STAHL UND EISEN

ZEITSCHRIFT FÜR DAS DEUTSCHE EISENHÜTTENWESEN

Herausgegeben vom Verein Deutscher Eisenhüttenleute

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

unter Mitarbeit von Dr. J. W. Reichert und Dr. W. Steinberg für den wirtschaftlichen Teil

HEFT 2 | 9. JANUAR 1941 | 61. JAHRGANG

Konstruktive Fortschritte auf dem Gebiete der Kolbenmaschinen.

Von Ludolf Engel in Duisburg.

[Bericht Nr. 86 des Maschinenausschusses des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute*).]

(Größensteigerung der Maschineneinheiten, Auswirkung auf die Bauart der ruhenden und bewegten Teile. Anwendung von Spannungsmessungen zur Gestaltung verwickelter Bauteile, Forderung der Starrheit. Messung an Gabelrahmen von Großgasmaschinen und darauf aufbauende Umgestaltung, desgleichen von Bajonettrahmen und Zwischenstücken von Kompressoren. Verminderung der Gewichte der Triebwerksteile. Die Steuerung bei raschlaufenden Maschinen, besonders Dampfmaschinen. Vorteile und Ausführungsform einer hydraulischen Steuerung, Prüfung der Ventilbewegung durch Tastschwingungsschreiber. Versuchsergebnisse.)

Der neuzeitliche Kraft- und Arbeitsmaschinenbau ist zum Bau immer größerer Einheiten übergegangen, um betrieblichen Anforderungen zu genügen und zu geringen Anlage- und Betriebskosten zu kommen. Der Erfolg, der dadurch erzielt wurde, zeigt sich ganz ausgesprochen bei den Turbomaschinen, bei denen die größeren Einheiten wesentlich geringere Anlagekosten erfordern und wesentlich bessere Wirkungsgrade, d. h. geringere Betriebskosten ergeben.

Der Kolbenmaschinenbau hat sich dies auch zu eigen gemacht und gleichfalls Erfolge erzielt, die nicht übersehen werden können. Im Vordergrund stand hier in den letzten Jahren die Entwicklung der nichtstationären Einheiten des Flug-, Automobil- oder Schiffsmotorenbaues, die allgemein bekannt ist. Aber auch im Bau stationärer Maschinen, wie Großgas- und Dampfmaschinen, sowie Verdichtern aller Art hat man die Leistung der Einheiten wesentlich zu steigern vermocht.

Bei diesen Maschinen blieb im allgemeinen der grundsätzlich bekannte Aufbau unverändert. Eine Leistungssteigerung erzielte man durch Vergrößerung der Abmessungen der Arbeitszylinder oder Steigerung der Arbeitsdrücke oder Steigerung der Drehzahl der Maschinen oder eine Verbindung dieser Maßnahmen.

Selbstverständlich mußten bei dieser Entwicklung Schwierigkeiten entstehen, wie sie die anderen Maschinenarten, seien es Turbomaschinen oder nichtstationäre Kolbenmaschinen aller Art, auch zu überwinden hatten.

Bei den ruhenden Bauteilen, die erhebliche Kräfte übertragen müssen oder starken dynamischen Beanspruchungen ausgesetzt sind, wachsen die Schwierigkeiten mit der Vergrößerung der Abmessungen. Es ist bekannt, daß Bauteile, die in kleineren Maschinen ohne Beanstandung laufen, bei gleicher rechnerischer Beanspruchung in größeren Maschinenarten unter Umständen viel Sorge bereiten. Bei den bewegten Bauteilen sind es die Triebwerke und Steuerungen, die besonders bei schnellaufenden Maschinen sorgfältigste Durchbildung erfordern, bei denen zum Teil sogar mit den bekannten Bauarten nicht mehr auszukommen ist und für die neuartige Lösungen gefunden werden müssen.

Im folgenden soll kurz über die konstruktive Ausbildung von ruhenden Bauteilen, wie Rahmen und dergleichen, und bewegten Bauteilen, wie Triebwerke und Steuerungen an neuzeitlichen Maschinen größerer Leistung berichtet werden sowie über neuzeitliche Meßverfahren, die zur Weiterentwicklung der einzelnen Bauteile angewendet wurden.

Die Vergrößerung der Abmessungen der ruhenden Bauteile ließ die Schwierigkeiten wachsen, die tatsächlich auftretenden, außerordentlich hohen Beanspruchungen im voraus mit genügender Sicherheit zu erfassen. Ganz besonders ist das bei den verwickelten Bauteilen, wie Rahmen und Zwischenstücken von Großgasmaschinen, Dampfmaschinen, Verdichtern od. dgl. der Fall. Kraft- und Arbeitszylinder dieser Maschinen können in diesem Sinne nicht zu den verwickelten Bauteilen gerechnet werden, da der Kraftfluß in ihnen bei sorgfältiger Ausbildung eindeutig beherrscht werden kann. Die Beanspruchungen, soweit sie von äußeren Kräften und nicht, wie z. B. bei Großgasmaschinenzylindern, aus Wärmespannungen herrühren, können mit genügender Sicherheit rechnerisch erfaßt werden.

Der Weg, den man im nichtstationären Motorenbau, vor allem im Leichtbau, zur Behebung der Schwierigkeiten einschlägt, ist für den stationären Großmaschinenbau leider nicht gangbar. Hier können keine Mustermaschinen gebaut werden, die in allen Einzelteilen einer scharfen Probe unterzogen werden. Der Festigkeitsprüfstand des Leichtbaues ist für den Großkolbenmaschinenbau der Betrieb. Daher kann man hier nicht ohne eingehende rechnerische Vorausbestimmung der zu erwartenden Beanspruchungen auskommen, weil man das Wagnis, irgendein Konstruktionselement im Betriebe zu Bruch gehen zu lassen, nicht auf sich nehmen kann.

Im Großkolbenmaschinenbau werden die Beanspruchungen auch der schwierigen, verwickelten Bauteile im allgemeinen nach den Lehren der elementaren Festigkeitstheorie, allerdings unter weitgehender Berücksichtigung neuerer Erkenntnisse des Einflusses der Formgebung, berechnet. Beim Entwurf dieser Teile wird man durch die Erfahrungen, die mit diesen Teilen im Betriebe gemacht

*) Vorgetragen in der 29. Vollsitzung am 29. Oktober 1940 in Düsseldorf. — Sonderabdrucke sind vom Verlag Stahleisen m. b. H., Düsseldorf, Postschließfach 664, zu beziehen.

wurden, unterstützt. Rückschlägen begegnete man dadurch, daß man mit der rein rechnerischen Beanspruchung, der sogenannten Nennspannung von Bauteilen, die zu Bruch gingen, immer weiter herunterging, oder daß man die Ansprüche an die Güte der Werkstoffe weitgehend steigerte.

Beiden Maßnahmen ist eine natürliche Grenze gesetzt, die nicht überschritten werden kann. Die wenigsten Brüche an diesen Bauteilen können heute auf rechnerisch zu schwache Bauart zurückgeführt werden, im allgemeinen treten die Brüche immer wieder bei den gleichen Bauteilen und an den gleichen Stellen auf, die nach den Erfahrungen schon weitgehend verstärkt sind und doch noch ab und zu Anlaß zu Störungen geben.

Durch die Entwicklung der Geräte zur Messung der Spannungen oder Beanspruchungen in Bauteilen ist heute dem Großmaschinenbau ein wichtiges Hilfsmittel zur Ueberprüfung der rechnerisch erhaltenen Werte für die Beanspruchungen gegeben. Von vielen Stellen sind Messungen mit solchen Geräten, zum Teil sogar an bewegten Maschinenteilen durchgeführt, und ihr Ergebnis ist für die konstruktive Entwicklung der untersuchten Teile mit Erfolg ausgewertet worden.

Der Nachweis der an ausgeführten Bauteilen unter Betriebslast tatsächlich auftretenden Beanspruchungen läßt die Stellen erkennen, an denen Spannungsanhäufungen auftreten, die rein rechnerisch nach der üblichen Festigkeitsrechnung nicht erfaßt werden. Die Darstellung der gemessenen Spannungsverteilung an Bauteilen in Spannungsgebirgen ist bekannt und als Anschauungsmittel vorzüglich geeignet, das konstruktive Gefühl zu schulen[1]).

Die Aufgabe des Konstrukteurs ist es, diese Ergebnisse der Spannungsmessungen bei seinen Neukonstruktionen auszuwerten und durch geeignete Formgebung die Beanspruchungsspitzen soweit wie möglich abzubauen. Weiterhin sollen durch die Erforschung der Spannungsverteilung in den Bauteilen die konstruktiven Richtlinien gesucht werden, die zur Erzielung der größtmöglichen Starrheit der Maschinenteile befolgt werden müssen.

Die Begründung der Forderung nach größtmöglicher Starrheit der den Kraftfluß vermittelnden ruhenden Maschinenteile einschließlich der Fundamente ist die gleiche wie im Motorenbau, also Verhinderung von zusätzlich auftretenden Verformungen, d. h. Verbiegungen und Verdrehungen, Verhinderung von Schwingungen und Erzielung besseren Laufes der Lager. Für den Bau schnellaufender Maschinen wird die Forderung nach Starrheit der einzelnen Bauteile besonders wichtig. Aber auch bei gewöhnlichen Maschinenausführungen kann mit der Anwendung dieses Konstruktionsgrundsatzes eine Verbesserung der Ruhe des Laufes erzielt werden.

Als Maß für die Starrheit eines Maschinenteils[2]) soll dabei das Verhältnis von Kraftäußerung zur Formänderung, die sich natürlich meist im elastischen Gebiete bewegt, angesehen werden. Diese Starrheit hängt vor allem von der Form der Bauteile ab, von der Art, wie die einzelnen Bauteile miteinander verbunden sind, und von der Dehnzahl der verwendeten Baustoffe. Ist die Bedingung der Starrheit erfüllt, dann ist das Einzelteil gegen Biegungs- und Drehbeanspruchungen so widerstandsfähig, daß es vom Standpunkt der reinen Festigkeit aus eine außerordentlich hohe Sicherheit aufweist. Da diese Starrheit mehr von der Bauart oder Gestalt als vom Werkstoff abhängt, ist innerhalb bestimmter Grenzen jeder Werkstoff zum Bau geeignet, der sich gut verarbeiten läßt und leidliche Festigkeitseigenschaften aufweist. Die Ansprüche an die Güte der Werkstoffe brauchen also nicht übersteigert zu werden. Die Forderung nach Starrheit bedingt durchaus keine Erhöhung des Werkstoffverbrauches, vielmehr soll der Werkstoff nur dahin gebracht werden, wo er wirklich voll ausgenutzt wird. Die starre Bauart kommt daher den Wünschen nach Wirtschaftlichkeit weitgehend entgegen.

Im Großmaschinenbau ist die Forderung nach Starrheit noch nicht erhoben, vielleicht weil man annahm, daß die schweren Maschinenteile von Haus aus genügend Widerstand gegen Formänderungen böten. Das Ergebnis von Messungen an verschiedenen Rahmen und Zwischenstücken, das im folgenden besprochen wird, hat aber gezeigt, daß selbst bei den schwersten Großgasmaschinenrahmen eine solche Starrheit durchaus nicht immer vorhanden ist. Das Ergebnis ist in vieler Beziehung bemerkenswert, weil sich darin eine Begründung für eine Reihe von Erfahrungen findet, die früher gemacht wurden und die nach dem damaligen Stand der Technik nicht völlig geklärt werden konnten. So sei z. B. an die vielen Brüche der Verbindungsschrauben von Rahmen und Zylindern, besonders an Großgasmaschinen, erinnert, die im Jahre 1929/30 zu ausgedehnten Untersuchungen der Forschungsabteilung der Vereinigten Stahlwerke über die Entstehung dieser Dauerbrüche an Rahmenschrauben Veranlassung gaben.

Damals wurde eine Reihe von Fehlerquellen aufgezeigt, die bei neueren Maschinen durch die Anwendung von Pendelstützen, Dehnschrauben aus zähem, unlegiertem Stahl, sorgfältigem Schneiden der Gewinde u. a. m. als beseitigt gelten können.

Ohne diese Einflüsse völlig ausschalten zu wollen, kann heute gesagt werden, daß eine wesentliche Ursache dieser Brüche der durch die mangelnde Starrheit des Rahmenhalses gestörte Kraftfluß ist. Er führt, wie später noch näher erläutert wird, zu Formänderungen und damit zu einer Ueberlastung der unteren Verbindungsschrauben, bei Entlastung der oberen Verbindungsschrauben. Brüche der unteren Schrauben und manchmal auch der Rahmen waren die Folge.

Die Feststellung der in den Maschinenteilen tatsächlich auftretenden Spannungen kann nur versuchsmäßig an Modellen oder an ausgeführten und in Betrieb befindlichen Maschinen geschehen. Ein für Messungen an Betriebsmaschinen geeignetes, sehr einfaches Meßverfahren ist von G. Barner entwickelt worden. Seine Ergebnisse dienten zur Weiterentwicklung der einzelnen Bauteile im Sinne der eingangs gegebenen Forderungen.

In bekannter Weise werden hierbei die in den einzelnen Konstruktionsteilen auftretenden Spannungen oder Beanspruchungen in ihrer Größe aus den durch Dehnungsmesser unter Betriebslast gemessenen Dehnungen bestimmt. Man darf bekanntlich unterhalb der Fließgrenze der Werkstoffe mit genügender praktischer Genauigkeit Verhältnisgleichheit zwischen Spannungen und Dehnungen annehmen, wenn der Werkstoff wiederholt belastet wird.

Von den bekannten Geräten zur Messung der Dehnungen wurde der Dehnungsmesser nach Huggenberger verwendet. An den Meßstellen wurden statt der Dehnungen gleich die Beanspruchungen in kg/cm², unter Zugrundelegung einer Dehnzahl von 10^{-6} cm²/kg für Gußeisen aufgetragen (*s. Bilder 1 bis 8*). An jeder Meßstelle wurden die Beanspruchungshöchstwerte festgestellt und die Punkte gleicher größter Beanspruchung durch Linienzüge verbunden.

[1]) Lehr, E.: Z. VDI 79 (1935) S. 1887/91. Prüfen und Messen. Berlin 1937. S. 156/62. Thum, A.: Verein Deutscher Ingenieure: 74. Hauptversammlung, Darmstadt 1936. Fachvorträge. Berlin 1936. S. 87/98.

[2]) Krug, C.: Masch.-Bau 6 (1927) S. 169/74; Bobek, K., W. Metzger und F. Schmidt: Stahlleichtbau von Maschinen. Berlin 1939.

Bei Bewertung der auf diese Weise gewonnenen Beanspruchungsschaubilder ist folgendes zu beachten:

Die festgestellte Dehnung ist nur die Folge der bei jedem Hub wechselnden Kraft; es werden also nur die Wechselbeanspruchungen erfaßt. Die Linie 100 gibt so z. B. an, daß an dieser Stelle bei jeder Kurbelumdrehung ein gesamter größter Spannungswechsel von 100 kg/cm² vorliegt.

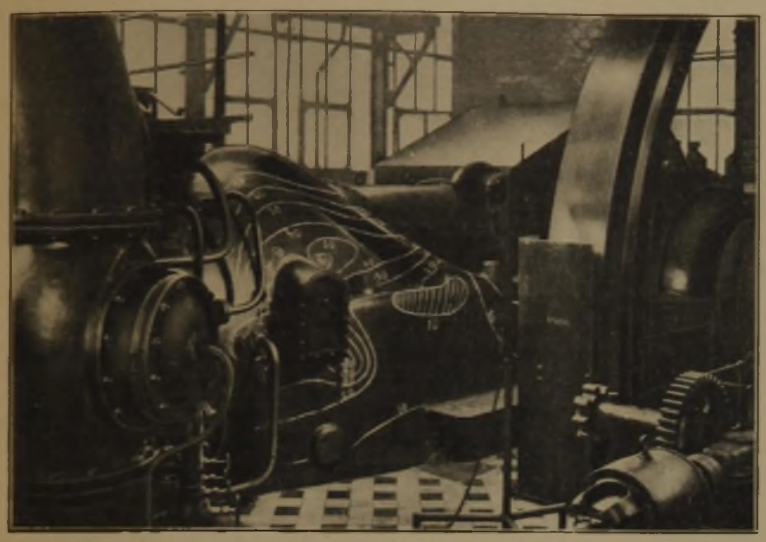


Bild 1. Gabelrahmen DTG 15.

Nicht erfaßt ist der absolute Wert der Beanspruchungen. Auf Grund dieser Messungen allein kann also nicht festgestellt werden, ob es sich um reine Zug-, reine Druck- oder um eine Zug-Druck-Wechselbeanspruchung handelt; zur genauen Bestimmung der Beanspruchungen fehlt die Kenntnis der Mittelspannung, um die die Wechselbeanspruchung schwingt.

Eine gegebenenfalls durch den Betrieb, d. h. durch die Arbeitsweise der Maschine hervorgerufene statische Mittelspannung ließe sich versuchsmäßig nachweisen. Dieser Mittelspannung überlagern sich jedoch noch weitere statische Beanspruchungen, z. B. Gußspannungen, Spannungen hervorgerufen durch Wärmeeinflüsse, durch mechanische Verspannung der Verbindungen, durch Verlagerung der Maschinenteile infolge von Fundamentsenkungen u. dgl. Diese können ganz erhebliche Werte annehmen, ohne daß es möglich ist, sie vollständig zu erfassen. Daher hat auch die genaue Feststellung der durch den Betrieb auftretenden statischen Mittelspannung wenig Zweck.

Diese Mittelspannungen haben natürlich einen Einfluß auf die Höhe der dauernd ertragenen Wechselspannungen. An sich ist dieser Einfluß bei bekannter Mittelspannung aus den Dauerfestigkeitsschaubildern für die einzelnen Werkstoffe zu entnehmen. Diese Schaubilder zeigen z. B. für Stahl, daß die Wechselfestigkeit bei zunehmender Mittelspannung zunächst nur wenig abnimmt. Gußeisen hat dagegen seine hohe Druck- und geringe Zugfestigkeit nicht nur bei zügiger, sondern auch bei wechselnder Beanspruchung, der Einfluß der statischen Mittelspannung kann also bei diesem Werkstoff nicht vernachlässigt werden.

Bei Anwendung der Dauerfestigkeitsschaubilder besteht heute noch eine Unsicherheit in der Höhe der Dauerfestigkeit bei Körpern der vorliegenden Größe. Die bisherigen Untersuchungen, die zur Aufstellung der bekannten Schaubilder führten, erstreckten sich nur auf verhältnismäßig kleine Proben. Bekanntlich ist aber mit größer werdenden Abmessungen eine Verminderung der Dauerfestigkeit zu erwarten.

Diese Schwierigkeiten, die Anstrengung der Bauteile sicher zu bestimmen und nach erfolgter Bestimmung zu bewerten, fallen aber im Großmaschinenbau nicht so sehr ins Gewicht. Wie bereits erwähnt, liegen besonders bei der starren Bauart die Beanspruchungen im ganzen ziemlich niedrig. Es kommt also nicht darauf an, das eben noch tragbare Maß der Sicherheit auszunutzen, sondern nur die Stellen aufzusuchen, die verstärkt werden müssen.

Die Form der im Großmaschinenbau verwendeten ruhenden Bauteile bedingt einen weiteren Mangel, der den Messungen anhaftet. Es ist betriebsmäßig nur schwer möglich, bei einwandigen Bauteilen die Beanspruchungen der Innenwand zu erfassen, da die Meßstellen dort im allgemeinen schwer zugänglich sein dürften. Bei den doppelwandigen Baustücken wird die Messung im Inneren des Kastens unmöglich werden.

Dieser Mangel ist weniger dem geschilderten Meßverfahren zuzuschreiben; er ist vielmehr bedingt durch die an den zu untersuchenden Bauteilen vorliegenden örtlichen Verhältnisse, deren Abänderung mit Rücksicht auf genauere Meßergebnisse unzweckmäßig erscheint. Es ist denkbar, durch mehr oder weniger schwierige Vorrichtungen die eine oder andere Verbesserung zu erreichen. Wegen des tieferen Eindringens in die sich abspielenden Vorgänge ist das sicherlich erwünscht. Aber selbst nach dem augenblicklichen Stande der Entwicklung schließen alle noch

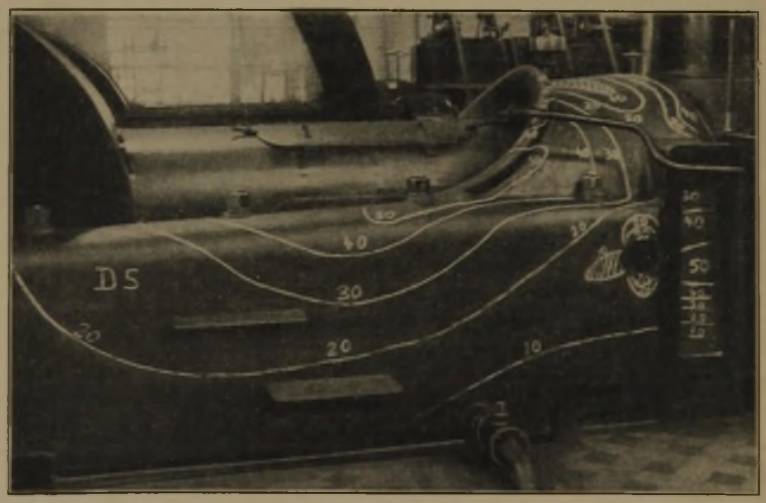


Bild 2. Gabelrahmen DTG 13.

vorhandenen Mängel doch nicht den praktischen Wert der mit Hilfe dieses Meßverfahrens gewonnenen Belastungsschaubilder aus. Denn der eigentliche Zweck dieser Schaubilder ist der, daß sie einen allgemein unterrichtenden Aufschluß über die Größe und Verteilung der die Dauerfestigkeit eines Bauteiles bestimmenden Wechselbeanspruchungen in Form von Höhenlinien geben sollen. Die in den *Bildern 1 bis 8* gegebenen Beanspruchungsschaubilder haben zwar infolge der unvermeidlichen Ungenauigkeiten als einzelnes Bild nur einen bedingten Wert, sie werden als Folge von Schaubildern wertvoll, wenn an ihnen die Verbesserung von

Bauteilen, die vor allem in der Vermeidung von Spannungsanhäufungen, also Gefahrenstellen besteht, aufgezeigt werden kann.

Zu den Messungen an Maschinenrahmen ist ganz allgemein zu sagen, daß sowohl bei Gabel- als auch bei Bajonettrahmen erfahrungsgemäß die empfindlichste Stelle an der Verbindung Rahmen—Zylinder liegt. Daher wurde gerade diese Stelle an verschiedenen Rahmen genauer untersucht.

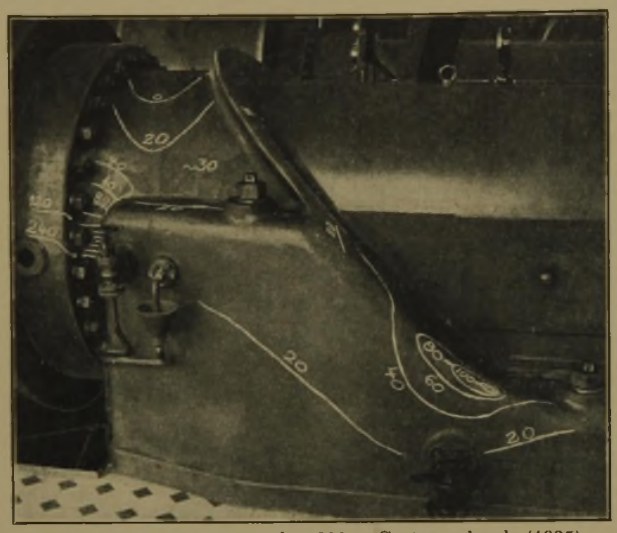


Bild 3. Bajonettrahmen für 200 t Gestängedruck (1935).

