhitzung die A_{c3} -Temperatur überschritten, so überlagerte sich hierbei dem ersten α -Netzwerk ein neues, wahrscheinlich auf die Bildung des γ -Eisens zurückzuführendes γ -Netzwerk (Abb. 4), wobei allmählich eine Verwischung der Korngrenzen des Ferrits eintrat. Mit der Bildung des γ -Netzwerkes war gleichzeitig eine Aufrauung der Schlißoberfläche verbunden, die auf die Raumänderungen bei dem Gitterumschlag zurückgeführt werden darf. Die Beobachtung von B. A. Rogers⁵⁾, daß die Umwandlung wellenförmig über die einzelnen Kristallite verläuft, konnte nicht bestätigt werden. Bei der Abkühlung machte sich das Durchlaufen der Temperatur der γ - α -Umwandlung durch die Bildung eines dritten Korngrenzennetzwerkes (Abb. 5), das wiederum mit dem neugebildeten α -Eisen zusammenhängen dürfte, bemerkbar. Der Schliß zeigt somit bei einmaliger Erhitzung und Abkühlung ein dreifaches Netzwerk von Korngrenzen.

An unlegierten untereutektoidischen Stählen, von denen leicht mit alkoholischer Salpetersäure geätzte Schliße

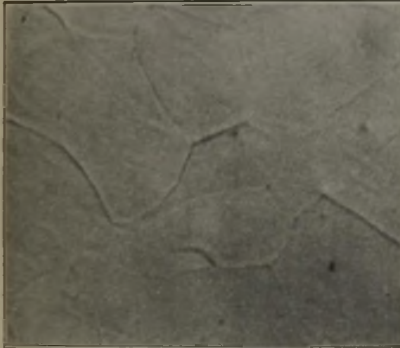


Abb. 3. Bei Erhitzung unterhalb A_3 .

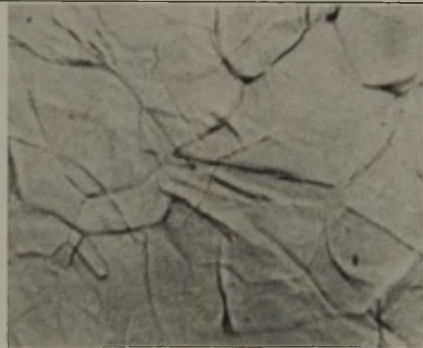


Abb. 4. Bei Erhitzung oberhalb A_3 .

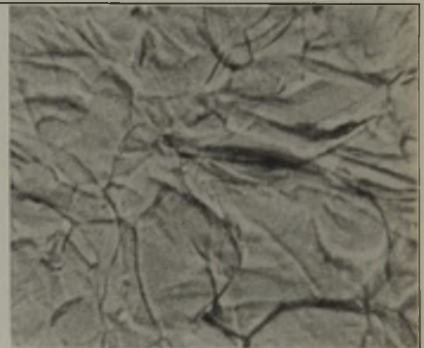


Abb. 5. Nach Abkühlung unterhalb A_3 .

Abbildungen 3 bis 5. Auswirkung der α - γ -Umwandlung auf die Schlißfläche von Karbonyleisen (ungeätzt, $\times 200$).



Abb. 6. Bei Raumtemperatur.

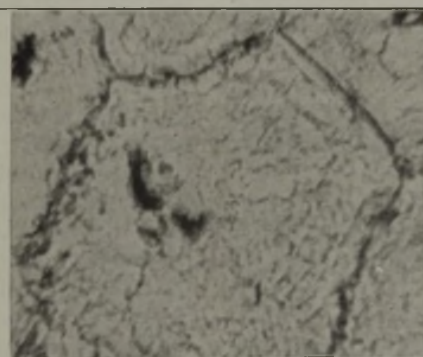


Abb. 7. Bei 1000°.

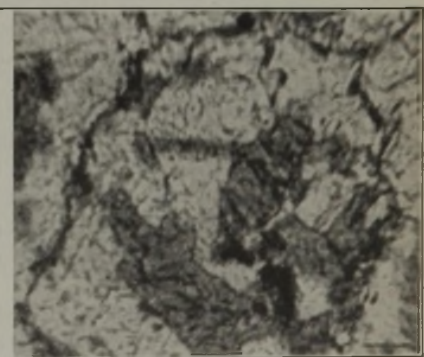


Abb. 8. Nach Abkühlung unter A_1 .

Abbildungen 6 bis 8. Gefügeumwandlung von Karbonyleisen mit 1,44 % C bei Erhitzung bis zu 1000° und anschließender Abkühlung (geätzt, $\times 200$).

Abb. 2 zeigt den zur Beobachtung auf ein Metallmikroskop aufgesetzten Heiztisch und als photographisches Gerät die „Leica“-Kamera. Diese ermöglicht die Aufnahme von etwa 15 Bildern je min und stellt für den vorliegenden Zweck einen geeigneten Ersatz für eine Filmkamera dar. Die optische Zusatzeinrichtung ist so beschaffen, daß das Bild für die Aufnahme während der subjektiven Beobachtung scharf eingestellt werden kann.

untersucht wurden, stellte man folgende Veränderungen bei der α - γ -Umwandlung fest. Mit der Erreichung des A_1 -Punktes verschwand die durch die Ätzung bei Raumtemperatur erzeugte Färbung des Perlits. Die Ursache hierfür

⁴⁾ Der Film wurde auf der Wissenschaftlichen Haupttagung des Vereins deutscher Eisenhüttenleute am 13. Mai 1933 vorgeführt.

⁵⁾ Trans. Amer. Inst. min. metallurg. Engr., Iron Steel Div., 1929, S. 370/80.

dürfte darin zu erblicken sein, daß das durch die Aetzung im Perlit gebildete Relief bei der Lösung des perlitischen Zementits größtenteils verschwindet. Kurz oberhalb A_{c_1} waren die ehemaligen Perlitinseln wegen ihrer rauheren Oberfläche noch deutlich von dem Ferrit zu unterscheiden. Mit der bei steigender Temperatur zunehmenden Umwandlung von Ferrit in Austenit verwischte sich dieser Unterschied mehr und mehr. Gleichzeitig bildeten sich die

wandlung bei der Abschreckung von unlegierten Stählen mit hoher Geschwindigkeit verläuft. Beim Anlassen des Manganstahles zerfiel der Austenit dagegen nur sehr langsam. Die mit dem Austenitzerfall verbundene Bildung eines nadeligen Reliefs war auf der sorgfältig polierten Schlieffläche deutlich erkennbar.

Die Bildung von Temperkohle bei einem weiß erstarrten Roheisen mit 3,8 % C und 0,97 % Si setzte ober-

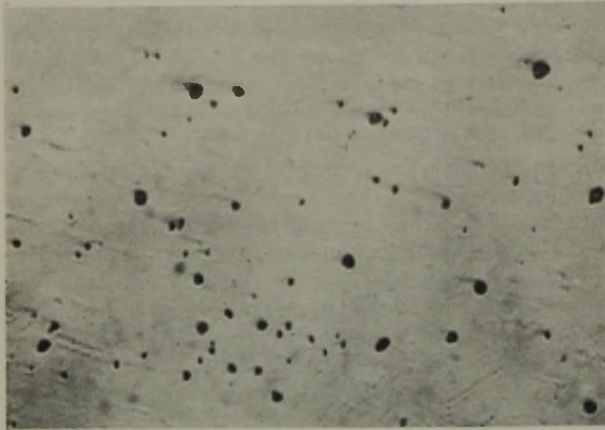


Abb. 9. Raumtemperatur.

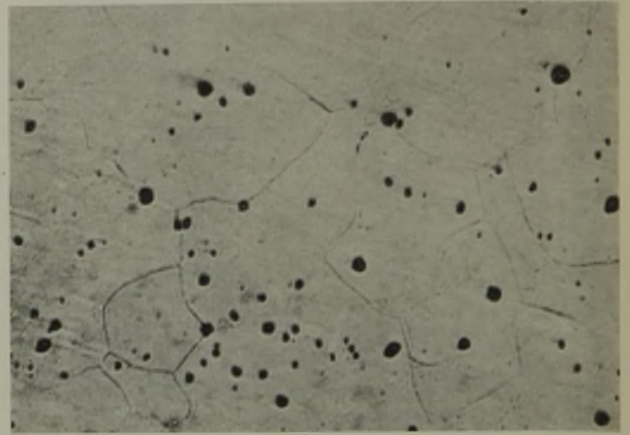


Abb. 10. 700°.

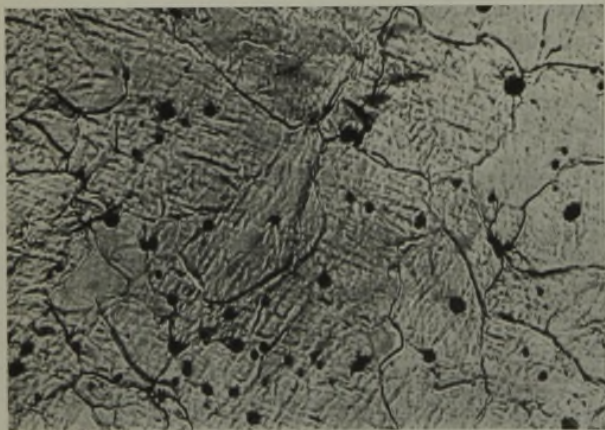


Abb. 11. 950 bis 1000°.

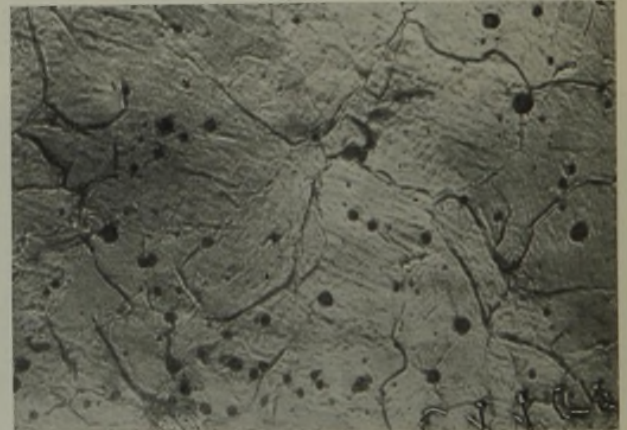


Abb. 12. Etwa 1100°.

Abbildungen 9 bis 12. Gefüge des Elektrolyteisens mit 0,1 % O₂ bei verschiedenen Temperaturen. (Ungeätzt, × 200.)

γ -Korngrenzen aus, die beim Halten oberhalb der Temperatur der beendigten α - γ -Umwandlung scharf hervortraten. Bei der Abkühlung entstanden mit der Neubildung des Ferrits wiederum neue Korngrenzen. Die Perlitbildung machte sich durch eine Dunkelfärbung der entsprechenden Teile der Schlieffoberfläche infolge der bei der Umwandlung eintretenden Reliefbildung bemerkbar.

Die Umwandlung von Stählen mit etwa eutektoidischem Kohlenstoffgehalt verlief in einem kleineren Temperaturbereich unter ähnlichen Erscheinungen wie bei untereutektoidischen Proben. An übereutektoidischen Stählen konnte neben der Umwandlung des Perlits die Auflösung des Zementits in dem Temperaturgebiet zwischen den Linien SK und SE des Eisen-Kohlenstoff-Schaubildes verfolgt werden (Abb. 6 bis 8). Die bei der Abkühlung sich bildenden Perlitgebiete zeigten häufig geradlinige Begrenzungen, die, wie sich nach erneuter Aetzung des abgekühlten Schliffes zeigte, durch nadelig ausgeschiedenen Zementit hervorgerufen wurden.

An einem von 1100° in Wasser abgeschreckten Stahl mit 2 % C und 2 % Mn wurde beim Anlassen der Austenitzerfall beobachtet. H. Hanemann und H. J. Wiester⁶⁾ haben gezeigt, daß die Austenit-Martensit-Um-

halb etwa 800° zunächst im Ledeburiteutektikum ein und war an dem Erscheinen kleiner schwarzer Punkte im ungeätzten Schliff zu erkennen, die sich mit der Erhöhung der Temperatur auf rd. 1100° zunächst langsam, dann sehr schnell vergrößerten und nach Erreichung einer bestimmten Größe nicht mehr weiter wuchsen. Nach Beendigung des Karbidzerfalles nahm die Temperkohle einen größeren Teil der Schlieffläche ein, als auf Grund des Kohlenstoffgehaltes der untersuchten Legierung zu erwarten gewesen wäre. Diese Beobachtung dürfte vielleicht so zu erklären sein, daß die Raumzunahme bei der Temperkohlenbildung in den Oberflächenschichten nicht zu so hohen Drücken führt wie im Innern einer Probe. Daher dürfte der Karbidzerfall an der Oberfläche in stärkerem Maße und mit größerer Geschwindigkeit verlaufen. Infolge der rasch vorschreitenden Verringerung des Karbidgehaltes in den Oberflächenschichten wird Karbid aus den benachbarten Schichten an die Oberfläche wandern und hier zerfallen.

Da die Frage, wie sich die Löslichkeit des Sauerstoffs in Eisen mit der Temperatur ändert, noch sehr umstritten ist⁷⁾, wurden auch darüber Gefügebeobachtungen bei hohen

⁶⁾ Arch. Eisenhüttenwes. 5 (1931/32) S. 377/82.

⁷⁾ Vgl. P. Oberhoffer, H. J. Schiffler und W. Hessenbruch: Arch. Eisenhüttenwes. 1 (1927/28) S. 57/68 (Werkstoffaussch. 108). C. Benedicks: Z. VDI 71 (1927) S. 1576; Z. anorg.

