

Die neue Hochofenbeschickungsanlage der Rheinischen Stahlwerke in Duisburg-Meiderich.

Von Dipl.-Ing. Adolf Küppers in Charlottenburg.

Als die Hochofenanlage der Rheinischen Stahlwerke den Bedarf des eigenen Stahlwerkes an Roheisen nicht mehr vollauf decken konnte, entstand die Notwendigkeit einer Vermehrung der Zahl der Hochofen. Die bereits bestehende Anlage zählte fünf Hochofen, deren erster sich bis nahe an die Grundstücksgrenze mit dem benachbarten Phoenix heranschiebt, so daß an dieser Seite nicht genügend Platz für einen Ofen- neubau vorhanden war. Notgedrungen mußte daher der Erweiterungsbau an das andere Ende der Ofenreihe gesetzt werden. Hier mußte aber erst durch Verlegen und weiteres Ausbiegen der zu den bereits vorhandenen Erzhochbahnen führenden Zufahrtsrampen der erforderliche Platz geschaffen werden, da vor allen Dingen eine modernen Ansprüchen entsprechende Erzlagerstätte geschaffen werden sollte; eine Frage, die ohne Betriebsunterbrechung gelöst werden mußte, weil die Erzzufuhr zu den bestehenden Oefen über die Hochbahnen nicht unterbrochen werden durfte, was naturgemäß mancherlei Schwierigkeiten bot.

Der Lageplan (Abb. 1) zeigt, in welcher Weise von der Leitung der Rheinischen Stahlwerke diese Aufgabe gelöst ist. Der neue Ofen 6 steht mit den anderen in einer Richtung. Dadurch war unter Berücksichtigung bestehender Rohrleitungen, Hauptgleise usw. die Gruppierung von Winderhitzern mit Zubehör und der einzelnen Teile der Förderanlage gegeben. Paßte sich so die neue Anlage dem vorhandenen an, so war doch die Entscheidung bezüglich Gesamtanordnung, sowie in der Ausbildung der Einzelheiten der Beschickungsanlage von grundlegender Bedeutung, da die Hochofen der Rheinischen Stahlwerke bisher mit Handbegichtung und Ver-

tikalauzug bzw. Kippkübelauzügen arbeiteten; also durch die getroffenen Anordnungen (in dem weitesten Sinne) zugleich der spätere weitere Ausbau in bezug auf die Beschickungsfrage in seinen Grundzügen festgelegt wurde.

Als ein wesentlicher Teil erscheint der Erzbehälter, der naturgemäß seinen Platz in Verlängerung der

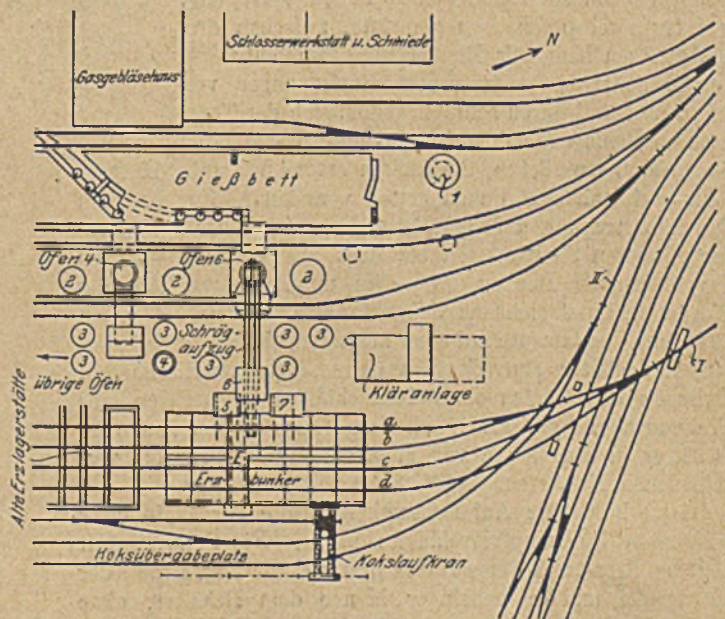


Abbildung 1. Lageplan.

- 1 = Wasserturm. 2 = Trockenreiniger. 3 = Winderhitzer. 4 = Kamin.
5 = Reparaturhaus. 6 = Windenhaus. 7 = Umformerhaus.

alten Erzlagerstätten erhielt, mit seinen vier darunter befindlichen Gleisen für die Möllerwagen.

Die Frage, in welcher Weise der Hochofen selbst beschickt werden sollte, war angesichts der vielen, bereits erfolgreich ausgeführten Schrägaufzüge mit Senkbodenkübel unschwer zu beantworten. So fiel auch hier die Entscheidung zugunsten einer solchen Anlage in richtiger Bewertung des Umstandes, daß ein Schrägaufzug die kürzeste Verbindung von der

Möllersohle zur Gicht bedeutet und in seiner automatischen Begichtungsweise große Vorteile bietet.

in Stahl und Eisen¹⁾ beschrieben ist. Die Verschlüsse sind in je zwei Reihen in Abständen von

Abb. 2 zeigt die neue Anlage im Querschnitt, Abb. 3 im Grundriß. Die zur Verhüttung gelangenden Erze kommen auf Gleis 1 (Abb. 1 und 3), das sich in vier Stränge a, b, c, d gabelt und die sämtlich über den Füllrumpf führen, zum größten Teil in Talbotselbstentladern von dem im Ruhrhafen gelegenen Erzlagerplätze an. Da die Höhenlage von a, b, c, d gegeben war, lag die Höhe der Erzbehälter über Hüttenflur damit fest. Für die Breite des Füllrumpfes stand ein Raum von 26 m zur Verfügung, was für zwei parabolisch geformte, zwischen drei Säulenreihen hängende Bunkertröge ausreichte.

Die Stützpfeiler stehen in Entfernungen von 7,5 m und sind durch schrägliegende, sich der Trogform anschmiegende Träger verbunden. Die äußeren Säulen sind etwa 2,4 m, die inneren etwa 4,5 m unter Hüttensohle auf kräftigen Fundamenten verankert. Zur besseren Druckübertragung auf den Beton liegt unter der Sohlplatte der mittleren Säulen noch ein Rost aus I-Eisen. Wegen des unsicheren Baugrundes — in unmittelbarer Nähe des Werkes befindet sich die Schachanlage Westend — ruhen sämtliche Fundamente auf einer kräftigen, sich unter den ganzen Erzbehälter erstreckenden Grundplatte aus Eisenbeton. Zwischen den Säulen eines Querschnittes ist zugleich eine Trennungswand gespannt; auf diese Weise ist der Raum im Behälter in eine Reihe von Fächern abgeteilt für die verschiedenen Erzsorten.

Ganz besondere Aufmerksamkeit wurde der Wahl eines geeigneten Füllrumpfverschlusses zuteil. Die Schwierigkeit liegt bei derartigen Verschlüssen in der Forderung, Erze jeder Korngröße und in beliebiger Menge dem Behälter, ohne großen Kraftaufwand, entnehmen zu können. Bei Erzen von geringer Korngröße ist dies ein leichtes. Die Schwierigkeit beginnt jedoch, sobald großstückige Erzsorten in Frage kommen. Bei unrichtig konstruierten Ausläufen bilden sich Verstopfungen durch Gewölbebildungen von Auslauf- zu Auslaufkante, die mit der Schürstange eingestoßen werden müssen. Wesentlich ist also vor allen Dingen eine reichliche Querschnittsbemessung des Auslaufs, um Gewölbebildungen unmöglich zu machen. Dadurch werden aber die eigentlichen Verschlusssteile ungefügt groß und schwer bewegbar. Es sind also zwei einander widerstrebende Tatsachen in Einklang zu bringen. — Die Entscheidung fiel nach eingehenden Versuchen an einem auf den Rheinischen Stahlwerken ausgeführten Probeverschluß zugunsten des Züblinschen Vorhangverschlusses, wie er schon

5 m angebracht. — In letzter Zeit wurden von den Rheinischen Stahlwerken auch Versuche mit einem doppelklappigen Verschlusse ausgeführt. Hier bewegen sich zwei

¹⁾ St. u. E. 1918, 11. April, S. 310.

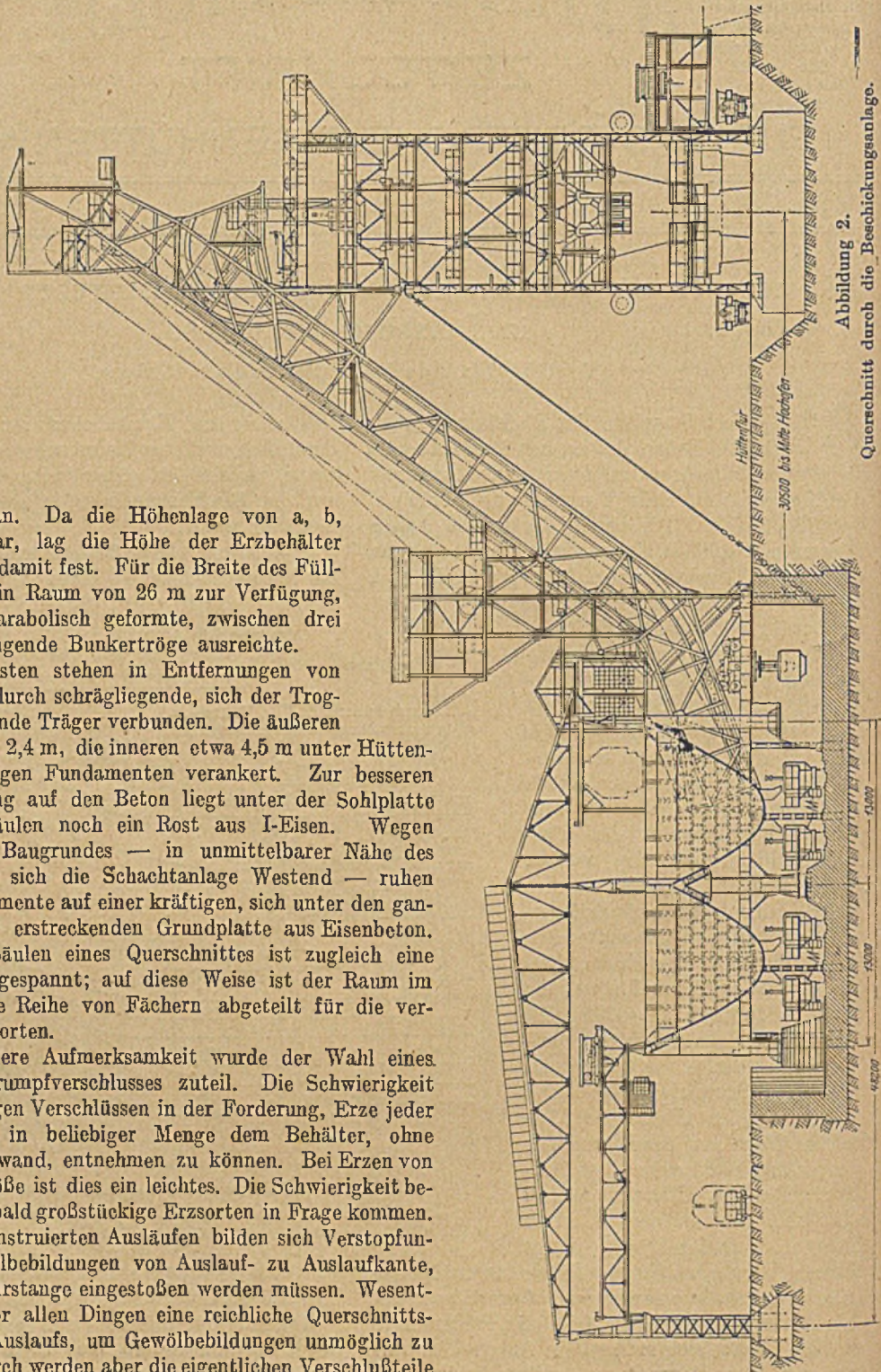


Abbildung 2. Querschnitt durch die Beschickungsanlage.

räumlich voneinander angeordnete Drehschieber, der eine nach oben, der andere nach unten. Für klein dimensionierte Ausläufe lieferte auch dieser Verschluss befriedigende Resultate. Oberfürgrobstückige Erze und Ausläufe von großem Querschnitt ebenfalls seine Schuldigkeit tut, erscheint zweifelhaft.

Zwecks Betätigung der Verschlüsse ist über Konsolen eine Transmission verlegt, die durch Motore von 15 PS bewegt werden und an die die einzelnen Windwerke zum Heben der Spangewichte, bzw. Lüften des Vorhanges (Abb. 4) angeschlossen werden. Das Einrücken erfolgt von Arbeitsbühnen der unter dem Füllrumpf verkehrenden vier Möllerwagen M (Abb. 2) aus.

Zur Erzielung eines ausreichenden Fassungsvermögens wurden die vier Gleise der Möllerwagen in einer Tiefe von ca. 6 m unter Hüttenflur vorgesehen. Hierbei ist genügende Konstruktionshöhe für die Ausläufe und genügend Durchfahrthöhe für die Möllerwagen mit daraufstehendem Kübel vorhanden.

Die Möllerwagen sind eingerichtet für zwei Kübelsitze. Ferner besitzen sie Fahrwerk mit Motor von rd. 22 PS, der dem Wagen eine Geschwindigkeit von 60 m (minütlich) erteilt, eine für beide Kübelteller gemeinschaftliche Drehvorrichtung, so daß der Kübel beim Möllern zwecks gleichmäßiger Füllung in etwa

Nach dem Füllen wird der Kübel vom Möllerwagen zu dem den Bunker in zwei Teile zerlegenden Einschnitt E (Abb. 1 und 3) gebracht, in dem sich auf hoch angebrachter Laufbahn eine Drehlaufratze, die weiter unten erwähnt werden wird, bewegt. Dieser Einschnitt hat eine Breite von etwa 7 m, um welches

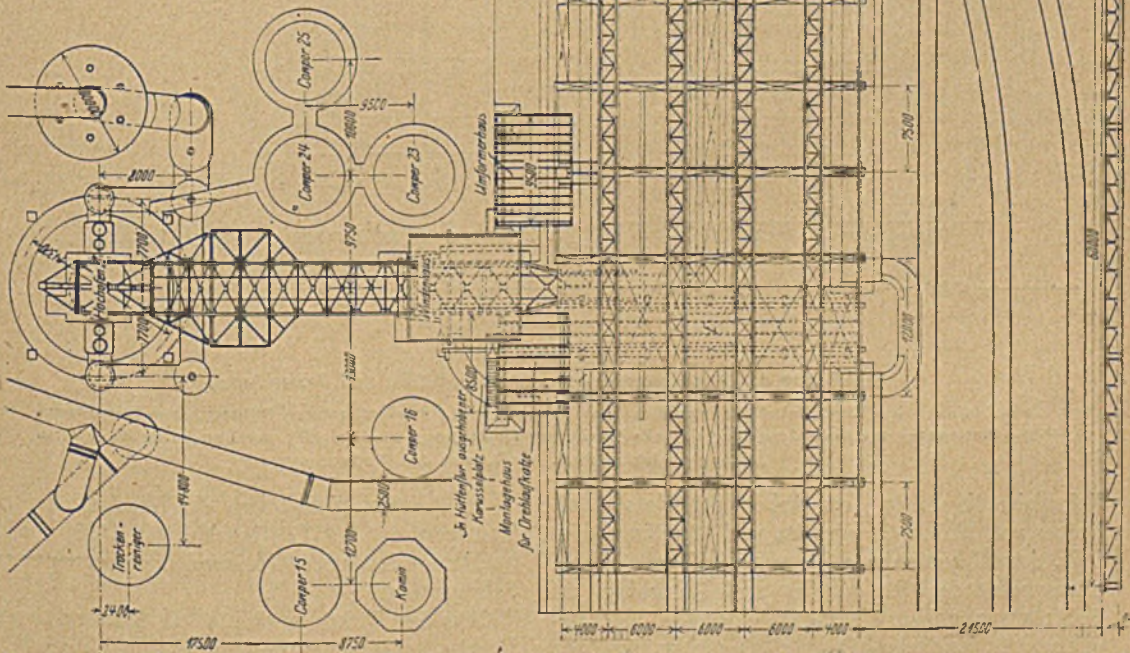


Abbildung 3.
Grundriß der Beschickungsanlage.