Ein Vergleich der auf Grund der Meßergebnisse geänderten Bauart mit früheren Ausführungen der gleichen Firma läßt erkennen, bis zu welchem Grade die gefürchteten Spannungsanhäufungen bei den neuesten Bauarten an dieser Stelle vermieden werden konnten. Der sonstige Rahmen ist bei einigermaßen sorgfältiger Ausbildung leicht so zu gestalten, daß er im Lager und Balken auch die höchsten Ueberbeanspruchungen, die betriebsmäßig auftreten können, mit völliger Sicherheit aushält.

Bild 1 gibt die Messungen an dem Gabelrahmen einer Großgasmaschine mit 1500 mm Hub, *Bild 2* an einer mit 1300 Hub wieder. Die Verbindungsschrauben mit dem Gaszylinder liegen im Innern des Rahmens, daher werden die Beanspruchungen am Rahmenkasten gering. Wie hoch die Beanspruchungen im Innern sind, läßt sich, wie früher schon erwähnt, leider nicht feststellen, ist auch für die Auswertung der Meßergebnisse nicht so wesentlich. Beim Vergleich der beiden Rahmenbauarten dürfte auf Grund der Meßwerte die Bauart nach *Bild 2* besser abschneiden, da sie im Rahmenhals eine größere Starrheit aufzeigt.

Beim Rahmen nach *Bild 1* nimmt die Beanspruchung nach oben hin ab und wird im Scheitel des Rahmenhalses gleich Null. Der Verlauf der Beanspruchungen zeigt deutlich die wesentlich höhere Beanspruchung des unteren Teiles, der den gesamten Kraftfluß überleiten muß und daher Ueberbeanspruchungen, die rechnerisch oft nicht berücksichtigt werden, ausgesetzt ist.

Der Rahmen nach *Bild 2* weist dagegen Beanspruchungen in genügender Höhe über den ganzen Rahmenhals auf. Seine tatsächliche Beanspruchung liegt daher der rechnerischen wesentlich näher. Das kommt daher, daß der Rahmenkasten wesentlich höher heraufgezogen und weiter vorgezogen ist und deshalb dem Rahmenhals eine größere Starrheit verleiht.

Wertvoll ist es, den Kraftfluß um die in beiden Fällen sehr gut verstärkten Schauöffnungen zu verfolgen. Man erkennt, wie wichtig es ist, solche Durchbrüche, wenn man sie unumgänglich anbringen muß, sorgfältig zu verstärken.

Die *Bilder 3 und 4* zeigen die Bajonettrahmen eines zweistufigen Dampfkompressors mit 3800 PS Antriebsleistung. Der Verdichter hat 1400 Hub, der Gestängedruck der Hochdruckseite, auf der die Messungen vorgenommen wurden, beträgt rd. 200 t. *Bild 3* zeigt die ältere Ausführung. Auf Grund der hier gegebenen Meßwerte wurde versucht, bei einer Neuausführung ohne zu große Modelländerung die Bauart zu verbessern. Es bestand keine Veranlassung, die Rahmenkonstruktion grundsätzlich zu verwerfen, da sie sich in langjährigem Betrieb bewährt hatte. Der Uebergang zum Rahmenkasten wurde also durch flacheren Verlauf des Ausschnittes stärker ausgerundet und der Rahmenkasten selbst dadurch etwas erhöht. Durch diese Aenderung sollte die hohe Beanspruchung des Rahmenhalses von der Achsmitte nach unten hin vermindert und eine gleichmäßigere Verteilung der Belastung auf alle Verbindungsschrauben erzielt werden. Die Aenderung *(s. Bild 4)* hat keine wesentliche Verbesserung gebracht. Immerhin ist zu erkennen, daß der Kraftfluß weiter höher vom Anschlußflansch in die Verstärkungswulst einläuft und daß hierdurch eine geringe Entlastung der seitlichen hochbeanspruchten Stellen am Rahmenflansch eintritt. Diese Bauart war durch die Forderung bedingt, daß die Zylinderschrauben von außen zugänglich sein sollten, damit sie, die erfahrungsgemäß häufiger Anlaß zu Störungen geben, von außen während des Betriebes überwacht werden können.

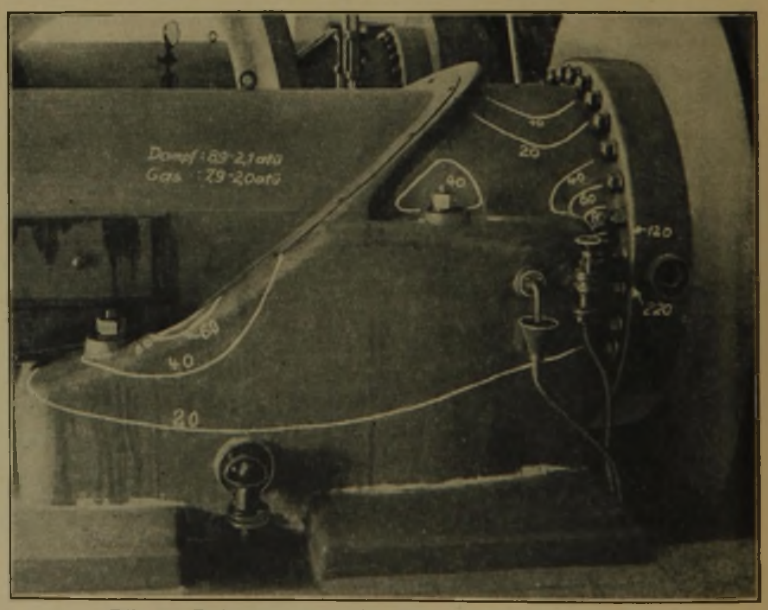


Bild 4. Bajonettrahmen für 200 t Gestängedruck (1939).

Deshalb mußte ein einwandiges, zylindrisches Verbindungsstück, in dem nachher die hohen Spannungen gemessen wurden, zwischen den starren doppelwandigen Kasten und den starren doppelwandigen Flansch gelegt werden. Nach den Elastizitätsgesetzen zieht sich sofort ein großer Teil des Kraftflusses an dem kurzen Verbindungsstück zusammen und löst dort wegen des geringeren Querschnittes und der kurzen Dehnlänge hohe Beanspruchungen aus. Zu der hohen Beanspruchung dieses kurzen Verbindungsstückes tragen

außerdem Biegungsspannungen bei, da der Uebergang wegen der Schrauben auch noch etwas zurückspringen muß.

Bei den neueren Rahmenbauarten wurde auf die Forderung, die Zylinderschrauben von außen befahren zu können, verzichtet und die Schrauben, wie bei den alten Gaszylinderrahmen, innen angebracht. Maßgebend war dabei die Ansicht, daß es bei geeigneter steifer Ausbildung des Rahmenhalses möglich sein müßte, eine einigermaßen

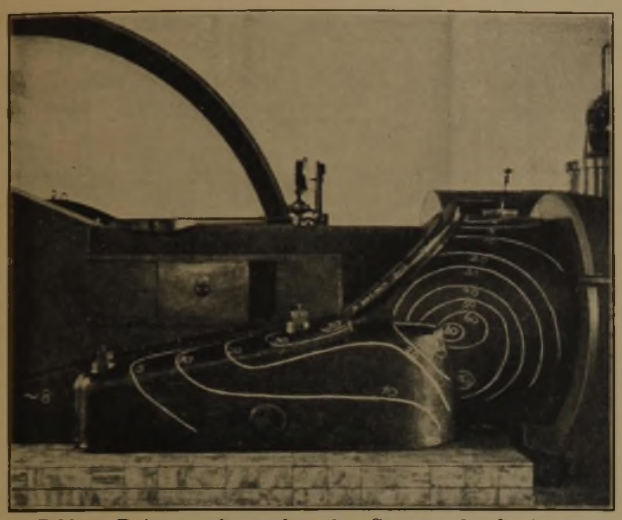


Bild 5. Bajonettrahmen für 50 t Gestängedruck (1939).

gleichmäßige Belastung der Verbindungsschrauben zu erzielen, so daß die gefürchteten Schraubenbrüche nicht mehr zu erwarten seien. Das Belastungsschaubild eines nach den neueren Grundsätzen ausgebildeten Bajonettrahmens mit 1000 mm Hub und 45 t Gestängedruck zeigt *Bild 5*. Man

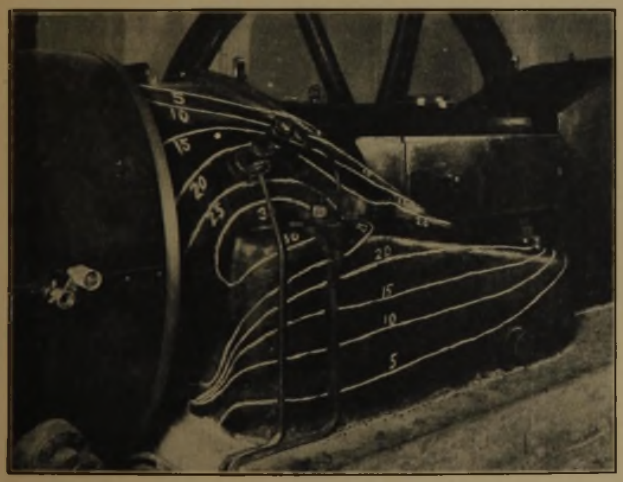


Bild 6. Bajonettrahmen für 80 t Gestängedruck (1940).

sieht, wie es gelungen ist, Spannungsanhäufungen zu vermeiden und eine gegenüber der älteren Ausführung bemerkenswerte Sicherheit zu erreichen. Bei diesem Bajonettrahmen der offenen Bauart ist eine gleichmäßigere Verteilung der Beanspruchungen am Rahmenhals noch nicht erreicht, auch hier klingt die Beanspruchung im Scheitel auf Null ab, aber der Verlauf der Beanspruchungen ist im allgemeinen schon recht befriedigend und wesentlich verbessert.

Eine noch günstigere Verteilung der Beanspruchungen am Rahmenhals ist bei dem Rahmen nach *Bild 6* erreicht. Es ist das wiederum ein Bajonettrahmen mit 1000 mm Hub, aber 80 t Gestängedruck. Bei dieser neuesten Bauart sind Spannungsanhäufungen nicht mehr gemessen, und auch im Scheitel des Rahmenhalses sind noch Beanspruchungen festzustellen. Die angestrebte Verbesserung der Bauart mit Bezug auf größere Steifigkeit ist hier befriedigend erreicht worden, und zwar, was vor allem wichtig ist, nur durch günstigere Verteilung und nicht durch Mehraufwand von Werkstoff.

Wie durch an sich geringfügig erscheinende Konstruktionsänderungen gefährliche Beanspruchungen vermieden werden können, zeigen weiter die Beanspruchungsschaubilder von Zwischenstücken nach *Bild 7 und 8*. Es sind dies

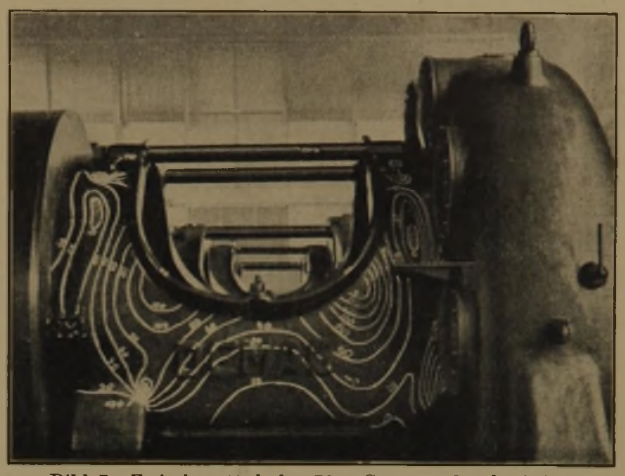


Bild 7. Zwischenstück für 70 t Gestängedruck (1935).

Zwischenstücke eines Dampfkompressors, die die Verbindung zwischen dem hintereinanderliegenden Dampf- und Verdichterzylinder herstellen. Die Zwischenstücke übertragen

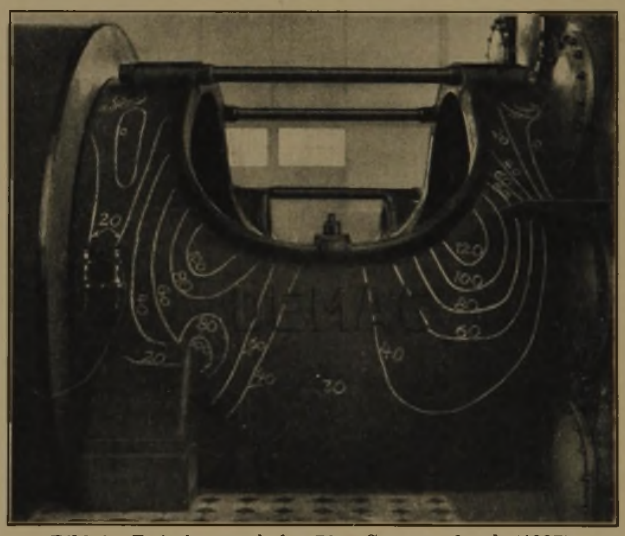


Bild 8. Zwischenstück für 70 t Gestängedruck (1937).

einen Druck von 70 t. Der runde Mantel hat einen Durchmesser von 2400 mm und ist durch den Ausschnitt zum Ausbau des Kolbens stark eingeschnitten.

Die Spannungsanhäufungen an den Bögen des Ausschnittes sind ohne weiteres verständlich. Beachtlich ist, daß auch am Fuß eine erhebliche Spitze auftritt, verursacht durch eine plötzliche Querschnittsverstärkung in einem sonst wenig beanspruchten Feld. Dieselbe Erscheinung wird noch deutlicher und vor allem auch gefährlich an den Ansätzen der Knaggen zur Aufnahme der Spannstangen, da hier beträchtliche Kräfte durchgeleitet werden müssen. An dieser Stelle besteht eine weitere Gefahrenquelle in zusätzlichen Montagespannungen, die durch unsachgemäßes Einsetzen der Spannstangen entstehen können *(s. Bild 7)*.

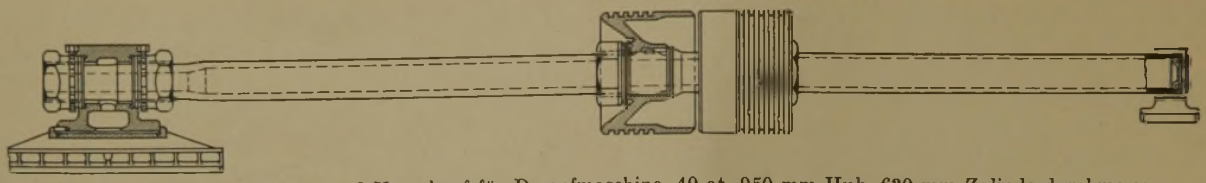


Bild 9. Kolben, Kolbenstange und Kreuzkopf für Dampfmaschine, 40 at, 950 mm Hub, 630 mm Zylinderdurchmesser, n = 270 U/min.

Bei der späteren Ausführung des Zwischenstückes in einer Maschine gleicher Art, die unter völlig gleichen Betriebsverhältnissen arbeitet, wurden daher die Knaggen verlängert, stark verbreitert und die Uebergänge gut ausgerundet *(s. Bild 8)*. Der Uebergangsquerschnitt für die Kräfte wurde durch diese Maßnahmen wesentlich vergrößert. Ferner wurden die Spannstangen stark verjüngt und hierdurch elastischer gestaltet. Zwar wird dadurch ihr Knickwiderstand bedeutend herabgesetzt, das ist aber ohne Bedeutung, da der gußeiserne Teil des Mittelstückes die Druckkräfte mit genügender Sicherheit übertragen kann. Durch diese Aenderungen wurden die Wechselbeanspruchungen an den Gefahrstellen von 140 und 120 kg/cm² auf rd. 40 kg/cm² herabgesetzt. An der Spannungsverteilung in der Achsenmitte haben sich die Werte kaum geändert.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß durch diese sehr einfachen Messungen an Maschinen unter Betriebslast sehr wertvolle Einblicke in Beanspruchungen und Kraftfluß gewonnen wurden.

Die Messungen der *Bilder 3, 5 und 7* wurden durch G. Barner die der *Bilder 1, 2, 4, 6 und 8* durch K. Dreyer-Bürkner durchgeführt.

Bei den bewegten Bauteilen der Kolbenmaschinen ist vor allem die Verminderung der Gewichte der Triebwerksteile anzustreben. Die Gründe, die zu einer Entmassung des Triebwerkes zwingen, sind bekannt; es sind das vor allem die Herabsetzung der Beanspruchung der Bauteile der eigentlichen Maschinen einschließlich der Lager und Rücksichten auf die Fundamentierung und Baulichkeiten in der Umgebung, die infolge der Massenwirkung des Triebwerkes großer Kolbenmaschinen durch starke Schwingungen und störende Erschütterungen in Mitleidenschaft gezogen werden können.

Die Bestrebungen des Motorenbaues in dieser Richtung sind bekannt. An Großkolbenmaschinen aller Art kann in dieser Beziehung noch viel erreicht werden, ohne daß die tatsächlichen Beanspruchungen der Triebwerksteile durch die Entmassung gegenüber den bislang üblichen erhöht werden. So wurde z. B. das Triebwerk einer schnellaufenden Umkehrwalzenzugmaschine durch Verwendung von Kreuzkopfschuhen aus dünnwandigem Stahlguß an Stelle von Gußeisen, durch hohlgebohrte Kolbenstangen und durch einwandige konische Stahlgußkolben gewichtsmäßig um rd. 47 % gegenüber einer Normalausführung leichter gemacht. Dieses Triebwerk, also Schubstange, Kolben, Kolbenstange, Kreuzkopf und hinterer Führungsschuh, wiegt vollständig 3960 kg und nimmt einen Gestängedruck von 210 t auf, die Maschine dreht mit höchstens 270 U/min; es sind also schon recht beachtliche Dampfkräfte und Massendrücke, die aufgenommen werden müssen. Die Ausbildung des Triebwerkes ohne Schubstange zeigt *Bild 9*. Die Kolbenstange ist über wechselnde Körnerspitzen als nach oben geknickte Stange so gedreht, daß sie bei Belastung durch diese Kolben ungefähr geradeliegt. Die Stange ist im gefährlichen Querschnitt an der Verbindungskupplung mit dem Kreuzkopf gut verstärkt, und um zusätzliche Beanspruchungen durch Kerbwirkung auszuschalten, sind alle Querschnittsübergänge gut ausgerundet. Bei der Konstruktion des Kolbens konnte die zweiteilige Ausführung gewählt werden, weil die Maschine als Gleichstrommaschine mit Schlitzauspuff arbeitet. Die zweiteilige Ausführung gestattet es, den Kolben allseitig genau zu bearbeiten, so daß das berechnete Gewicht mit Sicherheit eingehalten werden kann. Der Hauptgrund für die zweiteilige Ausführung war allerdings das Bestreben, den Kolben mit möglichst geringer Einspannlänge auf der Kolbenstange zu befestigen. Diese Bedingung ist außerordentlich wichtig, denn Kolben, die mit großer Einspannlänge aufgesetzt werden, neigen im Betriebe erfahrungsgemäß zum Lockern und müssen häufiger nachgezogen werden. Die Forderung nach geringer Einspannlänge konnte durch Aufsetzen der Kolbenhälften von vorne und hinten gegen die Bunde der Kolbenstange erfüllt werden.

Eine weitere beachtliche Entmassung wurde bei dem Triebwerk eines dampfangetriebenen Ferngaskompressors durchgeführt. Der Kompressor ist in liegender Bauart, zweistufig, angetrieben durch Verbunddampfmaschine, gebaut. Es liegen also je ein Dampf- und Gaszylinder hintereinander. Das Triebwerk nimmt einen Gestängedruck von 35 t auf, die Maschine dreht mit höchstens 300 U/min. Hier wurden die gleichen Konstruktionssätze angewandt, wie bei dem Triebwerk nach *Bild 9*. Damit wurde eine Gewichtsverminderung um rd. 45 % gegenüber einer Normalausführung erreicht, denn das Triebwerk wiegt vollständig, also Schubstange, Kolben und Kolbenstangen für Dampf- und Gasteil, Kreuzkopf, mittlere Kupplung und mittlerer und hinterer Führungsschuh, 1170 kg für die eine und 1185 kg für die andere Maschinenseite. Bemerkenswert ist hier die Verwendung von Leichtmetallkolben für den Gasteil *(s. Bild 10)*. Die Verwendung von derartig großen Kolben aus Leichtmetall auf durchgehende Kolbenstangen aufgesetzt dürfte neuartig sein. Da die Wärmeleitfähigkeit des Leichtmetalls ungefähr fünfmal so groß ist wie die von Stahl und die lineare Ausdehnung ungefähr zweimal so groß, besteht die Schwierigkeit bei der Verwendung der Leichtmetallkolben in ihrer Befestigung auf der Kolbenstange. Wenn nicht besondere Maßnahmen getroffen werden, so muß erwartet werden, daß die Kolben im Betriebe beim

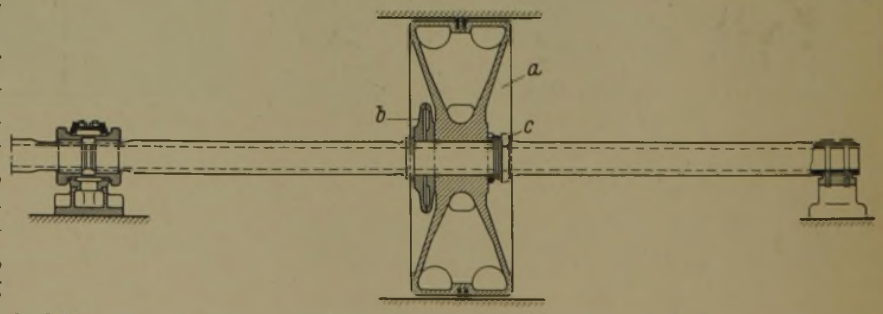


Bild 10. Leichtmetallkolben, 850 mm Dmr. für Verdichter, 600 mm Hub, n = 300 U/min.

öfteren Warmwerden und späteren Erkalten auf der Stange lose werden. Dieser Schwierigkeit wurde dadurch begegnet, daß die Kolben a gegen Tellerfedern b aufgespannt werden, die die Dehnungen aufnehmen können. Die Federung der Tellerfedern wird auf einer Prüfmaschine gemessen und die Befestigungsmutter c der Kolben nach einem Kaliber angezogen, das auf Grund der gemessenen Federung bestimmt wird.

Die Vorspannung ist dabei so groß gewählt, daß gegen das Arbeiten der Feder unter dem Einfluß des Gasdruckes auf den Kolben genügende Sicherheit vorhanden ist. An den Tellerfedern selber wurden sorgfältige Spannungsmessungen durchgeführt zur Ueberprüfung der rechnerisch erhaltenen Spannungen mit den tatsächlich auftretenden. Durch geeignete Bemessung wurden die beim Anzug in den Tellerfedern auftretenden Spannungen so niedrig gehalten, daß die Gefahr eines Bruches weitgehend ausgeschlossen erscheint.

Die Steuerung der raschlaufenden Maschinen ist eine Aufgabe, der zum mindesten die gleiche Wichtigkeit zukommt wie der Ausbildung des Triebwerkes und der Beherrschung der von dem Triebwerke herrührenden Massenkräfte.

Der Energieverbrauch und damit die Wirtschaftlichkeit der Leistungserzeugung werden bei füllungsgeregelten Maschinen wesentlich mit beeinflußt durch die Ausbildung und die Art der Bewegung der Steuerorgane. Es muß angestrebt werden, diese Steuerorgane möglichst rasch zu öffnen und zu schließen, um eine Drosselung des in den Arbeitsraum eintretenden oder aus dem Arbeitsraum austretenden Energieträgers auf möglichst kleine Kurbelwinkel zu beschränken.