Temperaturen gemacht. Untersucht wurden zwei Proben, die durch Aufleiten von Sauerstoff auf im Vakuum eingeschmolzenes Elektrolyteisen hergestellt wurden; die erste enthielt etwa 0,05 % O₂, die zweite 0,1 % O₂, daneben 0,004 % C, 0,004 % N und 0,02 % Mn. Abb. 9 bis 12 zeigen die gleiche Stelle des Stahles 2, ungeätzt, in 200facher Vergrößerung bei Raumtemperatur, 700, 950 bis 1000 und 1100° aufgenommen. Die Erhitzung auf 700° wurde in etwa 25 min vorgenommen; sodann wurde die Temperatur in etwa 10 min auf 850° gesteigert, hier 10 min gehalten,

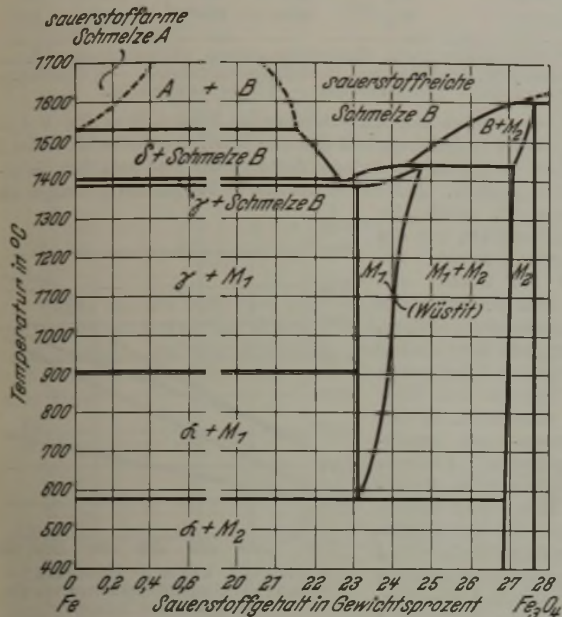


Abbildung 13. Das Zustandsschaubild Eisen-Eisenoxyduloxyd. [Zwischen 22 und 28 % O₂ nach R. Vogel und E. Martin: Arch. Eisenhüttenwes. 6. (1932/33) S. 109/11.]

weiter in 10 min auf 950 bis 1000° und schließlich in nochmals 10 min auf 1100° erhöht. Die Aufnahmen wurden jeweils nach einer Haltezeit von 10 min gemacht. Es zeigt sich, daß die Größe sämtlicher Oxydteilchen bis zu etwa 1100° nicht abnimmt, sondern daß sie sogar stärker, als durch die thermische Ausdehnung erklärt werden kann, zunimmt. Eine teilweise Auflösung der Oxydteilchen findet demnach nicht statt. Darüber hinaus ist anzunehmen, daß die Teilchen, die bei 200facher Vergrößerung nicht sichtbar sind (sie betragen gegenüber 1500facher Vergrößerung etwa 2 bis 3 %), sich mit den größeren vereinigen und

allg. Chem. 171 (1928) S. 231/38; vgl. Stahl u. Eisen 48 (1928) S. 1335/37. R. Schenck: Z. anorg. allg. Chem. 166 (1927) S. 113/54; 182 (1929) S. 97/117; vgl. Stahl u. Eisen 50 (1930) S. 18/19. W. Krings und J. Kempkens: Z. anorg. allg. Chem. 183 (1929) S. 225/50; vgl. Stahl u. Eisen 50 (1930) S. 19 u. 1530. C. Dünwald und H. Wagner: Z. anorg. allg. Chem. 199 (1931) S. 321/46. H. Schenck und E. Hengler: Arch. Eisenhüttenwes. 5 (1931/32) S. 209/14. H. Esser: Z. anorg. allg. Chem. 202 (1931) S. 73/76. R. Schenck: Z. anorg. allg. Chem. 206 (1932) S. 73/95; vgl. Stahl u. Eisen 52 (1932) S. 785. J. Reschka, E. Scheil und E. H. Schulz: Arch. Eisenhüttenwes. 6 (1932/33) S. 105/08; Mitt. Forsch.-Inst. Verein. Stahlw., Dortmund, 3 (1932) S. 1/18.

dadurch deren Wachsen bei hohen Temperaturen verursachen. Die gleichen Erscheinungen, die hier für die Probe 2 beschrieben wurden, waren auch an Legierung 1 zu beobachten. Um zu untersuchen, ob die Einschlüsse in den beiden untersuchten Stählen tatsächlich Eisen-Sauerstoff-Verbindungen darstellten, wurden Proben bei der Erhitzung in Wasserstoff mikroskopisch beobachtet. Bereits bei 650 bis 700° fand nach kurzer Zeit eine beträchtliche Reduktion der Einschlüsse statt. Danach dürfte in Anbetracht der Abwesenheit wesentlicher Mengen von Fremdmetallen feststehen, daß die Einschlüsse wirklich aus Eisenoxyden bestanden.

Kühlt man eine reine Eisen-Sauerstoff-Legierung nach beendeter langsamer Erstarrung aus Temperaturgebieten kurz unterhalb der Soliduslinie verhältnismäßig schnell ab, so sind die im Schlibbild sichtbaren Sauerstoffeinschlüsse netzförmig angeordnet. Diese Ausbildungsform, die leicht zu der irrigen Auffassung führen kann, daß man es mit einem Eutektikum zu tun hat, muß entstanden sein, indem die in der Schmelze bei der Abkühlung sich bildenden Eisenkristalle die noch flüssigen Eisenoxydteilchen an den Kristallgrenzflächen vor sich hergeschoben haben. Die Eisenkristallite selbst sind praktisch sauerstofffrei. Auf Grund des angeführten mikroskopischen Befundes über die Löslichkeit des Sauerstoffs im festen Eisen und der Erklärung des Zustandekommens einer nur scheinbar eutektischen Anordnung des Sauerstoffs im Eisen wäre das Eisen-Sauerstoff-Zustandsschaubild nach C. Benedicks und H. Löfquist⁹⁾ für die niedrigen Sauerstoffgehalte so abzuändern, daß das Löslichkeitsgebiet des festen Eisens für Sauerstoff und der eutektische Punkt fortfallen (Abb. 13). Dagegen wird angenommen, daß sich die Mischungslücke bis zur reinen Eisenseite ausdehnt.

Im Schrifttum finden sich eine Reihe von Angaben über die Fähigkeit des Sauerstoffs, mit dem Eisen ausscheidungshärtbare Legierungen zu bilden⁹⁾. Nach den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit sind im System Eisen-Sauerstoff die Vorbedingungen für die Ausscheidungshärtung nicht gegeben. Soweit daher an Sauerstoffstählen solche Erscheinungen festgestellt worden sind, dürfen diese nicht dem Einfluß des Sauerstoffs, sondern müssen dem Einfluß von geringen Mengen von Kohlenstoff, Stickstoff und vielleicht Wasserstoff zugeschrieben werden. Für die beiden ersten Elemente ist nachgewiesen, daß sie bereits in sehr niedrigen Konzentrationen merkliche Ausscheidungshärtung herbeiführen.

Zusammenfassung.

Unter Verwendung eines Vakuumheiztisches wurden die α - γ -Umwandlung, die Auflösung des Perlits und des sekundären Zementits, die Austenit-Martensit-Umwandlung beim Anlassen von Stahl mit 2 % C und 2 % Mn und die Temperkohlenbildung bei höheren Temperaturen unmittelbar mikroskopisch beobachtet. An Elektrolyteisen wurde gezeigt, daß sich Eisenoxyde im festen Eisen nicht merklich lösen.

⁹⁾ Z. anorg. allg. Chem. 171 (1928) S. 231/38; vgl. Stahl u. Eisen 48 (1928) S. 1335/37.

⁹⁾ Vgl. W. Eilender und R. Wasmuth: Arch. Eisenhüttenwes. 3 (1929/30) S. 659/64.

Umschau.

Röntgen-Tagung des Eisenhüttenmännischen Instituts der Technischen Hochschule in Berlin.

Im Anschluß an die Hauptversammlung des Vereins deutscher Gießereifachleute wurde am 14. November 1932 im Eisenhüttenmännischen Institut der Technischen Hochschule zu Berlin eine Röntgen-Tagung veranstaltet, die den Zweck haben sollte, die bei dieser Gelegenheit in Berlin weilenden Gießereingenieure über den heutigen Stand der Röntgenprüfung zu unterrichten.

Durch Erstattung mehrerer Vorträge und durch eine daran anschließende Führung durch die Röntgenabteilung des Instituts, bei der praktische Vorführungen erfolgten und Aussprachen über besonders im Vordergrund stehende Fragen angeschlossen wurden, wurde dieser Zweck erreicht. Die große Teilnahme an den Vorträgen und die rege Erörterung ließen erkennen, daß die Ver-

anstellung einem Bedürfnis entgegenkam und Anerkennung gefunden hatte.

Als erster Redner sprach Dr.-Ing. Otto Mies, Hamburg, über den

Zusammenhang der Leistungen und Kosten bei Röntgen- und γ -Durchstrahlung.

Nach allgemeinen Ausführungen über die Natur der Röntgenstrahlen und die hier in Betracht kommenden physikalischen Grundgesetze ging der Vortragende auf die Kernfrage der Kostenberechnung ein.

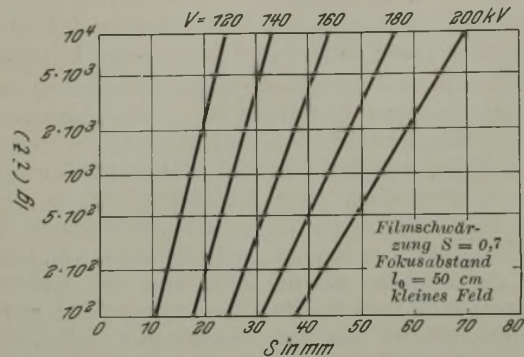


Abbildung 1. Belichtungsstafel für Eisen für verschiedene Röhrenspannungen V.

Die Grundlage für die Kostenberechnung bildet eine Belichtungsstafel, wie sie Abb. 1 zeigt. Sie ist in diesem Falle aus bestimmten Gründen aus den Belichtungsstafeln von O. Morgenstern¹⁾, R. Berthold²⁾ und M. Widemann³⁾ durch entsprechende Umrechnung und Mittelbildung gewonnen. In der Belichtungsstafel ist für verschiedene Röhrenspannungen V zu der zu durchstrahlenden Stoffdicke S die zugehörige Belichtungsgröße $b_0 = i \cdot t$ (Stromstärke \times Belichtungszeit) angegeben. Für die Betriebskosten spielt nicht die Belichtungszeit als solche eine Rolle, sondern die Betriebszeit der Röhren. Die Belichtungszeit t stimmt nun nicht genau mit der

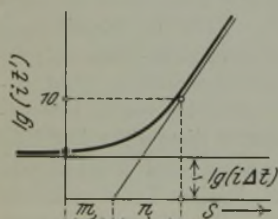


Abbildung 2. Durchstrahlbare Schichtdicke in Abhängigkeit von der Röhrenbetriebszeit t.

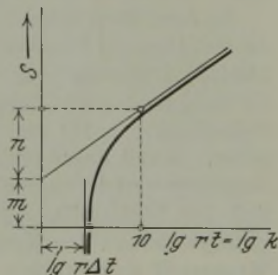


Abbildung 3. Durchstrahlbare Schichtdicke in Abhängigkeit von den Kosten K des Röhrenbetriebes.

Röhrenbetriebszeit t' überein, da die Röhre stets vor der Belichtung während einer Verlustzeit Δt in Betrieb ist, während der der Film noch nicht belichtet wird. Wegen der Verlustzeit Δt darf die Kostenberechnung nicht unmittelbar auf der Belichtungsstafel aufgebaut werden. Diese muß erst umgezeichnet werden in ein Schaubild, das statt der Belichtungsgröße (Belichtungszeit \times Stromstärke) die Größe $t' \cdot i$ (Betriebszeit \times Stromstärke) enthält. Diese Umzeichnung ist in Abb. 2 und 3 angedeutet. Rechnet man sich die Unkosten r aus, die der Betrieb einer Anlage in der Zeiteinheit macht, so sind die Kosten einer Aufnahme $k \cdot r \cdot t'$. Will man die Kurven maßstäblich zeichnen, so muß man die Kosten r zahlenmäßig berechnen, was im folgenden für einige Beispiele durchgeführt ist.

Die Anlagen, für die die Kosten bestimmt werden sollen, sind in Zahlentafel 1 zusammengestellt. Die Kosten entsprechen wirklich gelieferten Anlagen, können aber natürlich nur als Beispiele aufgefaßt werden. Die der Berechnung unterworfenen Anlagen unterscheiden sich durch die Höhe der erreichbaren Spannung und deren zeitlichen Verlauf.

Baulich sind die Anlagen 3 und 4 bis auf die Röhren einander gleich. Die Kosten K_A , K_V und K_R für Anlage, Ventile und

Röhren sind zu tilgen und zu verzinsen, und zwar ist angenommen:

- Anlage und Zubehör in 5 Jahren,
- Ventile in 1000 h,
- Röhren in 500 h.

Zahlentafel 1. Anschaffungskosten von Röntgenanlagen in Reichsmark.