5 Umdrehungen in der min versetzt werden kann, und eine Wiegevorrichtung. Ein Zifferblatt gibt dem Wagenführer das Gewicht der eingefüllten Erzmengen an¹⁾.

¹⁾ Im wesentlichen entspricht die äußere Form der Wagen der in St. u. E. 1918, 11. April, S. 310. gegebenen Abbildung.

Maß das Fassungsvermögen des Bunkers leider verringert ist.

Die erforderlichen Koksmengen gehen der Schonung wegen nicht durch die Füllrumpfe, sondern werden beschickfertig, in Kübeln auf Spezialrungewagen stehend, auf dem Gleis II (Abb. 1 und 3) angefahren. Die Kübel werden unmittelbar an der

Rampe der Koksöfen mit Koks gefüllt. Auf diese Weise wird zweimaliges Umladen und der damit fallende Abrieb erspart. Verschiedene Aufstellgleise sind nebeneinander vorgesehen (Abb. 2), um auch bei Stockungen in der Anfuhr nicht gleich des notwendigen Brennstoffes entbehren zu müssen. Daroben befindet sich zwischen den äußeren Gleisen noch eine lange Grube zum Einstellen von Kübeln, um auch erforderlichenfalls den Koks direkt aus Eisenbahnwagen entnehmen zu können. Sämtliche

bahn verlängert, um die Kokskübel auf die an dem linken Ende des Bunkereinschnittes E angebrachte Kübelabsatzstelle (Abb. 5) senken zu können. Diese dient als Uebergabestelle des Kübels vom Laufkran an die schon erwähnte Drehlaufkatze. Durch den Koks-kran wird ein gefüllter Kübel auf die Absatzstelle gesenkt und danach der vorher von der Drehlaufkatze abgesetzte leere Kübel abgehoben; während dessen die Drehlaufkatze den gefüllten Kübel ergriffen hat und zum Schrägaufzug transportiert.

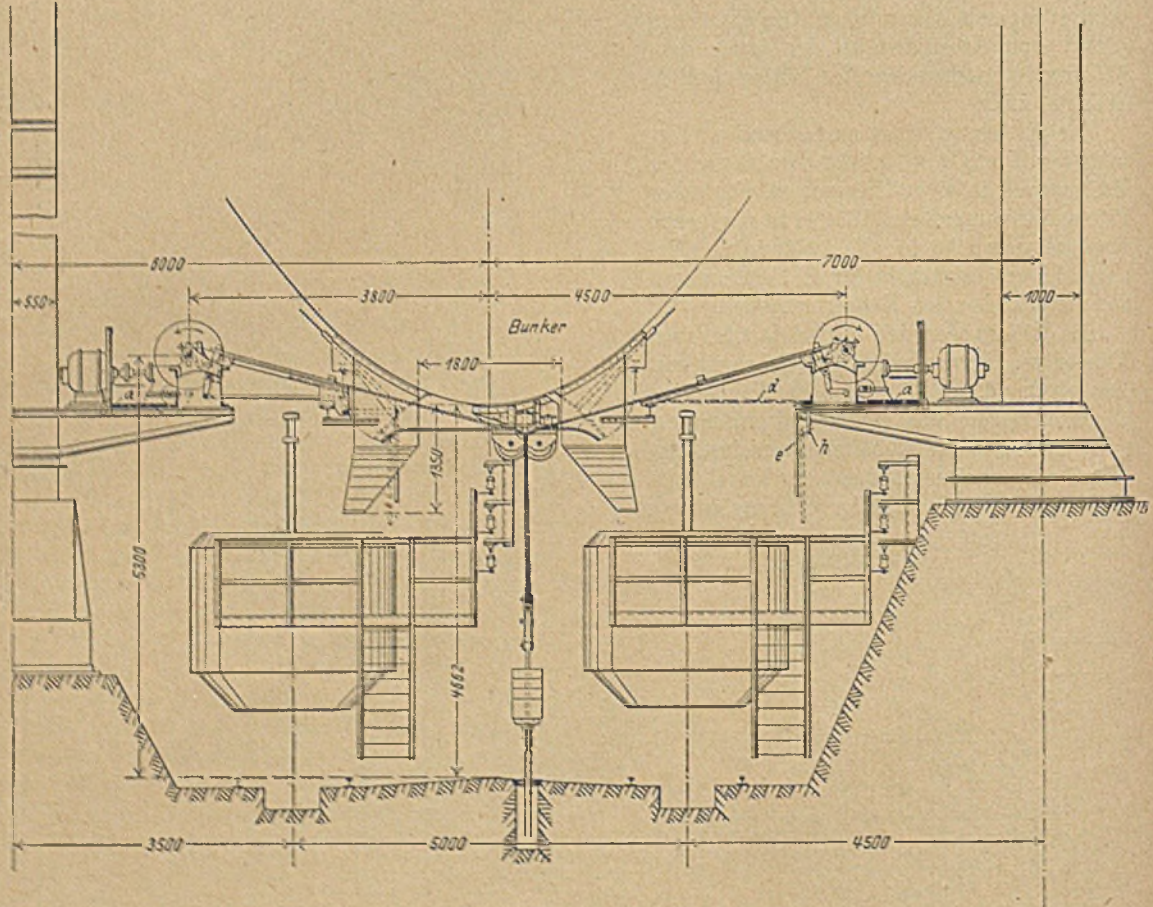


Abbildung 4. Anordnung der Vorhangverschlüsse und deren Antrieb.

a = Laufsteg. b = Einstellhebel für Staublech. c = Holzabdeckung. d = entfernbarer Hilfssteg. e = Steuerstange. f = Steuerstange zur Klauenkuppelung. g = Zwischenträger für Laufsteg. h = Anschlag zur Begrenzung der unteren Stellung des Steuerhebels. i = Antrieb der Windwerke.

Koksgleise liegen in dem Arbeitsfeld eines Laufkranes von 21,5 m Spannweite und 10 t Tragfähigkeit, dessen Laufbahn rechtsseitig auf der äußeren Säulenreihe des Füllrumpfes und linksseitig auf Stützen verlegt ist, die zugleich das den Koksumschlagplatz und den Bunker überdeckende Dach tragen; so einerseits die Arbeiter vor den Unbilden der Witterung schützend, anderseits erhebliche Regenmengen aus dem Erzbehälter und vorteilhafterweise aus dem Hochofen fernhaltend. Zum Aufheben und Absetzen der Kokskübel braucht der Kranfahrer infolge geeigneter Ausbildung des Hebens keine weitere Hilfe. Der Laufkranträger ist über die rechte Fahr-

In gleicher Weise dient die Drehlaufkatze dem Transport der mit Erz besetzten Kübel von den im Bunkereinschnitt E haltenden Möllern zum Schrägaufzug.

Aus der Wirkungsweise ist die Konstruktion der Drehlaufkatze ohne weiteres ersichtlich (Abb. 6). Dieselbe ist ausgerüstet mit einem schnellfahrenden Antrieb und einem doppelarmigen, dreh-, heb- und senkbaren Ausleger.

Beide Auslegerarme tragen an den Enden besondere Greifvorrichtungen zum Erfassen eines unter dem Kübelstangenknopf auf die Kübelstange aufgeschweißten Bundes. Die Greifvorrichtung machte

zu wiedergegeben, die in dieser Art bei den Rheinischen Stahlwerken zum ersten Male ausgeführt wurde. Bekannt dürfte sein, daß die Lösung dieser Aufgabe in verschiedenartiger Weise möglich ist, z. B. durch Laufkran mit Zubringerwagen¹⁾, die sich in Richtung auf den Aufzug bewegen oder in der Weise, daß der Aufzug quer über sämtliche unter dem Füllrumpf befindlichen Gleise geführt wird²⁾, was aber im ersteren Falle zeitraubendes Arbeiten und mehr Bedienungspersonal bedeutet, im letzteren Falle zu einer verwickelten Ausführung des Aufzuges und besonders der Winde selbst führt,

land trotz Kriegsnoten zum ersten Male ein neues Schrägaufzugsystem zur Ausführung kam. Aus diesem Grunde hatte die Leitung der Rheinischen Stahlwerke zuerst nicht geringe Bedenken, für die neue Förderanlage dieses System vorzusehen. Zwar war es schon einer belgischen Firma gelungen, kurz vor Ausbruch des Krieges auf dem Hüttenwerk Isbergues bei Hazebrouck¹⁾, das gegenwärtig in der Feuerzone liegt, diese Anordnung zur Ausführung zu bringen. Jedoch handelt es sich dort nur um Aufzüge von kleiner Leistung von etwa 5 bis 6 t, so daß ein Sprung auf eine Leistung von 8,5 t, wie sie hier vorgesehen

war, gewagt schien. Leider brach zu schnell der Krieg herein, als daß man an Hand von Versuchen einige Erfahrungen hätte sammeln können. Um sicher zu gehen, wurde daher der ausführenden Firma die Verpflichtung auferlegt, an einem genau der Wirklichkeit entsprechenden Modell in großem Maßstabe die Lebensfähigkeit des Aufzugsystems für die angenommenen Verhältnisse darzutun, was auch zur Befriedigung des Bestellers vollkommen gelang. Erst dann wurde der Auftrag

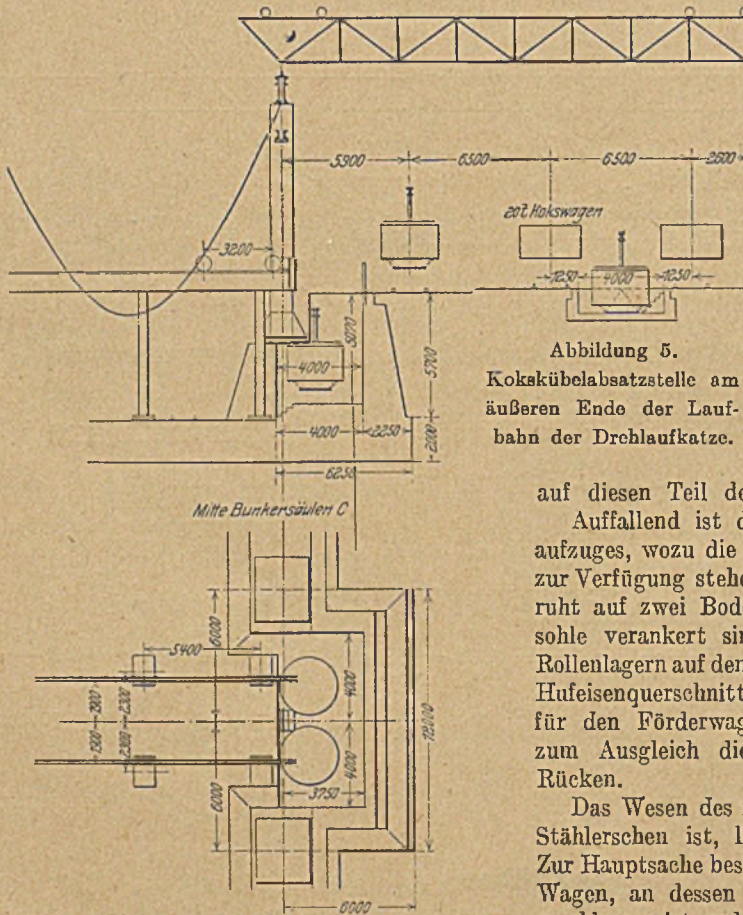


Abbildung 5.
Kokskübelabsatzstelle am äußeren Ende der Laufbahn der Drehlaufkatze.

auf diesen Teil der Anlage fest erteilt.

Auffallend ist die starke Neigung des Schrägaufzuges, wozu die große Ofenhöhe und der knappe zur Verfügung stehende Raum zwangen. Das Gerüst ruht auf zwei Bodenstützen, die fest auf Hüttensohle verankert sind, und auf zwei Stützen auf Rollenlagern auf dem Ofengerüst; es ist von normalem Hufeisenquerschnitt, mit einer Laufbahn im Innern für den Förderwagen und einer zweiten für das zum Ausgleich dienende Gegengewicht auf dem Rücken.

Das Wesen des neuen Systems, das ähnlich dem Stählerschen ist, liegt in der Schrägaufzugkatze. Zur Hauptsache besteht diese aus einem zweiachsigen Wagen, an dessen hinterem Ende ein Lenker angeschlossen ist und an dem vorne an einer um eine Rolle geführten Kette das Gichtgefäß hängt. An bestimmter Stelle des Lenkers ist diese Tragkette befestigt, während am Ende die Zugseile und ein Gewicht, das die durch die Förderlast und Seilzüge hervorgerufenen Momente ausgleicht, angebracht sind. Die ebenfalls am Lenkerende sitzenden Laufräder haben doppelte Spurkränze, so daß diese der an der Gicht sich bogenförmig abzweigenden Gleiskurve folgen, während der Hauptwagen mit Kübel auf dem ursprünglichen Gleis über die Gicht einfährt. Der Drehpunkt des Lenkers ist so gewählt, daß durch die Schwenkung des Lenkers ein Verkürzen der Kübeltragkette eintritt, so daß der Kübel sich

da die ungleichen Wege von Katze und Gegengewicht miteinander in Einklang gebracht werden müssen. Die oben beschriebene Anordnung des Kübelquertransportes gestattet, den Aufzug und damit die Winde in einfachster Form zu bauen, ohne das Bedienungspersonal vermehren zu müssen. — Daß aber diese Frage sich in noch wirtschaftlicherer Weise lösen läßt, soll einer späteren Darstellung vorbehalten bleiben.

Den wesentlichsten Teil der Gesamtförderanlage bildet der Schrägaufzug, zugleich auch den interessantesten, insofern als hiernit im deutschen Vater-

¹⁾ St. u. E. 1918, 4. April, S. 284 ff.

²⁾ Dr.-Ing. F. Lilje: „Hochofen-Begichtungsanlagen“ (Berlin: Julius Springer 1913), Tafel IV, VII, X.

¹⁾ In Französisch-Flandern.

auf den Gichtverschluß setzt, den Verschlußkegel aufdrückt und der Möller in den Ofen gleitet.

Zum gasdichten Abschluß des Kübels auf dem Gichtverschluß dient während des Begichtens eine kegelförmige Haube, die an der Tragkette des Kübels, diese dicht umschließend, entlanggleitet. Die Betätigung des Haubenhubes erfolgt durch eine aus Rollen und Hebeln bestehende, in dem Hauptwagen untergebrachte besondere Vorrichtung.

Ebenso wie die Förderkatze ist auch das zum Ausgleich dienende fahrbare Gegengewicht durch doppelte Seile an die Winde angeschlossen. Jedes Seil für sich ist stark genug, um mit ausreichender Sicherheit die Last allein tragen zu können. Federnde Anschlüsse an Doppelhebeln bewirkengleiche Beanspruchung beider Seile und machen einen Seilbruch (der praktisch eigentlich unmöglich ist) wirkungslos.