Zunächst muß festgehalten werden, daß bei raschlaufenden Maschinen mit der Verringerung der Größe des Arbeitsraumes keine Verringerung der Größe der Steuerorgane verbunden ist. Die Zeit, die zum Einbringen des Energieträgers in den Arbeitsraum zur Verfügung steht, wird bei raschlaufenden Maschinen sehr kurz. Mit der Strömungsgeschwindigkeit durch die von den Steuerorganen freigegebenen Durchtrittsquerschnitte kann jedoch über die bei langsamlaufenden Maschinen üblichen Werte nicht gegangen werden, da sonst unzulässige Drosselungen auftreten. Beide Umstände wirken darauf hin, daß die Steuerorgane bei raschlaufenden Maschinen verhältnismäßig große Abmessungen erhalten müssen.

Sehr schwierig wird die Steuerung bei raschlaufenden Dampfmaschinen, besonders bei Hochdruckmaschinen, die mit sehr großer Dampfdehnung und daher kleinen Füllungsgraden arbeiten. Bei Verbrennungsmotoren ist die Lösung der Aufgabe schon wesentlich einfacher. Bei einem Otto-Motor bekannter Bauart, der mit 1200 U/min läuft und hierbei eine Leistung von 150 PS_i hat, beträgt die gesamte Ventilöffnungsdauer $^1/_{35}$ s. Bei der verhältnismäßig geringen Leistung sind die zu bewegenden Ventile und ihre ins Spiel tretenden Massenkräfte dabei noch vergleichsweise gering. Bei einer mit 300 U/min laufenden Hochdruckdampfmaschine, die ungefähr 4000 PS_i leistet, wird die gesamte Ventilöffnungsdauer $^1/_{42}$ s. Die zu bewegenden Ventilmassen sind bei dieser verhältnismäßig starken Maschine schon recht groß.

Es soll in diesem Zusammenhange darauf verzichtet werden zu begründen, weshalb bei Dampfmaschinen die Verwendung des Ventils als Steuerorgan bevorzugt und damit hier behandelt wird. Es könnte entgegengehalten werden, daß bei Verwendung von Kolbenschiebern als Steuerorgane die Frage des Antriebes und der Bewegung dieser Schieber wesentlich vereinfacht wird. Denn ein Schieber kann mittels geeigneter und bekannter mechanischer Gestänge in Abhängigkeit vom Laufe der Maschine so bewegt werden, daß er bei Freigabe der Durchtrittsöffnungen für den Dampf bereits eine gewisse Geschwindigkeit hat. Er braucht also aus der Ruhestellung heraus mit nur geringer Beschleunigung bewegt werden und kann dann die Durchtrittsöffnung für den Dampf mit verhältnismäßig großer Geschwindigkeit freigeben. Die Massenkräfte können daher bei Anwendung von Schiebern gering gehalten werden. Das ist bei der Verwendung des Ventils als Steuerorgan nicht möglich. Das Ventil muß aus der Ruhestellung plötzlich aufgerissen werden, kurz die nötige Oeffnung herstellen und muß ebenso rasch geschlossen sein; hier treten hohe Beschleunigungen und somit Massenkräfte auf.

Wenn es nun gelungen ist, die Steuerungsfrage für raschlaufende, sehr schwere Dampfmaschinen zu lösen, dann ist die Uebertragung auf Kolbenmaschinen anderer Art, wie z. B. Großgasmaschinen, eine verhältnismäßig einfache Sache. Das wird an einem Beispiel deutlich. Die bewegten Steuerungsteile ohne Antriebsgestänge, also nur Ventil mit Spindel und Federteller, für einen Zylinderkopf einer Großgasmaschine DT 14 für Dynamoantrieb wiegen 430 kg. Die gesamte Oeffnungsdauer beträgt bei 92 U/min $^1/_{2,3}$ s. Der gesamte Hub des Ventils von 120 mm muß hierbei in $^1/_{4,3}$ s zurückgelegt sein, woraus eine größte Beschleunigung von 3,3 m/s² folgert, die eine Massenkraft von 140 kg hervorruft. Die Schließfederkraft, die zu überwinden ist, beträgt 600 kg, die Reibung soll außer Ansatz bleiben. An der Ventilspindel tritt also eine Kraft von 740 kg auf, die durch das mechanische Antriebsgestänge aufzubringen ist.

Dagegen beträgt bei einer ausgeführten, raschlaufenden Umkehrdampfmaschine größter Leistung das Gewicht der bewegten Steuerungsteile, also auch wieder Ventil mit Spindel und Federteller für eine Zylinderseite 40 kg. Die gesamte Oeffnungsdauer des Ventils bei 270 U/min und bei 6 % Füllung wird $^1/_{37}$ s. Der Vollhub des Ventils muß in $^1/_{67}$ s erreicht sein, woraus eine größte Beschleunigung von 71 m/s² folgert, die eine Massenkraft von 277 kg hervorruft. Die Schließkraft der Feder, die beim Anhub zu überwinden ist, beträgt 200 kg. Die Reibung soll wiederum vernachlässigt werden. An der Ventilspindel ist also zum Oeffnen des Ventils eine Kraft von 500 kg aufzubringen.

Je rascher die Maschinen laufen, um so größer werden also infolge der verlangten Beschleunigungswerte die Massenkräfte, bis schließlich der mechanische Gestängeantrieb der Steuerungsorgane, der bei größeren Abmessungen seinerseits wieder erhebliche Massenkräfte hervorruft, nicht mehr anzuwenden ist. Die Bewältigung der Massenkräfte gelingt durch Anwendung einer hydraulischen Uebertragung der Steuerimpulse auf die zu steuernden Ventile mittels volumetrisch arbeitender Systeme. Diese Systeme arbeiten mit treibenden und getriebenen Kolben. Durch einen auf der Spindel des Ventils angeordneten, getriebenen Kolben wird das Ventil angehoben, wobei die erwünschte Hubgeschwindigkeit durch entsprechende Abstimmung der wirksamen Kolbenflächen erzielt werden kann. Alle bekannten Ausführungen dieser hydraulischen Steuerungen gehen in ihrem Grundgedanken auf die Patentschrift Nr. 415 224 vom Jahre 1920 zurück. So einfach der Grundgedanke an sich erscheint, um so größer sind die Schwierigkeiten, die sich einer Verwirklichung entgegenstellen.

Bis zu welcher Leistung diese Steuerungen heute entwickelt sind, kann an dem Beispiel der von der Demag entwickelten Bauart dieser hydraulischen oder Preßöl-

steuerung gezeigt werden, die an raschlaufenden Maschinen größerer Leistung verwendet wird.

Bild 11 gibt die Anordnung des Steuerelementes für ein Ventil wieder. Im wesentlichen besteht es aus einer treibenden Kolbenpumpe 1, die von der Kurbelwelle der Maschine aus angetrieben wird und die unter einer bestimmten Voreilung mit der Kurbel ihres Arbeitszylinders läuft, d. h. die Pumpe hat bereits einen bestimmten Teil ihres Druckhubes zurückgelegt, wenn die Maschinenkurbel im Totpunkt steht. Der treibende Kolben 1 ist mit dem getriebenen Kolben 2 über die Leitung 3 verbunden. Die Verbindung kann durch den Schieber 4 unterbrochen werden, dann drückt der treibende Kolben sein Oel in den Saugbehälter 5 zurück und der getriebene Kolben bleibt in Ruhe, d. h. das Ventil 6 ist geschlossen und wird durch die Feder 7 auf seinem Sitz gehalten. Beim Saughub des treibenden Kolbens gibt der Schieber 4 gleichfalls die Verbindung vom Pumpenraum zum Saugraum frei, so daß die Pumpe ansaugen kann.

Wird während des Druckhubes des treibenden Kolbens 1 der Schieber 4 in die Stellung gebracht, daß er die Verbindung der Leitung 3 mit dem Saugbehälter 5 abschließt, dann wird durch den getriebenen Kolben 2 das Ventil 6 gehoben, d. h. geöffnet. Das Ventil 6 schließt sich unter dem Einfluß der Schließfeder 7 wieder in dem Augenblick, in welchem der Schieber 4 die Verbindung der Leitung 3 mit dem Saugbehälter 5 wiederherstellt, also die Leitung 3 drucklos wird.

Der Schieber 4 wird durch einen mit der Maschinenkurbel umlaufenden Steuerdaumen 8 gesteuert, auf dem in bekannter Weise die Oeffnungszeiten des Ventils 6 in Kurbelwinkeln von der größten bis zur kleinsten Füllung angeordnet sind. Der Steuerdaumen 8 wird durch Verschiebung in seiner Achsrichtung in die Stellung gebracht, die der gewünschten Füllung entspricht. Diese Verschiebung und somit Füllungsverstellung geschieht natürlich auch während des Laufes der Maschine, unter Umständen unter Einfluß eines Reglers. Für Umkehrmaschinen ist je ein Steuerdaumen für Vorwärts- und Rückwärtslauf angeordnet.

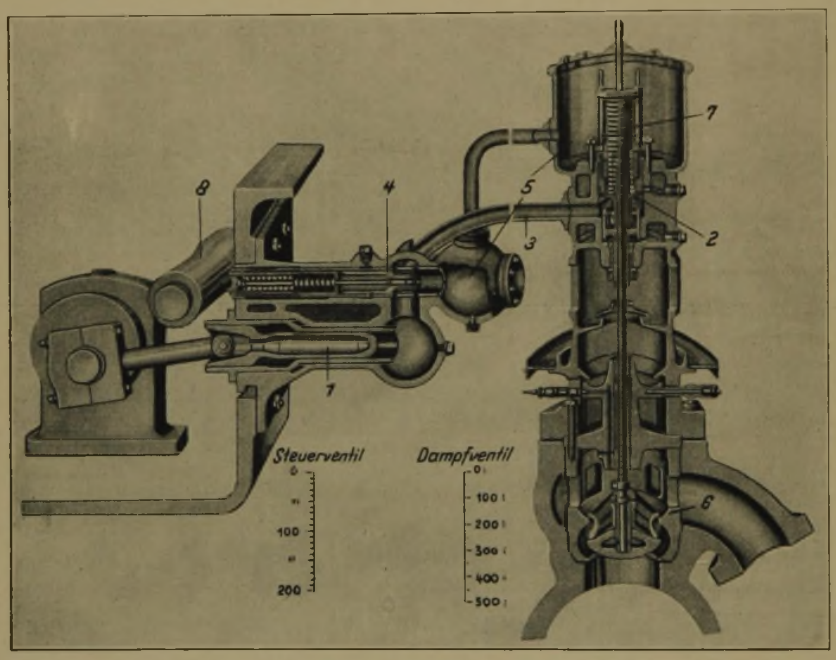


Bild 11. Preßölsteuerung.

Die Gesamtanordnung einer solchen Steuerung für eine Umkehrmaschine zeigt *Bild 12*. Es handelt sich in diesem Falle um die Steuerung einer doppeltwirkenden Fünfzylinder-Umkehrmaschine, daher sind 10 solcher Steuerelemente, alle in vollkommen gleicher Ausführung für die 10 Einlaßventile vorhanden. Man sieht die unterliegende Welle a, die die treibenden Pumpen antreibt. Die längsverschieblichen Wellen b tragen die Steuerdaumen c für die vorderen und hinteren Einlaßventile und die Daumen d zur Steuerung der Kompressionsminderventile, die wegen ihrer Kleinheit und vergleichsweise langen Oeffnungszeiten mechanisch über Kipphebel gesteuert werden. Eigentliche Auslaßventile sind bei dieser Maschine nicht vorhanden, da sie als Gleichstrommaschine mit Schlitzauspuff arbeitet.

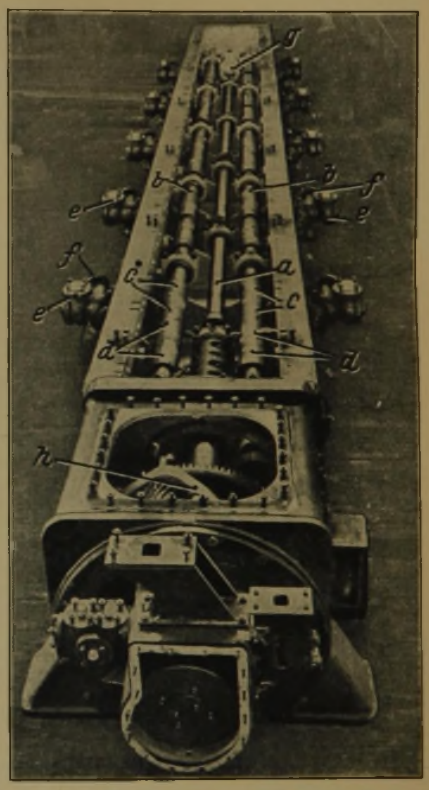


Bild 12. Preßölsteuerung für Fünfzylinder-Umkehrdampfmaschine.

Die Steuergehäuse e, die von außen an den Steuerkasten angesetzt sind, nehmen die treibenden Pumpen und die Steuerschieber auf und eine kurze Leitung, die an den sichtbaren Flanschen f anschließt, stellt die Verbindung mit den Hauben der Einlaßventile zu den getriebenen Kolben her. Am Ende des Steuerkastens ist der hydraulisch betätigte Steuerzylinder g zu sehen, der die Längsverschiebung der Wellen b mit den Steuerdaumen c bewirkt und damit die Füllungen verstellt. Vorn am Steuerkasten liegt das Rädergetriebe h zum Antrieb der Steuerung von der Kurbelwelle aus unter Vermittlung einer Uebertragungswelle. Der Steuerkasten als solcher ist in der Mitte der Dampfzylinder quer über die Maschine gelegt. Er stützt sich frei tragend auf Verlängerungen des Maschinenrahmens auf und ist auf diese Weise von Wärme- oder unter Betriebslast auftretenden Dehnungen der Dampfzylinder völlig unabhängig. Die Anordnung ist außerordentlich übersichtlich und bequem zugänglich.

Diese Preßölsteuerungen sind nun im Entwurf wesentlich anders zu behandeln als die bislang bekannten Systeme. Die bekannten Steuerungen mit mechanischem Gestänge sind zwangläufige Getriebe mit starren Gliedern, zum mindesten kraftschlüssige Getriebe, bei denen die Zwang-

läufigkeit durch die Kraft einer Feder gesichert ist, wie z. B. bei den bekannten Wälzhebel- oder Schwingdaumen-Steuerungen. Dagegen sind die Preßölsteuerungen nicht als zwangläufige Getriebe aufzufassen, sondern als Getriebe mit federnden Gliedern, bei denen die Zwangläufigkeit der Massenbewegung aufgehoben ist und bei denen eine gewisse Freiheit der Massenbewegungen gegenüber den gewollten Bewegungsverhältnissen möglich ist. Die Verkennung dieser Tatsache hat sicherlich die vielen Mißerfolge auf dem Gebiete der Preßölsteuerungen zur Folge gehabt, die in der großen Anzahl aufgelassener Patente zum Ausdruck kommt. In vereinfachter Darstellung ist also die Preßölsteuerung ein schwingungsfähiges System, bei welchem eine Masse d, und zwar die des Ventils mit Stellzeug zwischen zwei Federn, der Schließfeder a und der gespannten Oelsäule b, die man sich als Ersatzfeder vorstellen kann, angeordnet ist *(s. Bild 13)*. Dieses schwingungsfähige System wird durch die Kraft, die der treibende Kolben der Steuerpumpe c ausübt, taktmäßig erregt.

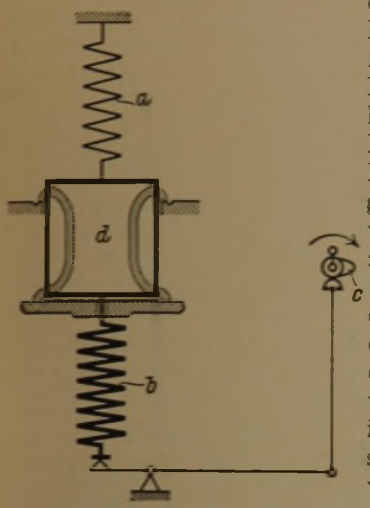


Bild 13. Ersatzsystem für eine Preßölsteuerung.

Die kinematische Auslegung der Steuerung ist infolge der Verwendung der Steuerdaumen und der einfachen Bewegungsvorgänge sehr leicht. Anders die schwingungstechnische Auslegung, die schließlich über die praktische Anwendungsfähigkeit entscheidet. Während die Masse d durch das Gewicht des Ventils eindeutig festliegt und auch die Federung der Schließfeder genau bestimmt werden kann, wird die genaue Vorausberechnung der Federung der Ersatzfeder b unmöglich. Diese Federung der Ersatzfeder ist abhängig von dem Druck, unter dem die Oelsäule steht, von der Elastizität der Druckleitung *(Bild 11*, Ziff. 3) und von der Zusammendrückbarkeit der Oelsäule. Diese ist wiederum abhängig von der verwendeten Oelsorte, ihrer Temperatur und ihrem Gehalt an gelösten Gasen.

Die Demag ist daher dazu übergegangen, vor Inbetriebsetzung der damit ausgerüsteten Maschinen die Eignung und das gute Arbeiten einer entworfenen Steuerung im gesamten Drehzahlbereich auf dem Prüfstand zu untersuchen. Die Steuerung wird dabei von einem besonderen Motor mit regelbarer Drehzahl angetrieben. An Stelle des Dampfdruckes wird das Ventil mit Luftdruck belastet, so daß mit Ausnahme der Wärmeeinwirkung alle betriebsmäßig auftretenden Kräfte und Beanspruchungen erfaßt werden können.

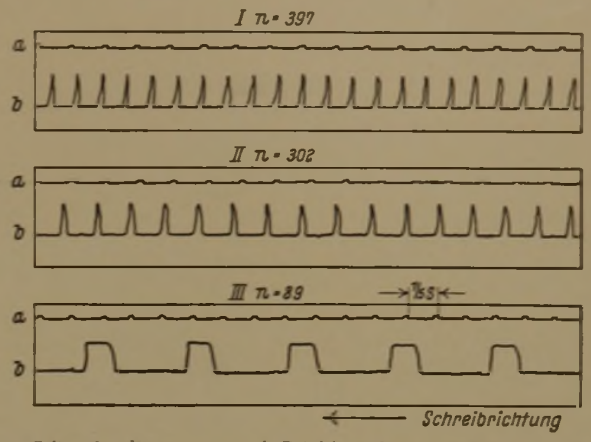
Die Bewegung des Ventils auf dem Versuchsstand, wie auch später im Betriebe an der Maschine, wird neuerdings durch einen Askania-Tastschwingungsschreiber unmittelbar an der Ventilspindel gemessen. Das Meßverfahren ist außerordentlich einfach, das Ergebnis sehr genau und läßt jede geringste Unregelmäßigkeit im Arbeiten der Ventile deutlich erkennen. Die Bewegung des Ventils, d. h. die Ventilhübe werden auf einen laufenden Streifen aufgeschrieben, auf den durch ein Uhrwerk zugleich eine Zeit angegeben wird.

Bild 14 gibt solche Streifen wieder. Es ist

I. der Meßstreifen eines Dampfeinlaßventils für eine Hochdruck-Umkehrdampfmaschine bei 397 U/min und 12 % Füllung,

II. der Meßstreifen des gleichen Ventils bei 305 U/min und 9 % Füllung,

III. der Meßstreifen des gleichen Ventils bei 89 U/min und 25 % Füllung.



a = Zeitmarken $^1/_5$ s gemessen mit Präzisionszeitmarkengeber.
b = Ventilhübe gemessen an der Ventilspindel mit dem Askania-Tastschwingungsschreiber.

Bild 14. Meßstreifen eines Dampfeinlaßventils für eine Hochdruck-Umkehrdampfmaschine.

In allen Fällen ist der Ventilhub 10 mm, das Gewicht der bewegten Teile, also Ventil mit Spindel, Federteller usw., beträgt 40 kg. Die Meßstreifen wurden auf dem Prüfstand genommen. Während die im Betriebe auftretende höchste Drehzahl bei der hier untersuchten Anordnung 270 U/min ist, wurde auf dem Prüfstand zu Versuchszwecken die Drehzahl im äußersten Falle um 50 %, d. h. auf etwa 400 U/min erhöht. Sowohl auf dem Prüfstand als auch im Betriebe hat sich das Verfahren, die Bewegung der Ventile mit dem Tastschwingungsschreiber zu messen, recht gut bewährt. Die Einstellung der Maschinen wird hierdurch sehr erleichtert, da die geringsten Unregelmäßigkeiten im Arbeiten der Steuerung, die aus den Indikatordiagrammen nicht herausgelesen werden können, schnell und sicher festgestellt werden.

Die Meßstreifen zeigen deutlich das genaue Arbeiten der Preßölsteuerung und veranschaulichen, bis zu welcher Leistungsfähigkeit sie heute entwickelt ist. Die Betriebsbewährung des neuen Systems geht daraus hervor, daß eine solche Steuerung jetzt seit fünf Jahren ohne Störung in einer aufs äußerste ausgenutzten Maschine läuft. Diese Steuerungen stellen daher heute ein außerordentlich wirkungsvolles Hilfsmittel zur Steigerung der Leistung von Großkolbenmaschinen dar.

Zusammenfassung.

Spannungsmessungen nach einem von G. Barner entwickelten, verhältnismäßig einfachen Verfahren erwiesen sich als recht geeignet zur Weiterentwicklung ruhender Bauteile von Großkolbenmaschinen aller Art. Es wird die Forderung aufgestellt, daß diese Bauteile möglichst starr sein sollen, um Formänderungen zu vermeiden, die zur Ueberlastung einzelner Stellen führen, um Schwingungen zu verhindern und ruhigen Lauf des Triebwerkes zu erzielen. Die wirkungsvolle Entmassung von Triebwerken wird an zwei Beispielen geschildert, wobei besonders die Verwendung von Leichtmetallkolben hervorzuheben ist. Zum Schluß wird die Wirkungsweise der in letzter Zeit häufiger gebauten Preßölsteuerungen beschrieben. Es werden Diagramme der Ventilbewegungen bei verschiedenen Drehzahlen gezeigt, die mit dem Askania-Tastschwingungsschreiber aufgenommen wurden.

* * *

An den Bericht schloß sich folgender Meinungsaustausch an.

H. Froitzheim, Dortmund: Die Ausführungen von Herrn Engel waren deshalb so besonders wertvoll, weil sie für uns vielfach ein Neuland bedeuteten und dem Großkolbenmaschinenbau die Mittel in die Hand gaben und die Wege zeigten, den Wettbewerb mit der bereits bis zur äußersten Höhe entwickelten Dampfturbine fortzuführen[3]). Gerade in letzter Zeit sind die Bestrebungen, die Großkolbenmaschinen weiter zu fördern, in den Vordergrund getreten. Die Ausführungen des Berichterstatters beruhen nicht nur auf Theorie, sondern sie haben auch schon im Betrieb bewirkt, daß sich diese Maschinen mit Erfolg durchsetzen. Was von der Dampfmaschine gesagt wird, gilt besonders auch für die Gasmaschine, an der durch Entmassung, durch erhöhte Drehzahl und dergleichen wesentliche Fortschritte erzielt worden sind.

In dem Sinne bitte ich eine Aeußerung von Herrn Solt zu verlesen, der vor einigen Jahren auch über die weiteren Entwicklungsmöglichkeiten der Gasmaschine gesprochen hat.

R. Solt, Pilsen (schriftlich eingesandt): Die beschriebene Umkehrdampfmaschine für 450 mt Drehmoment ist ein Meilenstein in der Entwicklung der Großkolbenmaschine. Die Demag hat mit dieser Ausführung eine Pionierarbeit geleistet, die in den zuständigen Hüttenkreisen gebührende Anerkennung finden wird. Demgegenüber ist im Großgasmaschinenbau der erwartete Fortschritt ausgeblieben. Seit einem Vierteljahrhundert ist die größte Kurbelleistung der Gasdynamo 3500 kW in Zylindern mit 1500 mm Bohrung. Schon auf mittelgroßen Hüttenwerken kommt man mit dieser unzulänglichen Einheit auf unübersehbare Maschinenhallen. Der Uebergang zur Zwillingsmaschine kann nicht befriedigen, solange die Kurbelleistung so weit hinter der als Standard anzusehenden Leistung von 5000 bis 6000 kW zurückbleibt.