Gegenstand	Bezeichnung	Anlage 1 125 kV puls.	Anlage 2 200 kV puls.	Anlage 3 200 kV puls.	Anlage 4 300 kV puls.
Anlage ¹⁾	K_A	3900	6200	10 550	11 750 ²⁾
Ventile	K_V	250	400	900	900
Röhren	K_R	680 ³⁾	1500 ³⁾	1 500 ³⁾	800 ⁴⁾

¹⁾ Einschließlich Stativ, Hochspannungsleitung, Kühlvorrichtung der Röhre, Schutzkleidung, Metallkassetten, Dunkelkammereinrichtung. — ²⁾ Einschließlich Strahlenschutz. — ³⁾ Strahlensicher. — ⁴⁾ Nicht strahlensicher.

Die dadurch jährlich entstehenden Kosten $K = A + V + R$ gibt Abb. 4 in Abhängigkeit von den jährlichen Betriebsstunden Z wieder. Je größer die Anlage, desto größer sind natürlich die absoluten Kosten. Jedoch ist Anlage 4 im ganzen günstiger als Anlage 3, weil der Strahlenschutz von der Röhre getrennt ist.

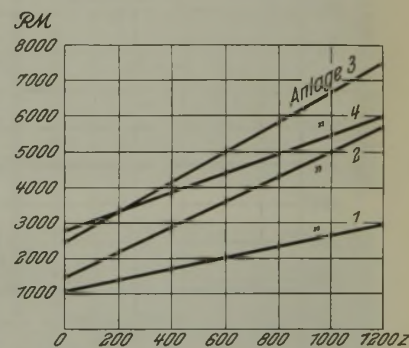


Abbildung 4. Kosten für Tilgung und Verzinsung der Anschaffungskosten von vier verschiedenen Anlagen. (z = Brennstunden im Jahr.)

Daß die Kosten mit der Zahl der jährlichen Brennstunden steigen, hängt mit dem stärker werdenden Verbrauch an Ventilen und Röhren zusammen. Zu den Tilgungs- und Verzinsungskosten kommen noch Generalien, Gehälter, Löhne und Stromkosten, für deren jährliche Höhe die in Abb. 5 dargestellten Annahmen gemacht sind. Der Vergleich der Anlagen 3 und 4 zeigt wieder deutlich den Einfluß der Röhrenamortisation. Betreibt man die Anlage im Jahr mit z Röhrenbetriebsstunden und macht in der Stunde a, also im Jahre a z Aufnahmen, so kann man aus den Jahreskosten durch Division mit a z die Grundkosten einer Aufnahme berechnen, bei denen noch die Kosten für photographisches

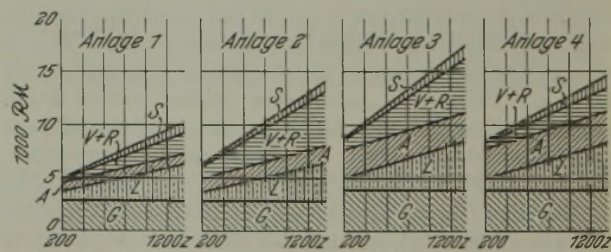


Abbildung 5. Gesamtjahreskosten von vier verschiedenen Anlagen.

- G = Gehälter, unveränderliche Löhne, Generalien,
- L = Löhne, veränderliche Gehälter,
- A = Tilgung und Verzinsung der Anlage,
- V + R = Tilgung und Verzinsung der Ventile und Röhren,
- S = Stromkosten,
- z = Betriebsstunden im Jahr.

Material unberücksichtigt sind. Diese Grundkosten sind in Abb. 6 dargestellt in Abhängigkeit von a für je zwei Werte z, und zwar für z = 1200, entsprechend voller Ausnutzung der Anlage, und z = 300, entsprechend einer viertel Ausnutzung der Anlage.

Es handelt sich nun darum, die Kosten mit den Leistungen der Anlagen, d. h. den durchstrahlbaren Schichtdicken zu vergleichen. Das gelingt mit Hilfe von Kurven nach Abb. 3. Abb. 7 zeigt solche Kurven, die für Anlage 1 berechnet sind, und zwar für Kupfer und Eisen. Für 1200 und 300 jährliche Röhrenbetriebsstunden ist je eine Kurve gezeichnet. Die Kosten bei Viertel ausnutzung sind 2,2mal so hoch wie bei voller Ausnutzung der Anlage. Die an die Kurven geschriebenen Zahlen bedeuten die Zahl der Aufnahmen in der Stunde.

Einen Vergleich der Anlagen 1 bis 3 für die Durchstrahlung von Aluminium und Eisen ermöglichen die Kurven der Abb. 8 und 9. Man sieht, daß unter den zugrunde gelegten Umständen Anlage 1 bis 106 mm Aluminium bzw. 13 mm Eisen am billigsten arbeitet, von da bis 178 mm Aluminium bzw. 56 mm Eisen

¹⁾ Der gegenwärtige Stand der Röntgendurchstrahlung von Metallen (Berlin: Selbstverlag 1928).

²⁾ Grundlagen der technischen Röntgendurchstrahlung (Leipzig: J. A. Barth 1930).

³⁾ Gießerei 18 (1931) S. 576/80; Metallwirtsch. 11 (1932) S. 383.

Anlage 2, darüber aber Anlage 3. Wenn bestimmte Aufgaben vorliegen, ist es also wichtig, die Anlage passend auszuwählen. Aus diesen und ähnlichen Kurven ist die **Zahlentafel 2** zusammengestellt, die die Gesamtkosten einer Aufnahme und die dazugehörigen Schichtdicken für Aluminium, Eisen und Kupfer unter den zugrunde gelegten Voraussetzungen bei kleinem Feld enthält.

Zahlentafel 2. Vergleich der Gesamtkosten von Film- und Papieraufnahmen.

Abstand Film bis Röhrenmitte 50 cm.

Anlage	Ausnutzung	Kosten in RM Filmaufnahmen			Kosten in RM Papieraufnahmen			Durchstrahlbare Dicken in mm			Material
		Zahl der Aufnahmen in einer Stunde bei $i = 8 \text{ mA}$									
		40	20	2	24	10,9	1	40 bzw. 24	220 bzw. 10,9	2 bzw. 1	
1	1	1,45	1,60	4,32	0,68	0,98	6,42	114	130	172	Al
	1/4	1,64	1,98	8,06	0,99	1,67	13,84	15	18	22	Fe
2	1	1,58	1,86	6,88	0,90	1,46	11,50	178	201	260	Al
	1/4	1,77	2,23	10,63	1,30	2,14	18,93	44	50	67	Fe
3	1	1,78	2,26	10,94	1,23	2,20	19,55	206	226	293	Al
	1/4	1,91	2,51	13,42	1,44	2,65	24,47	47	54	72	Fe
								29	33	44	Cu

Die Kosten sind für volle und Viertelausnutzung angegeben. Zu den Grundkosten sind die Kosten für das photographische Material zugezählt, und zwar sowohl für Aufnahmen mit Doppelfilm und zwei Verstärkerfolien als auch für Bromsilberpapier mit einer Folie.

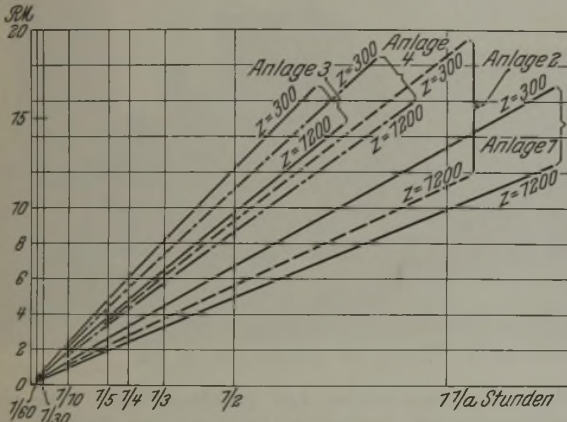


Abbildung 6. Grundkosten einer Aufnahme in Abhängigkeit von der Anzahl a der Aufnahmen in 1 h und der Zahl z der jährlichen Betriebsstunden.

Bei Leuchtschirmbetrachtungen fallen die Kosten für photographisches Material fort. Die Kosten einer solchen Betrachtung hängen von der Zeit ab, die erforderlich ist, die Eigenschaften des durchstrahlten Stückes festzustellen. Kosten für verschiedene Durchstrahlungszeiten enthält **Zahlentafel 3**. Darin kann man die

Zahlentafel 3. Mindestgrundkosten einer Aufnahme bzw. Kosten der Leuchtschirmbetrachtung in Reichsmark.

Anlage	1	2	3	4
Ausnutzung der Anlage	1	1/4	1	1/4
0,5 min	0,05	0,11	0,09	0,16
1,5 min	0,15	0,34	0,28	0,47
3,0 min	0,30	0,68	0,56	0,93

Zeit von 0,5 min als Verlustzeit Δt ansehen, 1,5 min als die praktisch kleinste Röhrenbetriebszeit während einer Aufnahme bzw. einer Betrachtung, während 3 min etwa eine mittlere Betrachtungszeit für kleine Stücke darstellt. Die Zahlentafel gibt also auch die unteren Grenzen der Grundkosten einer Aufnahme an. Die für diese Grundkosten durchstrahlbaren Stoffdicken lassen sich den Kurven der **Abb. 8** und **9** entnehmen. Aus **Zahlentafel 2** folgt, daß bei geringen Schichtdicken Papieraufnahmen trotz der erforderlichen längeren Belichtungszeit billiger werden als Filmaufnahmen. Für Eisen liegt die Grenze für Anlage 1 bei etwa 20 mm, für Anlage 2 bei etwa 33 mm und für Anlage 3 bei etwa 55 mm. Die gewonnenen Zahlen sind natürlich nur grobordnungsmäßig zu bewerten. Im gegebenen Falle können die Belichtungszeiten aus den verschiedensten Gründen erheblich von

den hier verwendeten Mittelwerten abweichen, wie auch die Anlagekosten sowie die sonstigen der Berechnung zugrunde liegenden Aufwendungen im Einzelfalle von den hier gemachten Annahmen abweichen können.

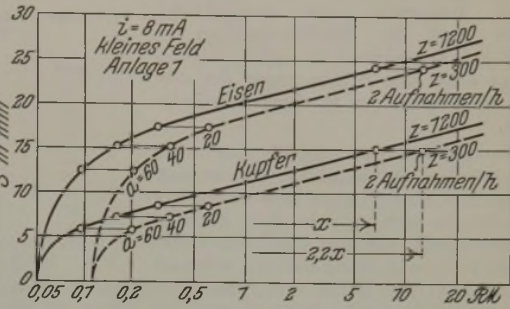


Abbildung 7. Grundkosten von Eisen- und Kupferaufnahmen in Abhängigkeit von Schichtdicke, Anzahl z der jährlichen Betriebsstunden und Anzahl a der stündlichen Aufnahmen.

Wir gehen nunmehr noch kurz auf die γ -Durchstrahlungen ein. γ -Strahlen sind von viel größerer Härte als Röntgenstrahlen, entsprechen also Röntgenstrahlen, die mit sehr hohen Röhrenspannungen erzeugt wären. Was gewinnt man mit so großer Strahlhärte hinsichtlich der durchstrahlbaren Schichtdicke?

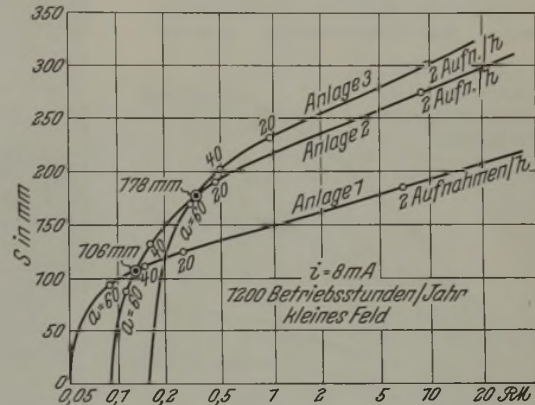


Abbildung 8. Durchstrahlbare Aluminiumdicke in Abhängigkeit von den Grundkosten einer Aufnahme.

In **Abb. 10** sind Kurven aufgetragen, die nach den besprochenen Mittelwerten der Belichtungstafeln von Morgenstern¹⁾, Berthold²⁾ und Widemann³⁾ die durchstrahlbaren Schichtdicken in Abhängigkeit von der Röhrenspannung zeigen. Die zu jeder Kurve gehörige Belichtungsgröße ist in $\text{mA} \cdot \text{s}$ angeschrieben. Die Kurven für Eisen und Kupfer steigen nach einer Art Potenzgesetz an.

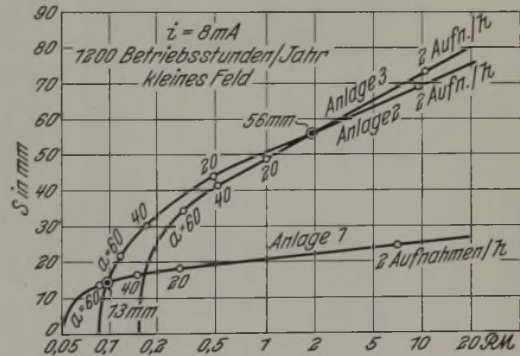


Abbildung 9. Durchstrahlbare Eisendicke in Abhängigkeit von den Grundkosten einer Aufnahme.

Daß das aber wohl für höhere Spannungen nicht mehr zutrifft, kann man aus den beiden Kurven für Aluminium schließen, die hinter dem steilen Anstieg einen Wendepunkt haben, nach dem die durchstrahlbare Schichtdicke mit wachsenden Spannungen immer langsamer ansteigt. Die sehr harten Strahlen werden also hinsichtlich der durchstrahlbaren Dicke keinen so großen Vorteil bieten, als man aus Versuchen mit weniger harten Strahlen zu schließen versucht wäre.