Die Winde des Aufzuges ist in einem geräumigen Schutzhause auf den zu einer Plattform ausgebildeten unteren Stützen untergebracht. Sie trägt auf einem Unterbau aus Blechen und

Profileisen eine Trommel von 2,2 m Durchmesser, die mit zwei warm aufgezogenen Stahl-

zahnkränzen versehen ist, und in doppelter Anordnung zwei Antriebsvorgelege. Die schnelllaufenden Vorgelege arbeiten im Oelbade, in geschlossenen Oelkästen mit abgedichteten Ringschmierlagern. Die Motoren sind durch elastische Kupplungen, deren eine Scheibe als Bremsscheibe für die Manövrierbremsen ausgebildet ist, an die aus einem Stück geschmiedeten Stahlritzelwellen angeschlossen. Die Betätigung dieser Bremsen erfolgt elektromagnetisch zugleich mit der Steuerung der Motoren, jedoch ist außerdem Einwirkung von Hand vorgesehen. Zur Sicherung gegen Ueberfahren der Endstellung sind zwei am Trommelumfang wirkende Notbremsen vorhanden. Ein Teufenzeiger mit Zeigerbrett, von der Trommelwelle angetrieben, vervollständigt die Einrichtung der Winde.

Da die Belastung der Motoren, von denen normal nur einer in Betrieb, während der andere zur Reserve da ist, stark schwankt, arbeiten diese in Leonard-

schaltung, wie sie schon vielfach bei Hochofenaufzügen zur Verwendung gekommen ist und die unabhängig von der Belastung ein stoßfreies, praktisch verlustloses Arbeiten der Motoren gestattet. Das Umformeraggregat für die Motoren ist in einem besonderen Raum rechts vom Aufzuge (Abb. 3) untergebracht, dessen Primärmaschine aus dem Netz der Hütte eine Drehstromspannung von 5300 Volt bei 50 Perioden erhält, während die Steuerdynamo des Aggregates Gleichstrom von +500—500 Volt in die Motoren sendet. Die Motoren entwickeln einzeln bei einer Umdrehungszahl von 800 i. d. min, bei

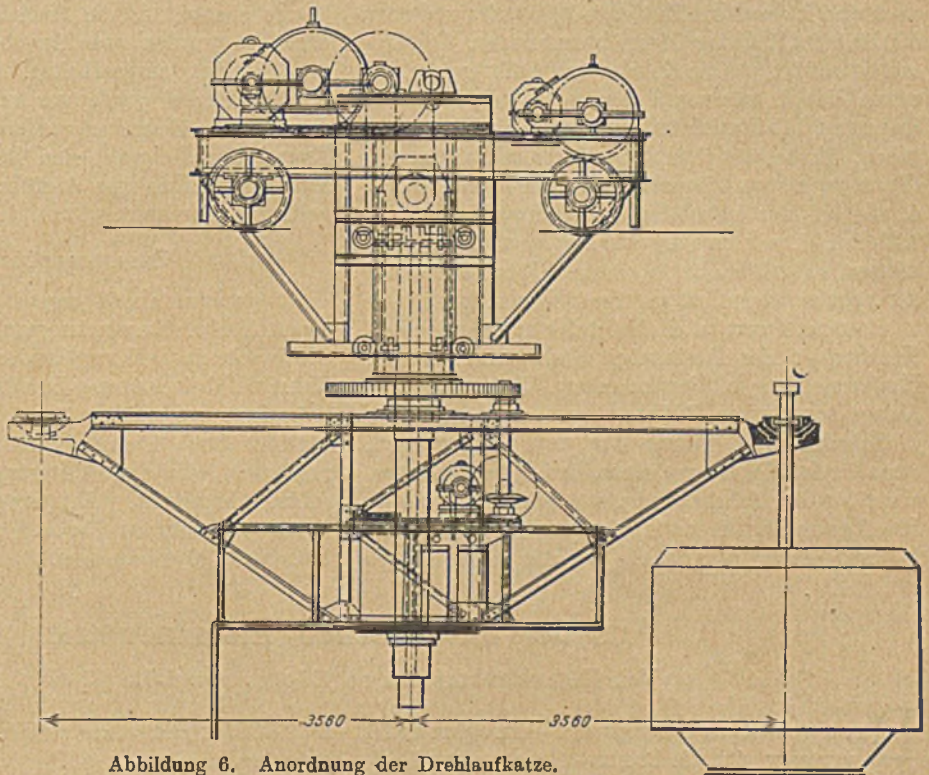


Abbildung 6. Anordnung der Drehlaufkatze.

offener Ausführung, eine Dauerleistung von 145 PS. Die Spitzenleistung beträgt vorübergehend das Vielfache davon. Die Steuerung der Motoren erfolgt vollständig selbsttätig, d. h. der Führer hat nur die Bewegung durch entsprechendes Einstellen der Steuerwalze vorzunehmen; alles übrige, Beschleunigung bei Fahrtanfang und Verzögerung bei Fahrtende erfolgt selbsttätig durch Einwirkung von hierfür vorgesehenen elektrischen Apparaten.

Die Motorleistung wurde an Hand von Schaubildern, die für Erz-, Koks- und Leerfahrt getrennt ermittelt wurden, bestimmt. Zu dem Zweck wurden die Seilwege als Abszissen und die Seilzüge als Ordinaten verzeichnet, die sich ergebenden Diagrammflächen planimetrisch ausgewertet und danach die mittlere Motorleistung festgelegt.

Zum Ausbau der Windenteile, von denen einige Aggregate erhebliches Gewicht haben, ist in dem Windenhaus auf einer Laufbahn ein Montagekran

vorgesehen, der die Teile bis auf Hüttenflur herablassen kann. Ebenso ist über der Drehlaufkatze ein Montagehaus (Abb. 3) vorhanden und wird auf die leichte Ausbaufähigkeit der Seilrollen in der Aufzugspitze hingewiesen.

Erwähnenswert bei der Anlage erscheint noch eine elektrische Sicherung der Drehlaufkatze gegen Zusammenstöße mit den Möllerwagen durch eine Blockierung, die sowohl die Möllerwagen-Gleise bei Annäherung der Drehlaufkatze als auch umgekehrt verblockt.

Die Leistung der Förderanlage ist für ein Ausbringen des Ofens von mindestens 400 t in 24 st bemessen. Hiernach sind in derselben Zeit etwa 1200 t Erz und etwa 500 bis 600 t Koks zur Ofengicht zu bringen. Die Erzlast ist zu 8,5 t und die Kokslast mit 4 t festgelegt, bei einem Kübelinhalt von 9 cbm, so daß sich in 24 st insgesamt 140 Erzfahrten und 140 Koksfahrten ergeben. Es beträgt somit die stündliche Fahrtenzahl (Pausen von etwa 4 Stunden Dauer abgerechnet) etwa 4, die bei der gewählten Seilgeschwindigkeit von 1,25 m i. d. sek mit Leichtigkeit gemacht werden können, so daß bei angestregtem Betrieb die Zahl der Fahrten wesentlich gesteigert werden kann.

Bemerkenswert ist ein Vergleich mit der noch an Nachbaröfen der Rheinischen Stahlwerke üblichen Handbegichtung mit Vertikalauftzug. Die beschriebene Anlage benötigt an Bedienungspersonal fünf Köpfe je Schicht: zwei Führer für zwei Möllerwagen, einen für den Kokswagen, einen für die Drehlaufkatze, einen für den Schrägaufzug, während die erwähnte Handbegichtung 30 Mann, also das Sechsfache, erfordert. Es ergibt sich also bei der neuen Anlage

eine erhebliche Ersparnis an Arbeitskräften, die angesichts der knappen in den nächsten Jahren zur Verfügung stehenden Arbeitskräfte von hoher Bedeutung ist.

In den Bau der neuen Anlage teilten sich die Firmen: C. H. Jucho, Dortmund, für die Bunkeranlage nebst Verschlüssen; die Deutsche Maschinenfabrik für das Ofengerüst nebst Gichtverschluß, und J. Pohlig, A.-G., für den Schrägaufzug und die übrigen Transportgeräte. Siemens-Schuckert lieferte die elektrische Einrichtung des Schrägaufzuges; die A. E. G. diejenige der übrigen Fördergerätschaften.

Die Gesamtanordnung der eigentlichen Förderanlage ebenso wie die Ausbildung der Einzelteile derselben wurden nach Angabe und unter Leitung des Verfassers ausgearbeitet.

Die Anlage wurde vor reichlich einem Jahre dem Betriebe übergeben und hat allen an sie gestellten Erwartungen, obwohl eine Reihe von Teilen hier zum ersten Male zur Ausführung gelangte, sofort vollauf entsprochen.

Zusammenfassung.

In der vorstehend gegebenen Beschreibung der neuen Hochofenbeschickungsanlage der Rheinischen Stahlwerke in Duisburg-Meiderich werden Erz und Koks in Kübeln, ersteres durch Zubringerwagen unter eiförmigen Erzbehältern mit Vorhangverschlüssen, letzterer durch einen Laufkran, einer Drehlaufkatze zugebracht, die den Weitertransport zum Schrägaufzug übernimmt. Letzterer, nach einem neuen System erbaut, ist für eine Gesamtleistung von 1600 bis 1700 t bemessen.

Aus der ukrainischen Eisenindustrie.

Von Hüttdirektor Hugo Klein, zurzeit in Kijew.

Brennstoffversorgung. — Im Jahre 1916 verteilte sich die Brennstoffversorgung Rußlands wie folgt:

34,5 % durch Kohlen des Donezgebietes	} Ingesamt	} 100,0 %.
2,5 % „ „ „ „ Uralgebietes		
12,0 % durch Naphtha		
51,0 % durch Holz		

2 391 000 t und setzte sich aus folgenden Kohlenarten zusammen:

16,0 % Gaskohle	} Ingesamt	} 100,0 %.
50,0 % Kokskohle		
12,0 % Magerkohle		
22,0 % Anthrazitkohle		

Selbst in der Ukraine, die reich an Kohlen und im allgemeinen arm an Holz ist, entfiel ein Viertel der Brennstoffversorgung auf Holz. Früher war der Anteil des Holzes an der Brennstoffversorgung Rußlands etwa 30 % gewesen. Seit dem Kriege war die gesamte englische Kohleneinfuhr — jährlich etwa 5 bis 8 Millionen Tonnen — weggefallen, ferner die Kohle des polnischen Dombrowa-Beckens — jährlich 6 bis 6 1/2 Millionen Tonnen. Die Folge hiervon war eine sprunghafte Steigerung des Holzverbrauches, die selbst die großen Waldbestände Nordwest- und Westrußlands auf die Dauer gefährden wird.

Die Kohlenförderung des Donezgebietes betrug im Monatsdurchschnitt des Jahres 1916

Die Förderung sank im Jahre 1917 auf 2 063 000 t monatlich und im ersten Halbjahre 1918 auf 778 000 t. Im Juli 1918 betrug sie nur 500 000 t. Für August 1918 rechnete man mit einer Erhöhung von 11 % gegen Juli. Erst die Monate September und Oktober können mit Beendigung der Erntearbeiten erwarten lassen, daß eine wesentliche Vermehrung der Förderung beginnt. Die geringe Ausbeute liegt nicht allein an dem Mangel an Arbeitern, sondern auch an der unglaublich niedrigen Arbeitsleistung des einzelnen Arbeiters, die für den Monat Juni 4,1 t betrug oder nur 33 bis 40 % der früher erzielten Arbeiter-Monatsleistung. Die Bergwerksleitungen und die Regierung haben die verschiedensten Versuche gemacht, um die Arbeitsleistung des einzelnen Ar-

beiters — besonders des Häuers — zu heben. Es bleibt zu hoffen, daß diese Maßregeln eine günstige Wirkung ausüben werden.

Mit der sinkenden Kohlenförderung und dem Stillstande der Hüttenwerke war man gezwungen, auch die Koksöfen nach und nach stillzulegen. Die südrussische Kohlen- und Eisenindustrie war schon in den letzten Jahren vor dem Kriege in großem Maßstabe zum Bau von Koksöfen mit Gewinnung der Nebenerzeugnisse übergegangen. Belgische, deutsche und französische Firmen bauten Koksofengruppen, meist für eigene Rechnung, auf Kohlenzechen und Hütten und verfügten über den Verkauf der chemischen Erzeugnisse. Während des Krieges ist die Anzahl derartiger Anlagen noch vermehrt worden. Nachstehende Zahlen geben eine Uebersicht über die Ausbeute an chemischen Erzeugnissen der Koksöfen:

	Im Jahre 1917	Bei Ausnutzung aller bestehenden Anlagen
	t	t
Teer	62 800	87 000
Ammoniakwasser (25 %)	21 300	41 000
Rohbenzol	17 000	26 200
Reinbenzol	7 400	10 000
Xylol	1 500	1 600
Toluol	4 700	5 000
Naphthalin	1 500	4 600
Rohphenol	72	100
Anthrazen	61	210

Die Anzahl der Koksöfen mit Gewinnung der Nebenerzeugnisse im Donezgebiete betrug am 1. Januar 1918 1286, die der übrigen Oefen 3128.

Im Jahre 1917 wurden in Koksöfen mit Gewinnung der Nebenerzeugnisse im monatlichen Durchschnitte 193 000 t Koks hergestellt. In den letzten Monaten fiel diese Erzeugung auf 33 000 t. Der Bedarf an Koks für die Hüttenwerke und Gießereien der Ukraine wird in den nächsten vier Monaten wohl kaum 50 000 t monatlich überschreiten, also ein Viertel der Menge, die im Monatsdurchschnitte des Jahres 1917 hergestellt wurde.

Demnach ist auch mit einem entsprechend geringeren Teerentfall — der im Donezgebiet 3,2% der in den Koksöfen eingesetzten Kohle betrug — zu rechnen, und damit schwindet die Aussicht, die den Eisenbahnen und der Industrie notwendigen Schmiermittel in nennenswerter Menge aus dem Kokereiteer zur Verfügung stellen zu können. Der Bedarf der Ukraine an gewöhnlichen Schmiermitteln beträgt monatlich 3600 t, während deren Herstellung bei der geringen Kokserzeugung der nächsten Monate nicht mehr als 400 t erreichen wird. Es ist deshalb für die Versorgung des Landes wichtig, den Verbrauch an Koks nach Möglichkeit zu vergrößern, d. h. den Absatz für Koks bei den Eisenbahnen und der Städteversorgung zu suchen.

Hüttenwerke. — Zurzeit arbeiten im Donezgebiete von 60 Hochöfen nur drei (zwei in

Jenakiewo, einer in Kramatorskaja). Für September und Oktober war beabsichtigt, einen Hochofen in Makiewka und zwei Hochöfen in Jusowka anzublasen. Die Hochofenwerke würden dann monatlich ungefähr 27 000 t Gießereiroheisen herstellen, wodurch der Bedarf der Ukraine, der für die nächsten Monate auf je 16 000 t geschätzt wird, mehr als gedeckt wäre. Der Bestand an Roheisen auf den Hüttenwerken beträgt zurzeit 280 000 t.

Von den 83 Martinöfen der Ukraine arbeiten nur fünf (drei in Kamenskoe, einer in Kramatorskaja, einer in Lugansk). Von den 37 Bessemer- und Thomasbirnen arbeitet noch keine.