Aehnlich liegen die Verhältnisse bei der Windversorgung. Mit einer Gaszylinderbohrung von 1500 mm kann man über eine Kurbel keine Windleistung zur Verhüttung von 1000 t Koks in 24 h bei einem Winddruck von 1,2 bis 1,5 atü erzeugen oder einen großen Hochofen betreiben. Die Folge sind Batterien von Gasgebläsen oder der Turbobläser, der in den letzten Jahren auch den Hauptanteil aller Neuanschaffungen bestritten hat.

Die Unzulänglichkeit der Gasmaschine mit 1500 mm Zylinderdurchmesser zeigt sich schließlich auch im Thomasbetrieb, bei dem das Einkurbelgebläse mit etwa 4000 PS_e für große Birnenleistungen nicht mehr in Frage kommt. Man ist gezwungen, das wesentlich teurere Zwillingsgebläse zu verwenden oder zum Turbobläser abzuschwenken.

In jeder der drei Anwendungen reicht die übliche größte Gasmaschine in der Kurbelleistung bei weitem nicht hin, um dem Betriebszweck in billigster Weise zu entsprechen und die Gaskraftwirtschaft auf einen zeitgemäßen Stand zu heben. Zur Befriedigung der hüttenmäßig bedingten Einheitsleistung von 5000 bis 6000 kW bei der Stromversorgung und von 6000 bis 6600 PS_e bei der Windversorgung ist in jedem Falle eine Steigerung um rd. 50 % erforderlich. Diese Forderung kann nur mit einer selbstladenden Gasmaschine mit 1600 mm Zylinderbohrung erfüllt werden, die 1800 bis 2000 mm Hub erhalten muß. Mit solcher Größe erst wird es den Gaskraftbetrieb geben, den die Hüttenleute seit Jahren vergeblich verlangen.

Die Rückwärtsentwicklung der Großgasmaschine bis auf das Verdichtungsverhältnis 1 : 4 (!) ist im wesentlichen der unentwegten Verwendung des für so große Zylinder untauglichen Gußeisens zuzuschreiben. Es ist nun schon hundertfach erwiesen, daß man die thermischen und betrieblichen Vorteile des Otto-Prozesses in der Großmaschine nur mit Stahlzylindern ausnutzen kann. Es liegt aber auch an den Hüttenleuten, die zweckmäßigste und wirtschaftlichste Hüttenkraftmaschine, an deren Entstehung und Einführung sie maßgeblichen Anteil genommen haben, nicht am Kupolofen verkümmern zu lassen.

Ein weiteres Hindernis in der Entwicklung der Großgasmaschine zur hüttenmäßig bedingten Größe mit 1600 mm Zylinderbohrung und 1800 bis 2000 mm Hub sind die Uebermassen der gekuppelten Tandemtriebwerke. Die unumgänglich notwendige Erhöhung der Arbeitsgeschwindigkeit fordert Entmassung bis zum äußersten. Jede für die Kraftübertragung entbehrliche oder überflüssige Masse muß — zunächst in Tonnen, dann in Meterzentnern und schließlich bis auf das letzte Kilogramm — entfernt werden. Mit Ausnahme der Kolbenringe darf Gußeisen im Triebwerk einer neuzeitlichen Großgasmaschine überhaupt nicht vorkommen. Die größte überflüssige Masse im Kolbentriebwerk der Tandemgasmaschine ist die Kolbenstangenkupplung mit etwa 10 % der Gesamtmasse. Diese für den Betrieb völlig zwecklose Uebermasse stört den Gleichlauf in einem Maße, daß bei großen Maschinen ganze Wagenladungen Gußeisen oder Stahlguß in den Rotor mehr eingebaut werden müssen, als es sonst erforderlich wäre. Die Folgen sind übermäßig schwere Kurbelwellen, unnötig große Lager, größere Reibungsverluste, höhere Frachtkosten usw. Diese Kupplungen laufen durchschnittlich drei Jahre oder etwa 3000 Arbeitsschichten zu dem alleinigen Zweck leer mit, daß man dann z. B. bei einem Kolbenringwechsel eine oder höchstens zwei Ueberholungsschichten erspart. In diesem Zusammenhange kann man die Kupplung der Gaskolbenstangen — ein Ueberbleibsel aus der ersten Entwicklungszeit — nur mehr als Prothese zur Verbindung von Teilen bezeichnen, die grundsätzlich aus einem einzigen Stück bestehen und auch hergestellt werden können.

Die Gaskolben müssen aus Stahl geschmiedet werden, weil Stahlguß eine wesentlich geringere Wechselfestigkeit hat und somit mehr Masse bedingt. Bei z. B. 1600 mm Dmr. kann der Gewichtsunterschied bis 1000 kg je Kolben ausmachen. Dabei ist der geschmiedete Kolben zäher und widerstandsfähiger als der Stahlgußkolben.

Im Stahlzylinder kann das Otto-Verfahren mit Gichtgasgemischen in der Großmaschine mit dem Verdichtungsverhältnis 1 : 6,5 und Zünddrücken bis 28 kg/cm² störungsfrei durchgeführt werden. Dieses Verdichtungsverhältnis ist einige hundertmal bei Maschinen bis zu etwa 1250 mm Zylinderbohrung angewendet worden. Anstände haben gewöhnlich nur die gußeisernen Zylinder, gußeiserne Kolben, gußeiserne Zylinderdeckel und konstruktive Mängel im Kolbentriebwerk verursacht, die inzwischen überwunden worden sind.

Bei durchaus gleichmäßig gemischter Ladung, gehöriger Zündkraft und angemessener Verdichtung sinkt der Wärmeverbrauch bei Verwertung der Abhitze auf 2400 kcal/kWh im Durchschnitt des oberen Belastungsdrittels. Man kann demnach gegenüber den von Herrn Engel angeführten Betriebswerten von 2900 bis 2800 kcal, die offenbar an älteren Maschinen mit kleinen Kurbelleistungen zustande gekommen sind, je kWh rd. 450 kcal oder rd. 0,5 m³ Hochofengas einsparen.

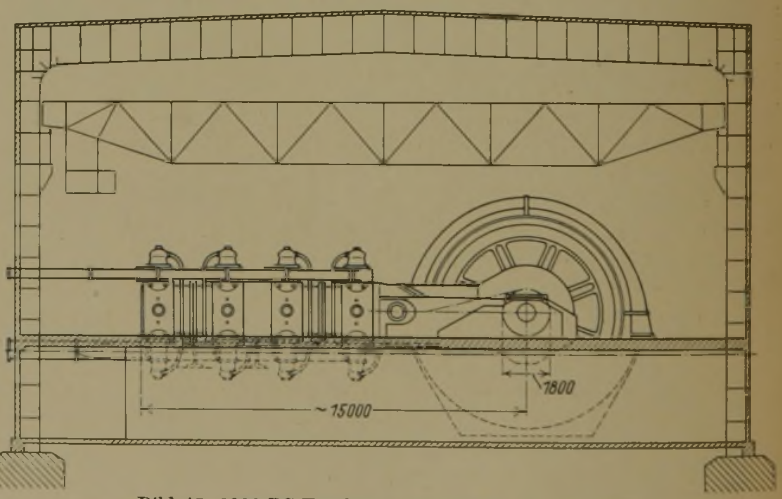


Bild 15. 8000-PS-Tandem-Gasmaschine, Bauart Solt.

Mit den gleichen Baustoffkosten und der gleichen Lohnsumme, die man für die Herstellung der üblichen 3500-kW-Gasmaschine aufwendet, läßt sich nach sorgfältigen Ermittlungen eine 5000-kW-Maschine von 1600 mm Zylinderbohrung, 1800 mm Hub mit Stahlzylindern, Einstangentriebwerk und geschmiedeten Kolben erstellen. Die Gasmaschine wiegt in üblicher Ausrüstung rd. 330 t und mit allen großen Rohrleitungen rd. 380 t. Die Baulänge dieser Maschine *(Bild 15)* mißt 14,6 m mit zwei Geradführungen und 16,2 m mit drei Geradführungen. Das Triebwerk wiegt 1,00 bzw. 1,06 kg/cm² Kolbenfläche, so daß bei einer Drehzahl von 107 U/min für eine Ungleichförmigkeit 1 : 250 nur 2950 oder 3250 tm² Schwungmoment erforderlich sind. Die Maschine beansprucht kein größeres Fundament, keine größere Bodenfläche und auch sonst nichts mehr als eine DT-15-Maschine. Die gesamten Anlagekosten einschließlich

[3]) Vgl. Engel, L.: Stahl u. Eisen 60 (1940) S. 897/904.

Abhitzekessel stellen sich auf rd. 200 *RM*/kW und für den 10 000-kW-Zwilling auf rd. 170 *RM*/kW ohne Frachtkosten.

Im Gebläsebetrieb leistet die vorerwähnte Gasmaschine DT 18 bei 1,2 atü Windpressung 2400 m³/min. Sie wiegt mit Schwungrad, Windsammler und Abhitzekessel rd. 700 t. Die gesamten Anlagekosten betragen rd. 480 *RM*/Nm³ min ohne Frachtkosten. In stählernen Gaszylindern kann dasselbe Verdichtungsverhältnis wie bei der Gasdynamo angewendet werden. Der bezogene Wärmeverbrauch sinkt auf den Betrag, den eine übliche DTG 15 erst über Gutschrift des Abhitzedampfes erreicht. Die hin und her gehenden Triebwerksgewichte des Tandemgebläses DTG 18 betragen infolge der schon erwähnten Maßnahmen nur rd. 28 t. Die Baulänge dieses Gebläses mißt 21 m, so daß nur 30 m Kranspannweite erforderlich sind.

Das Stahlwerksgebläse DTG 18 erfüllt über eine Kurbel die betrieblichen Bedingungen ebensogut wie die üblichen Tandemzwillingsgebläse, wenn die Einlaßsteuerungen genau arbeiten, was ebenso möglich wie selbstverständlich ist. Dieses Gebläse kann normal 1250 m³/min auf einen Gegendruck von 3,5 atü pressen. Der Preis je Leistungseinheit geht auf zwei Drittel gegenüber einem gleich starken Zwilling zurück.

Den Schlußsatz von Herrn Engel, daß selbst bei völliger Neukonstruktion einer Großkolbenmaschine kein größeres Wagnis eingegangen wird, als das bei anderen Einrichtungen auch der Fall ist, möchte ich mit ganzer Zustimmung unterstreichen. Die hier ins Treffen geführte Einheitsbauart der Großgasmaschine stellt an Konstruktion und Ausführung jedenfalls weniger Voraussetzungen als die in der Einleitung angeführte Umkehrdampfmaschine mit dem Hochleistungsgetriebe.

L. Maduschka, Mülheim (Ruhr): Schon bei mehreren Gelegenheiten habe ich darauf hingewiesen, daß die Entwicklung der Großgasmaschine noch lange nicht abgeschlossen ist. Wie aus neueren Berichten[4]) hervorgeht, wird dauernd an der Vervollkommnung ihrer Ersatzteile mit Erfolg gearbeitet, um ihre ohnehin hohe Betriebssicherheit noch zu steigern und die Betriebskosten zu vermindern. Auch wegen grundlegender Verbesserungen in der Gestaltung der Großgasmaschine zwecks Herabsetzung der Anschaffungskosten oder des Gewichtes je Leistungseinheit, um sie gegenüber anderen Wärmekraftmaschinen wettbewerbsfähiger zu machen, kann durch Drehzahlsteigerung bei gleichzeitiger Verkleinerung der Triebwerksmassen und des Gewichtes ihrer anderen Bestandteile noch vieles geschehen.

Ob die sich in dieser Richtung bewegenden brieflichen Vorschläge von Herrn Solt einen geeigneten Weg für die Fortentwicklung der Großgasmaschine darstellen, kann nur durch eingehende Nachprüfung festgestellt werden. Wünschenswert ist es, daß vor allem Hersteller und Abnehmer von Großgasmaschinen solche Vorschläge beachten, sie dieser Nachprüfung unterziehen und bei günstigem Ergebnis bei der Gestaltung neuer Großgasmaschinen auch verwerten.

[4]) Reimer, F.: Stahl u. Eisen 57 (1937) S. 569/80 (Masch.-Aussch. 67). Maduschka, L.: Stahl u. Eisen 60 (1940) S. 941/48 (Masch.-Aussch. 85).

Schrensel, Ilsede: Ich möchte Herrn Engel um Mitteilung bitten, wie die Kraftlinien ermittelt worden sind.

L. Engel, Duisburg: Bei der genauen Darstellung dieses Verfahrens möchte ich meinem Kollegen Dr. G. Barner, dem Leiter unserer Untersuchungsanstalt, nicht vorgreifen. Herr Barner hat diese Messungen nicht nur in dem Arbeitsgebiet durchgeführt, das mir im besonderen untersteht, sondern auch in vielen anderen. Er hat sich einen späteren Zeitpunkt vorbehalten, um dieses Meßverfahren in aller Ausführlichkeit öffentlich zu erörtern.

L. Maduschka: Die Ausführungen von Herrn Engel über die Ergebnisse von Dehnungsmessungen sind sehr lehrreich und geben uns einen genaueren Einblick in die Spannungsverhältnisse verwickelter Maschinenteile, der für deren richtige Gestaltung besonders wertvoll ist. Die in Verbindung damit von Herrn Engel aufgestellte Forderung nach größtmöglicher Starrheit der den Kraftfluß vermittelnden, ruhenden Maschinenteile kann aber zu Mißverständnissen Veranlassung geben. Denn ein gewisses Maß von Anpassungsfähigkeit und daher Formänderungsfähigkeit der ruhenden Maschinenteile ist wegen ungleichmäßiger Senkung der Maschinenfundamente im Laufe der Zeit und der Verschiedenheit der örtlichen Ausdehnung von Gas- und Dampfzylindern erforderlich. Vielleicht ließe sich besser sagen, daß die Dehnung oder Federung genannter Maschinenteile überall am Umfang in Richtung der Hauptkraft möglichst gleich sein soll. Bei den angeführten Rahmen federt in der Tat der obere Teil mehr und nimmt deswegen an der Kraftübertragung weniger teil als der starrere untere Teil. Um diesen Nachteil zu beseitigen, kann entweder jener verstärkt oder der letzte schwächer ausgeführt werden, und es können auch beide Maßnahmen gleichzeitig getroffen werden.

L. Engel: Wir sind auch diesen Weg bei den Rahmenkonstruktionen, die ich beschrieben habe, gegangen. Bei dem Rahmen nach *Bild 5* haben wir, um den Kraftfluß gleichmäßig zu verteilen, ein längeres Verbindungsstück zwischen Flansch und Kasten vorgezogen und dadurch diese Stelle verhältnismäßig elastisch gestaltet. Bei dem Rahmen nach *Bild 6* haben wir bewußt den Rahmenflansch in den Kasten hereingezogen und somit diese Stelle starr gemacht. Ob es möglich sein wird, die Federung so gleichmäßig über den Rahmenhals zu verteilen, daß die von Herrn Maduschka gewünschte Wirkung eintritt, weiß ich nicht. Das ist denkbar. Hierbei ist man aber sehr dem guten Willen der Gießerei in die Hände gegeben. Es ist fraglich, ob die Wandstärke, die zuletzt die Federung beeinflußt, so im Guß herausgebracht wird, wie es mit Bezug auf diesen Punkt wünschenswert erscheint. Man kommt auf beiden Wegen zum Ziel, sei es, daß man diese gefährdete Stelle federnd ausbildet, oder daß man das ganze Stück starr macht. Persönlich bin ich überzeugt, daß die völlig starre Bauart besser ist. Weiter ist es ganz natürlich, daß man eine Formänderung, die durch Fundamentsenkung usw. hervorgerufen werden kann, berücksichtigt. Das tut man heute dadurch, daß man alle Teile, die dieser Aenderung unterworfen sind, auf Pendelstützen auflagert, die man im Betriebe überwacht und nach dem jeweiligen Zustand entweder hydraulisch oder mechanisch nachstellt.

Spektrochemische Schnellanalyse von Stählen in amerikanischen Großbetrieben.

Von H. Kaiser in Jena*).

[Bericht Nr. 142 des Chemikerausschusses des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute.]

(Beschreibung der Betriebseinrichtungen und der Arbeitsweise des spektrochemischen Laboratoriums des Ford-Werkes in Detroit. Untersuchung der Gießereivorproben ohne wesentlichen Zeitverlust vor dem Vergießen mit guter Genauigkeit.)

In den letzten Jahren ist man in den Vereinigten Staaten von Amerika dazu übergegangen, spektrochemische Verfahren für die Spektralanalyse zu entwickeln, die außerordentliche Schnelligkeit mit größter Genauigkeit und Zuverlässigkeit verbinden. So kann z. B. ein legierter Stahl im spektrochemischen Laboratorium des Ford-Werkes in Detroit innerhalb 6 min auf sieben Legierungselemente untersucht werden, wobei der mittlere Fehler der Einzelmessung nicht höher als 1 bis 2 % des vorhandenen Gehaltes ist. Durchschnittlich werden dort 300 Proben in einem sechzehnstündigen Arbeitstag untersucht. Wie leistungsfähig das Verfahren ist, erkennt man daraus, daß gelegentlich 190 Elementbestimmungen in 1 h gemacht werden konnten, d. h. in 1 min durchschnittlich drei. Wegen der geringen Kosten und der kurzen Dauer der einzelnen Analysen können viel mehr Analysen gemacht werden als früher auf

*) Vortrag vor der 28. Jahresversammlung des Deutschen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik am 13. und 14. Juni 1940 und vor der Vollsitzung des Chemikerausschusses des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute am 27. Sept. 1940 in Düsseldorf. — Vgl. Z. VDI 85 (1941) S. 40/43. — Sonderabdrucke sind vom Verlag Stahleisen m. b. H., Düsseldorf, Postschließfach 664, zu beziehen.

anderen Wegen: Jede Schmelze kann vor dem Vergießen ohne wesentlichen Zeitverlust auf ihre richtige Zusammensetzung geprüft werden, so daß unzulässige Abweichungen und grobe Irrtümer rechtzeitig entdeckt werden können. Statistische Untersuchungen haben gezeigt, daß die Schwankungen in der Zusammensetzung der gegossenen Legierungen nach der Einführung des spektrochemischen Verfahrens erheblich geringer geworden sind[1]). Welche wirtschaftliche und technische Bedeutung diesem Verfahren zukommt angesichts der ständig steigenden Verwendung von Altmetall und der Notwendigkeit, mit kostbaren Rohstoffen zu sparen, braucht nicht näher erläutert zu werden.

Verfahren.

In seinen Grundzügen unterscheidet sich das Schnellverfahren nicht von dem üblichen spektrochemischen Verfahren; die physikalischen und meßtechnischen Grundlagen sind dieselben[2]). Der außerordentliche Erfolg, den die Physiker R. A. Sawyer und H. B. Vincent von der Universität in Ann Arbor, Mich., in Zusammenarbeit mit den Ingenieuren der beteiligten Gießereien erzielt haben, ist jahrelanger Kleinarbeit zu verdanken. Jeder einzelne Schritt des Meßverfahrens ist so durchgearbeitet worden, daß er in kürzester Zeit und doch zuverlässig durchgeführt werden kann. Im Jahre 1934 stellte die Campbell, Wyant and Cannon Foundry in Muskegon, Mich., die Aufgabe, 1937 erschien die erste Veröffentlichung[3]), in der auch die mannigfachen Vorversuche und Fehlschläge beschrieben sind; in den folgenden Jahren ist das Verfahren ständig verbessert worden. Der ersten Anlage in Muskegon sind weitere gefolgt, darunter, wie erwähnt, im Ford-Werk in Detroit[1]), [4]) bis [9]).

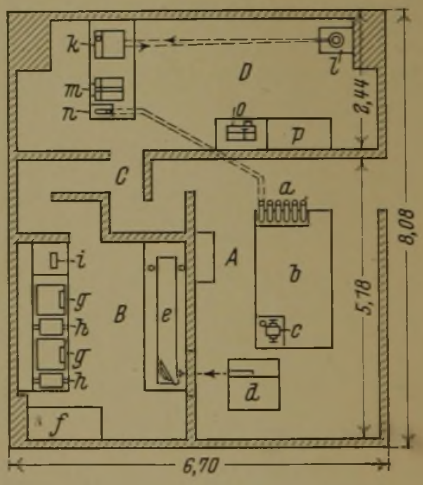
Im folgenden soll die Einrichtung und Arbeitsweise des Fordschen Laboratoriums auf Grund der amerikanischen Veröffentlichungen[4]), [8]) bis [10]) und von Beobachtungen des Verfassers beschrieben werden. Ueber das rein Berichtende hinaus soll dabei auch versucht werden, die physikalische und meßtechnische Bedeutung einzelner Maßnahmen zu erörtern und auf Zusammenhänge mit bekannten Tatsachen hinzuweisen.

Der Verfasser stützt sich dabei auf Untersuchungen, die im Physikalischen Laboratorium des Zeiss-Werkes gemacht wurden, sowie auf Versuche und eingehende Erörterungen während einer viermonatigen Studienreise in den Vereinigten Staaten im Sommer 1939.

Entnahme der Proben.

In der Gießerei wird aus der zu untersuchenden Schmelze eine kleine Probe geschöpft und in einer Kokille zu Elektrodenstäbchen gegossen. Die Probe erstarrt sofort, die Kokille wird unmittelbar nach dem Guß geöffnet, das Gußstück wird in Wasser abgeschreckt. Die Form des Gußblöckchens ist aus *Bild 1* zu sehen[11]). Die vier Elektrodenstäbchen haben 3 mm Dmr. und sind 25 mm lang. Es hat sich gezeigt, daß bei dem raschen Guß keine Entmischungen vorkommen; die Stäbchen sind sehr gleichmäßig, so daß die wenigen Milligramm, die beim Abfunken verbraucht werden, die Zusammensetzung der Legierung richtig wiedergeben. Die Elektroden werden abgekniffen — dabei wird zugleich der Grat entfernt — und mit einem Begleitzettel, der Angaben über die gewünschte Analyse und ihre Dringlichkeit enthält, durch eine Rohrpostanlage zum Laboratorium befördert. Rohrpostanschlüsse befinden sich an mehreren Stellen der Gießerei, in der etwa 50 Oefen stehen. Die Gießerei ist etwa 600 m vom Laboratorium entfernt, die Proben brauchen für den längsten Weg weniger als 2½ min.

Bild 1. Gußstück mit den Probestäbchen.



A Probenräume mit verglasten Wänden.
B Dunkelkammer.
C Lichtschleuse.
D Meßräume (halbdunkel).
a = Rohrpost.
b = Probentisch.
c = Schleifmaschine.
d = Funkenanlage.
e = Spektrograph.
f = Tisch für chemische Arbeiten.
g = Ausgußbecken.
h = Schalen für die Bäder (durch einen Motor geschaukelt).
i = Trockner (Widerstandsöfchen mit Gebläse).
k = Mikrophotometer.
l = Galvanometer.
m = Auswertegerät.
n = Rohrpostanschluß.
o = Betrachtungsgerät für Platten.
p = Plattenschrank.

Bild 2. Grundriß des spektrochemischen Laboratoriums.

Laboratorium.

Das Laboratorium besteht aus drei Räumen *(Bild 2)*, dem Probenraum A, in den die Rohrpost einmündet, der Dunkelkammer B und dem Meßraum D; sie sind miteinander durch eine Lichtschleuse C verbunden. Im Probenraum befinden sich Werkzeuge für die Bearbeitung der Elektroden und die Funkenanlage; in der Dunkelkammer stehen der Spektrograph und die Entwicklungsgeräte; im Meßraum sind Photometer, Auswerte- und Betrachtungsgeräte sowie Schränke zur Aufbewahrung der Platten aufgestellt. Von dort geht eine Rohrpostleitung zur Gießerei zurück. Im Meßraum arbeiten zwei Mann, in der Dunkelkammer und im Probenraum je einer.

---

[1]) Vincent, H. B., R. A. Sawyer und A. M. Sampson: Metals & Alloys 9 (1938) S. 27/32.