Aus diesem und anderen Gründen ergibt sich, daß Aufnahmen mit γ -Strahlen viel weniger kontrastreich sind, als man es von Röntgenaufnahmen gewöhnt ist; z. B. ist bei einem 150 mm starken Eisenstück ein Hohlraum von etwa 10 mm kaum noch wahrnehmbar.

γ -Strahlen kommen daher als Behelfsmittel nur bei der Durchstrahlung sehr dicker Stücke in Frage. Wegen der sehr geringen Intensität der Strahlung kleiner Präparate von radioaktiven Stoffen sind die Belichtungszeiten in der Regel außerordentlich groß. Dabei bereitet auch der Schutz gegen die sehr durchdringungsfähigen Strahlen Schwierigkeiten.

Die radioaktiven Stoffe, die man bisher zu technischen Prüfungen verwendet hat, sind Radium, Mesothor und Emanation. Sie unterscheiden sich sehr in ihrer Zerfallsgeschwindigkeit, die man durch die Halbwertszeit mißt, d. h. durch die Zeit, während der der Stoff die Hälfte seiner Strahlenergie einbüßt. Die Halbwertszeit beträgt bei Radium etwa 1700 Jahre, bei Mesothor 25 Jahre, bei Emanation 3,85 Tage. Infolgedessen unterscheiden diese Stoffe sich auch sehr stark im Preis. Für 1 mg Radium rechnet man zur Zeit 270 *R.M.*, für 1 mg Mesothor, das ist diejenige Gewichtsmenge Mesothor, die soviel Strahlenergie abgibt wie in gleicher Zeit 1 mg Radium, 170 *R.M.*, für die gleiche Menge Emanation 4 *R.M.*. 1 mg Mesothor kann man einen Monat lang für 5 *R.M.* entleihen. Unter Annahme entsprechender Tilgungs- und Verzinsungssätze kann man in gleicher Weise wie bei Röntgendurchstrahlungen den Zusammenhang zwischen

Zahlentafel 4. Fortschritte seit 1928 in den bei Röntgenprüfung notwendigen Belichtungszeiten.

Dicke mm	Gußeisen		Stahl			Kupfer			ohne Folie	mit Folie		
	Spannung kV	Belichtungszeit		Spannung kV	Belichtungszeit			Spannung kV			Belichtungszeit	
		1928 min	1931 min		1928 min	1931 min	1932 min				1928 min	1931 min
10	100	3	1,5	110	3	1,7	0,04	140	18	10		
20	130	12	3	135	18	3,5	—	160	30	18		
30	145	6	2,5	150	8	3	1,7	175	25	12		
40	155	11	7	170	30	8	2,5	185	50	30		
50	165	20	12	180	70	14	1,5	190	120	60		
60	175	45	20	185	100	25	4,6	200	240	120		
70	185	75	35	190	145	45	20,8	—	—	—		
80	195	110	60	195	190	75	—	—	—	—		
90	200	165	100	200	260	120	—	—	—	—		
100	200	240	150	200	360	180	—	—	—	—		

Reichsbahnrat Dr.-Ing. R. Bernhard, Berlin, ging auf die

Aufgaben des röntgenographischen Fehlernachweises in Sonderfällen

ein, wie sie im Betriebe der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft vorkommen. Der Vortrag wurde durch zahlreiche Lichtbilder belebt, von deren Wiedergabe hier abgesehen werden kann, da sie schon an anderen Stellen veröffentlicht sind⁵⁾. Es handelt sich hier vor allem um die zerstörungsfreie Unter-

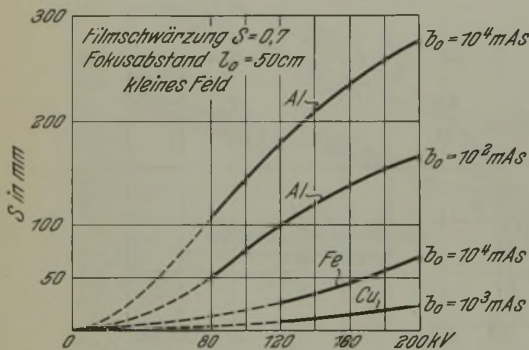


Abbildung 10. Abhängigkeit der durchstrahlten Schicht S von der Röhrenspannung bei gegebener Belichtungsgröße t_0 .

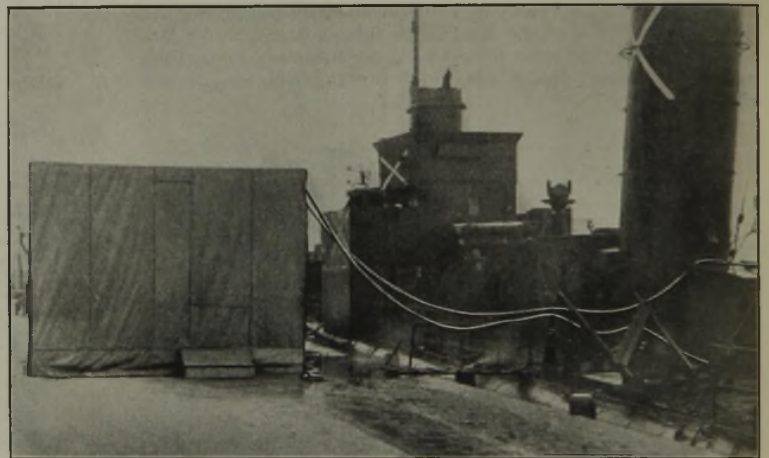


Abbildung 12. Aufbau der Röntgenanlage am Kai.

Kosten und Leistungen berechnen. Derartige Rechnungen haben Berthold und Riehl⁴⁾ durchgeführt. Danach werden γ -Durchstrahlungen etwa von 100 mm Eisenstärke an billiger als Röntgen-

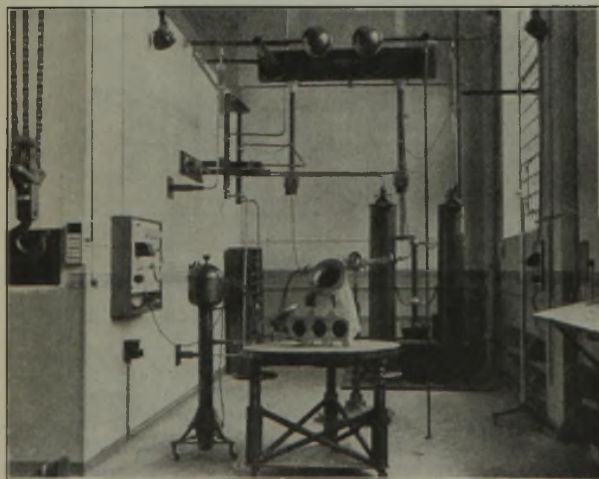


Abbildung 11. Ansicht des Röntgenuntersuchungsraumes im Wertlaboratorium.

durchstrahlungen mit 200 kV. Die Kosten liegen dann zwischen 15 und 100 *R.M.*, je nach Wandstärke des durchstrahlten Stückes (100 bis 150 mm) und Art des zur Durchstrahlung gewählten Präparates.

⁴⁾ R. Berthold und N. Riehl: Z. VDI 76 (1932) S. 401/06; vgl. Stahl und Eisen 52 (1932) S. 666/67.

suchung von geschweißten und genieteten Teilen sowie von Stahldruckflaschen, neuerdings auch um den Nachweis der Stahleinlagen in Betonbauwerken. Anbohren, Anfräsen oder Anstemmen ist für die Untersuchung besonders von dynamisch stark beanspruchten Teilen, wie sie vor allem bei Brücken vielfach vorkommen, kaum geeignet. Ein besonderer Vorteil des Röntgenverfahrens für derartige Zwecke besteht darin, daß durch Aneinanderreihen von Aufnahmen wichtige Querschnitte vollkommen durchgeprüft werden können, der Untersuchung also das Wesen einer Stichprobe genommen wird. Nachteilig ist, daß die Auswertung der Röntgenaufnahmen eine größere Übung erfordert, wodurch sich das Verfahren jedoch von anderen hochwertigen Prüfarten nicht unterscheidet.

Da die Prüfung zuweilen an fertigen Bauwerken vorgenommen werden muß, war es notwendig, eine fahrbare Röntgenanlage zu schaffen. Der Röntgenwagen der Reichsbahn-Zentralämter enthält einen Benzinmotor von 12 PS, der Wechselstrom von 220 V erzeugt, dazu die entsprechenden Kondensatoren, Gleichrichter und Umformer, so daß im Höchstfalle Gleichstrom von 300 000 V erzeugt werden kann. Besondere 25 m lange, kräftig isolierte Kabel ermöglichen den Anschluß der Röntgenröhren unmittelbar vor der zu untersuchenden Stelle auch außerhalb des Röntgenwagens. Die ganze Röntgeneinrichtung kann bei längere Zeit beanspruchenden Arbeiter, z. B. in einer

⁵⁾ A. Herr: Schmelzschweißg. 7 (1928) S. 178/92; 8 (1929) S. 59/60; Schaper: Bautechn. 8 (1930) S. 323/25; R. Bernhard: Z. VDI 74 (1930) S. 1201/07; Bautechn. 9 (1931) S. 12/17; Zentralbl. Bauverwaltg. 51 (1931) S. 806/07; M. Widemann: Gießerei 18 (1931) S. 576/80; P. Bardtke: Darstellung der gesamten Schweißtechnik (Berlin: VDI-Verlag 1931); R. Bernhard: Z. VDI 76 (1932) S. 805/06; Elektroschweißg. 3 (1932) S. 1/10; R. Bernhard u. Matting: Stahlbau 5 (1932) S. 114/16; W. Grimm u. F. Wulff: Autog. Metallbearb. 25 (1932) S. 65/75, 217/21 u. 232/37; Umschau 34 (1930) S. 38.

Werkstatt, aus dem Wagen herausgenommen werden. Unmittelbare Beobachtungen auf dem Leuchtschirm ermöglichen mit Hilfe helmartig ausgebildeter Kopfmasken aus dünnem Blei-

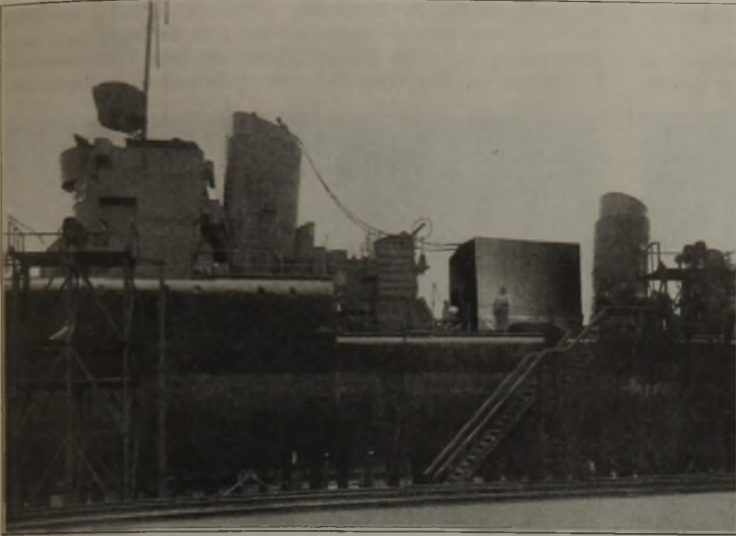


Abbildung 13. Führung der Hochspannungskabel durch den Schornstein eines Torpedobootes zum Kesselraum.

gummi auch im Freien die Durchleuchtungen, jedoch zunächst nur bis 20 mm Stahldicke. Bei größeren Dicken bis zu 100 mm Stahl oder 400 mm Beton kann man durch einzelne Aufnahmen Stichproben über eine Länge bis 400 mm machen; in vielen Fällen, z. B. an geschweißten Knotenpunkten, wird ohnehin eine Nahtlänge von 400 mm nur selten überschritten. Die zahlreichen bereits durchgeführten Untersuchungen haben gezeigt, daß irgendwelche Beförderungsschwierigkeiten der Anlagen nicht bestehen. Ein Schutz gegen Röntgenstrahlen und den hochgespannten Strom läßt sich verhältnismäßig einfach mit Absperrmaßnahmen durchführen. Hinzu kommt noch, daß im Gegensatz zur medizinischen Röntgentechnik bei Werkstoffaufnahmen die Anwesenheit von Menschen in der Nähe der zu untersuchenden Stelle nicht erforderlich ist.

Eine wichtige Rolle spielt bei allen praktischen Untersuchungen die Durchleuchtungsdauer, deren Abkürzung aus wirtschaftlichen Gründen angestrebt werden muß; die Kosten der Röntgenprüfung errechnen sich selbst bei den zur Zeit größten Anlagen ungünstigstenfalls zu 10 RM/h, wobei die Abschreibung mit einbegriffen ist. Durch Erhöhung der zulässigen Spannungen und der Stromstärke der Röntgenröhre, durch Verbesserung der Filme, Folien und Entwicklungsverfahren ist es gelungen, die Belichtungszeit erheblich abzukürzen. In *Zahlentafel 4* sind die seit 1928 erzielten Fortschritte zusammengestellt, woraus unter anderem hervorgeht, daß teilweise eine Kürzung der Belichtungszeit um mehr als 90 % erreicht worden ist; so kann man z. B. bei 20 mm Stahldicke und 135 000 V Röhrenspannung mit 2,4 s Durchleuchtung auskommen.