Walzwerke sind in geringem Umfange in Kamenskoe, Kramatorskaja, Donez-Juriewka und Makiewka im Betrieb. Die beiden letzten Werke arbeiten noch aus vorhandenen Stahlblockbeständen. Den Betrieb bereiten vor und sollen im Laufe des September beginnen: die Stahl- und Walzwerke von Briansk-Jekaterinoslaw, Jenakiewo, Lugansk und Taganrog. Die Bestände auf den Hüttenwerken betragen zurzeit¹⁾:

Stahlblöcke und Knüppel	65 000
Fertige Walzerzeugnisse	123 000

Die Erzeugung an fertigen Walzerzeugnissen soll für September und Oktober monatlich betragen:

Stabeisen	22 000
Grob- und Feibleche	3 000
Dachbleche	4 000
Schiene	8 000
Radreifen und Achsen	800
Walzdraht	8 000
Achsen für Bauernwagen	600
Rohre	200

Insgesamt 46 600

Die Erzeugung an Stabeisen wird sehr bald die Nachfrage übersteigen. Zurzeit wird in der Hauptsache nur Bandeseisen verlangt, das zum Beschlagen der Räder der Bauernwagen dient und unmittelbar in die Hände des Dorfschmiedes gelangt. Nur die vermehrte Aufnahme des Betriebes in der Eisen-Weiterverarbeitungsindustrie kann eine Besserung hervorrufen. Erst wenn die Nägel-, Bolzen- und Drahtziehereien in größerem Umfange wieder arbeiten, die Brückenbauanstalten, Kesselschmieden, die Lokomotiv- und Eisenbahnwagenfabriken, die Schiffswerften und Ausbesserungswerkstätten der Eisenbahnen ihren Bedarf an Stabeisen decken müssen, kann eine Vermehrung der Bestellungen erwartet werden. Einstweilen haben nur die erstgenannten kleinen Fabriken für Nägel und Draht in Jekaterinoslaw die Arbeit in beschränktem Umfange aufgenommen.

Nachfrage nach Grobblechen und Baueisen besteht zurzeit überhaupt nicht. Ihre Abnehmer sind die größeren Werkstätten der Weiterver-

¹⁾ Ende August 1918.

arbeitungsindustrie und die Bautätigkeit. Selbst im günstigsten Falle ist vor Frühjahr 1919 ein nennenswerter Bedarf nicht zu erwarten.

Die einzigen Erzeugnisse der Eisenindustrie, nach denen vorderhand unbefriedigte Nachfrage besteht, sind die Walzzeugnisse für die Fabriken landwirtschaftlicher Maschinen, sowie schwarze und verzinkte Dachbleche und Weißbleche. Die Nachfrage nach Dachblechen schätzt man zurzeit auf über 16 000 t.

Aus dem Vorhergehenden ist der Schluß zu ziehen, daß die ukrainischen Hüttenwerke — selbst in dem bescheidenen Umfange, wie die Wiederaufnahme der Betriebe beabsichtigt ist — sehr bald einer Uebererzeugung an Stabeisen gegenüberstehen werden, für die im eigenen Lande kein Absatz zu finden ist, sondern nur in Großrußland und den Randstaaten.

Preise. — Die Höchstpreise beim Verkauf von Kohle und Koks sind für den Monat September ohne Aenderung geblieben¹⁾:

	Rubel f. d. Pud ²⁾	℥ f. d. t
Kohle	2,00 =	122
Koks	2,85 =	174

Die Zechenvertreter hatten eine weitere Erhöhung des Preises beantragt und stellten die geringe Besserung der Förderung nur als scheinbar hin; sie drangen mit ihrer Absicht aber nicht durch.

Die Höchstpreise für Eisen¹⁾ sowie die staatlichen Eisenverteilungsstellen werden angesichts des bevorstehenden Ausgleiches zwischen Nachfrage und Angebot aufgehoben. Vom 1. September 1918 ab herrscht freier Handel, ausgenommen für Dach- und Weißbleche sowie für Schienen. Für diese werden zwar keine Höchstpreise festgesetzt, aber die Verteilung durch die staatlichen Behörden wird vorderhand bestehen bleiben, da bei dem starken Bedarfe, besonders an Dachblechen, dessen Befriedigung einstweilen noch nicht abzusehen ist, spekulative Einkäufe vermieden werden sollen.

Löhne. — Die Arbeiterlöhne in Industriegebiete haben sich den Preisen der Lebensmittel angepaßt. Sie betragen bei achtstündiger Arbeitszeit:

1. in den Gruben:		Rubel
a) unter Tage	Tagelöhner	7,00
	Berufsarbeiter	8,00— 9,00
	Häuer im Akkord	15,00—20,00
b) über Tage	Tagelöhner	5,50
	Berufsarbeiter	7,00— 9,00
2. in den Hüttenwerken:		Rubel
a) Bezirk Jekaterinoslaw:		
	Tagelöhner	6,40— 7,20
	Frauen	4,80
	Kesselheizer	8,00— 9,60
	Berufsarbeiter im Martinwerk	9,00—15,00
	Berufsarbeiter im Walzwerk	9,60—16,20

b) Bezirk Kramatorskaja:	Rubel
Tagelöhner	7,20
Schlosser	10,00—15,00
Dreher	11,00—17,00
Gießereiformer	10,00—17,00

c) Bezirk Taganrog:	Rubel
Tagelöhner	5,00
Frauen	4,00
Berufsarbeiter in Hochofen-, Stahl- und Walzwerken	6,90—11,40

Diesen Arbeiterlöhnen liegt ein Preis des Brotes von 40 bis 50 Kopeken für das russ. Pfund¹⁾ zugrunde.

Feuerfeste Steine. — Bis zum Kriege lieferte Deutschland und in geringem Maße England einen großen Teil der hochwertigen Schamottesteine für Hochöfen, ferner Stopfen und Ausgußsteine für Stahlpfannen und Dinassteine für die Martinöfen. In Südrußland bestanden damals zwei Fabriken, die Dinassteine herstellten: Dekonskaja und Krasnogorowka, beide im Donezgebiete gelegen. Außerdem hatte eine Reihe von Hüttenwerken ihre eigenen Abteilungen zur Herstellung ihres gewöhnlichen Bedarfes feuerfester Steine.

Infolge des Krieges fiel die ausländische Lieferung weg und die Hüttenwerke gingen daran, ihre Abteilungen soweit zu vergrößern, daß sie ihren ganzen Bedarf decken konnten. So machten sich die Dnjeprovienna, Briansk, Jusowka, Russo-Belge und Drushkowla völlig unabhängig von dem Bezuge der südrussischen Steinfabriken. Briansk soll eine monatliche Herstellung bis zu 1500 t Dinassteine erzielt haben und hat einen Teil seiner Steine auf den Markt geworfen.

Die Beschaffenheit der in den südrussischen Steinfabriken hergestellten Dinassteine hat sich während des Krieges wohl kaum gebessert, da die Käufer doch stets einem gewissen Mangel gegenüberstanden. Sie waren gezwungen, bis zu einem Zehntel Bruch anzunehmen, während früher die ausländischen Steine trotz der Umladung nicht mehr als ein Fünfundzwanzigstel Bruch ergeben hatten.

Die nicht befriedigende Beschaffenheit der Dinassteine ist nicht etwa in der Geringwertigkeit des Rohstoffes begründet; denn der in den Bezirken von Bachmut und Nikitowka vorkommende Quarzit ist seiner chemischen Zusammensetzung nach geeignet, einen hochwertigen Dinasstein zu liefern. Der Grund scheint vielmehr darin zu liegen, daß das Brennen bei der Herstellung der Steine nicht richtig durchgeführt wurde. Die Hüttenwerke, die jetzt selbst ihre Dinassteine herstellen, geben an, in den letzten Jahren Steine von hoher Güte erzielt zu haben. Es hat allen Anschein, als ob die südrussische Industrie in Zukunft nicht mehr notwendig haben wird, ihren Bedarf aus dem Auslande zu decken. Sie würde dazu nur veranlaßt werden, wenn der Preisunterschied zugunsten der ausländischen Steine sprechen würde.

¹⁾ Vgl. St. u. E. 1918, 15. Aug., S. 761.

²⁾ 1 Rubel = 1 ℥ gerechnet. — 1 Pud = 16,38 kg.

¹⁾ 1 russ. Pfund = 0,410 kg.

Vor dem Kriege kosteten südrussische Dinassteine 55 bis 60 Kopeken das Pud frei Hüttenwerk, während der Selbstkostenpreis der Fabriken 35 bis 40 Kopeken betrug. Die ausländischen Dinassteine stellten sich damals auf 80 bis 100 Kopeken frei Hüttenwerk Südrußland. Die Teuerung aller Rohstoffe hat auch den Preis der Dinassteine heraufgeschraubt. Mitte 1916 betrug der Preis f. d. Pud schon 2 Rubel oder 122 *M. f. d. t.* Zurzeit sind die beiden obengenannten Steinfabriken stillgesetzt, da der Absatz noch fehlt. Für neue Abschlüsse nannte man den Preis von 8 bis 10 Rubel f. d. Pud oder 488 bis 610 *M. f. d. t.*

Geldliche Lage. — Keines der Werke hat zur schnellen Wiederaufnahme der Arbeit im früheren Umfange das nötige Betriebskapital. Durch die ungeheure plötzliche Entwertung des Geldes ist der Bedarf an Betriebsmitteln ins Unglaubliche gestiegen. So hatte z. B. ein Werk mit einer Jahreserzeugung von 260 000 t Roheisen bei Kriegsausbruch ein Betriebskapital von 6 630 000 Rubel oder 37 % seines ungefähr 18 000 000 Rubel betragenden Jahresumsatzes. Bei gleichbleibenden Lagerbeständen und Flüssigkeit der Geldmittel hätte das Betriebskapital von 1914 bis zum 1. Januar 1916 infolge des allmählichen Anziehens der Preise auf dem Rohstoff- und Arbeitsmarkte sowie infolge der Eisenbahnfrachterhöhungen auf 8 250 000 Rubel ansteigen müssen. Es mußten demnach 1 620 000 Rubel vom Reingewinne dem Betriebskapital zugeführt werden. Nach einem weiteren Jahre — am 1. Januar 1917 —, also kurz vor der Staatsumwälzung, ergab sich die folgende Berechnung der Betriebsmittel:

	Rubel
Verfügbare Mittel	17 867 000
Vorpflchtigungen	3 567 000
Betriebskapital	14 300 000

Unter den verfügbaren Mitteln blieben Bankguthaben und Wechsel fast auf derselben Höhe; die große Steigerung betraf lediglich die Rohstoff- und Warenvorräte und die Außenstände. Dem Betriebskapital hatten also im Laufe des Jahres 6 000 000 Rubel zugeführt werden müssen, so daß die Erhöhung vom 1. Juli 1914 bis 1. Januar 1917 von 6 600 000 auf 14 300 000 Rubel, also auf 217 % des früheren Bestandes, anwuchs. In der Zeit vom 1. Januar 1917 bis August 1918 fand dann eine ganz maßlose Preisteuerung statt. Der Abschluß des betreffenden Unternehmens würde sich, falls es jetzt im vollen Umfange unter den früheren Bedingungen arbeiten würde, wie folgt gestalten:

	Rubel
Verfügbare Mittel	95 000 000
Vorpflchtigungen	20 000 000
Betriebskapital	75 000 000

Es ist ohne weiteres klar, daß auch bei regelmäßiger Arbeit ohne Stockung im Betriebe oder im Versande der Fertigerzeugnisse kein Werk im-

stande gewesen wäre, einen hinreichenden Gewinn zu erzielen, um dem Betriebskapital andauernd schnell und sprunghaft wachsende Beträge zuführen zu können, denn die Verkaufspreise für die Fertigerzeugnisse hinkten bei dem sprunghaften Steigen der Preise für Rohstoffe und Arbeitslöhne doch immer nach.

Die Hüttenwerke hätten daher auch schon aus diesem Grunde wachsende Bankdarlehen in Anspruch nehmen oder allmählich den Betrieb ihrer Abteilungen entsprechend ihren Betriebsmitteln einschränken müssen. Die meisten waren schon während des Sommers 1917 zu teilweisen Betriebs-einschränkungen geschritten, weil der eine oder andere Rohstoff infolge des zerrütteten Verkehrswesens nicht in genügender Menge ankam, oder die Versandmöglichkeit der Fertigerzeugnisse fehlte. Während nun die Werke stillstanden oder langsamer arbeiteten, häuften sich andere Rohstoffe in größerer Menge zu verhältnismäßig noch billigen Preisen an. Diese Werke haben bei allmählicher Wiederinbetriebsetzung ihrer Abteilungen den Vorteil, die zu verhältnismäßig niedrigen Gesteuerungskosten aufgespeicherten Rohstoffe in marktfähige Ware zu den jetzigen hohen Verkaufspreisen umsetzen und sich hierdurch im Laufe der Monate das notwendige Betriebskapital für eine erweiterte Tätigkeit verschaffen zu können.

Auf mehreren Werken wurden die auf Lager befindlichen Waren laut Buchwert mit 15 000 000 bis 20 000 000 Rubel angegeben, während der heutige Marktwert 40 000 000 bis 50 000 000 Rubel beträgt. Auch bei der Annahme, daß die Umwandlung der Rohstoffe — zum jetzigen Marktpreise gerechnet — in Fertigerzeugnisse bei der geringen Erzeugung, mit der die Werke beginnen müssen, keinen Gewinn ergibt, kann doch im Laufe der nächsten Monate der Gewinn aus dem Unterschiede zwischen Buch- und Marktwert wirklich erzielt werden.

Die obige Berechnung der bei den heutigen Rohstoffpreisen und Arbeiterlöhnen notwendigen Betriebsmittel eines Hüttenwerkes mit 260 000 t Roheisenerzeugung und 18 000 000 Rubel Jahresumsatz ist auf der früher in Rußland üblichen Drei-Monats-Zahlung begründet, während jetzt teilweise Barverkauf und teilweise Verkauf mit Monatszahlung herrscht. Man kann daher annehmen, daß das Hüttenwerk, das bis zum Kriege mit einem Betriebskapital von 6 630 000 Rubel auskam, und bei Drei-Monats-Zahlung jetzt 75 000 000 Rubel benötigen würde, unter den heutigen Umständen — falls es im vollen Umfange arbeitete — über ein Betriebskapital von 35 000 000 bis 40 000 000 Rubel verfügen muß.

Wie oben gezeigt, liegt die Möglichkeit vor, daß eine Reihe von Werken sich diese Betriebsmittel im nächsten Halbjahre aus eigener Kraft werden schaffen können.

Die Grundlagen der Röntgenphysik in ihrer Anwendung auf die Metalldurchstrahlung.

Von Dr. G. Respondek in Berlin-Halensee.

(Schluß von Seite 841.)