[2]) Seith, W., und K. Ruthardt: Chemische Spektralanalyse. In: Anleitungen für die chemische Laboratoriumspraxis, Bd. 1. Hrsg. von E. Zintl. Berlin 1938.

[3]) Vincent, H. B., und R. A. Sawyer: J. appl. Phys. 8 (1937) S. 163/73.

[4]) Herb, Ch. O.: Machinery, N. Y., 45 (1939) S. 543/48.

[5]) Oliver, F. J.: Iron Age 139 (1937) Nr. 20, S. 25/29.

[6]) Sampson, A. M.: Spectroscopy in Science and Industry. Proc. 5th Summer-Conf. on Spectroscopy and its Applic. New York 1938. S. 8.

[7]) Sawyer, R. A., und H. B. Vincent: Spectroscopy in Science and Industry. Proc. 5th Summer-Conf. on Spectroscopy and its Applic. New York 1938. S. 1 ff.

[8]) Vincent, H. B., und R. A. Sawyer: Metal Progr. 36 (1939) S. 35/39.

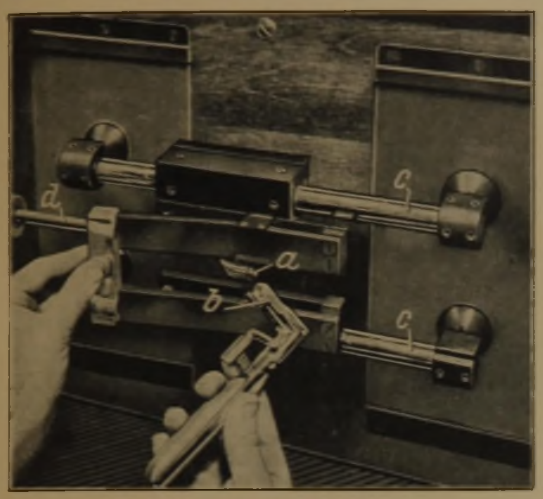
[9]) Vincent, H. B., und R. A. Sawyer: Proc. 7th Summer-Conf. on Spectroscopy and its Applic. New York 1940. S. 16 ff.

[10]) Vincent, H. B., und R. A. Sawyer: Spectrochim. Acta 1 (1939) S. 131/36.

[11]) Die Bilder sind aus Quelle 8 entnommen.

Vorbereitung der Proben.

Von der ankommenden Probe werden zwei Stäbchen ausgewählt und zunächst mit einer sauberen Oberfläche und der richtigen Form versehen. Dazu werden sie in ein Bohrfutter eingespannt und unter ständiger Drehung etwas schräg gegen eine Schleifscheibe gehalten. Die Oberfläche bekommt dadurch die Gestalt eines flachen Kegels, dessen Oeffnungswinkel an der Spitze 170° beträgt. Darauf werden die Stäbchen mit einer Einsatzlehre, die für einen Elektrodenabstand von 4 mm sorgt, in die Elektrodenhalter eingesetzt. Das alles dauert etwa 60 s.



a = Düse für Luftstrom. c = isolierende Griffe.
b = Einsatzlehre. d = Druckluftleitung.

Bild 3. Elektrodenhalter.

Bild 3 zeigt die Halter und die Einsatzlehre. Die Halter bestehen aus zwei federnden Zangen, die mit einem Griff geöffnet und geschlossen werden. Sie stehen in Richtung der optischen Achse vor dem Spalt des Spektrographen und sind in dieser Richtung an zwei kurzen Schienen verschiebbar, so daß der Abstand zwischen der Lichtquelle und dem Spektrographenspalt in gewissen Grenzen verändert werden kann. Dadurch können die Schwankungen der Empfindlichkeit von Platten verschiedener Lieferungen ausgeglichen werden. Während der Funke übergeht, sind die Elektrodenhalter von einem Schutzkasten überdeckt; solange der Kasten offen ist, kann der Funkenerzeuger nicht in Gang gesetzt werden.

Anregungsbedingungen.

Der Funkenerzeuger arbeitet nach der Feußnerschen Schaltung mit einer umlaufenden Synchronfunkenstrecke[12]). Der ursprünglich von O. Feußner angegebene Löschkreis ist nicht verwendet worden. Leider ist in Amerika nicht bekanntgeworden, daß die Entwicklung in Deutschland von Anfang an denselben Weg gegangen ist. Die Anlage ist sehr umfangreich, da ein Umformer verwendet wird, der 40 kV Spitzenspannung liefert; sie ist zum Teil im Untergeschoß aufgestellt. Die Vermutung, daß ein Funkenerzeuger mit so hoher Spannung besonders energische Funken liefert, trifft nicht zu. Versuche, die der Verfasser gemeinsam mit R. A. Sawyer und H. B. Vincent in Ann Arbor durchführte, zeigten, daß der größte Teil der im Kondensator gespeicherten Energie in den Steuerfunken der umlaufenden Funkenstrecke verbraucht wird, und daß nur etwa 10 % in die Analysenfunkenstrecke gelangen. Nach Versuchen im Zeiss-Laboratorium kann man eine Entladung mit denselben Eigenschaften mit dem üblichen Feußnerschen Funkenerzeuger, dessen Umspanner 17 kV liefert[13]), herstellen, wenn man 6600 pF Kapazität und $1{,}2 \cdot 10^{-6}$ H Selbstinduktion nimmt. Wegen der geringen Spannung machen sich dabei meist Zündverzögerungen bemerkbar, sie können aber verhindert werden, wenn man die Elektroden mit ultraviolettem Licht bestrahlt.

Die Belichtungszeit beträgt 20 s, vorher werden die Proben 25 s lang vorgefunkt. Der Funken wird durch einen Luftstrom angeblasen, die Düse dafür ist in *Bild 3* zwischen den Zangen (Düse a), die die Probe halten, zu sehen.

Verschiedene Umstände, die im folgenden näher erläutert werden sollen, wirken bei dieser Arbeitsweise zusammen, um besonders günstige Anregungsbedingungen zu schaffen.

Wegen der hohen Elektronenaustrittsarbeit von Eisen neigen Funken zwischen Eisenelektroden häufig dazu, in Glimmentladungen mit geringer Stromdichte und geringer Metallverdampfung überzugehen, sie beginnen dann an den Elektroden auf und ab zu klettern[14]). Im vorliegenden Fall werden diese unerwünschten Entladungen durch drei Umstände verhindert:

1. durch die stromstarke Entladung mit einer anfänglichen Stromamplitude von 400 A,
2. durch die Kühlung der Elektroden mit Luft,
3. durch den scharfen Rand zwischen der Stirn und dem Mantel der Elektroden, der die Funken irgendwie festzuhalten scheint, so daß sie nicht klettern können.

Die Kürze der Vorfunkzeit ist neben der kräftigen Entladung der schwach kegeligen Elektrodenform zu danken, die dem Elektrodenabstand von 4 mm angepaßt ist. Dadurch wird nämlich nur eine ringförmige Randzone abgefunkt, ohne daß der Funke etwa allein an der scharfen Kante hängenbliebe. Die wirksame Elektrodenfläche ist also klein und braucht daher nur kurze Zeit vom Funken vorbearbeitet zu werden; trotzdem wird infolge der ringförmigen Gestalt der Abfunkfläche ein größerer Bereich der Probe zur Analyse herangezogen. Durch das Gebläse wird außerdem verhindert, daß der Funke bestimmte Stellen bevorzugt, er spielt dadurch besonders gleichmäßig über die ganze Abfunkfläche.

Dunkelkammerarbeiten.

Das Licht des Funkens fällt durch ein Loch in der Dunkelkammerwand hindurch auf den Spalt des Spektrographen. Dieser ist ein Doppelweg- (Littrow-) Spektrograph von 1,80 m Brennweite. Da der Spektrograph in der Dunkelkammer steht, kann man das zeitraubende Laden und Entladen der Kassette sparen; die Platte wird mit einer Klappvorrichtung an den Spektrographen angelegt.

Auf der anderen Seite der Dunkelkammer wird die belichtete Platte im Hydrochinon-Aetznatron-Entwickler entwickelt, dann gehärtet, fixiert und kurz in stark fließendem Wasser abgespült. Alle Bäder befinden sich in Schalen, die durch einen Motor geschaukelt werden. Zum Schluß wird die Platte auf einem kleinen Widerstandsöfchen mit einem Gebläse getrocknet. Der ganze Vorgang vom Beginn der Entwicklung bis zur trockenen Platte dauert etwa 3 bis 4 min. Die benutzten Geräte und Rezepte für die Bäder haben H. B. Vincent und R. A. Sawyer angegeben[10]). Andere Schnellentwickler hat H. Jaenicke[15]) angegeben; sie wurden von H. Kaiser und L. Müller erprobt[16]).

[12]) Kaiser, H.: Z. techn. Phys. 19 (1938) S. 399/402.

[13]) Hersteller: W. C. Heraeus, Hanau.

[14]) Kaiser, H., und A. Wallraff: Z. Phys. 112 (1939) S. 215/22.

[15]) Photogr. Industr. 35 (1937) S. 514/16 u. 540/42.

[16]) Zeiss-Nachr. 3 (1940) H. 7, S. 238/40.

Besondere Anforderungen werden an die Platten gestellt. Sie müssen sich schnell verarbeiten lassen, ferner besonders feinkörnig und gleichmäßig sein, damit die Intensitätsmessungen ausreichend genau werden. Für diesen Zweck sind von der Eastman Kodak Co. und der G. Cramer Dry Plate Co. Sonderplatten entwickelt worden.

Auswertung.

Die trockene Platte wird dann in den Meßraum gebracht. Das Photometer ist ein umgebauter Density Comparator von Bausch & Lomb (ein dem Spektrallinienphotometer von Zeiss verwandtes Instrument). Im Meßraum arbeiten zwei Mann zusammen; der eine macht die Einstellungen und Ablesungen am Photometer, der andere die Auswertung. Diese geht in zwei Schritten vor sich: Zuerst werden die Ausschläge für eine Reihe von Eisenlinien gemessen, deren Intensitätsverhältnisse genau bekannt sind. Damit wird eine Kurve auf ein vorbereitetes Blatt gezeichnet, die den Zusammenhang zwischen den Photometerausschlägen und den Intensitäten für die auszuwertende Platte darstellt (Intensitätskennlinie). Dann werden die Analysenlinienpaare gemessen, die aus einer Linie des zu bestimmenden Zusatzelementes und einer Fe-Bezugslinie bestehen. Mit Hilfe der vorher gemessenen Kurve wird das wahre Intensitätsverhältnis der beiden Linien bestimmt.

Der Zusammenhang zwischen den Intensitätsverhältnissen und den Konzentrationen ist ein für allemal mit Standardproben festgestellt worden, so daß mit dem Intensitätsverhältnis auch der gesuchte Gehalt gegeben ist. Solche Verfahren sind wohl zuerst von G. Scheibe und O. Schnettler[17]) mit dem sogenannten Dreilinienverfahren angegeben worden. Dieser Zusammenhang ist für jedes Element auf einer verschiebbaren Zahlenleiter dargestellt.

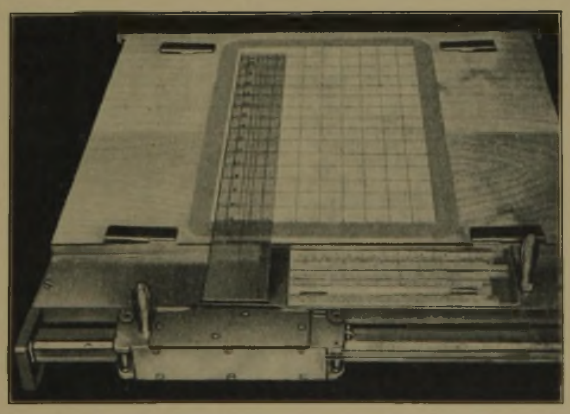


Bild 4. Auswertegerät.

Die Messungen werden mit einem graphischen Auswertegerät *(Bild 4)* ohne jede Rechnung in wenigen Sekunden ausgewertet. Der abgelesene Ausschlag für die Eisenbezugslinie wird von der Intensitätslinie heruntergelotet und gibt die Lage des Nullpunktes für die Konzentrationsleiter, die entsprechend verschoben wird. Dann wird der Meßwert für die Analysenlinie des gesuchten Elementes heruntergelotet; am Schnittpunkt des Lotes mit der Konzentrationsleiter kann der Gehalt der Probe abgelesen werden[18]). Die Ablesungen im Photometer und die Auswertung, bei der keine einzige Zahl aufgeschrieben wird, werden von den eingearbeiteten Leuten rein mechanisch in außerordentlich kurzer Zeit durchgeführt.

[17]) Naturwiss. 18 (1930) S. 753/54; 19 (1931) S. 134.
[18]) Owens, J. S.: Metals & Alloys 9 (1938) S. 15/19.

Bei der — vor allem in Deutschland — üblichen Art der Auswertung werden die Spektren von Eichproben mit bekanntem Gehalt auf derselben Platte mit dem Spektrum der unbekannten Probe aufgenommen. Das bedeutet Zeitverlust und starken Verbrauch von geeichten Proben, gibt aber eine einfache Auswertung und große Sicherheit, weil irgendwelche Unregelmäßigkeiten am Verhalten der bekannten Proben leicht entdeckt werden. Bei dem Schnellverfahren genügt das Spektrum der unbekannten Probe allein zur Analyse. Das bedeutet eine wesentliche Zeitersparnis, dafür muß aber eine größere Anzahl von Linien gemessen werden, damit man die Intensitätskennlinie bestimmen kann.

Um Platten zu sparen, sind verschiedene Dringlichkeitsstufen für die Analysen eingeführt: Zuerst werden einige Spektren von weniger eiligen Proben aufgenommen, während die letzten Plätze für „Eilproben", deren Analyse nach wenigen Minuten abgegeben werden muß, freigehalten werden. Durchschnittlich kommen sechs Spektren auf eine 100×250-mm-Platte. Auch für weniger eilige Proben liegt die Analyse nach etwa 20 min vor.

Leistung des Verfahrens.

Die erreichte Genauigkeit ergibt sich aus *Zahlentafel 1*, die 34 Bestimmungen des Siliziumgehaltes ein und derselben Probe wiedergibt. Der „mittlere Fehler der Einzelmessung" beträgt 1,2 % vom Gehalt. Das ist eine statistische Angabe über die Leistung des Verfahrens, die von jeder willkürlichen Abschätzung frei ist. Wenn man den nach der Fehlertheorie

Zahlentafel 1. Ergebnisse von 34 Siliziumbestimmungen an einer Probe (nach Quelle 9).

Messung	Si %	Fehler	Fehler %	Messung	Si %	Fehler	Fehler %
2,07	2,04	0,03	1,47	2,02	2,04	0,02	0,98
2,02	2,04	0,02	0,98	2,02	2,04	0,01	0,49
2,01	2,04	0,03	1,47	2,03	2,04	0,01	0,49
2,03	2,04	0,01	0,49	2,02	2,04	0,02	0,98
2,07	2,04	0,03	1,47	2,07	2,04	0,03	1,47
2,01	2,04	0,03	1,47	2,05	2,04	0,01	0,49
2,02	2,04	0,02	0,98	2,01	2,04	0,03	1,47
2,01	2,04	0,03	1,47	2,00	2,04	0,04	1,96
2,08	2,04	0,04	1,96	2,04	2,04	0,00	0,00
2,04	2,04	0,00	0,00	2,06	2,04	0,02	0,98
2,01	2,04	0,03	1,47	2,02	2,04	0,02	0,98
2,00	2,04	0,04	1,96	2,05	2,04	0,01	0,49
2,03	2,04	0,01	0,49	2,05	2,04	0,01	0,49
2,05	2,04	0,01	0,49	2,02	2,04	0,02	0,98
2,02	2,04	0,02	0,98	2,06	2,04	0,02	0,98
2,02	2,04	0,02	0,98	2,04	2,04	0,02	0,98
2,08	2,04	0,04	1,96	2,07	2,04	0,03	1,47
Mittlerer Fehler 0,024 = 1,20 %							

berechneten mittleren Fehler eines Verfahrens kennt, kann man eine Voraussage darüber machen, mit welcher durchschnittlichen Häufigkeit Fehler bestimmter Größe unter sehr vielen gleichartigen Messungen vorkommen. Unter 1000 Messungen kommen durchschnittlich 317 vor, bei denen die Abweichung zwischen dem Meßergebnis und dem wahren Wert größer als der mittlere Fehler ist, 46 mit einem Fehler größer als der doppelte mittlere Fehler, und etwa 3 mit einem Fehler größer als der dreifache mittlere Fehler. Erst unter 15 800 Messungen kann man eine erwarten, bei der ein Fehler vorkommt, der größer als der vierfache mittlere Fehler ist. Man erhält also sogar eine Aussage über die Wahrscheinlichkeit von sogenannten „Ausreißern". Die Arbeit des Laboratoriums wird ständig von der Gießerei überwacht, die von Zeit zu Zeit Proben mit bekanntem Gehalt unbemerkt zwischen die laufenden Betriebsproben einschiebt. Nebeneinander durchgeführte chemische und

spektrochemische Analysen haben gezeigt, daß die Wahrscheinlichkeit für Fehlergebnisse bei dem halbautomatischen spektrochemischen Verfahren geringer ist als bei den chemischen Analysenverfahren, die viel mehr Handgriffe und daher mehr Aufmerksamkeit erfordern[1] [3]).

Die Konzentrationsbereiche für die verschiedenen Elemente, die bisher bearbeitet wurden, ergeben sich aus der *Zahlentafel 2.* An ihrer Erweiterung auch auf andere Elemente wurde gearbeitet.

Zahlentafel 2. Bisher bearbeitete Analysenbereiche des Schnellverfahrens.

Cr	Cu	Mn	Mo	Ni	Si	W
0,01 bis 3.5	0,1 bis 4.0	0,15 bis 1,5	0,07 bis 1.5	0,1 bis 2.5	0,1 bis 4.0	1,0 bis 8,5

Besonders soll betont werden, daß beträchtliche Kosten und viel Zeit aufgewendet werden mußten, um das Verfahren zu der geschilderten Vollkommenheit zu bringen und um die Laboratorien einzurichten. Es galt, physikalische Erkenntnisse und Meßverfahren, die ursprünglich auf die Erweiterung der Naturerkenntnis gerichtet sind, einer technischen Aufgabe dienstbar zu machen. So hat A. M. Sampson, ein Ingenieur der Campbell Wyant & Cannon Foundry, etwa ein Jahr an der Universität von Michigan zugebracht, um das Verfahren zusammen mit den Physikern technisch durchzubilden.

Die Aufwendungen haben sich aber gelohnt, z. B. soll sich die umfangreiche und sehr kostspielige Anlage bei Ford allein durch Brennstoffersparnis in der Gießerei in weniger als einem Vierteljahr bezahlt gemacht haben, weil die Wartezeiten der Oefen vor dem Gießen verkürzt werden konnten. Dabei wird die Prüfung der Schmelzen heute nicht nur schneller, sondern auch wesentlich besser gemacht als früher. Vor kurzem ist eine neue Arbeit von R. A. Sawyer und H. B. Vincent erschienen, in der über die Analyse von Tiefziehblechen auf Verunreinigungen mit Kupfer, Chrom, Nickel und Zinn berichtet wird[19]). Als Lichtquelle wird eine besondere Wechselstrom-Bogenentladung verwendet. Der relative mittlere Fehler liegt unter 10 %, das Ergebnis ist also in Anbetracht der kleinen vorkommenden Mengen sehr gut. Auch dieser Erfolg ist das Ergebnis mehrjähriger Arbeit.

Zusammenfassung.

Das hier geschilderte Verfahren ist ausgearbeitet worden für eine bestimmte, immer wiederkehrende analytische Aufgabe in einem Riesenbetrieb. Es ist selbstverständlich, daß es sich nicht in allen Einzelheiten auf andere Aufgaben und andere, vor allem kleinere Betriebe übertragen läßt; dazu ist wieder viel physikalische und technische Kleinarbeit notwendig. Entscheidend ist der technische Geist, der hier am Werk gewesen ist, und der durch die zielsichere Beschränkung auf eine Aufgabe einen außerordentlichen Erfolg errungen hat, so daß eine ausführliche Berichterstattung wohl gerechtfertigt ist.

Der Verfasser möchte nicht versäumen, auch an dieser Stelle den Herren Professor Sawyer und Dr. Vincent für die Bereitwilligkeit zu danken, mit der sie ihm das Verfahren zeigten, physikalische und technische Fragen erörterten und gemeinsame Versuche zur Klärung verschiedener Fragen anstellten. Ebenso gilt sein Dank den amerikanischen Firmen, deren Laboratorien und Betriebe er besuchen durfte.

[19]) J. appl. Phys. 11 (1940) S. 452.

* * *

An den Bericht schloß sich folgender Meinungsaustausch an.

P. Klinger, Essen (Vorsitzender): Herrn Kaiser sei für seine außerordentlich wertvollen Ausführungen bestens gedankt. Im Schrifttum[1])[20]) ist über die Einführung der spektrographischen Untersuchungsverfahren für die laufende Ueberwachung der Erzeugung in Amerika bereits berichtet worden. Die soeben von Herrn Kaiser, der die Einrichtungen an Ort und Stelle studieren konnte, gehörten Einzelheiten sind für uns sehr wertvoll. Im Jahre 1935 habe ich in Amerika in den besuchten Forschungsanstalten und chemischen Laboratorien der Stahlindustrie noch nirgends eine spektrographische Einrichtung finden können, während zu dieser Zeit schon seit mehreren Jahren in Deutschland an verschiedenen Stellen der Eisenindustrie spektralanalytisch gearbeitet wurde. Der einzige Apparat, den ich in Amerika gesehen habe, war ein großer Gitterspektrograph mit etwa 2 AE/mm. Er war aufgestellt im „Massachusetts Institute of Technology" in Boston-Cambridge und diente zu Wellenlängenmessungen. Mit der Entwicklung technisch analytischer Untersuchungsverfahren war man meines Wissens dort nicht beschäftigt. Der Vortrag des Herrn Kaiser hat nun gezeigt, daß die Entwicklung auf diesem Gebiete in den letzten fünf Jahren in Amerika außerordentlich vorangetrieben worden ist. Wir haben aber auch aus den Ausführungen des Herrn Vortragenden entnehmen können, daß die Entwicklung in der gleichen Richtung erfolgt ist, wie wir sie auch bei uns in Deutschland schon länger anstreben[21]). Um diese Genauigkeit und Schnelligkeit mit unseren Hilfsmitteln erreichen zu können, benötigen auch wir vor allem Geräte ausreichender Dispersion, wie sie in den erwähnten amerikanischen Eisengießereien benutzt werden und bisher nur im Ausland entwickelt wurden. Die optischen Firmen kennen unsere Wünsche. Hoffen wir, daß sie bald in Erfüllung gehen, damit auch wir in dieser Richtung zu gleichen Erfolgen gelangen.

[20]) Siehe auch Techn. Bl., Düsseld., 28 (1938) S. 260/61. Gregg, J. L., und P. R. Irish: Iron Age 145 (1940) Nr. 19, S. 33/37.

[21]) Siehe z. B.: Schließmann, O., und K. Zänker: Arch. Eisenhüttenw. 10 (1936/37) S. 384/94 (Chem.-Aussch. 117).