Sehr wichtig ist ferner die Kenntnis der Schwärzungsunterschiede im Röntgenbild bei verschieden dicken Profilen. Im Negativ werden die dickeren Profilteile infolge ihrer geringeren Strahlendurchlässigkeit weniger geschwärzt. Die wichtigste Aufgabe bleibt aber, die durch das Röntgenbild festgestellten Werkstofffehler auch richtig zu erkennen; ähnlich wie der Arzt es gelernt hat, aus dem Röntgenbefund auf die Krankheitsursache zu schließen, muß auch das Bild der Werkstoffuntersuchungen richtig in bezug auf Walzfehler, Gasblasen, Schlacken, Risse, Schweißfehler usw. gedeutet werden.

Herr Bernhard zeigte dann an einer Reihe von Beispielen, wie die Röntgendurchleuchtung von Knotenpunkten, Walzteilen, Schweißnähten, Gasflaschen Aufschluß über etwaige Fehler, die von außen oft in keiner Weise festzustellen sind, gibt. Bei Eisenbetonbauten kann die Röntgendurchleuchtung dann gute Dienste leisten, wenn Zeichnungen fehlen, z. B. bei Auf-

stockungen von Hochbauten und bei Brückenverstärkungen infolge erhöhter Verkehrslasten. Im Kriegsfall werden Röntgenaufnahmen statisch besonders wichtiger Punkte der Tragwerke im feindlichen Gebiet große Dienste leisten. Schließlich sind in Schadensfällen, z. B. bei Rissen, deren Ausdehnung mit bloßem Auge nicht erkennbar ist, nach Bränden, bei denen Schäden der Eiseneinlagen befürchtet werden, nach Einstürzen zur Klärung der Schuldfrage ähnliche Untersuchungen am Platze.

Das Röntgenverfahren kann danach als unentbehrliches Hilfsmittel bei der Untersuchung vieler wichtiger Fragen gelten. Gleichwertige Verfahren, die ohne jegliche Zerstörung des Baustoffes dasselbe leisten, bestehen zur Zeit noch nicht. Dabei ist aber eine Weiterentwicklung der Röntgenprüfung unbedingt erforderlich, da die Lösung vieler Aufgaben, besonders die okular-dioskopische Beobachtung in Verbindung mit Stereoaufnahmen über 20 mm Stahldicke hinaus sowie die Röntgenphotographie größerer Stahldicken als 100 mm und von Betondicken über etwa 400 mm, zur Zeit noch nicht in befriedigender Weise gelungen ist.

Obermarinebaurat Schatzmann, Wilhelmshaven, berichtete über die

Röntgentechnische Prüfung von Gußstücken auf der Marinewerft.

Im Kriegsschiffbau werden Gußstücke mannigfacher Art und sehr verschiedener Größe verwendet,

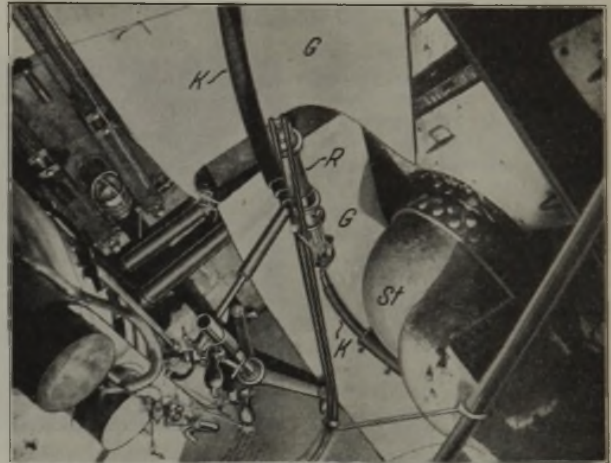


Abbildung 14. Blick in einen Torpedobootsheizraum mit den Anordnungen für eine Röntgenprüfung.

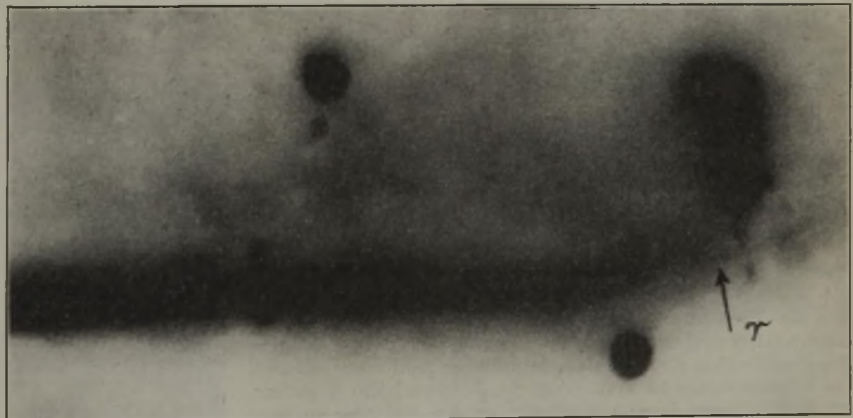


Abbildung 15. Auskreuzung eines Risses, darunter Lunker und Blasen sowie eine Fortsetzung r des Risses.

und zwar vor allem an Dampfkesseln und Turbinen sowie auch für Dieselmotoren, für elektrische und artilleristische Anlagen, für Steven, Wellenböcke und andere Schiffsteile. An die Güte dieser Bauteile, die zur Verringerung des Gewichts der Schiffe möglichst leicht sein müssen, werden im Betriebe und besonders im Gefecht hohe Anforderungen gestellt. Es genügt darum nicht, bei der Abnahme der Gußstücke die Festigkeitseigenschaften der Werkstoffe an sich festzustellen, die Gußstücke selbst müssen auch

auf Lunker- und Reißfreiheit geprüft werden. Das einzige Mittel, solche Mängel ohne Zerstörung des Gußstückes zu erkennen, bietet bisher die Röntgenuntersuchung.

Der vor rd. drei Jahren beschafften Röntgenanlage auf der Marinewerft in Wilhelmshaven sind daher folgende Aufgaben zugewiesen worden:

1. Prüfung von Gußstücken an Bord, die vor der Beschaffung der Röntgenanlage eingebaut wurden und an denen sich im

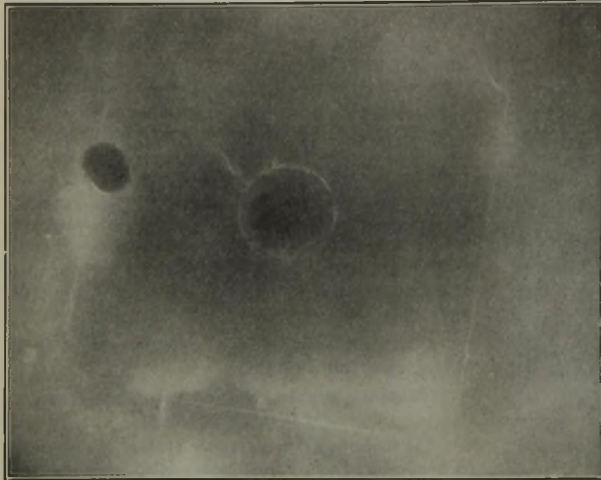


Abbildung 16. Feststellung einer nicht gebundenen Kernstütze in einem Stahlgußstück.

Betriebe Schäden herausstellen, die eine Röntgenprüfung angezeigt erscheinen lassen.

2. Prüfung der von auswärts an die Werft angelieferten wichtigen Gußstücke an stark beanspruchten Stellen vor der Bearbeitung der Stücke oder vor dem Einbau an Bord.
3. Prüfung von Gußstücken, die zu diesem Zwecke von fremden Lieferanten eingeschickt werden, weil sie von den Abnahmebeamten beanstandet worden sind. Erläuternd sei hierzu bemerkt, daß in die Werkstoffvorschriften der Marine eine Bestimmung aufgenommen worden ist, nach der wichtige Gußstücke an zweifelhaften Stellen durch eine Röntgendurchleuchtung zu untersuchen sind.

4. Prüfung aller Gußstücke, die auf der Marinewerft hergestellt werden.

Außerdem wird die Röntgenanlage auf der Marinewerft verwendet für die Untersuchung von

5. Kesselteilen aus Walzstahl, wie z. B. von gekrempften Kesselböden und Nietungen;
6. Schweißnähten, z. B. an Kesseln, Maschinengestellen, Behältern usw.;
7. Hochdruckluftbehältern, Anlaßflaschen für Dieselmotoren, Torpedoluftsammlern, Gasflaschen;
8. sonstigen Maschinenteilen und Werkstoffen.

Abb. 11 zeigt die Aufstellung der Röntgenanlage im Werftlaboratorium. Zur Linken im Bilde befindet sich ein mit Bleiplatten gegen Streustrahlen ausgeschlagener Raum, in dem ein Tisch zur Untersuchung von Gegenständen mit dem Leuchtschirm aufgestellt ist; ferner werden hier z. B. Prüfungen von Hochdruckgasflaschen usw. in größerer Zahl vorgenommen. Die Röntgenanlage ist ortsbeweglich; sie kann leicht abgebaut, mit Elektrokarren in eine Werkstatt, an den Kai oder an Bord geschafft und dort betriebsbereit aufgestellt werden, wozu im ganzen etwa $\frac{3}{4}$ h nötig sind. Die Aufnahmen müssen in diesen Fällen ohne Rücksicht auf die an der Nordseeküste besonders im Winter oft recht ungünstigen Witterungsverhältnisse durchgeführt werden (Abb. 12).

Abb. 13 zeigt die Aufstellung der Röntgenanlage an Deck eines Torpedobootes, in dem Stahlgußstücke an den Kesseln geprüft werden sollten. Der hochgespannte Strom von 120 000 bis 150 000 V wird in besonderen Kabeln durch einen Schornstein in die Kesselräume geleitet. Das verfügbare Kabel, unter-

teilt in Einzelstücke von 10 bis 20 m, gestattet, eine Entfernung bis zu 50 m von der Röntgenanlage bis zur Prüfstelle zu überbrücken; der Spannungsabfall ist dabei verhältnismäßig klein. Der Raum ist auf den Kriegsschiffen an sich schon auf das geringste für die Bedienung erforderliche Maß beschränkt. Die zu untersuchenden Stellen an den Kesseln liegen dann noch überwiegend an recht unzugänglichen Stellen; Hilfsmaschinen, Rohrleitungen, Gestänge, Schottversteifungen usw. liegen hin-

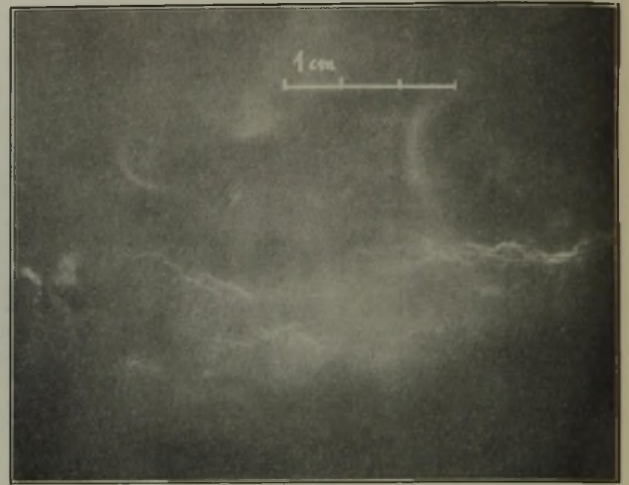


Abbildung 17. Röntgenaufnahme eines Risses in einem Hosenstutzen.

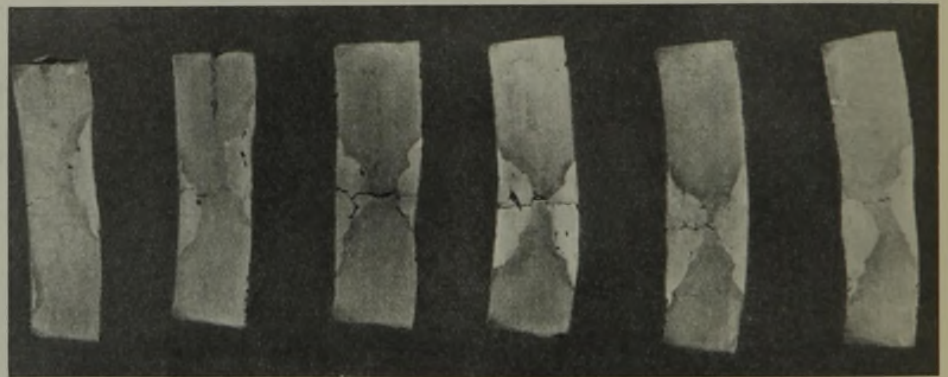


Abbildung 18. Querschnitte durch die schadhafte Stelle des Hosenstutzens nach Abb. 17.

dernd im Wege, besonders in den engen Räumen der Torpedoboote. Das Arbeiten mit Spannungen von 120 000 V und darüber und die erfolgreiche Durchführung der Röntgenaufnahmen unter solchen Bedingungen erfordert eine besondere Eignung und Geschicklichkeit. Ein ungefähres Bild von der Schwierigkeit

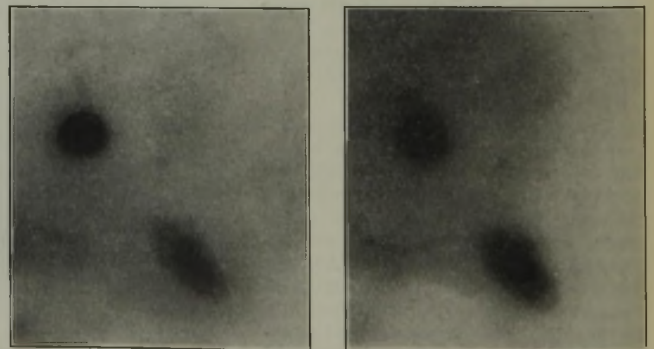


Abbildung 19. Bestimmung der Tiefenlage von Fehlstellen durch Stereo-Röntgenaufnahme.

der örtlichen Verhältnisse an Bord gibt Abb. 14. Sie zeigt einen Blick von oben in einen Torpedobootsheizraum, in dem ein Fallrohrstutzen St aus Stahlguß an einem Kessel geröntgt werden soll. Die Röhre R liegt dicht an stählernen Bunkerschott, von dem sie durch Gummipplatten G isoliert ist; K sind die Hochspannungskabel. Bemerkt sei hierbei, daß bei den Röntgenaufnahmen an Bord in Dienst befindlicher Schiffe keinerlei Gefahr für die Besatzung, auch nicht bei Kurzschluß,

besteht, weil der Schiffskörper eine vorzügliche Erdung ist. Es ist nur nötig, daß der Raum, in dem geröntgt wird, vom Bedienungspersonal während der wenigen Minuten, welche die Aufnahme beansprucht, mit Rücksicht auf die Röntgenstrahlen verlassen wird.