Damit wären im wesentlichen die Grundlagen dargelegt, auf denen die Durchstrahlung der Metalle mittels Röntgenstrahlen steht. Der zweite Punkt, der nunmehr einer näheren Erörterung bedarf, besteht in der Darstellung der Vorgänge, die in der Emulsion der photographischen Platte unter der Einwirkung der Röntgenstrahlen vor sich gehen. Die Unterschiede in der Helligkeit des Bildes auf der Platte haben ihren Grund darin, daß die Intensität der Strahlung auf ihrem Wege durch einen vorgehaltenen ungleichartigen Körper verschieden stark absorbiert wird und demzufolge verschieden stark auf die Bromsilberschicht der Platte einwirkt. Zum Verständnis seien nur einige kurze Bemerkungen vorausgeschickt. Bei den Aufnahmen von deBrogli traten auf der photographischen Platte zwei merkwürdige Banden auf, die auf dieser auch bei Aenderung des Antikathodenmaterials blieben. Da sie ihre Stellung also nicht änderten, so mußten sie dem Silber und Brom der empfindlichen Schicht zugewiesen werden. War aber diese Annahme richtig, so mußte umgekehrt unter Berücksichtigung des Absorptionsspektrums das umgekehrte Ergebnis zu erwarten sein, wenn eine Silberfolie der empfindlichen Schicht vorgeschaltet lag. Zum Beweis wurde in den Weg der Röntgenstrahlen eine dünne Folie reinen Silbers gebracht. Da dadurch ein Teil des Röntgenspektrums, und zwar der, der die Silberstrahlung erregt, absorbiert wird, so mußte damit die Silberbandkante verschwinden, was auch der Fall war. Die Versuche wurden von E. Wagner in München auch mit anderen Elementen durchgeführt. Damit war der Beweis erbracht, daß die Einwirkung der Röntgenstrahlen auf die photographische Schicht in der Resonanzeigenschaft der Silber- und Bromatome ihren Grund hat, daß diese also ihre hohe Empfindlichkeit bedingen. Der Schwärzungs kontrast wird also um so ausgeprägter sein, je stärker diese charakteristische Strahlung erregt wird. Es besteht aber auch unabhängig von dem selektiven Gebiet der Bromsilberstrahlung eine direkte Wirkung der Röntgenstrahlung auf die Empfindlichkeit der photographischen Platte. Die Annahme ist berechtigt, daß auch der Röntgenstrahl grundsätzlich auf das Silber in gleicher Weise wie der ultraviolette Strahl einwirkt. Das Ergebnis dieser Einwirkung ist immer Halogenabspaltung und Silberkeimbildung. Für die weitere Erklärung hat Lüppo-Kramer die Annahme gemacht, daß der Röntgenstrahl im Bromsilber relativ zahlreichere, wenn auch zunächst kleinere Zersetzungscentren bildet als der gewöhnliche Lichtstrahl, eine Annahme, die bei der äußerst

kurzwelligen und durchdringenden Röntgenstrahlung erlaubt ist. Es wird eine stärkere Bromabspaltung und daher auch eine durchgreifendere Zersplitterung des Kornes erfolgen.

Da die Einwirkung der Röntgenstrahlen auf die photographische Platte in der Absorption der Strahlung durch die Brom- und Silberatome besteht, wird es für die Erreichung der höchsten Nutzleistung erforderlich sein, die Intensität bis zum äußersten auszunutzen. Der erste Schritt besteht nun darin, eine progressive Verstärkung durch Steigerung der photographischen Schichtdicke selbst vorzunehmen und so in stärkerem Maße die Eigenstrahlung des Bromsilbers zur Schwärzung und damit zur Hervorbringung der Kontraste heranzuziehen. Diesem Wege ist praktisch im gewissen Sinne eine Grenze gezogen, da mit wachsender Schichtdicke die Entwicklungszeit für die Platte ansteigt. Der zweite Schritt wäre der, der Emulsion Blei oder andere schweratomige Salze zuzusetzen und auf diese Weise die Resonanzeigenschaften dieses Elements zu benutzen. Diese Elemente müssen aber so gewählt werden, daß sie mit der Emulsion nicht reagieren, was bei den Bleisalzen nicht zutrifft. Es kommt bei diesem Schritt auch praktisch darauf an, nach welcher Zeit sie in den kristallisierten Zustand übergehen. Vorteile dürfte sicherlich der Zusatz von Thoriumoxyd oder ähnlichen hochatomigen Oxyden bieten, für welche die Gelatine als Schutzkolloid wirkt. Dieses Element könnte direkt der Platte zur Verstärkung der photographischen Wirkung beigelegt werden. Neben diesem ist es aber unbedingt erforderlich, zu den Hilfsmitteln der indirekten Verstärkung zu greifen. Hier käme als erstes der Verstärkungsschirm in Frage, wie er in der medizinischen Röntgentechnik in Gebrauch ist. Dieser Schirm hat aber für den vorliegenden Zweck, bei dem es sich um größere Belichtungszeiten handelt, große Unzutraglichkeiten, so daß man von seinem Gebrauch am besten absieht. Auch für die indirekte Verstärkung hat es sich am zweckmäßigsten erwiesen, die Resonanzeigenschaften der hochatomigen Elemente heranzuziehen. Demgemäß wählte ich dünne Metallfolien aus Blei als Verstärker, die nach jeder Richtung zu den besten Ergebnissen führten. Der Hauptvorteil dieses Verstärkungsverfahrens besteht vor allem darin, daß keinerlei Ermüdungserscheinungen auftreten können, da ja der Resonanzeffekt in einer periodischen Bewegung der Elektronen im Atom besteht. Wie ich nachträglich feststellte, hatte J. Stark bereits 1902 zu diesem Verstärkungsmittel gegriffen. Der Weg der Strahlung ist hiermit der

folgende. Sie geht nach Durchgang durch den zu untersuchenden Körper durch das Glas der photographischen Platte, die verstärkten Silberschichten, und löst nachher noch die Resonanzstrahlung der anliegenden Bleifolie aus. Es lassen sich hierbei natürlich noch mancherlei andere zweckmäßige Kombinationen der Elemente vornehmen. Eine weitere Verstärkung muß noch durch die korpuskulare Elektronenstrahlung stattfinden, die seitens der Röntgenstrahlung ausgelöst wird. Auf diese Weise ist eine große Umsetzung der Röntgenenergie in nutzbare photographische Energie vorgenommen. Dieselben Gedanken lassen sich auch auf den Durchleuchtungsschirm unter den hierfür erforderlichen Gesichtspunkten übertragen, sobald man die Durchleuchtung der Metalle durch Röntgenstrahlen vornimmt, wofür bereits praktische Ergebnisse vorliegen. Arbeiten über die Leuchterscheinungen der verschiedensten Elemente unter Einwirkung der Strahlung liegen zahlreich vor und sind für den vorliegenden Zweck sofort zu gebrauchen. Beim Durchgang der Röntgenstrahlen durch Materie tritt auch eine zweite Erscheinung auf, auf die nur kurz hingewiesen werden soll, um ihre Stellung für die vorliegende Aufgabe festzulegen. Schon Röntgen hatte erkannt, daß die Strahlung, sofern sie auf Körper auftritt oder durch sie hindurchtritt, gleichgültig, ob die Körper fest, flüssig oder gasförmig sind, eine Zerstreuung erfährt, die zu einer Verschlechterung des photographischen Bildes führt. Ihr Einfluß muß durch geeignet gewählte starke Bleiblenen möglichst unschädlich gemacht werden. Dies sind im wesentlichen die photographischen Grundlagen, die für die Durchstrahlung und Durchleuchtung der Metalle mittels Röntgenstrahlen in Frage kommen.

Zur Erzeugung der Röntgenstrahlen gehört zunächst ein Apparat, der die hochgespannte elektrische Energie zu liefern vermag, die für die Beschleunigung der Elektronen zwischen der Anode und Kathode des Entladungsrohres erforderlich ist. Hierfür scheint nun aus verschiedenen Gründen der Funkeninduktor am geeignetsten. Bei ihm ist es vor allem nicht schwer, Ueberspannungen zu erzeugen, die ohne weiteres in Kreisen auftreten müssen, in denen Funkenstrecken liegen. Eine einfache Ueberlegung zeigt aber auch den Vorteil der hohen Spannung. Die elektrische Energie E ist proportional dem Quadrate der Spannung: $E = k \cdot V^2$. Nach der Einsteinschen Gleichung ist aber die Frequenz ν nur proportional mit der Spannung $\nu = k' \cdot V$. Folglich muß neben dem Ansteigen der kurzwelligen Strahlung eine um so stärkere Verschiebung der Energie ins kurzwellige Spektrum eintreten, je höher die Spannung ist.

Das Entladungs- oder Röntgenrohr ist sodann der eigentliche Ort, in dem an der Antikathode die Elektronen das Röntgenfeld schaffen. Die Röhre hat aber eine Reihe wichtiger Forderungen zu erfüllen, von denen ihre Brauchbarkeit stark abhängig ist. Es muß bei der Coolidgeöhre, die hier bei den

sehr hohen Spannungen nur in Frage kommt, das Vakuum das äußerste sein, das überhaupt erreichbar ist, damit irgendeine Gasentladung in ihr nicht mehr möglich ist. Die Auftreffstelle der Elektronen auf die Antikathode muß möglichst klein, ihr Brennpunkt also scharf sein. Auf die Schärfe und Feinheit der Einzelheiten des gesuchten Bildes hat die Größe des Brennpunktes einen wesentlichen Einfluß. Nur ein scharfer Brennpunkt vermag alle Einzelheiten klar zu liefern.

Durch Verwendung von Elementen hohen und höchsten Atomgewichts als Antikathodenmaterial ist es möglich, die Intensität ihrer Eigenfrequenzen stark zu steigern. Es ist zu beachten, daß die Hauptmasse der Elektronen mit einer Geschwindigkeit an die Antikathode kommt, die sich um einen am häufigsten vorkommenden Mittelwert ziemlich gleichmäßig verteilt. Der Rest dagegen wird der Träger größerer oder kleinerer Energiemengen sein. Von diesem Geschwindigkeitsspektrum der Elektronen wird nun ein Teil zur Erregung der charakteristischen Serienemission des Antikathodenmaterials und der Rest zur Erregung des Bremspektrums verbraucht.

Je höher nun das Atomgewicht des Strahlers und je größer die Spannung, um so stärker ist die Intensität der Linienemission, und um so gleichmäßiger wird das kontinuierliche Spektrum gestaltet sein. Auch durch Verminderung der Temperatur der Antikathode läßt sich das Durchdringungsvermögen der Strahlung steigern. Abb. 5 zeigt nun die gesamte Anordnung für die praktische Untersuchung. Die ausgeführten Durchstrahlungsbilder sind mittels der Coolidgeöhre durchgeführt. Die Entfernung zwischen dem Brennpunkt der Röhre und dem Gegenstand wird im allgemeinen zu 35 bis 40 cm gewählt. Einer beträchtlichen Vergrößerung der Entfernung ist durch eine daraus folgende größere Belichtungszeit von vornherein für die Praxis eine Grenze gezogen. Die Stromstärke in der Röhre liegt zwischen 1,5 bis 3,0 Milli-Ampere. Der Spannungsabfall an den Polen des Induktors beträgt für die gewählten Schichtdicken 40 bis 45 cm Parallelfunkstrecke, gemessen zwischen Spitze und Platte. Die Abb. 6 bis 8 geben Durchstrahlungsbilder von Eisen, Blei und Eisenbeton. Die Abbildungen reichen in keiner Weise an die eigentliche Platte heran, die in voller Klarheit und Schärfe die Einzelheiten hervortreten läßt.

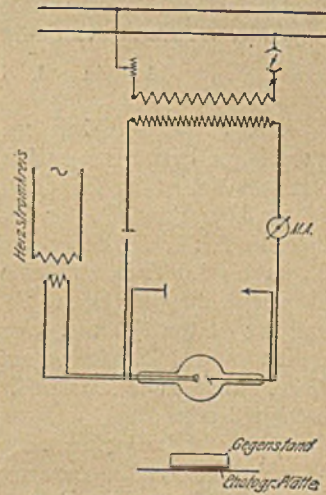


Abbildung 5. Versuchsanordnung.

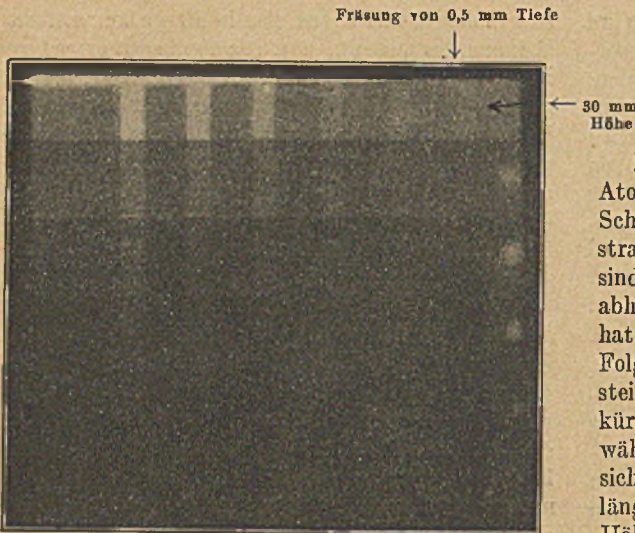


Abbildung 6. Eisen.

Abb. 6 stellt eine Eisentreppe dar, deren Anordnung folgendermaßen getroffen ist: Die Höhe der einzelnen Stufen der Treppe steigt um je 5 mm von 10 bis 30 mm an. In der Grundfläche der Treppe befinden sich Einfräsungen in den Abstufungen von 5 mm bis 1,0 mm Tiefe und eine von 0,5 mm Tiefe. Die Betrachtung des letzten Feldes der Stufe, 30 mm, und der letzten Fräsung, 0,5 mm, zeigt, daß Fehlstellen von 1½ %, bezogen auf die gesamte Schichtdicke, sicher aufdeckbar sind. Die Belichtungszeit beträgt 2 min.

Abb. 7 gibt das Durchstrahlungsbild von gewalztem Weichblei in den Abmessungen von 90 : 20 : 8 mm. Es ist mit 10 mm tiefen Bohrungen von 0,5 bis 4 mm Durchmesser in den Abstufungen von 0,5 bis 4 mm versehen. Das Bild ist senkrecht zur Bohrungsachse durchstrahlt und zeigt auf der Platte die Bohrung von 1,5 mm Durchmesser in voller Klarheit. Die Belichtungszeit beträgt etwa eine Stunde. Berücksichtigt man, daß zur Zeit der Entdeckung der Röntgenstrahlen 2 mm Blei als ausreichender Schutz gegen die Strahlung betrachtet wurden, daß noch in jüngster Zeit nach Rutherford 2 bis 3 mm Blei die härteste Strahlung praktisch völlig absorbieren sollen, und daß schon jetzt über 6,5 mm Blei unter technisch gar nicht schweren Bedingungen der Innenabbildung zugänglich sind, so ist der große Fortschritt in der physikalischen Erkenntnis und in der technischen Herstellung der Strahlen unverkennbar. Dieser wesentliche Fortschritt war aber erst möglich, als Röntgen die Einwirkung der Strahlung auf die photographische Platte festgestellt hatte, denn nun konnte die Durchschlagkraft der Strahlung und ihre Eigenschaften bei wachsender Spannung verfolgt werden. Das für Blei erhaltene Ergebnis wird auch für die Frage des Röntgenschlutzes sehr zu berücksichtigenden sein.