P. Dickens, Duisburg: Die Ausführungen von Herrn Kaiser über die Anwendung der Spektralanalyse in amerikanischen Gießereibetrieben und besonders seine Angaben über die Bestimmung von sieben Elementen in nur 6 bis 7 min mit einer Genauigkeit von ± 1 bis 2 % können unter dem ersten Eindruck die Ansicht aufkommen lassen, als ob die Amerikaner uns weit voraus wären. Wie in so vielen anderen Fällen ist auch hier ein Vergleich zwischen den amerikanischen und deutschen Verhältnissen nicht ohne weiteres möglich, weil die Voraussetzungen ganz anders sind, eine Tatsache, die auch Herr Kaiser selbst klar herausgestellt und unterstrichen hat. Nehmen wir beispielsweise das Betriebslaboratorium eines gemischten Hüttenwerkes, in dem hauptsächlich die Proben des Hochofens, des Thomaswerkes und des Siemens-Martin-Stahlwerkes auf Kohlenstoff, Silizium, Mangan, Phosphor und Schwefel und in dem nur gelegentlich auch niedriglegierte Siemens-Martin-Stähle zu untersuchen sind, so scheidet für die Spektralanalyse die Untersuchung von Kohlenstoff, Phosphor und Schwefel überhaupt aus, während die Manganschnellbestimmung nach dem Verfahren von Smith auch nur wenige Minuten erfordert. Es blieben also praktisch nur die Siliziumbestimmungen und die gelegentlich auszuführenden Bestimmungen der Legierungselemente im Siemens-Martin-Stahl für die Spektralanalyse übrig. Für diese Untersuchungen dürfte sich die Einrichtung eines spektralanalytischen Laboratoriums, die mit erheblichen Kosten verbunden ist, nicht lohnen und daher kaum zu empfehlen sein. Anders liegen die Verhältnisse in einem Elektro- oder Edelstahlwerk, in dem sich bei den zu untersuchenden Elementen die Verhältnisse schon etwas den amerikanischen nähern, vorausgesetzt, daß die Erzeugnisse immer die gleichen bleiben oder nur geringen Schwankungen unterworfen sind und die Bestimmungen in größerer Zahl anfallen.

Meine Ausführungen sollen nun unter gar keinen Umständen den Eindruck erwecken, als sei die Spektralanalyse für die deutschen Eisenhüttenlaboratorien abzulehnen. Ganz im Gegenteil, die großen Vorteile der Spektralanalyse sowohl in qualitativer Hinsicht bezüglich der schnellen Unterscheidung von Stählen als auch in quantitativer Richtung sollen unter allen Umständen dem Hüttenlaboratorium nutzbar gemacht

werden, und zwar nutzbar an den Stellen, an denen sich diese Vorteile auch im vollen Umfange auswirken können. In dieser Hinsicht sehe ich in dem Vortrage von Herrn Kaiser sehr wertvolle und dankbare Anregungen.

O. Schließmann, Essen: Da Autokollimationsspektrographen mit 1800 mm Brennweite gegenüber den normalen Quarzprismengeräten mit 600 mm Brennweite eine erheblich größere Dispersion aufweisen, ist es besonders wertvoll zu hören, daß ihre Anwendung ohne den Nachteil längerer Belichtungszeit erfolgen kann. Ist dies auf eine höhere Helligkeit des Funkens zurückzuführen?

Die kurze Zeit für die Entwicklung und Trocknung des Spektrogramms haben wir auf Anregung der von dem Vortragenden kürzlich in den Zeiss-Nachrichten gebrachten Veröffentlichung über photographische Schnellverfahren überprüft und können bestätigen, daß trotz der großen Beschleunigung eine Beeinträchtigung der Reproduzierbarkeit nicht zu beobachten war. Im allgemeinen wird aber bei unserem Entwicklungsstand, der die Photometrierung von Eisenspektren kleinerer Dispersion mit geringerer Photometerspaltbreite notwendig macht, auch bei sorgfältigster Vorbereitung jedes Arbeitsvorganges die Zeitdauer kaum unter 10 min gesenkt werden können, und daher ist es wichtig, daß gerade diese optisch methodischen Forderungen in der Entwicklung der Gerätschaften weitere Beachtung finden. Als Schnellverfahren hat im übrigen auch in Nordamerika nach dem Bericht von G. Hansen[22]) über „Mikrophotometer für schnelle Messung" die Emissionsspektralanalyse im allgemeinen nur vereinzelt in der Eisenindustrie Eingang finden können, obwohl dort ebenfalls die Anwendung rationeller Schnellverfahren sehr angestrebt wird.

H. Kaiser, Jena: Zur Frage der Belichtungszeit bei einem großen Spektrographen ist folgendes zu sagen. Die von den Amerikanern verwendete Funkenentladung ist sehr intensiv, so daß man mit ausreichend empfindlichen Platten auch bei einem Spektrographen geringerer Lichtstärke auf kurze Belichtungszeiten kommt; unsere eigenen Versuche haben das bestätigt. Die störenden Reflexe in einem Doppelweg-Spektrographen (Autokollimationsspektrographen) kann man durch besondere Formgebung der Linsen beseitigen, so daß die Lichtstärke nicht durch das Abblenden der reflektierenden Linsenteile herabgesetzt wird.

Die Verkürzung der photographischen Arbeitszeit ist heute kein Problem mehr. Wesentlich ist, daß man Platten mit dünnen Schichten verwendet, in die alle Lösungen rasch eindringen können und die sehr schnell trocknen. Zum Wässern ist keine Zeit, die Platte wird nur kräftig abgespült; soll sie später nicht verderben, dann muß sie nach der Auswertung noch einmal gründlich gewässert werden. Wichtig ist, daß amerikanische Plattenfabriken besonders gleichmäßige und feinkörnige Platten für spektrochemische Zwecke hergestellt haben. Ich selbst habe mich davon überzeugen können, daß der Plattenfehler unter den gegebenen Versuchsbedingungen wesentlich unter einem Prozent lag, also zum Gesamtanalysenfehler nur sehr wenig betrug. Die deutsche Plattenindustrie bemüht sich ebenfalls, geeignete Platten für diesen Sonderzweck zu entwickeln.

Weiter wurde nach der Auswertung im Photometer gefragt. Um Schnellanalysen in der beschriebenen Art durchführen zu können, braucht man Photometer, die zu Meßmaschinen geworden sind; den älteren Photometerbauarten haftet noch zu Laboratoriumsmäßiges an. Es ist sehr bedauerlich, daß die weitere Entwicklung der Geräte, die zum Teil schon begonnen hat, durch den Krieg verlangsamt worden ist.

W. Seith, Münster: Obwohl es nicht ganz zum Thema gehört, möchte ich noch eine Anfrage an Sie richten, von der ich annehme, daß sie in diesem Kreise von Wert ist. In der ersten Auflage des „Seith-Ruthardt" schreiben wir, daß Gitterspektrographen eine zu geringe Lichtstärke haben, um für die Spektralanalyse verwendet werden zu können. Demgegenüber hat man in letzter Zeit verschiedentlich gehört, daß in den Vereinigten Staaten von Nordamerika Gitterspektrographen mit großem Erfolg angewendet wurden. Ich möchte den Herrn Vortragenden fragen, ob er hierüber Erfahrungen sammeln konnte.

H. Kaiser: Man kann heute Gitterspektrographen herstellen, die den Prismenspektrographen an Lichtstärke gleichwertig sind. Die neuzeitlichen Gitter werden in Aluminium geteilt, das ein hohes Reflexionsvermögen hat, und außerdem gibt man den Gitterstrichen eine solche Furchenform, daß fast alles Licht in das Spektrum einer bestimmten Ordnung reflektiert wird. Jedoch scheinen wirklich gute Gitter dieser Art noch verhältnismäßig selten zu sein; es gibt nämlich nur ein paar brauchbare Gitterteilmaschinen. Gitter haben aber die unangenehme Eigenschaft, daß sie infolge von Teilungsfehlern falsche Linien im Spektrum hervorrufen können, die sogenannten Geister. Es ist wohl noch nicht geklärt, wieweit die Geister, die auch bei guten amerikanischen Gittern nicht vollständig beseitigt sind, beim praktischen spektrochemischen Arbeiten stören können. Ueber die Verwendung der Gitter gab es auf der vorjährigen Summer Conference on Spectroscopy in Cambridge, Mass., eine sehr bemerkenswerte Aussprache.

H. Jungbluth, Essen: Die Ausführungen des Herrn Kaiser waren für mich deshalb besonders wichtig, weil ich aus ihnen entnahm, daß es gerade amerikanische Gießereien sind, die von dem spektralanalytischen Schnellverfahren Gebrauch machen. Offenbar haben gerade die Gießereien das Bedürfnis, von einer analytischen Schnellbestimmung Gebrauch zu machen.

Es wären in diesem Rahmen z. B. Hartgußgießereien zu erwähnen, bei denen es sich darum handelt, eine Schmelze so zusammenzusetzen, daß nach dem Vergießen in Kokillen außen eine ledeburitische Schicht bestimmter Dicke entsteht, während innen ein grauer Kern vorhanden sein muß. Durch diese Forderung ist man in der Zusammensetzung stark eingeengt, denn die Dicke der Härteschicht hängt in verhältnismäßig engen Grenzen vom Siliziumgehalt ab. Nun gehen einige Gießereien bei der Herstellung solchen Schalenhartgusses so vor, daß zunächst im Kupolofen eine verhältnismäßig harte Legierung erschmolzen wird, mit der man unter allen Umständen eine größere Härteschicht erreicht, als man eigentlich nötig hat. Das abgestochene Eisen bleibt in der Pfanne. Man macht eine technologische Probe zur Abschätzung des Siliziumgehaltes und setzt dann nach Erfahrungsregeln weiches Eisen, das man beispielsweise einem zweiten Kupolofen entnimmt, der weiches Eisen liefert. Es leuchtet ein, daß dieses Verfahren nicht die große Sicherheit ergibt, da der Siliziumgehalt des harten Eisens durch die technologische Bruchprobe nur mit verhältnismäßig geringer Genauigkeit geschätzt werden kann. Dazu benötigt diese Probe auch einige Zeit, da man den zur Beurteilung des Bruchgefüges hergestellten kleinen Probeblock nicht zu schnell abkühlen darf. Während dieser ganzen zeitraubenden Probe muß das zuerst abgestochene harte Eisen in der Pfanne stehenbleiben, wobei seine Temperatur unnötig sinken kann. Deshalb entsteht in der Gießerei naturgemäß der Wunsch nach einer besonders schnellen und genauen Siliziumbestimmung, da bereits 0,2 % Unterschied im Siliziumgehalt beim Abguß eine nicht unbeträchtliche Aenderung der Härtetiefe hervorruft.

Ein zweites Anwendungsgebiet in der Gießerei ergibt sich bei der Herstellung von hochwertigem Temperguß. Hier liegen die Verhältnisse deshalb ähnlich wie bei der Herstellung von Hartguß, weil man gleichfalls eine Grenzlegierung herstellen muß, die in ihrer Zusammensetzung gerade so eingestellt ist, daß bei höchstem Siliziumgehalt die Gußstücke noch eben ledeburitisch erstarren und keinen Graphit aus der Schmelze ausscheiden, weil dieser aus der Schmelze ausgeschiedene Graphit vor allem die Dehnung des Tempergusses sehr ungünstig beeinflußt. Wenn dieser hochwertige Temperguß im Siemens-Martin-Ofen erzeugt wird, dann ist das Bedürfnis nach einer Schnellbestimmung des Siliziums nicht so dringend, da man während der Siliziumbestimmung die Schmelze im Ofen warmhalten kann. Erzeugt man jedoch den Temperguß aus dem Kupolofen, wie es in Deutschland in der weitaus größten Zahl von Fällen geschieht, so kommt man in die gleichen Schwierigkeiten, wie sie oben für den Hartguß geschildert sind.

G. Maaßen, Düsseldorf: Die für unsere Verhältnisse nahezu unglaublich erscheinende kurze Analysendauer erweckt bei jedem Eisenhüttenlaboratoriumsleiter die Frage, wieweit dieses Verfahren für sein Laboratorium anwendbar sei. Wie schon aus der Arbeit von Vincent und Sawyer über die betriebsmäßige Spektralanalyse in den Fordwerken hervorgeht, handelt es sich bei diesem Werk um einen Riesenbetrieb mit 26 Kupol-, 20 Lichtbogen- und 3 Siemens-Martin-Oefen. Weiterhin schmelzen einer oder mehrere dieser Oefen stets die gleiche Stahlsorte. Diese zwei Voraussetzungen sind bei der Beurteilung für eine erträgliche Anwendbarkeit und Uebertragung auf deutsche Verhältnisse zu berücksichtigen.

Wenn man bedenkt, daß acht, mindestens aber vier Laboranten für die Durchführung der Spektralanalyse notwendig sind, die für nichts anderes zur Verfügung stehen, und die Hauptschwierigkeiten und der längste Zeitaufwand bei der Behandlung der photographischen Platte zu suchen sind, so möchte ich hier mit besonderem Nachdruck auf das Verfahren der un-

[22]) Z. techn. Phys. 19 (1938) S. 330/32.

mittelbaren photometrischen Spektralanalyse von G. Thanheiser und J. Heyes hinweisen. Werden doch bei diesem Gerät mindestens ebenso kurze Analysenzeiten erreicht unter Vermeidung der photographischen Platte und einer Bedienung von ein oder zwei Mann. Es wäre nur wünschenswert, daß ein solches Gerät bald im Handel erschiene.

H. Kaiser: Ich möchte unter gar keinen Umständen dahin mißverstanden werden, daß ich die Arbeitsweise der amerikanischen Betriebe als das Ziel unserer eigenen Entwicklung hingestellt sehen möchte; sondern ich wollte an einem Beispiel zeigen, wie aus einer bestimmt gestellten technischen Aufgabe eine erfolgreiche Lösung herausgewachsen ist. Dabei ergeben sich für uns genug Anregungen. Besonders zu unterstreichen ist, was Herr Dickens gesagt hat: Riesenbetriebe vom Ausmaß der Fordschen Fabrik haben wir in Deutschland kaum. Daß in dem dortigen Laboratorium vier Mann je Schicht beschäftigt sind, liegt an der großen Zahl der in kurzer Frist zu erledigenden Analysen. Man kann sicher Schnellverfahren ähnlicher Art entwickeln, mit denen nur ein oder zwei Mann beschäftigt sind. Ferner glaube ich, daß man in vielen Fällen etwas mit der unmittelbaren photoelektrischen Messung machen kann

Die Entwicklung solcher hochgezüchteter Verfahren und der dazu notwendigen Geräte kann von der optischen Industrie nur dann durchgeführt werden, wenn alle dabei helfen. Wir kennen Ihre Betriebe ja nicht. Sie müssen uns daher sagen, was Sie brauchen und was für Sie tragbar ist. Es kann viel Zeit darüber hingehen, es kann viel Geld kosten, aber ich glaube, die Aufgabe lohnt sich.

H. Jungbluth: Ich kenne den Betrieb von Campbell, Wyant and Cannon. Er ist keineswegs, jedenfalls für amerikanische Verhältnisse, als ein Riesenbetrieb, sondern als Betrieb mittlerer Größe zu bezeichnen. Ich möchte gern wissen, welche Aufwendungen man dort für dieses Analysenverfahren macht, da besonders Herr Cannon in seinem Betrieb sehr scharf zu rechnen pflegt und nur in solche Anlagen Geld hineinsteckt, von denen er sich eine Wirtschaftlichkeit verspricht.

H. Kaiser: Ich habe nur mit dem Laboratoriumsleiter gesprochen. Wieviel Oefen sie haben, weiß ich nicht. Sie arbeiten nach diesem Schnellverfahren und kommen mit zwei Mann auf Analysenzeiten von 8 min.

Ich habe eine solche Anlage außerdem noch bei der Bethlehem Steel Co. arbeiten sehen, nur geschieht das nicht mit der gleichen Geschwindigkeit wie bei Ford. Ford stellt die Spitzenleistung dar. Es ist beachtlich, daß sich gerade die Stahlindustrie so um diese Dinge kümmert, während bei kleinen Laboratorien und Universitäten oft noch etwas Mißtrauen herrscht.

Was die Kosten der Anlage angeht, so muß man bedenken, daß es bei Ford ein großartig eingerichtetes Laboratorium mit Rohrpost u. dgl. ist. Das bedingt natürlich großen Aufwand.

G. Limmer, München: Das Auswerten ohne Eichproben ist durch die Arbeiten von Scheibe und Mitarbeitern als das „Dreilinienverfahren" und das „Zweistufenverfahren" bei uns bekannt. Es wird zuerst eine Kurve festgelegt und dann immer ohne Eichproben gearbeitet. Ich kann erwähnen, daß z. B. in einem großen Aluminiumwerk nur nach diesem Verfahren gearbeitet wird.

Was die Belichtungszeit anlangt, so haben wir aus einem früheren Vortrag von Schließmann gesehen, daß für sein Schnellverfahren auch mit einer sehr geringen Vorfunk- und Belichtungszeit auszukommen ist, wenn man entsprechend hohe Kapazitäten verwendet. Es kommt immer auf die Intensität der Entladung an, um erst einmal ein Gleichgewicht zu schaffen. Wir arbeiten mit dem „Resonanz"-Funkenerzeuger, und ich kann sagen, daß wir regelmäßig mit 10 bis 20 s Belichtungszeit ausgekommen sind.

Die Struktur der Platten ist sehr wesentlich. Da hat Schöntag in seiner Doktorarbeit eingehende Versuche angestellt, daß die Struktur der Platten noch wesentlich zu den Fehlern der Spektralanalyse beiträgt. Wenn wir gleichmäßig arbeitende Schnelltrockner und gleichmäßige Platten herstellen, dann ist eine wesentliche Fehlerquelle der Spektralanalyse beseitigt. Die übrigen Abweichungen sind viel geringer als die, die durch die Platten in die Spektralanalyse hineingetragen werden, und die Größenordnung der Fehler dürfte dann auf die gleiche Stufe kommen wie in Amerika. Natürlich spielt für die Geschwindigkeit der Analyse die Anzahl der beschäftigten Leute auch eine große Rolle.

J. Heyes, Düsseldorf: Ich komme auf die Frage von Herrn Maaßen über den Stand der unmittelbaren Intensitätsmessung von Linien zurück. Wir sind bemüht gewesen, die photographische Platte bei der quantitativen Spektralanalyse zu vermeiden. Dazu haben wir zwischen Metallelektroden einen Funken übergehen lassen, dessen Licht auf die Spalte zweier Monochromatoren fiel. Die Monochromatoren waren so eingestellt, daß aus dem Austrittsspalt des einen das Licht der Linie des Grundmetalls, aus dem des anderen das des Legierungselements austrat. Die Lichtintensitäten wurden mit je einer Photozelle und einem Elektrometer gemessen. Der Quotient beider Photoströme ist dem Gehalt der Probe an dem Legierungselement in weiten Grenzen verhältnisgleich. Die Genauigkeit der Ergebnisse, die mit dieser aus Einzelteilen zusammengesetzten Anordnung erhalten wurden, entspricht der, die bei der photographischen Platte erreichbar ist. Das Ergebnis der Messung liegt nach dem Vorfunken der Probe in ungefähr einer Minute vor.

Wir sind uns bewußt, daß wir bei der Ausarbeitung des Verfahrens weitgehend auf die Mitwirkung der optischen Industrie angewiesen sind. Diese muß ein Gerät entwickeln, das den betrieblichen Anforderungen entspricht, wobei die Einrichtung so gebaut sein muß, daß ein Mann zur Bedienung der Anordnung ausreicht.

Man kann dieser Art der Messung entgegenhalten, daß das Dokument, das die photographische Platte über die durchgeführte Messung liefert, wegfällt. Wenn jedoch das Ergebnis der Analyse beanstandet wird, so wird man sich nicht darauf beschränken, die Platte nochmals auszumessen, sondern wird die Probe selbst prüfen.

Da das Verfahren der unmittelbaren Messung eine Schnellanalyse ermöglicht und auch mit einer geringeren Zahl von Arbeitskräften auskommt als das von Herrn Kaiser geschilderte Verfahren, sollte doch einmal ein Vergleich der beiden Verfahren gezogen werden. Die deutschen Verhältnisse scheinen für eine Anwendung des unmittelbaren Verfahrens zweckmäßiger zu sein, weil in den meisten Fällen nur wenige Elemente gleichzeitig bestimmt zu werden brauchen. Das geht ja auch aus den Ausführungen von Herrn Dickens hervor.

P. Dickens: Für die deutsche Eisenindustrie scheint mir das von Herrn Heyes entwickelte Verfahren zur unmittelbaren photoelektrischen Bestimmung in der Flamme besonders aussichtsreich und vorteilhafter zu sein, weil hierbei die Nachteile der Auswertung der Spektren über die photographische Aufnahme wegfallen und die Bestimmungen in kürzerer Zeit ausgeführt werden können. Ich möchte daher wissen, ob Herr Heyes in der Zwischenzeit nach der damaligen Veröffentlichung über die Bestimmung von Mangan und Chrom an dem Verfahren weitergearbeitet hat und ob es möglich ist, hiernach ebenfalls mehrere Elemente gleichzeitig zu bestimmen.

J. Heyes: Die bisherigen Versuche sind mit zwei von der Firma Carl Zeiss, Jena, zur Verfügung gestellten Monochromatoren gemacht worden. Zur Ausführung der Messung ist zu sagen, daß nach dem Einspannen der Probe in den Elektrodenhalter und dem Vorfunken die Messung nach ungefähr einer Minute beendet ist. Wenn mehrere Elemente in der Probe zu bestimmen sind, muß die Wellenlängentrommel jeweils auf eine Linie des betreffenden Elements eingestellt und die der Lichtintensität entsprechende Aufladung des Elektrometers durch den jeweiligen Photostrom gemessen werden. Es müßte meines Erachtens der optischen Industrie möglich sein, die Anordnung so auszugestalten, daß der Uebergang von einer Linie zur anderen in derselben kurzen Zeit und mit derselben Exaktheit durchführbar ist wie bei dem Photometer, das die Amerikaner gebaut haben.

O. Schließmann: So wertvoll die Weiterentwicklung der photoelektrischen Arbeitsweise ist, hat das photographische Schnellverfahren den Vorzug, daß die quantitative Bestimmung der verschiedenen Legierungselemente auch bei verschiedenem Wellenlängenbereich der Nachweislinien viel universeller vorgenommen werden kann. Die gleichzeitige Bestimmung von Silizium neben Chrom und Molybdän wird beispielsweise im sichtbaren Gebiet beim ersten Verfahren wohl mit verschiedenen lichtelektrischen Zellen vorgenommen werden müssen, wenn eine genügende Empfindlichkeit erreicht werden soll.

J. Heyes: In diesem Zusammenhang kann ich darauf hinweisen, daß wir diese Bestimmung bei Magnesium durchgeführt haben. Ich glaube, daß es auch bei Silizium ähnlich geht. Wir haben nur Silizium noch nicht bestimmt.

H. Kempf, Hamborn: Wird die Schnelligkeit des Verfahrens irgendwie durch den Siliziumgehalt beeinflußt?

H. Kaiser: Die Schnelligkeit der Analyse hängt von dem zu bestimmenden Gehalt nicht ab. Mit einem Linienpaar über-

deckt man einen größeren Konzentrationsbereich. Wenn dieser nicht ausreicht, muß man ihn durch Verwendung eines anderen Linienpaars erweitern. Weil aber die Art der Probe von vornherein bekannt ist oder sich aus dem Spektrum sofort ergibt, bedeutet das keinen Zeitverlust.

Ergänzend möchte ich noch bemerken, daß auch mit gutem Erfolg an der Phosphorbestimmung gearbeitet wurde. Man benutzte eine Phosphorlinie im kurzwelligen UV. Schwefelbestimmungen wurden dagegen mit dem Verbrennungsverfahren gemacht.

P. Klinger: Die Aussprache hat gezeigt, daß wir alle bestrebt sind, die Sache zu fördern. Ich möchte aber auch an die optischen Firmen nochmals die Bitte richten, uns in dieser Beziehung in jeder Weise zu unterstützen. Die Kostenfrage darf hier erst an zweiter Stelle kommen.

Umschau.

Ein neues Gerät zur Feuerungsüberwachung von Oefen.

Die ersten Geräte für die Feuerungsüberwachung wurden ähnlich wie die Geräte zur Dampfkesselüberwachung angewendet. Bei der Kesselfeuerung kommt es darauf an, die im Brennstoff enthaltene Wärme weitestgehend in Dampfenergie umzuwandeln. Es ist also an erster Stelle darauf zu achten, daß keine brennbaren Bestandteile unverbrannt mit den Abgasen ins Freie gehen, anderseits aber auch nicht zuviel Ueberschußluft nutzlos miterwärmt wird. Den einwandfreien Nachweis erhält man aus der Abgasanalyse, die sich im allgemeinen auf die Feststellung des Kohlensäuregehaltes bei Fehlen von Kohlenoxyd und Wasserstoff erstreckt.