Das Ergebnis der Durchleuchtung des Fallrohrstutzens ist aus *Abb. 15* ersichtlich. Der breite dunkle Streifen ist die Auskreuzung eines Risses; die Aufnahme zeigte aber, daß ein Ende des Risses *r* noch nicht vollständig entfernt, und daß neben und unter dem Riß noch Lunken und Blasen vorhanden waren. Da der Stutzen auch an anderen Stellen noch Fehler zeigte, mußte er ausgebaut und durch einen neuen ersetzt werden. Beim Auseinanderschneiden des Stutzens wurden die durch Röntgenaufnahme festgestellten Schäden bestätigt. In einem anderen Falle konnte durch die Durchleuchtung eines Stahlgußstückes festgestellt werden, daß Kernstützen nicht gebunden und als Ausgang für längere und kürzere Risse gedient hatten. Außerdem zeigte sich, daß ungeeignete, zu dicke Kernstützen verwandt worden waren (*Abb. 16*). Als weiteres Beispiel aus den Ergebnissen der Röntgenprüfung sei erwähnt, daß in einem anderen großen Stahlgußstück, einem Hosenstutzen eines Schiffskessels, ein etwa 350 mm langer Riß festgestellt wurde (*Abb. 17*), der von der Lieferfirma, entgegen den Marinebestimmungen, geschweißt und, wie die Untersuchung zeigte, außerdem nicht durchgeschweißt worden war (*vgl. Abb. 18*); ein bedeutender Schaden, der zu schweren Folgen hätte führen können.

Die Röntgenanlage wird auf der Marinewerft natürlich nicht nur für die Prüfung von Gußstücken, sondern auch für andere Zwecke, in denen ihre Anwendung Vorteile bietet, ausgenutzt. In Frage kommen hier die Untersuchungen von Dampfkesselböden und vor allem von Schweißungen.

Die Tiefenlage von Fehlstellen kann durch Stereoröntgenaufnahmen mit hinreichender Genauigkeit festgestellt werden. *Abb. 19* zeigt eine solche Aufnahme, in der eine Gasblase und eine schwammige Stelle mit einer anschließenden Sandader in einem Stahlgußstück nachgewiesen und ihrer Lage nach bestimmt wurden.

Herr Schatzmann schloß damit, daß sich die Röntgenprüfung bei der Marinewerft als unentbehrliches Mittel zur Erhöhung der Zuverlässigkeit und Betriebssicherheit der Maschinenanlagen an Bord der Schiffe erwiesen habe. Es sei zu wünschen, daß die weiteren Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgentechnik, im besonderen auch auf dem Gebiete der Feinstrukturuntersuchung dazu führen möchten, auch schädliche Spannungen in Gußstücken und sonstigen Maschinenteilen in einfacher Weise festzustellen.

Verein deutscher Gießereifachleute.

Am 10. und 11. Juni 1933 hält der Verein deutscher Gießereifachleute in den Krollschen Festsälen zu Berlin seine 22. Hauptversammlung ab. Die Tagesordnung weist neben dem geschäftlichen Teil folgende Vorträge auf:

Gefahren für die Gießereipraxis bei Unterlassung von Einsprüchen gegen unklare Patentanmeldungen. Berichterstatter: Dr.-Ing. Rudolf Stotz, Düsseldorf.

Die Grundlagen der Selbstkostenermittlung für Eisengießereien. Berichterstatter: Direktor J. Petin, Hannover.

Beiträge zur Frage des legierten Gußeisens. Berichterstatter: Dr.-Ing. C. Pfannenschmidt, Köln.

Beiträge zur Primärkristallisation des Gußeisens. Berichterstatter: Dr. Franz Roll, Leipzig.

Die Festigkeit von geschweißten und gegossenen Teilen. Berichterstatter: Professor Dr.-Ing. A. Thum, Darmstadt.

Weltanschauung und Technik. Berichterstatter: Dipl.-Ing. Gottfried Feder, München.

Im Anschluß an die Hauptversammlung veranstaltet das Außeninstitut der Technischen Hochschule Berlin in Gemeinschaft mit dem Verein deutscher Gießereifachleute, der Deutschen Gesellschaft für Metallkunde und dem Gesamtverband deutscher Metallgießereien am 12. und 13. Juni in der Technischen Hochschule in Charlottenburg eine Metallgießereitechnische Vortragsreihe. Ferner veranstalten im Anschluß an die Hauptversammlung am 12. und 13. Juni das Eisenhüttenmännische Institut der Technischen Hochschule und der Verein deutscher Gießereifachleute Hochschulvorträge über Röntgentechnik im Gießereibetrieb mit anschließender Aussprache und Vorführungen im Röntgenlaboratorium des Eisenhüttenmännischen Instituts.

Anfragen und Anmeldungen sind an die Geschäftsstelle des Vereins deutscher Gießereifachleute, Berlin NW 7, Friedrichstraße 100, zu richten.

Von der Montanistischen Hochschule in Leoben.

In der Zeit vom 12. bis 24. Juni 1933 finden an der Leobener Hochschule Sondervorlesungen für Teilnehmer aus Berufskreisen statt, und zwar für Hüttenleute in der Zeit vom 12. bis 14. Juni, für Berg- und Hüttenleute vom 16. bis einschl. 21. Juni, und für Bergleute und Markscheider vom 22. bis einschl. 24. Juni. Die Gebühr für diese Kurse beträgt einheitlich 20 S je Teilnehmer. Anmeldungen sind an die Rektoratskanzlei der Montanistischen Hochschule in Leoben zu richten.

Patentbericht.

Deutsche Patentanmeldungen¹⁾.

(Patentblatt Nr. 19 vom 11. Mai 1933.)

Kl. 7a, Gr. 3, Sch 253.30. Verfahren zum Walzen von Z-förmigem Spundwandisen. Dipl.-Ing. Kurt Schroeder, Kassel.

Kl. 7b, Gr. 5/60, B 156 156. Drahtaspel. J. Banning A.-G. und Robert Feldmann, Hamm i. W.

Kl. 18a, Gr. 18, K 117 336. Verfahren zur Herstellung von Eisenschwamm. Klöckner-Werke A.-G., Abt. Georgs-Marien-Werke, Osnabrück, und Friedrich von Holt, Georgsmarienhütte bei Osnabrück.

Kl. 18c, Gr. 1/80, B 142.30. Verfahren zur Herstellung von Schrauben durch Kaltverformung eines kohlenstoffarmen Flußstahls von geringer Zugfestigkeit und großer Reinheit. Bauer & Schaarte, Rheinische Schrauben- und Mutternfabrik A.-G., und Dipl.-Ing. Karl Schimz, Neuß a. Rh.

Kl. 18c, Gr. 3/30, J 34 160; Zus. z. Anm. J 31 073. Verfahren zur Herstellung korrosions- und hitzebeständiger Oberflächen auf Eisen. I. G. Farbenindustrie A.-G., Frankfurt a. M.

Kl. 18c, Gr. 5/10, K 114.002. Verbrennungsluftvorwärmer. Friedrich W. Kelm, Industrieofenbau G. m. b. H., Berlin.

Kl. 18c, Gr. 9, S 99 591. Ofen mit zwei oder mehreren Kammern. Siemens-Schuckertwerke A.-G., Berlin-Siemensstadt.

Kl. 40a, Gr. 7/10, A 55 068. Schachtofenanlage zur Behandlung von festen Stoffen mit Gasen. Aktieselskabet Norsk Staal (Elektrisk-Gas-Reduktion), Oslo.

Kl. 40b, Gr. 16, R 84 926 und R 165.30. Warmverformbare Legierungen. Emil Reuter, Gießen.

¹⁾ Die Anmeldungen liegen von dem angegebenen Tage an während zweier Monate für jedermann zur Einsicht und Einsprucherhebung im Patentamt zu Berlin aus.

Kl. 40d, Gr. 2/30, S 99 615. Durchziehofen. Siemens-Schuckertwerke A.-G., Berlin-Siemensstadt.

Kl. 48c, Gr. 2/01, E 42 993. Verfahren zum Emaillieren von Gußeisen. Dipl.-Ing. Walter Eckhoff, Bünde i. W.

Kl. 48d, Gr. 4/01, M 112 370. Verfahren zur Verhinderung des Hartwerdens von pulverigen Phosphatrostschutzsalzen. N. V. Maatschappij Tot Exploitatie van de Parker Octrooien, „Parker Rust Proof“, Amsterdam.

Kl. 49h, Gr. 22, S 65.30. Verfahren zum Kaltbearbeiten von Werkstücken kreisrunden Querschnittes durch Richten, Runden, Glätten und Polieren im Schrägwalzwerk. Sutton Engineering Company, Pittsburgh, Pa. (V. St. A.).

Kl. 80b, Gr. 5/06, B 159 438. Vorrichtung zur Gewinnung von Hüttenbims aus Hochofenschlacken. Brück, Kretschel & Co., Osnabrück.

Deutsche Gebrauchsmuster-Eintragungen.

(Patentblatt Nr. 19 vom 11. Mai 1933.)

Kl. 7a, Nr. 1 261 846. Abrollvorrichtung für bandartiges Walzgut. Fried. Krupp Grusonwerk A.-G., Magdeburg-Buckau.

Kl. 7a, Nr. 1 261 847. Walzwerksgruppe zum fortlaufenden Walzen von Bändern u. dgl. Fried. Krupp Grusonwerk A.-G., Magdeburg-Buckau.

Kl. 31c, Nr. 1 261 850. Einrichtung zur Herstellung von Gußkörpern durch Schleuderguß. Eisen- und Stahlwerk Walter Peyinghaus, Egge bei Volmarstein a. d. Ruhr.

Kl. 31c, Nr. 1 261 855. Schleudergußform zur Erzeugung spannungsarmer, vorzugsweise ringförmiger Körper, die nach der einen oder nach beiden Stirnseiten zu offene Ausnehmungen aufweisen. Eisen- und Stahlwerk Walter Peyinghaus, Egge bei Volmarstein a. d. Ruhr.

Statistisches.

Die Rohstahlgewinnung des Deutschen Reiches im April 1933¹⁾. — In Tonnen zu 1000 kg.

Bezirke	Rohblöcke					Stahlguß			Insgesamt		
	Thomasstahl-	Bessemerstahl-	basische Siemens-Martin-Stahl-	saurer Siemens-Martin-Stahl-	Tiegel- und Elektro-	Schweißstahl- (Schweiß-eisen-)	basischer	saurer	Tiegel- und Elektro-	1933	1932
April 1933: 23 Arbeitstage, 1932: 26 Arbeitstage											
Rheinland-Westfalen . . .	142 004		252 863	4 010	6 647		6 446	2 886	464	415 320	409 453
Sieg-, Lahn-, Dillgebiet u. Oberhessen	—		16 912	—			203		—	17 563	10 616
Schlesien	—		17 364	—			95	257	—	17 828	17 192
Nord-, Ost- u. Mitteldeutschland			33 638	—	1 171		1 423	261	1 007	51 750	55 363
Land Sachsen	26 723		14 526	—			430			15 775	17 301
Süddeutschland u. Bayrische Rheinpfalz			1 176	—			81			12 689	11 322
Insgesamt: April 1933	168 727	—	336 479	4 010	7 818	—	8 678	3 742	1 471	530 925	—
davon geschätzt	—	—	3 700	—	450	—	—	480	5	4 635	—
Insgesamt: April 1932	157 083	3	337 794	5 033	6 324	1 723	8 445	3 665	1 177	—	521 247
davon geschätzt	—	—	2 000	—	—	—	—	—	—	—	2 000
Durchschnittliche arbeitstägliche Gewinnung										23 084	20 048
Januar bis April ²⁾ 1933: 100 Arbeitstage, 1932: 101 Arbeitstage											
Rheinland-Westfalen . . .	612 392		1 009 747	18 255	28 890		26 376	10 872	2 207	1 708 739	1 452 015
Sieg-, Lahn-, Dillgebiet u. Oberhessen	—		72 579	—			1 076		—	75 750	38 109
Schlesien	—		55 499	—			334	1 307	—	58 110	64 466
Nord-, Ost- u. Mitteldeutschland			105 131	—	3 521		6 234	858	3 561	162 689	142 257
Land Sachsen	93 610		64 088	—			2 241			69 391	59 911
Süddeutschland u. Bayrische Rheinpfalz			2 092	—			1 062		1 241	—	48 494
Insgesamt: Jan./April 1933	706 002	—	1 309 136	18 255	32 411	—	37 323	14 278	5 768	2 123 173	—
davon geschätzt	—	—	14 600	—	450	—	—	660	15	15 725	—
Insgesamt: Jan./April 1932	659 074	3	1 056 562	15 826	18 176	7 046	34 568	13 671	3 946	—	1 808 872
davon geschätzt	—	—	8 000	—	—	—	—	—	—	—	8 000
Durchschnittliche arbeitstägliche Gewinnung										21 232	17 910

¹⁾ Nach den Ermittlungen des Vereins Deutscher Eisen- und Stahl-Industrieller. — ²⁾ Unter Berücksichtigung der Berichtigungen für Januar bis März 1933 (einschl.).