Die durchgeführte Untersuchung der Durchlässigkeit der Metalle für Röntgenstrahlen in Ab-

hängigkeit vom Atomgewicht und von der Schichtdicke des Metalles ist durch die Wahl der Elemente Aluminium und Blei in gewissem Sinne als abgeschlossen zu bezeichnen. Aus den erhaltenen Ergebnissen ist der Schluß gestattet:

Das gesamte System der Metalle bis zu dem Atomgewicht 207 ist in allen praktisch gebrauchten Schichtdicken der Durchstrahlung mittels Röntgenstrahlen zugänglich. Die erreichbaren Schichtdicken sind vor allem von der angelegten Röhrenspannung abhängig. Eine wesentliche Erhöhung der Spannung hat eine erhebliche Verkürzung der Wellenlänge zur Folge. Die Durchschlagkraft der Strahlen aber steigt wiederum mit etwa der dritten Potenz der Verkürzung der Wellenlänge an (Absorptionsgleichung), während die Höchstwerte der Wellenintensitäten sich gleichzeitig in den Bereich dieser kurzen Wellenlänge verschieben (Einsteinsche Gleichung). Die Höhe der durchstrahlten Schichtdicke ist schließlich noch nach gewisser Richtung von der Belichtungszeit abhängig, die ihrerseits mit der Erhöhung der Spannung abnimmt, und den getroffenen verstärkenden Maßnahmen (Resonanzeigenschaften der Metalle), die für eine hochgesteigerte Ausnutzung der von der Röntgenwelle getragenen Intensität seitens der photographischen Schicht durchaus erforderlich sind. Die Genauigkeit der Innendarstellung von Fehlstellen kann allgemein mit 1½ %, bezogen auf die gesamte durchstrahlte Schichtdicke, angesetzt werden.

Die Metalldurchleuchtung mittels Röntgenstrahlen, bei der das Schattenbild des Körpers auf einen Leuchtschirm aus Bariumplatinzyanür entworfen werden kann, ist gleichfalls vor allem eine Spannungsfrage. Für Eisen von zunächst 20 mm Dicke

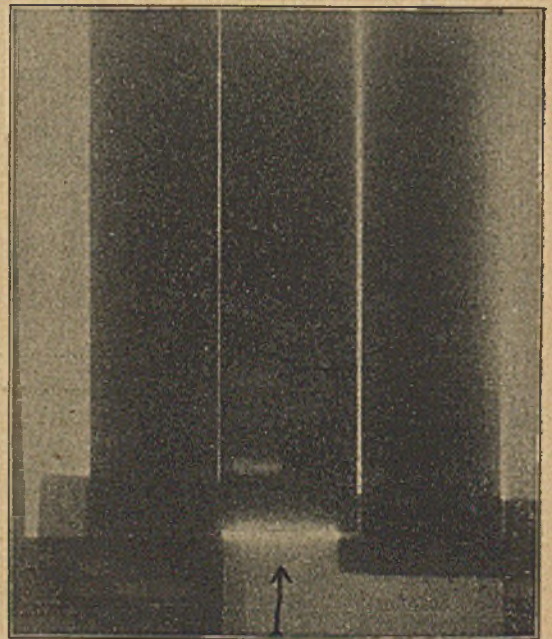


Abbildung 7. Weichblei.

sind die hierauf bezügliche Anordnung und der Versuch von Lasser (von der Siemens & Halske A.-G.) mit Erfolg durchgeführt.

Wie schon erwähnt, ist auch Eisenbeton in den Bereich der Untersuchungen einbezogen. Auf die Möglichkeit, mittels Röntgenstrahlen den Rostgrad der Eiseneinlagen in Beton festzustellen, hat bereits E. Stettler hingewiesen¹⁾. Der Beton, der den Eiseneinlagen überlagert ist, hat nun die Aufgabe, das Rosten des Eisens zu verhindern. Demzufolge ist es nicht gleichgültig, wie das Rohmaterial zusammengesetzt ist, aus dem er besteht. Die Komponenten der Zusammensetzung sind vielmehr in bestimmten Zahlenverhältnissen miteinander zu verknüpfen. Auf jeden Fall darf der Beton nicht zu mager sein, und er muß auch die Eiseneinlagen in dicken Schichten überdecken. Der Beton muß also einen hinreichenden Zusatz an Zement enthalten, um Kalkhydrate in genügenden Mengen zu besitzen, denen der Rostschutz obliegt, und um auch die erforderliche Dichte zu haben, die der Außenluft den Eintritt möglichst zu erschweren hat. Fetter Beton hat wiederum die Eigenschaft, Risse in stärkerem Maße zu bilden als magerer. Die Eisenbetontechnik hat demnach nach dieser Richtung die erste schwer lösbare Aufgabe zu bearbeiten, die durch diese Andeutungen in chemischer Hinsicht nur berührt ist.

Die Schutzwirkung des Betons ist weiterhin nur möglich, solange nicht Ueberlastung zu Rissen Veranlassung gibt, die der äußeren Luft den Zutritt zu den Eiseneinlagen gestatten. Für die Eisenbetontechnik besteht danach die weitere Aufgabe darin, die Formänderungen auf irgendeine Weise verfolgen zu können, die der Beton unter der Einwirkung hoher mechanischer Spannungen erleidet. Unter dem Einfluß dieser Spannungen werden die Eiseneinlagen ihrerseits Formänderungen erfahren. Die Aufgaben, zu denen die Röntgenphysik für die Eisenbetontechnik nutzbar herangezogen werden kann, gliedern sich demnach folgendermaßen. Es kommt darauf an, aus dem Röntgenbild

1. den Zementgehalt des Betons zu bestimmen,
2. den Rostgrad sowie Verbiegungen der Eiseneinlagen und Risse im Beton festzustellen.

Nach den bis jetzt durchgeführten Versuchen scheint der erste Hauptteil der Untersuchung auf größere Schwierigkeiten zu stoßen. Die Ergebnisse

sind nicht greifbar, und es bedarf noch weiterer Prüfung. Der zweite Punkt hat aber eine gewisse Erledigung gefunden. Es ist möglich, stärkere Verrostungen und selbstverständlich auch Verbiegungen einwandfrei aufzudecken. Die Lage und der Abstand der Eiseneinlagen von der Oberfläche ist hierbei gleichgültig.

Abb. 8 stellt eine 100 mm dicke Betonplatte, die eigens für diesen Zweck angefertigt ist, dar. Das Verhältnis von Zement zu Kies ist 1 : 4. Die Eiseneinlagen sind durch die beigefügten Zahlen in bezug auf ihren Rostgrad voneinander unterschieden.

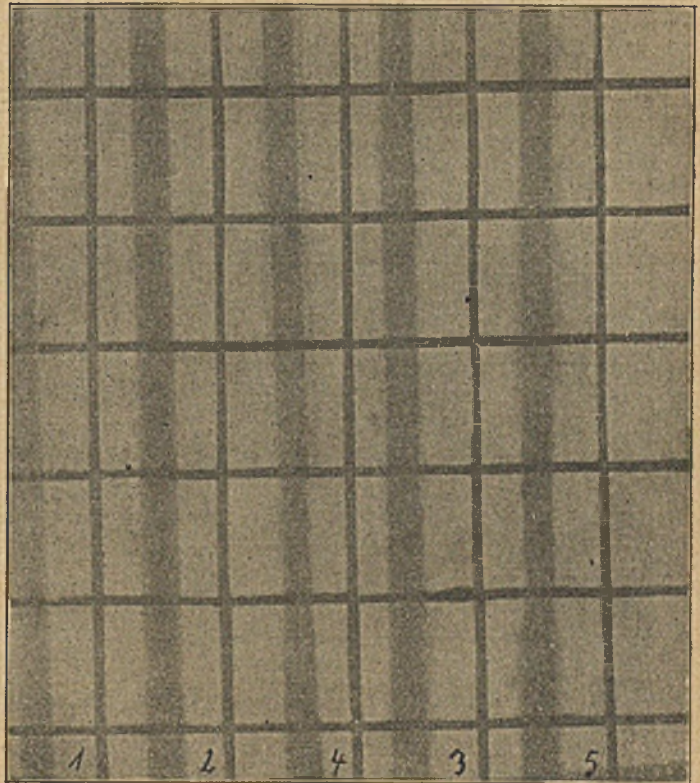


Abbildung 8. Betonplatte.

- 1 ist reines Eisen ohne Rost,
- 2 besitzt nur eine äußerst schwache rostige Oberflächenschicht, die sich der Aufdeckung entzieht,
- 3 besitzt eine starke Rostschicht,
- 4 und 5 sind sehr stark verrostet.

Die Belichtungszeit beträgt 5 min. Die Bildgüte ist durch eine Bleiblende verbessert, deren Anordnung aus dem Bilde zu ersehen ist. Auch für 200-mm-Beton ist das Innenbild erhalten.

Die Röntgenstrahlen gestatten so auf einfache und doch sichere Weise Fehlstellen aufzudecken und auch zeitlich ausgedehnte Untersuchungen zu verfolgen. Sie erleichtern die Untersuchung gegenüber den anderen Verfahren bedeutend, bei denen

¹⁾ Schweizerische Bauzeitung 1916, 8. Juli, S. 18; 1917, 3. März, S. 100.

z. B. nur Aufteilung des Stückes zum Ziele führt. Nach den bis jetzt vorliegenden Erfahrungen und Kenntnissen wird die Methode der Röntgendurchstrahlung und -durchleuch-

tung auch für die Materialprüfung in der Eisenhütten-technik von Bedeutung werden und sich künftighin an die schon geübten Verfahren anreihen.

Umschau.

Ein neues Weißblechwalzwerk in den Vereinigten Staaten.

Im vergangenen Jahre ist ein neues Weißblechwalzwerk der Bethlehem Steel Company in Sparrows Point bei Baltimore in Betrieb gekommen¹⁾, und zwar zunächst 12 Gerüste von der auf 24 Gerüste geplanten Gesamtanlage. Das monatliche Ausbringen soll zunächst 5000 t betragen entsprechend 1 Million Kisten Weißblech jährlich. Das neue Werk besteht aus fünf Hauptgebäuden, deren Anordnung aus Abb. 1 hervorgeht.

Das Platinenlager, das als offene Halle des leichteren Materialtransports wegen ausgeführt ist, ist 21 m breit, 85 m lang und enthält einen 15-t-Laufkran. Er stößt senkrecht auf die Walzwerkshalle, die bei 44,0 m Breite rd. 300 m lang ist. Gleichlaufend dazu liegt eine 35 m breite und 230 m lange Halle, die die Glüherei, das Kaltwalzwerk und die Beizerei enthält. Sie grenzt an die Verzinnerei, die nebst dazugehörigen Vorratsräumen 254 m lang und 20 m breit ist. Daneben liegt die ebenfalls

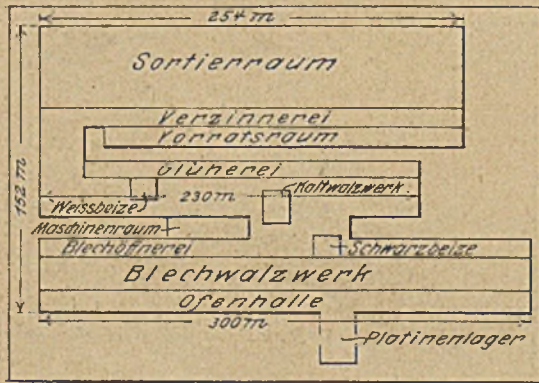


Abbildung 1. Lageplan des Weißblechwalzwerks der Bethlehem Steel Company.

254 m lange und 30,4 m breite Halle, in welcher die Bleche sortiert und verpackt werden.

Zu jedem Walzwerk gehören drei Öfen. Jedes der gußeisernen Gerüste wiegt 17 t. Die zwölf Walzenstraßen sind in zwei Gruppen zu je sechs Gerüsten mit 8,5 m Entfernung angeordnet und werden von je einem 1200 PS-Motor von der Mitte der Straße aus angetrieben. Sollten an einem der Gerüste Störungen auftreten, so wird durch Lösen der Motorkupplung die betreffende aus drei Gerüsten bestehende Hälfte stillgesetzt und während der Instandsetzungsarbeiten mit der anderen Hälfte weitergearbeitet. Die Walzen haben 710 mm Durchmesser bei 750 bis 860 mm Länge. Die Straßen sind mit Wasser- und Luftkühlung versehen.

Zum Beschneiden der Bleche dienen zwölf elektrische Blechdoppler und dreizehn Scheren zum Viereckigschneiden. Die Haupt-Warmwalzwerkshalle wird von zwei 25-t-Laufkränen bedient. Geöffnet werden die gewalzten Pakete in einem Seitenschiff der Warmwalzhalle. Die Übertragung der Drehbewegung von der Motorwelle der Antriebsmotoren auf die Warmwalzen erfolgt durch ein mit gefrästen Schneckenrädern versehenes Rädergetriebe mit einer Übersetzung von 1 : 8, so daß die Walzen bei 240 Umdrehungen der Motorwelle 30 Umläufe in der Minute machen. Von den fünf Glühöfen liegen drei vor

den Kaltwalzwerken in der Nähe der Schwarzbeizerei, während die beiden letzten in nächster Nähe der Weißbeizerei hinter den Kaltwalzen angelegt sind. Die Beizerei besteht aus zwei vierarmigen und einer dreiarmligen Beizmaschine, für die ein für 1400 PS ausreichender Wasserröhrenkessel den Dampf liefert.

Im Kaltwalzwerk sind zwölf 610 × 910 mm-Kaltwalzgerüste aufgestellt, die in vier Gruppen zu je drei Gerüsten mittels Seiltrieb von einem 1200-PS-Motor angetrieben werden. Für die ersten zwölf Warmwalzwerke sind 21 Verzinnmaschinen vorgesehen, deren Kessel mit Gas geheizt werden. Bedient wird die Verzinnerei durch einen 5-t-Laufkran.

Ueber die Entstehung der Kristallstruktur bei den Metallen¹⁾.

Metalle und ihre Legierungen gehen bei der Erstarung aus dem Schmelzfluß in den kristallisierten Zustand über. Ueber den molekularen Aufbau der erstarrten Metalle und Legierungen war man sich lange Zeit im unklaren und man begegnet in der Literatur noch vor wenigen Jahrzehnten der Darstellung, als hätten wir in ihnen, besonders den Legierungen, Stoffe von Eigenschaften analog denen des Glases vor uns.

„Kristallisierten“ und „glasigen“ Zustand pflegte man früher nicht genügend streng zu unterscheiden, sondern unter der Sammelbezeichnung „fester Zustand“ zusammenzufassen. Unter den Begriff „fester“ Zustand wurden alle die Erscheinungsformen einbezogen, in denen der Stoff keine innere Beweglichkeit, keine Verschiebbarkeit seiner kleinsten Teile, der Atome oder Moleküle, mehr zeigt. „Kristallisierte“ und „glasige“ Körper unterscheiden sich aber dadurch, daß diese nach allen Richtungen gleiche Werte der physikalischen und chemischen Eigenschaften zeigen, daß bei jenen dagegen die Werte dieser Eigenschaften nach wechselnden Richtungen verschieden sind. Den glasigen Zustand nennt man daher „isotrop“, den kristallisierten dagegen „anisotrop“. Unter idealen Wachstumsbedingungen stellt sich ein Kristall als ein regelmäßiges stereometrisches Gebilde mit symmetrischen Eigenschaften in bezug auf ausgezeichnete Flächen und Achsen des Kristallkörpers dar. Die Untersuchung der Eigenschaften ergibt Uebereinstimmung der Richtungen ausgezeichnetener Eigenschaftswerte mit den geometrischen Achsen des Kristalls. Das ist verständlich, da die Ausbildung der Kristallform weiter nichts als die Folge verschiedener Wachstumsgeschwindigkeit des Kristalls in verschiedener Richtung ist. Die geometrischen Achsen des Kristalls sind also Richtungen ausgezeichnetener Werte der Wachstumsgeschwindigkeit, in denen auch andere Eigenschaften ausgezeichnete Werte zeigen.