Mit dieser Messung war jedoch beim Ofenbetrieb wenig anzufangen, zumal da bei Wärmöfen durch das betriebsmäßig bedingte Oeffnen und Schließen der Türen eine Störung der Verbrennungsverhältnisse stattfindet. Aus diesem Grunde legt man auch beim Ofenbetrieb mehr Wert auf die Ueberwachung der Ofenatmosphäre. Es wird verlangt, daß der Ofen mit möglichst geringem Luftüberschuß betrieben wird, nicht nur, um den Gasverbrauch so wirtschaftlich wie möglich zu gestalten, sondern auch um eine zu starke Verzunderung des eingesetzten Werkstoffs zu vermeiden. Des weiteren ist erforderlich, daß der Ofen unter geringem Ueberdruck, wenige Millimeter WS, arbeitet, um Falschlufteintritt durch undichtes Mauerwerk und die Ofentüren zu vermeiden. Zum Teil wird diese Forderung durch entsprechende Drosselung der Abgasschieber erfüllt.

Eingehende Versuche haben ergeben, daß bei ungenügender Ueberwachung des Ofenbetriebes kostenmäßig sehr ins Gewicht fallende Verluste auftreten. So konnten z. B. in einem Falle durch Anbringung geeigneter Geräte und Belehrung der Ofenmannschaft Ersparnisse im Gasverbrauch bis zu 35 % erzielt werden, wobei gleichzeitig die Wärmzeit gesenkt und der Abbrand vermindert wurden.

Um die Anforderungen an das Auffassungsvermögen und die Aufmerksamkeit der Bedienungsmannschaft zu vermindern, vereinigte man die Anzeige wichtiger, zusammengehöriger Meßgrößen zu einem neuen Doppelgerät, dem sogenannten Folgezeigergerät. Dieses besteht aus zwei Ringwaagen, deren zugehörige Meßblenden in der Gas- und Luftleitung so bemessen sind, daß die beiden Zeiger auf einer Höhe stehen, wenn das Gas-Luft-Gemisch dem günstigsten Wert entspricht. Je nach der gewünschten Ofenatmosphäre muß nun die Luftmarke ein wenig über oder unter, oder auch in gleicher Höhe mit der Gasmarke stehen. Damit ist eine für den Heizer sehr anschauliche Darstellungsform des Meßergebnisses gefunden worden.

An sich wäre man mit dieser Anordnung in der Lage, den Ofen stets unter den günstigsten Bedingungen zu betreiben oder zu überwachen.

Für die überwachende Wärmestelle aber z.B. reicht auch das noch nicht aus, da die Folgezeigergeräte, wie alle anzeigenden Geräte, ja nur Kenntnis von dem jeweiligen Zustande im Augenblick der Nachprüfung geben. Der überwachende Ingenieur möchte aber über den gesamten Verlauf z. B. des Glühvorganges im Bilde sein. Es müßte also hierfür noch ein schreibendes Luftmengenmeßgerät angeschlossen werden, d. h. es wären allein vier Geräte für die Einstellung und Ueberwachung des richtigen Gas-Luft-Gemisches erforderlich.

Hier wurde nun eine Lösung gefunden, die es gestattet, den in den meisten Fällen bereits vorhandenen Gasmengenschreiber allein für eine nach jeder Richtung genügende Messung heranzuziehen. Es handelt sich um eine Vorrichtung, die dazu dient, das Ringwaagensystem des Mengenschreibers abwechselnd an die Meßblende der Gasleitung und der Luftleitung zu legen. Die Blenden werden, wie bei den Folgezeigergeräten üblich, so bemessen, daß die $\sqrt{h}$-Werte entsprechend dem theoretischen Gas-Luft-Gemisch (gegebenenfalls zuzüglich dem erforderlichen Luftüberschuß) gleich sind.

Bei richtig eingestelltem Luftverbrauch muß die von dem Gasmengenschreiber aufgenommene Kurve genau so aussehen wie die frühere reine Gasverbrauchskurve. Wird aber zuviel Luft zugeführt, so ergibt sich ein zusätzlicher Ausschlag nach rechts, bei zu wenig Luft nach links *(Bild 1)*.

Die Vorteile gegenüber den Folgezeigergeräten sind klar ersichtlich. Da dieses neue Gerät alle erforderlichen Werte anzeigt und aufzeichnet, können das Folgezeigergerät und der gegebenenfalls beschaffte Luftmengenschreiber fortfallen und für andere Zwecke freigemacht werden. Nach kürzester Zeit ist die Bedienungsmannschaft in der Lage, den Ofen an Hand des Gerätes einzustellen und jeweils nach den Ausschlägen der Luftmarke auf besten Wirkungsgrad und entsprechend der gewünschten Ofenatmosphäre umzuregeln. Die Tatsache, daß an Hand der Meßstreifen seitens der Wärmestelle eine spätere Nachprüfung möglich ist, ist besonders für den weniger beaufsichtigten Nachtbetrieb nicht zu unterschätzen. Die Wärmestelle selbst erhält ein Schaubild, aus dem sie sofort, ohne weitere Messungen oder Gegenüberstellungen, wie es bei getrennter Aufnahme der Luft- und Gasmengenschaubilder notwendig ist, den Ofengang übersehen kann.

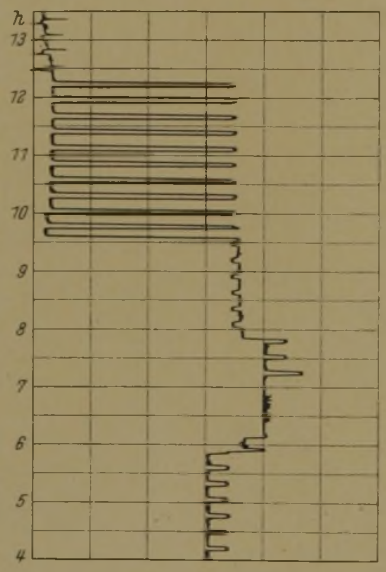


Bild 1. Meßstreifen zur Feuerungsüberwachung.

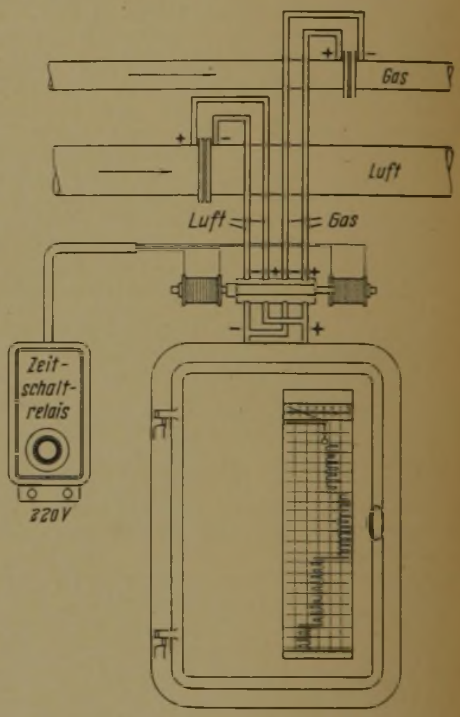


Bild 2. Gesamtanordnung mit Zeitrelais und elektromagnetischer Umschaltung.

Neben der beachtlichen Einsparung an Kosten für die Meßgeräte werden die Wartungs- und Instandhaltungskosten gesenkt, und schließlich kann die Ofentafel als solche wesentlich kleiner, also auch billiger, ausgeführt werden.

Im folgenden wird nun das obenerwähnte Umschaltgerät beschrieben. Je nach Verwendungsart wurden zwei Ausführungen entworfen.

1. Mit elektromagnetischer Umschaltung *(Bild 2)*.

Durch ein einstellbares Zeitrelais, das durch einen Synchronmotor oder durch ein Uhrwerk betrieben wird, erhalten die beiden Schaltspulen abwechselnd einen Stromstoß und bringen dadurch den Umschaltkolben in Stellung 1 oder in Stellung 2 *(Bild 3)*.

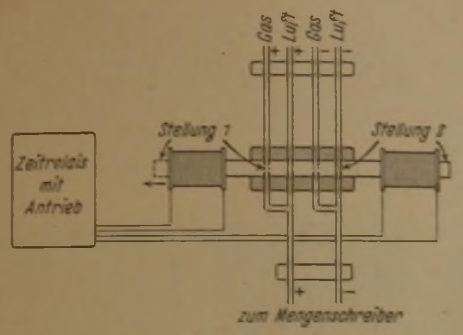


Bild 3. Anordnung der elektromagnetischen Umschaltvorrichtung.

Diese Ausführung ist besonders für Versuchsgeräte gedacht, wobei die Zeiten sowie das Zeitverhältnis nach Wunsch durch das Zeitrelais eingestellt werden sollen. In der Regel kommt man jedoch mit einem einmal festgelegten Zeitverhältnis aus. Hierfür ist die zweite Ausführung gedacht.

2. Mit Drehschalter *(Bild 4)*.

Durch einen Synchronmotor wird ein Drehschalter betätigt, der z. B. im Zeitraum von 20 min 1 Umdrehung macht, wobei zwei Schaltungen ausgeführt werden. Nach der ersten Schaltung werden die Blende der Gasleitung 15 min, nach der zweiten Schaltung die Blende der Luftleitung 5 min an das Meßgerät angeschlossen usw.

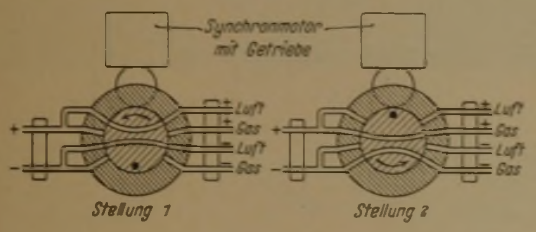


Bild 4. Drehschalter für das Umschaltgerät.

Das hier beschriebene Gerät hat sich im Betrieb bestens bewährt. Die aufzuwendenden Kosten — im wesentlichen für die zusätzliche Ausrüstung der Oefen mit einer Meßblende in der Luftleitung, einer Umschaltvorrichtung und gegebenenfalls einem Schreibgerät, falls noch kein Gasmengenschreiber vorhanden ist — betragen in den meisten Fällen nur einen Bruchteil der hierdurch möglichen Gasersparnisse.

Der Vorschlag zu dieser Ausführung wurde bereits 1936 von Dr.-Ing. W. Krämer, Berlin, gemacht; die Schutzrechte und die Herstellung hat die Firma Askania, Berlin-Friedenau, übernommen. Wilhelm Mörs.

Einfluß des Sauerstoffgehaltes auf Überhitzungsempfindlichkeit und Gefügeanomalität von Stahl.

Als Beitrag zur Frage der Ueberhitzungsempfindlichkeit und Gefügeanomalität des Stahles mögen die folgenden Untersuchungen gewertet werden.

Von einigen Schmelzen aus einem basischen 9-t-Lichtbogenofen wurden im laufenden Betriebe Proben genommen, und zwar:

1. am Ende der Frischzeit vor dem Abschlacken,
2. nach Aufgabe der neuen Schlacke und
3. nach einstündiger Einwirkung einer weißen Schlacke *(vgl. Zahlentafel 1)*.

Den 3 kg schweren Proben wurde im Löffel 0 bis 0,5 % Aluminiumdraht zugesetzt. Sie wurden dann in Eisenformen von 120 mm ⌀ vergossen, auf 20 mm ⌀ ausgeschmiedet und normalgeglüht.

Ein Teil der Proben wurde 1 h bei verschiedenen Temperaturen geglüht und anschließend die Temperatur des beginnenden Kornwachstums an Schliffen nach Aetzpolieren mit Eisenchlorid ermittelt. Diese Ergebnisse über die Ueberhitzungsempfindlichkeit sind in den *Bildern 1 bis 4* zusammengestellt. Es geht daraus hervor, daß die Temperatur beginnender Kornvergröberung mit höherem Mangangehalt (Versuch 3) und noch stärker mit höherem Kohlenstoffgehalt (Versuch 2) im Vergleich zum weichen, unberuhigten Stahl sinkt, während sie beim silizierten Stahl (Versuch 4) etwas steigt. Mit

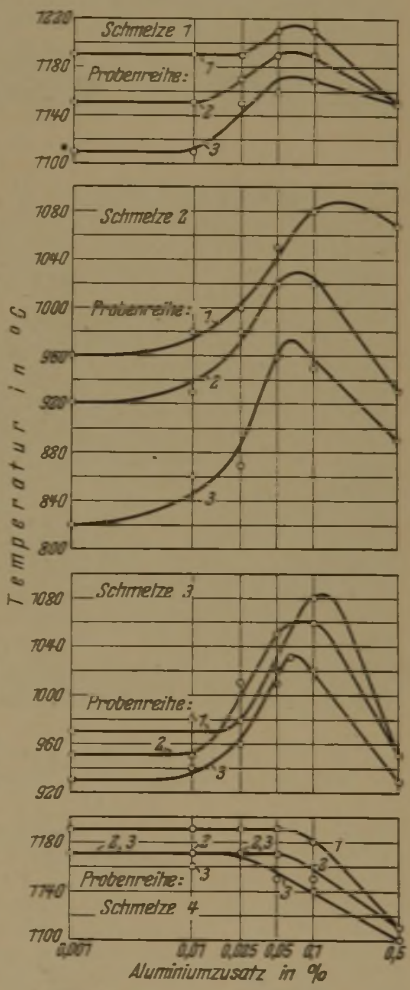
Zahlentafel 1. Chemische Zusammensetzung der untersuchten Probenreihen.

Schmelze	Probenreihe	% C	% Si	% Mn	% P	% S	% O_2[1])
1	1	0,07	—	0,19	0,010	0,054	0,032
	2	0,07	—	0,15	0,011	0,049	0,024
	3	0,08	—	0,16	0,010	0,048	0,016
2	1	0,58	—	0,33	0,012	0,044	0,027
	2	0,53	—	0,32	0,011	0,037	0,008
	3	0,54	—	0,20	0,011	0,018	0,005
3	1	0,15	—	0,66	0,014	0,049	0,018
	2	0,14	—	0,58	0,012	0,041	0,011
	3	0,15	—	0,61	0,013	0,029	0,007
4	1	0,09	0,33	0,29	0,013	0,049	(0,032)
	2	0,09	0,23	0,23	0,030	0,033	(0,021)
	3	0,12	0,40	0,24	0,011	0,037	(0,016)

[1]) Ermittelt nach dem Heißextraktionsverfahren und durch Bestimmung von Tonerde nach Ueberberuhigung mit 1 % Al.

sinkendem Sauerstoffgehalt nimmt bei allen vier Versuchen die Ueberhitzungsempfindlichkeit zu. In Abhängigkeit vom Aluminiumzusatz zeigen die Kurven einen Höchstwert zwischen 0,025 und 0,25 % Al. Bei diesen Zusätzen waren die Gußblöckchen, wie Längsschliffe zeigten, auch vollständig beruhigt. Der Kurvenverlauf stimmt qualitativ mit dem von E. Houdremont und H. Schrader[1]) für einen Stahl mit 1 % C gefundenen Verlauf überein.

Die Versuchsergebnisse sind wohl damit zu erklären, daß Oxyde wie besonders Tonerde und Kieselsäure Keime bilden und die Korngrenzen blockieren. Kohlenstoff und Mangan erschweren auf Grund ihrer Verwandtschaft zu Sauerstoff die Bildung von Tonerde und Kieselsäure und wirken darum kornvergröbernd. Silizium ermöglicht die Bildung von Kieselsäure und verfeinert deshalb das Korn. Höherer Sauerstoffgehalt ermöglicht eine stärkere Bildung von Tonerde und Kieselsäure und ruft daher ebenfalls feines Korn hervor. Das in metallischer Form im Stahl gelöste Aluminium macht aber nicht feinkörnig[2]), wie aus den *Bildern 1 bis 4* zu schließen ist. Denn bei steigendem Aluminiumzusatz kann der Gehalt an metallischem Aluminium erst dann wesentlich zunehmen, wenn der gesamte Sauerstoff abgebunden und der Höchstgehalt an Tonerde erreicht ist. Von diesen Zusätzen an tritt aber gerade das Gegenteil ein, nämlich ein Gröberwerden des Kornes, wie der Abfall der Kurven nach dem Höchstwert in den *Bildern 1 bis 4* anzeigt.



Bilder 1 bis 4. Einfluß des Aluminiumzusatzes auf die Ueberhitzungsempfindlichkeit von Stählen unterschiedlicher chemischer Zusammensetzung.

[1]) Stahl u. Eisen 56 (1936) S. 1412/22 (Werkstoffaussch. 358).

[2]) Vgl. dazu auch Houdremont, E., und H. Schrader: Arch. Eisenhüttenw. 8 (1934/35) S. 446 (Werkstoffaussch. 299).

[3]) Stahl u. Eisen 51 (1931) S. 1613.

Ein Teil der normalgeglühten Proben wurde 8 h bei 925° 1. in einem Gemisch aus Holzkohle und Bariumkarbonat und 2. in Benzoldampf aufgekohlt. Für die Korngröße ergab sich, daß genau entsprechend den Ergebnissen über die Glühversuche Kohlenstoff und Mangan das Korn vergröbern, während Silizium das Korn verfeinert. Auch Aluminium verfeinert das Korn zunächst, bis es nach Ueberschreitung des dem oben angeführten Kurvenhöchstwert entsprechenden Gehaltes das Korn wieder vergröbert. Das bedeutet also, daß grobes Korn bei der Zementationsprobe, also normale Korngröße, gleichbedeutend mit Ueberhitzungsempfindlichkeit ist.

Die Untersuchung derselben Proben auf Gefügeanomalität ergab, daß diese durchaus nicht mit Korngrößenanomalität parallel läuft. Die Gefügeanomalität wird durch höhere Gehalte an Mangan, Silizium und Aluminium, durch niedrigen Sauerstoffgehalt sowie durch Zementation in dem reduzierenden Einsatzmittel Benzol verringert. Silizium und niedriger Aluminiumgehalt machen den Stahl also korngrößenanomal und gleichzeitig gefügenormal. Das deutet darauf hin, daß als Ursache des anomalen Gefüges nach dem Einsetzen gelöster Sauerstoff bzw. gelöste Sauerstoffverbindungen anzusehen sind. Wenn diese Erklärung zutrifft, muß reines sauerstofffreies Eisen nach dem Einsetzen normales Gefüge haben. Deshalb wurden Zementationsversuche mit Elektrolyteisen gemacht, wobei dessen Sauerstoffgehalt gleichzeitig verändert wurde. Eine Probe *(Bild 5)* wurde 36 h bei 930° in Wasserstoff geglüht und dann in Benzol zementiert; sie ist also als sehr sauerstofffrei anzusprechen. Wie zu erwarten, war sie auch nach dem Einsetzen vollkommen normal. Ein weiteres Stück *(Bild 6)* wurde vor der Zementation in Benzol 36 h bei 930° in Luft geglüht. Entsprechend dem höheren Sauerstoffgehalt ist diese Probe auch etwas anomaler. Die dritte Probe *(Bild 7)* wurde nach 30stündigem Glühen in Wasserstoff in einem Gemisch aus Holzkohle und Bariumkarbonat aufgekohlt. Die Probe hat dabei so viel Sauerstoff aufgenommen, daß sie stark anomales Gefüge zeigt. Die letzte Probe *(Bild 8)* wurde vor dem Einsetzen in Holzkohle-Bariumkarbonat 30 h in Luft geglüht. Sie hatte viel Sauerstoff aufgenommen und war nach dem Einsetzen vollkommen anomal. Man kann aus diesen Versuchen also den Schluß ziehen, daß reines Eisen beim Einsetzen normales Gefüge ergibt und die Gefügeanomalität auf gelösten Sauerstoff oder gelöste Sauerstoffverbindungen zurückzuführen ist. Im Gegensatz hierzu steht die Ansicht von F. Duftschmid und E. Houdremont[3]), die beim Zementieren von Elektrolyteisen anomale Gefügeausbildung feststellten. Da durch vorliegende Arbeit nachgewiesen wurde, daß die Gefügeausbildung von Elektrolyteisen durch geringste Mengen von Sauerstoff stark beeinflußt wird, ist anzunehmen, daß das Elektrolyteisen bei den Versuchen von Duftschmid und Houdremont beim Schmieden oder Zementieren Sauerstoff aufgenommen hatte und so anomale Gefügeausbildung zeigte.

Rolf Ziegler.

Bild 5. In Wasserstoff geglüht, in Benzol aufgekohlt.

Bild 6. In Luft geglüht, in Benzol aufgekohlt.

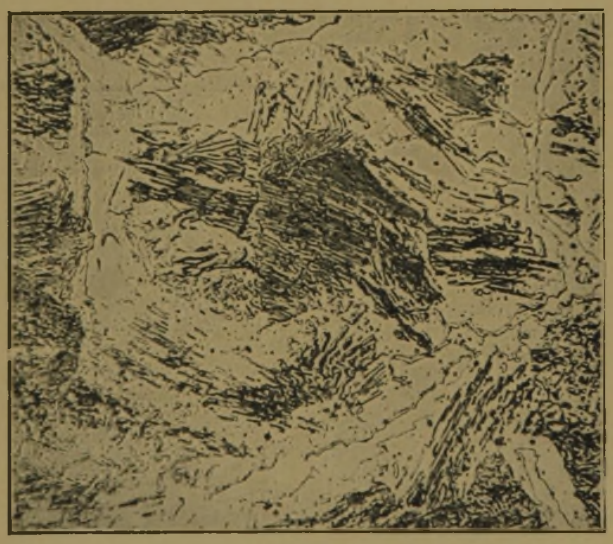


Bild 7.
In Wasserstoff geglüht, in Holzkohle und Bariumkarbonat aufgekohlt.

Bild 8.
In Luft geglüht, in Holzkohle und Bariumkarbonat aufgekohlt.

Bilder 5 bis 8. Beeinflussung der Gefügeausbildung von Elektrolyteisen durch das Zementierungsmittel. (Geätzt mit Pikrinsäure; × 200.)

Patentbericht.

Deutsche Patentanmeldungen[1]).

(Patentblatt Nr. 52 vom 24. Dezember 1940.)

Kl. 7 b, Gr. 10/70, Sch 118 288. Vorrichtung zum Erfassen und Abbefördern des abzuschneidenden Restes von in Metallstrangpressen ausgepreßten Blöcken. Erf.: Otto Wittkowsky, Düsseldorf. Anm.: Schloemann A.-G., Düsseldorf.

Kl. 7 c, Gr. 21, B 187 242. Vorrichtung zum Umbördeln oder Abstechen von Rohrenden. Erf.: Lothar Bewer, Hamburg. Anm.: Bergedorfer Eisenwerk. A.-G., Astra-Werke, Hamburg-Bergedorf.

Kl. 18 b, Gr. 19, T 52 400. Röhrenboden für Stahlwerkskonverter. Erf.: Dr. Eduard Herzog, Duisburg-Hamborn. Anm.: August-Thyssen-Hütte, A.-G., Duisburg-Hamborn.

Kl. 18 d, Gr. 2/20, K 148 280. Gegenstände, die dem Angriff von Wasserstoff bei hohen Temperaturen und hohen Drücken ausgesetzt sind. Erf.: Dr.-Ing. Ernst Hermann Schulz Dr.-Ing. Hans Scholz, Dortmund, und Dipl.-Ing. Werner Holtmann, Düsseldorf. Anm.: Kohle- und Eisenforschung, G. m. b. H., Dortmund.

Kl. 24 c, Gr. 5/01, St 55 753. Gittersteine für Wärmespeicher mit eingesetzten Zwischenwänden. Werner Studte, Düsseldorf.

Kl. 31 a, Gr. 3/01, L 100 563. Elektrischer Tiegelschmelzofen. Erf.: Dipl.-Ing. Ernst Schmidt, Berlin-Pankow. Anm.: Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft, Berlin.