Großbritanniens Roheisen- und Rohstahlerzeugung im April 1933.

	Roheisen 1000 t zu 1000 kg					Am Ende des Monats in Betrieb befindliche Hochöfen	Rohblöcke und Stahlguß 1000 t zu 1000 kg					Herstellung an Schweißstahl 1000 t
	Hämatit-	basisches	Gießerei-	Puddel-	zusammen einschl. sonstiges		Siemens-Martin-		sonstiges	zusammen	darunter Stahlguß	
							saurer	basisch				
Januar 1933	75,8	128,0	78,0	8,4	291,2	62	109,3	319,7	22,5	451,5	9,0	12,2 ¹⁾
Februar	72,9	127,6	62,3	10,4	275,1	63	115,4	348,6	26,4	490,4	8,9	12,3
März	93,1	151,4	79,3	7,9	337,5	70	131,2	423,1	32,6	586,9	11,1	
April	88,7	151,9	71,0	9,8	329,9	69				521,5		

¹⁾ Berichtigte Zahl.

Wirtschaftliche Rundschau.

Die Eisenerzförderung der Welt und der Verbrauch an Eisenerz der wichtigsten Länder in den Jahren 1930 und 1931.

Der allgemeine Rückgang der Eisenerzeugung in der Welt brachte zwangsläufig eine starke Einschränkung der Eisenerzförderung mit sich. Die Eisenerzförderung der Welt (s. *Zahlen-tafel I*), die ihren Höhepunkt im Jahre 1929 mit rd. 200 Mill. t erreichte, kann für das Jahr 1931 auf rd. 116 Mill. t geschätzt werden gegenüber 178 Mill. t im Vorjahre. Grundsätzlich ist über die Entwicklung der Eisenerzförderung im Jahre 1931 in den einzelnen Ländern festzustellen, daß besonders die Länder von dem Rückgang betroffen wurden, die infolge Fehlens einer eigenen Industrie gezwungen sind, ihre gesamte Förderung am Weltmarkt abzusetzen. Es sind dies die Länder wie Neufundland, Afrika, Australien usw. Aber auch die übrigen Länder mußten ihre Förderung dem Eisenerzverbrauch an, wobei nicht übersehen werden darf, daß in der Zwischenzeit eine gewisse Lagerbildung stattgefunden hatte und diese ebenfalls die Förderung beeinflusste.

Frankreich konnte durch die Einverleibung Elsaß-Lothringens seine Eisenerzgrundlage gewaltig ausdehnen und ist nächst den Vereinigten Staaten der wichtigste Eisenerzförderer der Welt; sein Anteil an der Welteisenerzförderung belief sich im Jahre 1931 auf 32,5 % und erreichte damit trotz dem Rückgang seiner Förderung nicht nur erstmalig die amerikanische Förderung, sondern überholte diese sogar noch um rd. 7 Mill. t. Gegenüber dem Jahre 1930 wurden allerdings 1931 etwa 10 Mill. t weniger gefördert. Die französische Eisenerzausfuhr betrug im Jahre 1931 nur noch 12,4 Mill. t gegenüber 15,1 Mill. t des Vorjahres.

Die Eisenerzförderung Luxemburgs erreichte mit 4,8 Mill. t 1931 nur noch 65 % der Vorkriegsförderung.

In Großbritannien stellte sich die Eisenerzförderung des Jahres 1931 auf 7,7 Mill. t oder rd. 4 Mill. t weniger als 1930 und 50 % weniger als 1913. Der Anteil Großbritanniens an der Weltförderung, der 1913 noch 9 % ausmachte, wurde im Jahre 1931 auf 6,5 % zurückgedrängt.

Der deutsche Eisenerzbergbau wurde infolge des starken Beschäftigungsrückganges in der Großeisenindustrie besonders hart mitgenommen. So wurden 1931 nur noch 2,6 Mill. t gefördert gegen 5,7 Mill. t im Vorjahre. Der Anteil Deutschlands an der Weltförderung nimmt von Jahr zu Jahr ab und beträgt heute nur 2 %. Auch die Einfuhr ging fast um die Hälfte zurück, und zwar von 13,9 Mill. t auf 7,1 Mill. t.

Schweden hatte im Jahre 1931 seine Vorkriegsförderung wieder erreicht, nachdem es 1930 diese noch um rd. 50 % überflügeln konnte. Seinen Anteil an der Weltförderung mit rd. 6 % konnte es jedoch auch 1931 behaupten. Dieser muß aber wegen des hohen Eisengehaltes der schwedischen Erze viel höher bewertet werden.

Die spanische Eisenerzförderung machte 1931 nicht einmal mehr ein Drittel der Vorkriegsleistung aus. An der Weltförderung ist Spanien noch mit 2,5 % beteiligt.

Die Vereinigten Staaten, die bis zum Jahre 1930 den größten Anteil an der Weltförderung hatten, mußten, wie bereits erwähnt, diese Stellung an Frankreich abgeben. Während die

Vereinigten Staaten bisher mehr als ein Drittel der Weltförderung auf sich vereinigen konnten, betrug der Anteil 1931 nur noch rd. 27 %.

Zahlentafel 1. Die Eisenerzförderung der Welt nach Erdteilen und Ländern in 1000 mt.

	1913	1928	1929	1930	1931 ^{b)}
Europa . . .	107 750	97 244	110 781	105 838	78 057
Deutsches Zollgebiet ^{a)} . . .	35 941				
Deutsches Reich ^{b)} . . .	a) 28 608 b) 7 309	6 475	6 374	5 741	2 621
Elsaß-Lothringen ^{c)} . . .	21 134	20 404	21 355	20 231	15 767
Ost-Oberschlesien ^{d)} . . .	105	17	12	8	4
Luxemburg ^{e)} . . .	7 333	7 027	7 571	6 649	4 765
Belgien . . .	151	164	156	131	126
Frankreich . . .	a) 21 918 b) 43 052	49 008	50 731	48 571	38 526
Griechenland . . .	314	167	253	256	
Großbritannien . . .	16 253	11 443	13 426	11 813	7 748
Italien . . .	603	641	722	730	574
Norwegen . . .	545	663	746	772	575
Oesterreich . . .	a) 3 039 b) 2 031	1 928	1 891	1 180	511
Polen . . .	493	737	659	477	285
Portugal . . .	48	14	9	6	
Rumänien . . .	a) 325 b) 465	84	90	93	62
Rußland . . .	a) 9 214 b) 10 300	6 035	7 650	10 425	10 612
Schweden . . .	7 476	4 669	11 468	11 236	7 071
Spanien . . .	9 862	5 771	6 547	5 517	3 129
Südslawien . . .	b) 229	439	428	431	133
Tschechoslowakei . . .	b) 1 800	1 779	1 808	1 653	1 235
Ungarn . . .	a) 2 059 b) 395	200	252	157	84
Nordamerika	64 708	64 703	75 717	60 816	32 162
Kanada (Ver-schiffungen)	279	2	3	—	1
Neufundland	1 457	1 509	1 518	1 473	596
Verein. Staaten ^{f)}	62 972	63 192	74 196	59 343	31 565
Mittelamerika:					
Kuba . . .	1 607	401	682	194	92
Südamerika:					
Chile . . .	14	1 515	1 812	1 721	712
Afrika . . .	1 967	4 028	4 318	3 852	1 881
Algier . . .	1 349	1 986	2 196	2 205	899
Belgisch-Kongo . . .	20	51	50	14	19
Marokko . . .		1 061	1 061	753	501
Südafrikanische Union . . .		21	38	52	15
Tunis . . .	598	909	973	828	447
Asien . . .	1 112	4 405	4 966	4 439	2 231
China ^{g)} . . .	440	925	980	849	580
Britisch-Indien . . .	377	2 089	2 468	1 879	1 651
Japan . . .	153	158	178	246	
Korea . . .	142	559	559	582	
Mandschurei . . .		674	781	883	
Australien . . .	176	686	867	952	303
Gesamtförderung	177 331	172 982	199 143	177 812	rd. 116 000

a = Vorkriegsgebiet; b = Nachkriegsgebiet.
¹⁾ Zum Teil vorläufige Angaben. — ²⁾ In Deutsches Reich enthalten. — ³⁾ In Frankreich enthalten. ⁴⁾ In Polen enthalten. — ⁵⁾ Einschließlich manganhaltiges Eisenerz. — ⁶⁾ Anschließend Mandschurei.

Im Gegensatz zu diesen Ländern konnte sich die russische Eisenerzförderung auch im Jahre 1931 nicht nur behaupten, sondern noch etwas zunehmen und die Vorkriegsförderung wieder erreichen.

Zahlentafel 2 gibt den Verbrauch an Eisenerz der fünf Haupt-eisenindustrielländer wieder. Gegenüber der in früheren Jahren erfolgten Berechnung des Eisenerzverbrauchs nach der Formel: Förderung — Ausfuhr + Einfuhr = Inlandsverbrauch sind dieses Mal die in den Erzeugungsstatistiken der einzelnen Länder aus-gewiesenen tatsächlich verhütteten Erzmengen der Roheisen-erzeugung gegenübergestellt worden. Dadurch sind die Fehler-quellen ausgeschaltet, die bei dem früheren Verfahren durch Nichtberücksichtigung der Lagerbestände entstanden sind. Im Deutschen Reich wurden im Jahre 1931 für die Erzeugung von 1 t Roheisen nur 1,39 t Erze verbraucht gegenüber 1,53 t im Vorjahre und 2,26 t im Jahre 1913. An den für die Roheisen-erzeugung eingesetzten Rohstoffen (ohne Koks) waren die Eisen-erze im Jahre 1931 mit 62 % und 1930 mit 68 % beteiligt. Dem-gegenüber konnte sich der Anteil der übrigen Rohstoffe, wie Schrott, Kiesabbrände, Schlacken und Sinter, entsprechend erhöhen und betrug 1931 rd. 38 % gegen 32 % im Jahre 1930. Auch ist der Rückgang des Eisenerzeinsatzes auf die steigende Verhüttung schwedischer Erze in den deutschen Hochofen zurück-

Zahlentafel 2. Der Eisenerzverbrauch der fünf Haupt-eisenindustrielländer in 1000 mt. (Zusammengestellt nach den Erzeugungsstatistiken der einzelnen Länder.)

	1913	1928	1929	1930	1931
Deutsches Reich:					
Erzverbrauch	37 834	19 167	21 280	14 877	8 453
Roheisenerzeugung	16 764	11 804	13 239	9 698	6 061
Erzverbrauch je t Roh-eisen in t	2,26	1,62	1,61	1,53	1,39
Belgien-Luxemburg¹⁾:					
Erzverbrauch	6 860	20 326	21 059	18 292	14 926
Roheisenerzeugung	2 485	6 627	6 947	5 838	5 251
Erzverbrauch je t Roh-eisen in t	2,76	3,07	3,03	3,13	2,84
Frankreich:					
Erzverbrauch		28 352	29 405	28 655	23 215
Roheisenerzeugung	5 122	9 981	10 364	10 035	8 199
Erzverbrauch je t Roh-eisen in t	2,59 ²⁾	2,84	2,84	2,86	2,83
Großbritannien:					
Erzverbrauch	26 119	15 917	18 560	15 576	9 745
Roheisenerzeugung	10 424	6 716	7 711	6 292	3 833
Erzverbrauch je t Roh-eisen in t	2,51	2,37	2,41	2,48	2,54
Vereinigte Staaten:					
Erzverbrauch	59 224	66 397	74 228	54 521	30 143
Roheisenerzeugung	31 462	38 766	43 296	32 260	18 721
Erzverbrauch je t Roh-eisen in t	1,88	1,71	1,71	1,69	1,61

¹⁾ 1913 nur Belgien. — ²⁾ Zahl errechnet nach der Berechnungsart (Förde-rung — Ausfuhr + Einfuhr = Verbrauch).

zuführen, was wiederum seinen Grund hat in den langfristigen Verträgen der deutschen Hüttenwerke mit den schwedischen Erzlieferern. Die Vereinigten Staaten verbrauchten im Jahre 1931 für die Erzeugung von 1 t Roheisen 1,61 t Eisenerz. Bei Großbritannien betrug die entsprechende Zahl 2,54 t, bei Frank-reich 2,83 t und Belgien-Luxemburg 2,84 t. Der Rückgang des Erzverbrauchs je t Roheisen bei Belgien-Luxemburg ist durch erhöhten Einsatz von Rohstoffen (Schrott, Schlacken und Eisen- kies) bedingt.