Den tiefern Grund dieses abweichenden Verhaltens haben wir in einer besonderen Anordnung der Atome oder Moleküle in den Kristallen, in der sogenannten „Raumgitteranordnung“, zu suchen. Durch Scharon paralleler Ebenen denken wir uns den Raum in lauter gleiche Raumelemente zerlegt, um deren Eckpunkte die Atome oszillierende Schwingungen ausführen. Diese Raumgittertheorie vermag die Abhängigkeit der Eigenschaften der Kristalle von der Richtung und die Symmetrieverhältnisse zu erklären. Eine wesentliche Stütze hat die Raumgittervorstellung vor wenigen Jahren durch

¹⁾ Eigenbericht über meinen Vortrag, gehalten im Ruhrbezirksverein und im Aachener Bezirksverein deutscher Ingenieure.

¹⁾ Iron & Coal Trades Review 1917, 17. Aug. S. 167.

die Versuche von Laue erhalten; durch photographische Aufnahme der Beugungsbilder von Röntgenstrahlen nach dem Durchgang durch Kristalle wurde ein greifbarer Beweis für die Richtigkeit der Raumgitteranschauung erbracht.

Schmelzen und Kristallisieren. Durch genügend hohe Temperatursteigerung können wir die Kristalle schmelzen. Die Schmelze zeigt nicht mehr den Charakter des anisotropen Zustandes; die Raumgitteranordnung ist durch das Schmelzen zerstört worden. An Stelle der geordneten Schwingung der im Raumgitter an bestimmter Stelle festgehaltenen Atome ist vollkommen ungeordnete Bewegung der frei beweglichen Atome getreten. Diese einschneidende Umwälzung, die sich in der Anordnung der Atome beim Schmelzprozeß vollzieht, äußert sich in gleichzeitigen sprunghaften Aenderungen vieler Eigenschaften des Stoffes, z. B. spez. Volumen, Wärmeinhalt, Leitfähigkeit u. a. m.

Wenn wir einer Schmelze umgekehrt Wärme entziehen, so daß die Temperatur unter die des Schmelzpunktes sinkt, so sind wieder die Bedingungen für die Beständigkeit des Raumgitters gegeben, wir haben Kristallisation zu erwarten. Bei einer ganzen Reihe von Stoffen findet der Uebergang der flüssigen isotropen Schmelze in den anisotropen Kristallzustand aber nicht statt. Die Schmelze „unterkühlt“ sich und geht bei sinkender Temperatur allmählich in ein starres, sprödes, aber immer noch völlig isotropes Glas über. Die sprunghaften Eigenschaftsänderungen beim Schmelzpunkt bleiben dann aus.



Abbildung 1. Abhängigkeit der K. G. von der Temperatur.

Als augenfälligste Stütze der Auffassung, daß die erstarrten Metalle im kristallisierten und nicht im glasigen Zustande sich befinden, können die Beispiele von frei in Hohlräumen ge-

wachsenen Metallkristallen dienen. Einblick in den Aufbau dicht erstarrter Metallmassen gewährt das in der Metallographie übliche Verfahren der Schlifffätzung. Reine Metalle zeigen auf einer geätzten Schlifffläche eine unregelmäßige polygonale Zeichnung. Die Begrenzungslinien dieser Polygone entsprechen den Schnittlinien der Schlifffebene mit den Begrenzungsebenen der dicht aneinandergelagerten Polyeder, aus denen das Metall aufgebaut ist. Diese Polyeder erweisen sich als kristallographisch einheitliche Gebilde. In drastischer Form läßt dies die Anordnung der Gleitlinien erkennen, die durch Deformation des Metalls über die Fließgrenze hinaus auf der Schlifffläche entstehen; innerhalb der einzelnen Polygone sind sie parallel gerichtet, während ihre Richtung von Polygon zu Polygon entsprechend der Aenderung der Orientierung der kristallographischen Achsen der einzelnen Kristallpolyeder gegen die Schlifffläche wechselt.

Beim Studium der Entstehung der Kristallstruktur sind wir wegen der Undurchsichtigkeit der Metalle auf Uebertragung der an nichtmetallischen Stoffen gesammelten Erfahrungen auf die Metalle angewiesen. „Lineare Kristallisationsgeschwindigkeit“ und „spontanes Kristallisationsvermögen“ sind die beiden Faktoren, die den Kristallisationsvorgang regeln.

Die Bestimmung der Kristallisationsgeschwindigkeit (K. G.), d. h. der größten linearen Geschwindigkeit des Fortschreitens der Grenzfläche des Kristallisierten in einer unterkühlten Schmelze, läßt sich nach einer einfachen Versuchsanordnung durchführen¹⁾. Das Ergebnis der Untersuchungen ist, daß allgemein, von einem verschwindenden Werte beim Schmelzpunkt beginnend, die K. G. mit wachsender Unterkühlung schnell

auf einen für den betreffenden Stoff charakteristischen Höchstwert ansteigt und sich für ein mehr oder weniger großes Unterkühlungsgebiet auf diesem größten Werte hält. Dann sinkt sie schnell wieder ab und nähert sich dem Werte Null (Abb. 1).

Spontanes Kristallisationsvermögen. Die Kristallisation einer unterkühlten Schmelze setzt von einzelnen Punkten, den Kristallisationszentren oder -kernen, aus ein. Die Zahl derselben, die sich in der Volumeneinheit in der Zeiteinheit bei gleichbleibender Temperatur bildet, heißt die Kernzahl (K. Z.); sie gibt ein Maß für das spontane Kristallisationsvermögen der Schmelze. Kristallisationskerne bilden sich bei manchen Stoffen unter Umständen, unter denen die Bedingungen für das Weiterwachsen nicht gegeben sind, also bei so starken Unterkühlungen, daß die Kristallisationsgeschwindigkeit auf den Wert Null gesunken ist. Es handelt sich dann um die Bildung nicht sichtbarer submikroskopisch kleiner Gebilde, die wir uns entstanden denken durch Zusammenlagerung einer Anzahl von Molekülen nach den

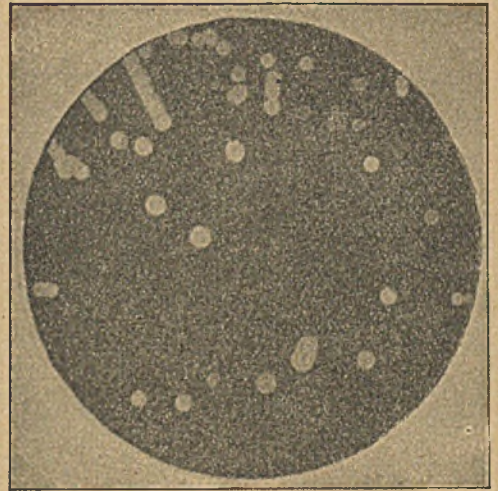


Abbildung 2. Kristallisationskerne in einer unterkühlten Schmelze von Bistol im polarisierten Licht.

Gesetzen der Raumgitteranordnung. Erst durch Veränderung der Temperatur, nämlich durch Ueberführung in das Gebiet merklicher K. G., können die bei tieferer Temperatur gebildeten Kerne weiter wachsen und sich zu sichtbarer Größe entwickeln. In diesem Verhalten der Kerne ist die Möglichkeit der Feststellung ihrer Zahl und deren Temperaturabhängigkeit gegeben.

Abb. 2¹⁾ zeigt auf diesem Wege in einer unterkühlten Schmelze von Bistol zu sichtbarer Größe entwickelte Kerne unter einem Polarisationsmikroskop. Deutlich ist in der unterkühlten isotropen Schmelze das Einsetzen der Kristallisation von einzelnen Punkten aus zu verfolgen. Die Bestimmung der K. Z. in Abhängigkeit von der Temperatur der unterkühlten Schmelze ergibt, daß in einem gewissen Temperaturintervall unterhalb des Schmelzpunktes ein Maximum der K. Z.-Kurve liegt, das nach beiden Seiten sehr steil abfällt²⁾ (Abb. 3).

Unterkühlungsfähigkeit. Die Größe der K. G. und der K. Z. und die gegenseitige Lage der Temperaturgebiete, in denen sie merkwürdige Werte haben, sind entscheidend dafür, ob eine Schmelze bei der Abkühlung unter den Schmelzpunkt zur Kristallisation kommt oder ob sie zum amorphen Glase unterkühlt werden kann.

Das Gebiet der merklichen K. G. liegt stets dicht unterhalb des Schmelzpunktes, wie es in Abb. 4 dargestellt

¹⁾ Aus Tamman: Kristallisieren und Schmelzen, S. 150.

²⁾ Siehe G. Tamman: Kristallisieren und Schmelzen, S. 148, und Lehrbuch der Metallographie, S. 3.

ist. Der Temperaturbereich, in dem das spontane Kristallisationsvermögen nicht verschwindet, liegt bei tieferen Temperaturen als jenes Gebiet, so wie es die Kurve 1 anzeigt. In diesem Falle ist es unmöglich, daß bei normaler, nicht zu langsamer Abkühlung der Schmelze spontane Kristallisation eintritt. In dem Temperaturbereich, in dem etwa vorhandene Kerne wachsen könnten, ist die K. Z. null, und in dem Bereich, in dem sich Kerne bilden, können sie wegen der verschwindenden K. G. nicht weiterwachsen. Die Schmelze muß sich in diesem Falle unterkühlen.

Ganz anders liegen die Verhältnisse in dem durch Kurve 2 veranschaulichten Falle. Bei normaler, nicht



Abbildung 3. Abhängigkeit der K. Z. von der Temperatur.

zu schneller Abkühlung muß mit sinkender Temperatur notwendig Kristallisation der Schmelze eintreten, da die in großer Zahl sich bildenden Kerne sofort mit der maximalen K. G. weiterwachsen können. Da nun die Zahl der gebildeten Kerne abhängig ist von der Zeitdauer, während der die unterkühlte Schmelze im Bereich der Kurve 2 bei der Abkühlung verweilt, können wir sie durch Beschleunigung der Abkühlung verringern. Bei sehr schneller Abkühlung, beim Abschrecken der Schmelze, läßt sich bei einer ganzen Anzahl von Stoffen die Kernbildung so weit herabdrücken, daß auch im Fall 2 keine Kristallisation eintritt.

Bei den Metallen ist nach unseren bisherigen Erfahrungen eine Unterkuhlung der Schmelze zum isotropen

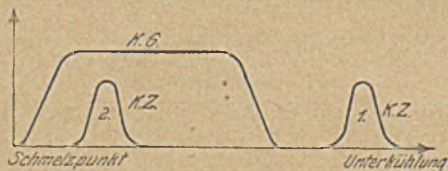


Abbildung 4. Unterkuhlungsfähigkeit einer Schmelze in Abhängigkeit von der gegenseitigen Lage von K. Z.- und K. G.-Kurve.

Glase nicht möglich. Diese Tatsache müssen wir nach unseren Betrachtungen so deuten, daß bei dem Metall die gegenseitige Lage der K. G.- und K. Z.-Kurve die des Falles 2 ist. Obendrein können wir aussagen, daß das spontane Kristallisationsvermögen der Metalle so stark ist, daß sich die Kernbildung auch durch schroffstes Abschrecken nicht unterdrücken läßt. Die gebildeten Kerne werden gemäß der großen K. G. der Metalle so schnell weiterwachsen, daß die Schmelze auch bei schroffster Abkühlung vollständig zur Kristallisation kommt.

Auf Grund des durch das Studium der K. G. und K. Z. gewonnenen Einblicks in den Kristallisationsmechanismus können wir uns das Zustandekommen der verschiedenen Kristallstrukturen der Metalle erklären:

Die Polyederstruktur der reinen aus dem Schmelzfluß erstarrten Metalle ist eine Folge der Kristallisation von einzelnen Kernen im Innern der Schmelze aus. Die von den einzelnen Kernen aus nach den Gesetzen des Raumgitters wachsenden Kristalle entwickeln sich so lange, bis ihr Wachstum durch das Zusammentreffen mit den von benachbarten Kernen entgegenwachsenden Kristallen zum Stillstand gebracht wird.

Die Auffassung von der Kristallisation der Metalle von einzelnen Kernen aus wird in augenfälliger Weise gestützt durch die Gefügebilder von Legierungen, bei denen frei gebildete, primär ausgeschiedene Kristalle durch erstarrte Restschmelze (Eutektikum) voneinander getrennt sind. Abb. 5¹⁾ gibt ein Beispiel hierfür.

Abkühlungsgeschwindigkeit und Korngröße. Der Einfluß der Abkühlungsgeschwindigkeit auf die

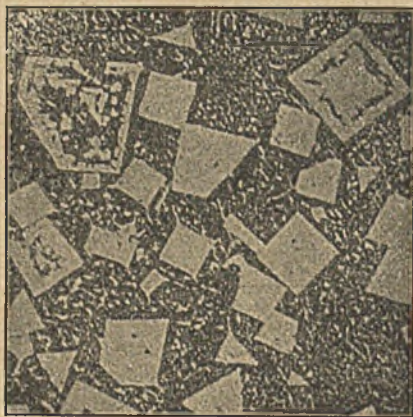


Abbildung 5. Weißmetall. Primär ausgeschiedene Kristalle in eutektischer Grundmasse eingelagert.

Korngröße des gebildeten Kristallgefüges findet auf Grund der über den Kristallisationsvorgang entwickelten Vorstellungen eine Erklärung. Es ist klar, daß das Zusammentreffen der sich bildenden benachbarten Kristalle um so früher stattfindet, je dichter beieinander sich die Kerne in der Schmelze bilden. Die Folge einer hohen Kernzahl wird also die Ausbildung eines feinen Kornes sein, während Kristallisation von nur wenigen Zentren aus grob-

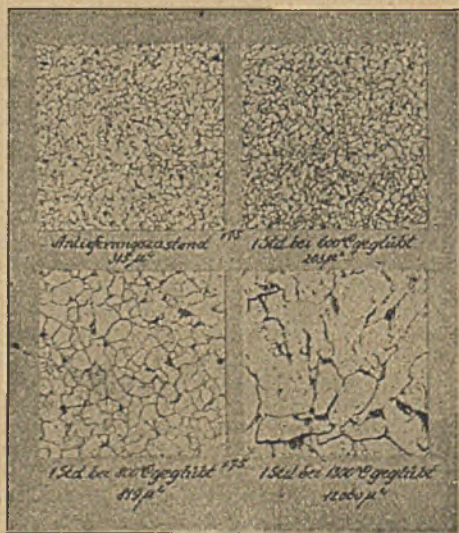


Abbildung 6. Abhängigkeit der Korngröße weichen Flußeisens von der thermischen Behandlung.

körniges Gefüge nach sich ziehen muß. Bei langsamer Abkühlung setzt die Kristallisation bei einer geringeren Unterkuhlung der Schmelze ein, als bei schneller Abkühlung. Dem Anwachsen der K. Z. mit wachsender Unterkuhlung entsprechend, wird somit das Gefüge bei schnellerer Abkühlung feinkörniger. Neben der Temperaturabhängigkeit der K. Z. kann aber auch die der K. G. für das entwickelte Korn von Bedeutung sein, in-

¹⁾ Aus P. Goerens: Einführung in die Metallographic, 1915, Abb. 85, S. 109.

dem bei großen Werten der K. G. die Kristallisation schneller zu Ende kommt als bei kleinen, also weniger Zeit zur Bildung von Kernen während der Erstarrungszeit gegeben ist.

Geringe Beimengungen üben auf die Werte der K. G. und K. Z. sehr starken Einfluß aus. Durch Beimengungen können also K. G. und K. Z. und damit die Korngröße des endgültigen Gefüges in weiten Grenzen geändert werden. Als Beispiel für Kornvergrößerung durch Zusatz von Fremdstoffen sei der Einfluß erhöhten Phosphorgehaltes auf das Flußeisengefüge, als Beispiel für Kornverfeinerung der Einfluß von Beimengungen auf das Gefüge des grobkristallinen Zinks angeführt.

Korngrößenänderung im erstarrten Metall. Das aus dem Schmelzfluß erstarrte Gefüge ist nicht absolut Beständiges, sondern es kann durch geeignete Behandlung geändert werden. Durch Glühen bei hoher Temperatur können wir eine Vergrößerung des Kristallkornes erzielen. Abb. 6 zeigt das Gefüge eines technisch reinen Flußeisens im Anlieferungszustand und nach einständiger Glühung bei 600, 800 und 1300° mit nachfol-

gender langsamer Abkühlung¹⁾. Alle Bilder sind mit der gleichen Vergrößerung angefertigt. Wir sehen auf den ersten Blick, daß bei Glühtemperaturen unter 700° das Gefüge nur wenig geändert wird. Oberhalb 700° tritt aber ein deutlich wahrnehmbares, bei 1300° ein sehr ausgeprägtes Wachstum der Ferritkristalle ein. Die beige-schriebenen Zahlen geben die festgestellten Werte der Korngröße in $\mu^2 = (0,001 \text{ mm})^2$ an. Bei kürzlich im Eisenhüttenmännischen Institut der Kgl. Techn. Hochschule Aachen durchgeführten Versuchen ist es durch geeignete Behandlung gelungen, die Korngrößen des reinen Flußeisens bis zu Werten von 12 000 000 μ^2 , also auf den 40 000fachen Wert der Korngröße des Ausgangsmaterials zu steigern. Mit dieser Kornvergrößerung geht eine starke Änderung der mechanischen Eigenschaften des Metalles parallel. Ganz allgemein stellt die Korngrößenänderung durch geeignete Behandlung ein sehr wertvolles Mittel dar, die mechanischen Eigenschaften eines Metalles in einem ganz bestimmten für den Verwendungszweck notwendigen Ausmaße zu beeinflussen.
F. Körber.

¹⁾ A. Pomp. Metallurgie XIII (1916), S. 49.

Aus Fachvereinen.

Iron and Steel Institute.

(Fortsetzung von Seite 856.)

D. Cochrane behandelte den

Einfluß der Kokshärte auf den Gang und die Leistungsfähigkeit des Hochofens¹⁾

in einem Bericht, der die Ergebnisse seiner achtjährigen Beobachtungen und Versuche (1909 bis 1917 auf dem Hochofenwerk zu Ormesby) zusammenfaßt. Die relativen Härtegrade des verwendeten Kokes bestimmte er mittels einer von dem Engländer Creville Jones stammenden Maschine. Diese besteht im wesentlichen aus einer eisernen um die horizontale Achse drehbaren Trommel von 45 cm lichter Weite und 76 cm lichter Höhe mit Schneckenradantrieb. Im Inneren der Trommel sind diametral zwei Winkeleisen festgenietet, die als Mitnehmer wirken. Für eine Härtebestimmung wurden 15 kg getrocknete Koksstücke von etwa Faustgröße in die Trommel geschüttet, darauf 1000 Umdrehungen ausgeführt bei einer Umdrehzahl von 18 je min. Schließlich wurde der Koks wieder herausgenommen und auf einem Sieb von 3,2 mm Maschenweite durchgeschüttelt; der auf dem Sieb verbleibende Rückstand, bezogen auf das Gesamtgewicht von 15 kg, ergab dann die Härtezah. Als kritische Härtezah wurde die Zahl 74 bis 74,5 ermittelt, d. h., fiel die Härte des verwendeten Kokes unter 74, dann traten im Betriebe der Hochofen alsbald Störungen, wie Hängen usw., ein, gleichzeitig fiel bei erhöhtem Koksverbrauch die Erzeugung, bei einem Härtegrad, z. B. von 70,5, um 20%. Bei Verwendung von Koks mit einem höheren Härtegrad als 74,5 ging während der ganzen Versuchsjahre der Betrieb stets glatt, abgesehen vom Jahre 1916, in dem Schwierigkeiten bei der Gebläsewindbeschaffung eintraten.

Die drei Hochofen zu Ormesby gingen während der ganzen Dauer der Versuchsjahre auf Cleveland-Eisen; Zuschläge und Erze blieben daher ebenfalls gleich. Die Ergebnisse der ersten sechs Versuchsjahre stellten sich wie folgt:

Jahr	Jahreserzeugung in t	Kokshärte im Durchschnitt
1910.	2749	76,40
1911.	2687	75,62
1912.	2649	74,96
1913.	2596	73,90
1914.	2623	74,60
1915.	2347	72,75

¹⁾ Ir. Coal Tr. Rev. 1918, 3. Mai, S. 481/3 und S. 477; 10. Mai, S. 523.

Im Durchschnitt betrug die Windpressung während dieser sechs Jahre etwa 0,46 at, im höchsten Falle 0,48 at. Ein dem Bericht beigefügtes Schaubild über die im Juni, Juli und August 1917 ausgeführten Versuche, das den Tagesdurchschnitt der Windpressung, der Kokshärte, des Aschengehaltes im Koks sowie die Anzahl der täglichen Schüttungen berücksichtigt, zeigt augenfällig, wie mit steigender Kokshärte sofort die Ofenleistung steigt und umgekehrt. Die Windpressung geht hier von 0,44 at bei gutem Koks bis auf 0,32 at bei weicherem Koks herunter. Aus diesem Diagramm geht auch hervor, daß ein sehr geringer Aschengehalt (etwa 6%) verglichen mit einem Koks von 9 bis 12% Asche, die Wirkung einer um 1 bis 2 gesteigerten Härte besitzt. Verfasser geht dann näher auf die Ursache des höheren Koksverbrauches bei Verwendung weicheren Kokes ein und nennt in erster Linie die Reduktion der Kohlsäure durch festen Kohlenstoff gemäß der Formel: $\text{CO}_2 + \text{C} = 2 \text{CO}$. Er erhärtet seine Ansicht durch Anführen von zwei Laboratoriumsversuchen.

Versuch Nr. 1.

Koks mit ungebranntem Kalk in einem Schmelztiegel gut vermengt und 45 min lang im Muffelofen erhitzt:

	Harter Koks	Weicher Koks
Gewicht des getrockneten Kokes vor dem Versuch	13,834 g	11,610 g
Gewicht nach dem Versuch	13,713 g	11,234 g
Gewichtsverlust	0,121 g	0,367 g
Gewichtsverlust in %	0,88	3,16

Versuch Nr. 2.

Der Koks wurde 2 st lang im CO_2 -Strom zur Rotglut erhitzt:

	Harter Koks	Weicher Koks	Sehr weicher Koks
Asche.	13,70 %	12,00 %	12,50 %
Schwefel	1,33 %	1,22 %	1,16 %
Härte.	75,67	68,08	54,48
Absorptionsfähigkeit des getrockneten Kokes für Wasser	30,49	39,26	51,09
Gewichtsverlust durch das Verfahren	5,40 %	7,01 %	9,70 %

Nach Cochran sollte jeder Hochofener danach streben, den Zersetzungsprozeß der aufsteigenden Kohlensäure nach Möglichkeit hintanzuhalten, was eben durch Verwendung härteren Koks zu erreichen ist, da dieser einmal wegen seiner größeren Dichte, andererseits aber, und das fällt besonders ins Gewicht, wegen des verminderten Koksabriebes beim Transport und beim Gichten der Kohlensäure eine bedeutend geringere Angriffsfläche bietet, ferner die Beschickung auflockert mit dem Erfolge, daß die durchziehenden Gase weniger Widerstand finden, eine Versetzung des Ofens oder Hängen nicht eintreten kann und aus diesen Gründen auch wieder die Produktion steigt. Cochran schätzt die Steigerung des Koksverbrauches durch Abrieb bei Verwendung weicheren Koks auf 10 bis 12%. Er ist der Meinung, daß sich auch aus relativ schlechter Kohle ein für Hochofen geeigneter Koks herstellen läßt, durch genügendes Stampfen der Kohlen, höhere Temperatur in den Koksöfen sowie Vermengen guter, harten Koks ergebender Kohlen mit schlechteren, zumal da es nicht nötig wäre, Koks mit höherem Härtegrad als 76,50 herzustellen, da mit weiter steigender Härte die Betriebsergebnisse im Hochofen doch nicht mehr günstiger würden.

Zu diesem Bericht Cochranes sei bemerkt, daß er keineswegs etwas Neues bringt. So hat beispielsweise Oskar Simmersbach¹⁾ den einschneidenden Einfluß der chemischen, physikalischen und pyrochemischen Eigenschaften des Koks auf den Betrieb der Hochofen ausführlich gewürdigt. In dem angeführten Werk von Simmersbach findet sich²⁾ auch bereits die Beschreibung eines Apparates³⁾ zur Bestimmung der Zerreiblichkeit von Koks, ebenfalls Trommelsystem, dem der englische im Prinzip völlig gleicht. Bemerkenswert erscheint die große Übereinstimmung der Härtezahlen, denn auch nach den Untersuchungen von Prof. Simmersbach entspricht der Härte 75 ein für Hochofenzwecke gerade noch hinreichend harter Koks. Dipl.-Ing. Eugen Piwowarski.

(Fortsetzung folgt.)

¹⁾ St. u. E. 1905, I. Dez., S. 1347/51; 1913, 27. März, S. 517. Vgl. auch O. Simmersbach: Grundlagen der Koksohemie (Verlag von J. Springer, Berlin 1914).

²⁾ S. 299.

³⁾ Dieser Apparat hat bereits auf vielen Werken Deutschlands (Dillingen u. a.) Eingang gefunden und kann durch die Firma Jäger & Daevers in Breslau bezogen werden.

Patentbericht.

Deutsche Patentanmeldungen¹⁾.

9. September 1918.

Kl. 7 a, Gr. 2, Sch 51 944. Verfahren zum Kaltwalzen von Metallstäben; Zus. z. Pat. 273 439. Erich Schultze, Berlin-Grunewald, Schinkelstr. 10.

Kl. 10 a, Gr. 19, F 39 892. Vorrichtung zur Ableitung von Gasen bei der Wärmebehandlung kohlenstoffhaltiger Substanzen. Hans Fehn, Helmstedt (Braunschweig).

Kl. 43 d, Gr. 5, M 60 392. Verfahren zum Blankglühen von Metallen. Hans Schulz, Charlottenburg, Wilmersdorfer Str. 75.

12. September 1918.

Kl. 13 e, Gr. 7, R 45 806. Verfahren zur Verhinderung des Absetzens von Kesselstein an den Wandungen von Dampfkesseln, Vorwärmern u. dgl. durch Elektrolyse. Otto Rummel, Berlin, Rankestr. 25.

Kl. 18 a, Gr. 6, P 34 735. Verfahren und Vorrichtung zum Begichten von Schachtöfen mittels stetiger Förderer. J. Pohlig Akt.-Ges., Köln-Zollstock.

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

Kl. 26 a, Gr. 5, M 60 022. Verfahren und Vorrichtung zur Erzeugung von Leuchtgas, Kraftgas und Koks in einem Ofen. Dr. Franz Muhlert, Göttingen.

Kl. 26 a, Gr. 5, M 61 277 und M 61 692. Vorrichtung und Verfahren zur Erzeugung von Leuchtgas, Kraftgas und Koks; Zus. z. Anm. M 60 022. Dr. Franz Muhlert, Göttingen.

Deutsche Gebrauchsmustereintragungen.

9. September 1918.

Kl. 7 a, Nr. 686 111. Aus zwischen zwei Rollen des Rollganges eingebauten Hubstempeln bestehende Vorrichtung zum Drehen des Walzgeräts bei Blechwalzwerken. Deutsche Maschinenfabrik A.-G., Duisburg.

Kl. 7 a, Nr. 686 485. Drucklager für Walzwerke, Kalender o. dgl. Nicolaus Küchen, Aachen, Jülicher Str. 89.

Kl. 24 e, Nr. 686 172. Gaswechsellventil mit im Gehäuse umsetzbarer Muschel für Regenerativöfen. Deutsche Maschinenfabrik A.-G., Duisburg.

Kl. 24 e, Nr. 686 259. Flammenlose Gasfeuerung. Westfälische Maschinenbau-Industrie G. Moll & Co. A.-G., Neubenken i. W.

Kl. 31 a, Nr. 686 419. Schmelzofen. Basso & Selve, Altona i. W.

Wirtschaftliche Rundschau.

Höchstpreise für Eisen und Stahl. — Amtlich wird mitgeteilt: Die in letzter Zeit aufgetretenen Anschauungen, daß die Preise für Eisen und Stahl vom Deutschen Stahlbund in Düsseldorf festgesetzt wären und deshalb keine gesetzliche Kraft hätten, sind irrtümlich. Die zuständigen Militärbefehlshaber haben vielmehr Bekanntmachungen erlassen, nach denen für Roheisen usw. keine höheren Preise gefordert oder gezahlt werden dürfen, als in der vom Deutschen Stahlbunde herausgegebenen,

von der Kriegs-Rohstoff-Abteilung des Kriegsministeriums genehmigten Preisliste aufgeführt sind.

Saarkohlenpreis. — Wie die Königliche Bergwerksdirektion Saarbrücken mitteilt, werden die Richtpreise für Kohlen am 1. Oktober 1918 um je 2,55 M f. d. t. erhöht.

Hasper Eisen- und Stahlwerk, Haspe i. W. — Der Abschluß der Gesellschaft weist über die goldlichen Ergebnisse des am 30. Juni 1918 abgeschlossenen Geschäftsjahres u. a. folgende Zahlen nach:

in M.	1914/15	1915/16	1916/17	1917/18	in M.	1914/15	1915/16	1916/17	1917/18
Aktienkapital . . .	13 000 000	13 000 000	13 000 000	13 000 000	Hochofen-Erneuerungsschatz . . .	—	60 282	100 000	100 000
Anleihen und Hypotheken	3 830 000	3 697 000	3 834 000	3 752 700	Zinsbozensteuerrücklage . . .	13 000	13 000	13 000	13 000
Vortrag	689 656	258 604	377 840	917 295	Kriegssteuerrücklage	—	—	1 700 000	600 000
Betriebsüberschuß . . .	2 670 431	7 732 681	11 125 814	9 596 960	Gewinnanteile	79 000	395 124	483 400	353 023
Zinsen	—	—	—	94 913	Belohnungen an Werksangehörige	35 000	125 000	150 000	200 000
Sonstige Einnahmen . . .	5 916	5 050	8 069	17 673	Unterstützungs- und Ruhegehaltskassen	—	208 392	300 000	300 000
Allg. Unk., Zins. usw. . .	1 238 477	1 189 678	1 016 418	1 237 402	z. Verfl. d. Vorst.	20 000	210 000	230 000	250 000
Abschreibungen	1 202 053	2 943 982	4 501 610	4 500 278	Gewinnanteile	520 030	2 030 000	2 030 000	2 030 000
Reingewinn	235 847	3 604 076	5 615 864	3 971 806	„ „ %	4	16	16	16
Reingewinn einschl. Vortrag . . .	925 504	3 862 580	5 993 694	4 889 161	Vortrag	258 504	377 840	917 295	933 138