Aktien-Gesellschaft Buderus'sche Eisenwerke zu Wetzlar. — Der gesamte Umsatz des Unternehmens mit fremden Abnehmern — einschließlich der im Berichtsjahr übernommenen Eisenwerke Hirzenhain — stellte sich im Jahre 1932 auf 14 839 000 *RM* gegen 23 749 000 *RM* im Vorjahre, verringerte sich mithin um 3 910 000 *RM* = 37,52 %. Demgegenüber belief sich der mengenmäßige Absatzrückgang in den für das Unternehmen ausschlag-gebenden Gießereierzeugnissen auf nur 31 %, so daß neben weiter verringerter Nachfrage auch eine fortschreitende Erlösminderung — namentlich im Auslandsgeschäft — den wertmäßigen Absatz-rückgang mitverursacht hat. Die Handlungskosten verringerten sich gegenüber dem Vorjahre um 40,8 %; im Gegensatz hierzu nahm der Druck durch Steuern und Abgaben weiter zu, denn auf je 1000 *RM* Umsatz entfielen an Steuern und Abgaben im Jahre 1929 27,82 *RM*, im Jahre 1930 50,16 *RM*, im Jahre 1931 53,33 *RM* gegen 60 *RM* im Jahre 1932.

Ein bedeutsames Ereignis für die Gesellschaft ist der von der Hauptversammlung am 24. November 1932 beschlossene Abschluß einer Interessengemeinschaft mit dem Hessen-Nassauischen Hüttenverein G. m. b. H., Biedenkopf-Ludwigshütte. Die Interessengemeinschaft ist mit dem 1. Januar 1933 ins Leben getreten. Durch Umtausch und durch Barkauf erwarb die Berichtsgesellschaft bis heute 95 % des 4 410 000 *RM* be-tragenden Gesellschaftskapitals des Hüttenvereins. Der Besitz-stand und das Erzeugungsprogramm des Hessen-Nassauischen Hüttenvereins umfassen 292 Grubenfelder und Beteiligungen an solchen mit einem Flächenraum von rd. 118 000 000 m², haupt-sächlich auf Eisenstein verliehen, und zwar zum überwiegenden Teil im Dillbezirk (Schelderwald) gelegen; in Förderung steht zur Zeit die Roteisensteingrube Amalie bei Hirzenhain (Dillkreis); das Hochofenwerk Oberscheld, im Jahre 1904/05 errichtet, mit zwei Hochofen und einer Gesamtleistungsfähigkeit von etwa 180 t Roheisen arbeitstäglich; zur Zeit steht ein Hochofen im Feuer. Zur Hütte gehören eine Schlackenverwertungsanlage und ein Elektrizitätswerk, sechs Eisengießereien, ferner das Letter-mannwerk, A.-G., Biedenkopf-Ludwigshütte, eine Fabrik zur Lieferung von Fleischereimaschinen.

Die Eisensteinförderung der eigenen Gruben betrug, um die Vorräte zu senken, im Berichtsjahre nur 29 000 t, während sie in den letzten 60 Jahren nur zweimal mit der Förderung unter 100 000 t sanken (1931 72 000 t, 1924 94 000 t), im Durchschnitt aber bei 150 000 t lagen. Die Kalksteingewinnung belief sich auf 42 250 t.

Auf der Sophienhütte in Wetzlar stand nur Hochofen III im Feuer, er war in der Zeit vom 18. Februar bis 1. Mai gedämpft, so daß im Jahresdurchschnitt nur 0,8 Hochofeneinheiten geblase-

haben. Die Roheisenerzeugung sank auf 20 % des Jahres 1929 und damit auf den Stand der siebziger Jahre des vorigen Jahrhunderts. Die Gesamtgewinnung an Gießereierzeugnissen stellt rd. 25 % der auf das Jahr 1929 entfallenden Erzeugung dar. Im Verlaufe des zweiten Halbjahres 1932 schien allerdings der Tiefstand überwunden zu sein. Der Betrieb des Zementwerkes bewegte sich in dem durch den Stillstand der Bautätigkeit bedingten engen Rahmen.

Die Gesamtzahl der auf den Stammwerken und Tochtergesellschaften Beschäftigten betrug am Jahresende 3980 und damit 756 weniger als 1931 und 2262 weniger als 1930.

Die Gewinn- und Verlustrechnung weist einschließlich 194 412 *R.M.* Gewinnvortrag und 483 164 *R.M.* sonstiger Einnahmen einen Ueberschuß der Betriebe von insgesamt 7 695 487 *R.M.* aus. Nach Abzug von 4 329 264 *R.M.* Löhnen und Gehältern, 1 505 075 *R.M.* Abschreibungen, 882 011 *R.M.* Steuern, 417 909 *R.M.* sozialen Abgaben und 349 026 *R.M.* sonstigen Aufwendungen verbleibt ein Reingewinn von 212 201 *R.M.* Hieraus werden 15 000 *R.M.* = 5 % Gewinn auf 300 000 *R.M.* Vorzugsaktien verteilt und 197 201 *R.M.* auf neue Rechnung vorgetragen.

Demag, Aktiengesellschaft, Duisburg. — Die Gesellschaft konnte im Geschäftsjahre 1932 auf Grund des aus dem Vorjahre übernommenen verhältnismäßig befriedigenden Auftragsbestandes noch rund die Hälfte der Umsätze der Jahre 1928 bis 1930 erzielen; das Ergebnis darf jedoch nicht darüber hinwegtäuschen, daß dieser Gesamtumsatz des gegenüber der Vorkriegszeit wesentlich vergrößerten Unternehmens bereits den Vorkriegsumsatz unterschritten, und daß nicht nur das Inlands-, sondern auch das Auslandsgeschäft eine verhängnisvolle Schrumpfung erfahren hat, die nur wegen der starken Anlagetätigkeit Rußlands noch nicht voll in die Erscheinung getreten ist. Unter den gegebenen, die Ausfuhr erschwerenden Umständen muß vorläufig zunächst auf eine Besserung des Inlandsgeschäfts gehofft und versucht werden, die Geschäftseinrichtungen auf ein entsprechendes Maß einzuschränken.

Der Abschluß ergibt einen Rohüberschuß von 20 556 008 *R.M.* und nach Abzug von 9 955 973 *R.M.* Löhnen und Gehältern, 2 001 367 *R.M.* Steuern, 1 448 041 *R.M.* sozialen Lasten und Wohlfahrtsausgaben, 2 921 465 *R.M.* Abschreibungen und 2 180 445 *R.M.* sonstigen Aufwendungen einen Reingewinn von 2 048 717 *R.M.* Hiervon werden 52 500 *R.M.* satzungsgemäße Vergütungen an den Aufsichtsrat gezahlt, 1 900 000 *R.M.* Gewinn (5 % wie im Vorjahre) ausgeteilt und 96 217 *R.M.* auf neue Rechnung vorgetragen. — Das Aktienkapital wurde durch Einziehung von nom. 3 Mill. *R.M.* eigener Aktien auf 35 Mill. *R.M.* herabgesetzt.

Aktieselskabet Sydvaranger, Oslo. — Im Jahre 1932 führte die fortschreitende Weltkrise zu einer weiteren Einschränkung der Förderung, die aus Mangel an Lagerplätzen an Ausfuhrmöglichkeiten angepaßt werden mußte. Auf Grund früherer Abmachungen konnte die Gesellschaft jedoch einen Teil der älteren Bestände — und zwar rd. 77 000 t — auf die Lager ausländischer Käufer in Kirkenes überführen. Die Absatzverhältnisse blieben andauernd äußerst schlecht und erreichten infolge des Niederganges auf dem Eisen- und Stahlmarkt einen früher undenkbar tiefen Stand. Die festen Abnehmer der Gesellschaft konnten nur zum Teil die vertraglich festgelegten Mengen abnehmen. Für die wenigen neuen Verkäufe waren die Preise ganz unbefriedigend. Die Zahl der beschäftigten Personen sank von 677 zu Anfang des Jahres auf 655 am Jahreschluß. Von Mai bis September konnte die Belegschaft nur durchschnittlich vier Tage beschäftigt werden. Gefördert wurden rd. 637 000 t Roherz, aus dem rd. 270 000 t Schlich hergestellt und davon wiederum rd. 134 000 t in Briketts umgewandelt wurden. Ausgeführt wurden rd. 130 500 t Schlich und 144 500 t Briketts.

Die Gewinn- und Verlustrechnung weist nach Abzug aller Abschreibungen einen Ueberschuß von 45 298 Kr aus. Hiervon werden 35 000 Kr für Steuern zurückgestellt, 1030 Kr der Rücklage zugeführt, 7000 Kr zu Zahlungen an die Beamten, Angestellten und Arbeiter verwendet und 2268 Kr auf neue Rechnung vorgetragen.

United States Steel Corporation. — Der Abschluß der United States Steel Corporation weist für das erste Vierteljahr 1933 einen Verlust von 3 795 473 \$ gegen 3 828 272 \$ im vierten Vierteljahr 1932 aus. Nach Verrechnung der Zuweisungen an den Erneuerungs- und Tilgungsbestand, der Abschreibungen sowie der Vierteljahreszinsen für die eigenen Schuldverschreibungen einschließlich der Aufwendungen für die Eisenerzgruben und Versandanlagen an den Großen Seen sowie sonstiger Sonderausgaben ergibt sich ein Verlust von 16 730 271 \$ gegen 16 729 368 \$ im vierten Vierteljahr. Auf die Vorzugsaktien wird wie im Vorvierteljahr wieder ein Gewinn von ½ % = 1 801 405 \$ verteilt, so daß der Gesamtverlust 18 531 676 \$ beträgt.

Buchbesprechungen.

Methoden der Kristallstrukturbestimmung mit Röntgenstrahlen. Leitfaden für Studierende der Physik, Chemie, Mineralogie, Metallkunde sowie der Ingenieur- und allgemeinen Naturwissenschaften. Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H. 8°.

Bd. 1. Schiebold, E., Dr., a. o. Professor an der Universität Leipzig, Auswärtiges wissenschaftliches Mitglied des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Metallforschung, Berlin-Dahlem: Die Laue-Methode. Mit 63 Textfig. und 2 Taf. 1932. (XII, 173 S.) 12 *R.M.*, kart. 13 *R.M.*

In dieser neuen Sammlung röntgenkundlicher Monographien, von denen hier der erste Band vorliegt, sollen die wichtigsten Verfahren röntgenographischer Feinstrukturforschung behandelt werden. Es ist damit nicht beabsichtigt, den zahlreichen in ausgezeichnete Darstellung vorliegenden Lehrbüchern der röntgenographischen Strukturanalyse ein neues, gleiches an die Seite zu stellen. Vielmehr wird hier durch bewußte Beschränkung auf das Methodische eine Erweiterung und Vertiefung der Lehrbücher nach jener Richtung hin angestrebt.

Man darf wohl sagen, daß dieses sehr zu begrüßende Ziel in dem vorliegenden Bande in ausgezeichnete Weise erreicht ist. In dem ersten, geometrischen Teil wird nach einem kurzen Ueberblick über die Bedeutung des Laue-Verfahrens zunächst die experimentelle Anordnung und Technik der Aufnahme behandelt. Danach werden die verschiedenen rechnerischen und graphischen Verfahren der Indizesbestimmung, die zum größten Teil von E. Schiebold selbst entwickelt worden sind, ausführlich besprochen und an praktischen Beispielen veranschaulicht. Der zweite, physikalische Teil behandelt die weitere Auswertung des Laue-Diagramms bis zur vollständigen Strukturbestimmung, also die Bestimmung der Kristallsymmetrie und die Ermittlung von Gitterkonstanten, Translationsgruppe, Raumgruppe und Basisgruppe. Dem Abschnitt über die Intensität der Interferenzpunkte ist ein größerer Raum gewidmet, so daß sich auch der Anfänger unter den im Laue-Diagramm besonders verwickelten Verhältnissen der Intensitätsverteilung gut zurechtfinden kann. Im Anhang sind umfangreiche Hinweise auf das Originalschrifttum gegeben.

Das Buch verdient die Beachtung aller röntgenographisch arbeitenden Kreise. Es ist zu hoffen, daß es mit dazu beitragen wird, der Laue-Methode wieder mehr Geltung zu verschaffen, denn tatsächlich werden die Leistungen der Laue-Methode in manchen Fragen der Strukturanalyse, besonders in der Bestimmung der Kristallsymmetrie oder der Orientierung von Kristallsplittern, von keinem anderen Verfahren erreicht.

Hermann Möller.

Vereins-Nachrichten.

Eisenhütte Südwest,

Zweigverein des Vereins deutscher Eisenhüttenleute.

Montag, den 22. Mai 1933, 15.30 Uhr, findet im großen Saale der Handelskammer Saarbrücken, Hindenburgstr. 9, eine

Gemeinschaftssitzung der Fachgruppen „Hochofen“ und „Stahlwerk“

statt mit folgender Tagesordnung:

1. Ueber die Eigenschaften von Thomasroheisen, unter besonderer Berücksichtigung der physikalischen Wärme, und ihren Einfluß auf die Betriebsergebnisse des Stahlwerks. Berichtersteller: Dr.-Ing. Dr. mont. A. Wagner, Völklingen, und Dr.-Ing. K. Eichel, Burbach.
2. Ueber die Möglichkeiten der Vanadinerzeugung aus Minetteroheisen nach dem v.-Seth-Verfahren. Berichtersteller: Dr.-Ing. H. Zieler, Völklingen.
3. Verschiedenes.

Eisenhütte Oberschlesien,

Zweigverein des Vereins deutscher Eisenhüttenleute.

Dienstag, den 23. Mai 1933, 17 Uhr, veranstaltet die „Eisenhütte Oberschlesien“ im Bibliotheksaal der Donnersmarkhütte in Hindenburg (O.-S.) einen

Vortragsabend

mit folgender Tagesordnung:

1. Vereinfachte Lohnabrechnung in Walzwerksbetrieben. Berichtersteller: Dr.-Ing. K. Rummel, Düsseldorf.
2. Einführung der Leistungskontrolle in Walzwerken in Anlehnung an das Gantt-System. Berichtersteller: Dr.-Ing. H. Monden, Hajduki Wielkie (Bismarckhütte).