Kl. 42 k, Gr. 29/04, R 104 751. Verfahren zum Bestimmen der Bearbeitbarkeit von Werkstoffen und der Zerspanungsfähigkeit eines Werkzeuges beim Schleifen. Dr.-Ing. Walter Reichel, Andreashütte, O.-S.

Kl. 80 b, Gr. 5/04, D 78 580. Verfahren zur Herstellung von beständigen basischen, kalkreichen Schlacken, insbesondere von beständigen Hochofenschlacken. Erf.: Felix Baumhauer, Mannheim. Anm.: Dynamidon-Werk Engelhorn & Co., G. m. b. H., Mannheim-Waldhof.

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

Wirtschaftliche Rundschau.

Lothringens Erzbergbau und Eisenindustrie.

In der Saarpfälzischen Wirtschaftszeitung[1]) finden sich zwei beachtenswerte Aufsätze von Kommerzienrat Dr. h. c. Dr. Ing. E. h. Hermann Röchling und Generaldirektor Paul Raabe, aus denen wir nachstehende Auszüge veröffentlichen.

Ueber

Das lothringische Minette-Gebiet und seine wirtschaftliche Bedeutung

schreibt P. Raabe u. a.:

Die lothringischen Eisenerze liegen im Untergrund der Hochebene von Briey, die den westlichen Teil der weiten lothringischen Hochebene bildet und sich vom Südrand der Ardennen bis südlich Metz ausdehnt. Sie ist bei weitem nicht überall erzführend, sondern nur ihr östlicher Teil, nahe der Mosel, enthält bauwürdige Eisenerze. Das Erzgebiet Lothringens läßt sich durch folgende Städte umgrenzen: Longwy—Esch—Diedenhofen—Nancy—Toul—Longwy.

Innerhalb dieses Gebietes trennt die etwa 25 Kilometer breite, erzfreie, aber kohlenführende Sattelzone von Pont-à-Mousson das Erzgebiet in zwei Becken: das größere und bedeutendere nördliche Erzbecken von Briey—Longwy und das kleinere und weniger bedeutende von Nancy. Das Kohlengebiet von Pont-à-Mousson ist der westliche Ausläufer des Saarkohlengebietes. Sein unmittelbarer Zusammenhang mit ihm ist zwar noch nicht mit aller Sicherheit nachgewiesen, doch sehr wahrscheinlich. Diese scheinbar so ideale Vergesellschaftung von Eisen und Kohle hat wirtschaftlich nicht die Bedeutung, die man vermuten würde, denn die Kohle ist für Hüttenzwecke nur sehr bedingt verwendbar. Abgesehen davon aber ist die Verkehrslage des Minette-Gebietes günstig. Unter normalen Verhältnissen bestehen leistungsfähige Eisenbahnverbindungen zu den Hütten des Saargebietes wie auch zu denen Nordfrankreichs. Die Mosel und das mit ihr verbundene Kanalsystem ermöglicht auch Verladung auf dem Wasserwege in Kähnen bis 300 t, was besonders für das nahe an der Mosel liegende Erzbecken von Nancy von Bedeutung ist.

Geologisch gehört die lothringische Minette der Juraformation an, und zwar dem unteren Dogger. Die Erzformation ist eine 10 bis über 50 m mächtige Schichtgruppe von mergeligen und kalkigen Gesteinen, der eine Reihe von eisenarmen Schichten eingelagert sind. Man unterscheidet insgesamt sechs solcher Lager, die in der Reihenfolge von unten nach oben das grüne, schwarze, braune, graue, gelbe und rote Lager genannt werden. Einige von ihnen werden wieder unterteilt, so daß man auf eine Gesamtzahl von elf Lagern kommt; die ersten drei bilden die sogenannte kieselige Gruppe, das heißt neben dem Eisengehalt tritt ein mehr oder weniger erheblicher Gehalt an Kieselsäure stark hervor, der den Kalkgehalt beträchtlich übersteigt. Die letzten drei Lager werden als kalkige Gruppe bezeichnet, hier überwiegt der Kalkgehalt erheblich gegenüber dem Gehalt an Kieselsäure. Von diesen sechs Hauptlagern ist nur das graue Lager fast über das ganze Erzgebiet verbreitet und auch fast überall bauwürdig, während die anderen Lager nur lokal auftreten und auch in der Bauwürdigkeit schwanken. Im Erzbecken von Nancy sind überhaupt nur drei Lager bauwürdig entwickelt. Die gesamte Erzformation, das heißt also die Erzlager mit ihren eisenarmen oder eisenfreien Zwischenmitteln, bildet im großen gesehen eine ausgedehnte Schichtplatte, die gleichmäßig und sehr flach nach Südwest und Süden einfällt. So kommt es, daß im Osten oder Norden die Erzlager an der Tagesoberfläche und den Talhängen ausstreichen, während, je weiter man nach Südwesten geht, sie desto tiefer einsinken, und in den westlichen Gruben in zirka 300 m Tiefe liegen. Diese einförmige Lagerung wird unterbrochen nur durch eine flache, schwachwellige Auffaltung und eine Reihe von Verwerfungen. Faltenachsen wie auch Störungen streichen Südwest—Nordost. Die ersten sind bergmännisch bedeutungslos. Die Verwerfungen schwanken in der Sprunghöhe zwischen wenigen Metern und 130 m und sind mit für den Bergbau wichtig. Aus der geschilderten Art der Erzformation geht schon hervor, daß das lothringische Minettevorkommen sedimentärer Entstehung ist. Es ist eine Ablagerung eines flachen, küstennahen Meeres. Als Herkunftsgebiet des Eisens muß man die Ardennen ansehen, und zwar ist das Eisen zum größten Teil in Lösung dem Meer zugeführt und durch chemische oder biochemische Vorgänge ausgeschieden worden. Teils ist es aber in Form kleiner Gerölle am Küstensaum abgelagert worden.

Die Gesamtvorräte des lothringischen Erzbeckens sind bedeutend[1]).

Bis 1918 teilten sich vier Staaten in den Besitz des lothringisch-luxemburgischen Minette-Gebietes. Deutschland, Frankreich, Luxemburg und zu einem geringen Teil auch Belgien. 1900 waren verliehen worden: 185 Konzessionen auf deutschem Gebiet, 67 Konzessionen auf französischem Gebiet.

Die Förderung in Deutsch-Lothringen betrug:

1890	=	3,256	Mill. t
1895	=	4,222	Mill. t
1900	=	7,742	Mill. t
1905	=	11,968	Mill. t
1910	=	16,550	Mill. t

und stieg 1913 auf 21,160 Mill. t Roherz an.

In Luxemburg wurden gefördert:

1910	=	6,260	Mill t
1913	=	7,330	Mill. t

In Französisch-Lothringen betrug die Förderung

1885	=	1,610	Mill. t
1895	=	3,080	Mill. t
1905	=	6,400	Mill. t
1910	=	13,210	Mill. t

und stieg 1913 auf 19,180 Mill. t Roherz an.

Die Entwicklung des Minette-Bergbaues ist damit in den beiden Hauptgebieten sehr rasch vor sich gegangen. Die deutsche Eisenindustrie hatte bis zum Weltkriege 1914 trotz der französischen Gesetzgebung auch auf französischem Boden Fuß gefaßt.

Durch das Versailler Diktat fielen dann das ehemals deutsche Reichsland Lothringen und mit ihm die Minette-Gruben in diesem Gebiet an Frankreich.

Die Förderung in Deutsch-Lothringen in den Jahren 1919 bis 1940 (April) betrug zusammen 297,713 Mill. t. Die Förderung

[1]) Jg. 45 (1940) S. 365/66 u. 410/12.

[1]) Vgl. Stahl u. Eisen 60 (1940) S. 694/95.

erreichte ihren Höchststand in den Jahren 1928—1930; im Jahre 1929 wurden 21,355 Mill. t gefördert.

Die Zahl der Konzessionen verminderte sich in dieser Zeit durch Zusammenlegung und Erlöschen von Konzessionen von 161 auf 140 mit einer Oberfläche von 41 176 ha.

Die Tagebaubetriebe gingen in dieser Zeit immer mehr zurück und verloren an Bedeutung. Einige wurden an Tiefbaugruben angeschlossen.

Die grenznahe Lage des Minette-Gebietes brachte es mit sich, daß die von Frankreich zur Verteidigung seiner Ostgrenze erbaute Maginotlinie — besonders im nördlichen Lothringen — mitten durch das Bergbaugebiet hindurch ging.

Bei Beginn der Kriegshandlungen und der Kämpfe im Juni 1940 um die Maginotlinie zerstörten die Franzosen den größten Teil der Gruben, indem sie die Schachtköpfe und Türme, die elektrischen Zentralen und Fördereinrichtungen der Gruben sprengten oder auf lange Zeit unbrauchbar machten. Wichtige maschinelle Anlagen wurden zerstört oder Einzelteile verschleppt, die Pumpen außer Betrieb gesetzt, die Gruben ersoffen zum Teil. Nach der Besetzung des Gebietes durch die deutschen Truppen mußte hier der Wiederaufbau einsetzen, der damit begann, all diese Schäden zu beseitigen, um die Gruben wieder in einen förderfähigen Zustand zu bringen. Infolge der planmäßigen Zerstörung ist dies natürlich eine Aufgabe, die eine gewisse Zeit in Anspruch nehmen muß. Wenn auch heute schon wieder ein Teil der zerstörten Gruben die Förderung aufgenommen hat, ein Teil zur Förderaufnahme bereitsteht, so werden doch noch bei einer beträchtlichen Anzahl von zerstörten Gruben die Vorarbeiten noch geraume Zeit in Anspruch nehmen.

Der dem Generalbeauftragten für die Eisenerzgewinnung und -verteilung in den Gebieten Luxemburg und Lothringen vom Reichsmarschall erteilte Auftrag, die Hüttenwerke an der Saar, in Lothringen, Luxemburg, Belgien und Nordfrankreich mit den nötigen Erzmengen aus dem lothringischen Minettereviere zu versorgen, konnte bis heute bei der gegebenen Verkehrslage und Aufnahmefähigkeit der Hütten voll erfüllt werden. Darüber hinaus war es auch noch möglich, nicht unbedeutende Erzmengen für die Versorgung der Hütten im Altreich frei zu machen.

Dabei muß gleichzeitig noch berücksichtigt werden, daß das Minette-Gebiet für die Zukunft ein sehr wichtiger Faktor der deutschen Rohstoffversorgung sein wird. Die Wiederinbetriebnahme der Gruben hat daher auch unter dem Gesichtspunkte eines planvollen weiteren Erschließens und des Abbauens aller bauwürdigen Erzlager unter möglichster Herabsetzung von Abbau- und anderen Verlusten zu geschehen. Stellt doch die lothringische Minette einen der wertvollsten Teile des deutschen Volksvermögens dar, der für Kriegs- und Friedensindustrie gleich wichtig ist und bleiben wird.

Die Erzvorräte sind nach den jüngsten Schätzungen so hoch, daß der Bergbau bei Erreichung der bisherigen Höchstförderung noch für mehrere Generationen gesichert ist. Es muß daher das oberste Gesetz sein: den restlosen Abbau aller anstehenden Erzlager mit den geringsten Verlusten zum Nutzen unseres Vaterlandes durchzuführen.

Kommerzienrat Dr. h. c. Dr.-Ing. E. h. Hermann Röchling führt in seinem Aufsatz über

Lothringens Eisenindustrie

folgendes aus:

Nur im ersten Jahrzehnt nach der Beendigung des Weltkrieges hat die lothringische Eisenindustrie in der Erz- und Roheisengewinnung hie und da einmal die Vorkriegszahlen erreicht, nach 1930 nicht mehr. Frankreich wußte mit dem ihm unverdient in den Schoß gefallenen Schatze nichts Rechtes anzufangen. Ueber eine 50prozentige Leistungsausnutzung ist man bei den Lothringer Hütten praktisch nicht hinausgekommen. Auch in den Jahren, als in Deutschland die gesamte Wirtschaft nach der Machtübernahme in steilem Anstieg rasch die Grenzen der Leistungsfähigkeit erreichte und damit die Erweiterung der Betriebe zur unabweisbaren Notwendigkeit wurde, dämmerte das französische Wirtschaftsleben müde dahin. Es zeigten sich keinerlei Anzeichen irgendeines kräftiger pulsierenden Lebens. Auch in den letzten Jahren vor Ausbruch des jetzigen Völkerringens war es nicht anders. Das Frankreich, das mit einer verstiegenen Verblendung auf den Krieg zusteuerte, hatte nicht die Kraft, um sich auf die große Auseinandersetzung ernsthaft vorzubereiten. Infolgedessen war auch die Eisenindustrie mit Ausnahme von ganz kurzen Zeitspannen nie über die Hälfte ihrer Leistungsfähigkeit beschäftigt.

Dem entsprach auch der Zustand der Werke, als wir sie übernahmen. Kurz vor dem Waffenstillstand war eine ganze Anzahl willkürlicher Beschädigungen — besonders von elektrischen Einrichtungen und von gewaltigen Zerstörungen auf den Erzgruben — von den französischen Gruben- und Hüttenbeamten vorgenommen worden. Abgesehen davon war infolge der eben geschilderten Verhältnisse keinerlei Vergrößerung der Leistungsfähigkeit herbeigeführt worden. Man findet z. B. in dem Lande die ältesten Thomaswerke des Kontinents, noch versehen mit zentralen hydraulischen Gießkranen, um die zwei oder drei Konverter herumgruppiert sind, — eine Einrichtung, die wir in Deutschland seit einem Menschenalter nicht mehr kennen. Konverter von einer Aufnahmefähigkeit von 13 t für die Schmelze, die es in Deutschland nur noch da gibt, wo man sich mit einer geringen Thomasstahlerzeugung wegen allzu begrenzter Erzvorkommen begnügt, sind in einem halben Dutzend von Exemplaren vorhanden. Und dies in dem größten Hüttenkonzern des dortigen Gebietes, der oft genug 1½ Mill. t Stahl gemacht hat. Nur auf der Carlshütte bei Diedenhofen, bei der wir schon im Weltkriege den Bau eines Thomasstahlwerkes angefangen hatten, wurde dieses nach Jahren von den Franzosen — natürlich auf Reparationskonto — fertig gebaut und mit einem größeren Walzwerk und einem Edelstahlwerk versehen. Die mit uns befreundete Longwyer Gruppe hatte dies Werk, das in sehr schwierige Verhältnisse gekommen war, übernommen. Sie war aber wegen der schwierigen Wirtschaftsverhältnisse nicht selbst in der Lage, den Ausbau zu vollenden, so daß ein großer Teil vor Beginn des Krieges erst halb fertig war. Im Mai 1940, als die Niederlage schon greifbar wurde, hat man dann mit bemerkenswerter Energie ein paar Elektroöfen, einige Walzenstraßen und Dampfhämmer mit zugehörigen Hallen abgerissen, alles auf 400 Eisenbahnwagen verladen und diese in die Gegend von Bordeaux verbracht. Dort wollte man diese Einrichtungen zu einer neuen Stahlerzeugung verwenden. Inzwischen ist der größte Teil wieder zurückgebracht und wieder aufgestellt worden. Leider geht das Aufbauen nicht so rasch wie das Abreißen. Wir werden also noch eine gewisse Zeit brauchen, bis wir die Anlagen wieder in Betrieb haben werden.

Sind so die Veränderungen, die an dem technischen Zustand und der Leistungsfähigkeit der Stahl- und Walzwerke erfolgt sind, recht unbedeutend, so hat man im allgemeinen die Zahl der Hochöfen, die man in betriebsfähigem Zustande hielt, ungefähr auf 50 bis 60 %, manchmal noch weniger, dessen gehalten, was wir in Ordnung gehalten hatten. Es wird also eine ziemliche Arbeit sein, den Rest wieder in Stand zu setzen. Auf dem Gebiete der Kokereien dagegen haben die Franzosen ziemliche Erweiterungen geschaffen. Bis in den Weltkrieg hinein gab es nur eine kleine Kokerei bei de Wendel in Großmövern. Im letzten Dezennium sind dort eine Anzahl neuer Batterien entstanden. Darüber hinaus aber wurden in Hagendingen und Diedenhofen zwei leistungsfähige Kokereien an den Moselhäfen der beiden Werke errichtet und damit eine Verbesserung der Gasversorgung der Hütten eingeleitet.

Ist so die Veränderung auf dem rein hüttentechnischen Gebiete, abgesehen davon, daß noch ein paar Elektroöfen bei den Thomaswerken so gewissermaßen als Mode ohne eigentlichen Verwendungszweck aufgestellt wurden, sehr gering gewesen, so ist Bemerkenswertes auf dem Gebiete des Wasserstraßenanschlusses für die lothringische Eisenindustrie geschaffen worden. Die Mosel wurde von Metz bis Diedenhofen für 280-t-Schiffe in nicht uneleganter Weise kanalisiert, und zu jedem Hüttenwerk wurde ein anständiger Hafen — natürlich alles auf Reparationskonto — geschaffen. Damit wurde die lothringische Eisenindustrie mit dem gesamten französischen Kanalnetz verbunden, so daß man das Eisen nach Paris, nach Bordeaux, ja nach Marseille auf dem Wasserwege in größtem Umfange verschiffen konnte und verschifft hat.

Wir waren leider nicht in der Lage, die Hütten sofort wieder in Betrieb zu nehmen, da die Franzosen vor ihrem Rückzuge alle Eisenbahnbrücken zerstört, die Kanalschleusen gesprengt und alles an Straßenbrücken vernichtet hatten, was nur im entferntesten zum Uebergang unserer Truppen auch über den armseligsten Wasserlauf hätte dienen können. Wir mußten also warten, bis wir wenigstens eine Eisenbahnverbindung nach irgendeinem Kohlengebiet hatten. Die erste Verbindung, wenn auch eine sehr mangelhafte und umständliche, war die nach dem Saarland. Sie kam etwa Ende Juli in Gang, und damit ergab sich erst die Möglichkeit, die einzige Koksofenbatterie, die wir unter Heranziehung aller Kohlenbestände aus der Nachbarschaft in Betrieb gehalten hatten, mit frischer Kohle zu versorgen. Erst Ende August war dann die Verbindung nach Nordfrankreich wiederhergestellt, so daß wir daran denken konnten, neben dem kleinen und bescheidenen Hochofen- und Stahl-

werksbetrieb von Großmövern einen solchen auch in Rombach zu riskieren. Von da an ging es aufwärts. Aber dann kamen die Rückschläge, da das ganze Transportwesen der gleichzeitigen Belastung für den Krieg und die Wirtschaft angesichts seiner außerordentlich begrenzten Leistungsfähigkeit nicht gewachsen war. Aber heute ist das alles schon anders. Die ganz außergewöhnliche Tatkraft, mit der die deutschen Eisenbahner, ob im Dienste der Reichsbahn oder des Militäreisenbahnchefs, die Pioniere und die Organisation Todt ihre Aufgabe — Brücken und Tunnels instandzusetzen — angepackt haben, trägt ihre Früchte. Man kann nur mit stolzer Hochachtung von diesen außergewöhnlichen Leistungen sprechen.

Buchbesprechungen.

Schack, Alfred, Dr.-Ing.: **Der industrielle Wärmeübergang.** 2., verb. Aufl. Mit 41 Abb. Düsseldorf: Verlag Stahleisen m. b. H. 1940. (VIII, 348 S.) 8°. Geb. 19,60 *RM*, für Mitglieder des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute 17,60 *RM*.

Das Buch von Schack hat, wie die zweite Auflage beweist[1]), seine Bewährungsprobe in der Praxis bestanden. Es entspricht mehr der Gepflogenheit als dem Bedürfnis, wenn dem Buche zum Beginn seines neuen Lebensabschnittes einige Worte auf den Weg gegeben werden.

Das Kernstück des Buches bilden die Abschnitte über die Wärmeübertragung durch Konvektion und durch Gasstrahlung, in denen der Verfasser, im erstgenannten Abschnitt auf der Nusseltschen Aehnlichkeitslehre fußend, in durchaus originaler Weise die vielfältigen Forschungsergebnisse sichtet und verwertet. Sie bilden ein besonders schönes Beispiel dafür, wie wissenschaftliche Forschung und Ingenieurtum zu einer Einheit verschmolzen werden können, wenn die Personalunion gegeben ist. Ueber die Fragen des Wärmeüberganges und der Wärmeleitung sind in den letzten zwanzig Jahren mehrere Werke von Bedeutung geschrieben worden. Das Buch von Schack nimmt aber unter ihnen eine besondere Stellung ein. Verarbeitung und Darstellung zeigen, daß für den Verfasser das Gebiet, das er beschreibt, nicht allein Gegenstand des Studiums, sondern viel mehr noch Werkzeug des technischen Schaffens ist. Die gewissenhafte Wertung der Forschungsergebnisse, die oft vor den Augen des Lesers vorgenommen wird, ist deshalb nicht das Endziel, sondern die Grundlage, von der aus ihre Formung für die Bedürfnisse des Ingenieurs vorgenommen wird. Das in der Tätigkeit des Verfassers beruhende Verständnis für die Praxis bringt dem Ingenieur eine Reihe von Vorteilen, unter denen die Uebersichtlichkeit der Stoffeinteilung, die genauen zahlenmäßigen Angaben und die rechnerisch bequeme Form der mathematischen Beziehungen besonders hervorzuheben sind. Die ausführliche Darstellungsweise und die übersichtliche Einteilung ermöglichen es, das Buch als Lehr- und Nachschlagebuch in gleicher Weise zu empfehlen.

Die neue Auflage bringt im wesentlichen neue Fassungen für den Wärmeübergang in Rohren und Rohrbündeln und durch Gasstrahlung. Gern hätte man eine etwas eingehendere Behandlung der Wärmeübertragung durch Strahlung undurchlässiger Körper gesehen, die mit der Anführung des Lambertschen Gesetzes nur angeschnitten wird. Die Einfachheit des Stefan-Boltzmannschen Gesetzes verleitet leicht zu einer etwas zu summarischen Behandlung, trotz der Bedeutung der Oberflächenstrahlung für viele Fragen des Ofenbaues.

Das Buch von Schack unterrichtet den Ingenieur schnell, gründlich und einwandfrei über die Fragen des Wärmeüberganges, die er im Bedarfsfalle zu beantworten hat, soweit überhaupt nach dem heutigen Wissensstand eine Antwort gegeben werden kann. Der Stil ist leicht und lebendig, so daß auch derjenige, der es zum Studium verwendet, bei einiger Liebe zum Gegenstande keine Langeweile empfinden und sich gern bis zum Schluß durch das nicht ganz einfache Gebiet führen lassen wird.

Das Buch ist, ganz allgemein gesprochen, ein Lehr- und Handbuch von hohem Rang, auf dem Gebiete des Wärmeüberganges aber zweifellos dasjenige, das über die praktische Anwendung der Erkenntnisse am besten unterrichtet.

Der Verlag hat das Buch sorgfältig und liebevoll ausgestattet. Der vortreffliche Einband, gutes Papier und nicht zuletzt eine wohlgegliederte Satzanordnung erfüllen alle Wünsche, die man an die Ausstattung eines vielbenutzten Buches stellen möchte. *Werner Heiligenstaedt.*

[1]) Wegen der 1. Auflage vgl. Stahl u. Eisen 50 (1930) S. 583.

Vereins-Nachrichten.

Verein Deutscher Eisenhüttenleute.

Änderungen in der Mitgliederliste.

Ahrlich, Hans, Dipl.-Ing., Betriebschef, Lippstädter Eisen- und Metallwerke G. m. b. H., Lippstadt. *29* 002

Buresch, Hans-Joachim, Dipl.-Ing., Eisen- und Stahlwerke Kneuttingen, Abt. Stahlwerk, Kneuttingen (Lothringen). *35* 078

Fliegenschmidt, Hans, Dr.-Ing., Direktor, Geschäftsführer der Metallwerke Ohligs G. m. b. H., Solingen-Ohligs; Wohnung: Solingen-Wald, Palmenstr. 11. *28* 045

Friesen, Herbert, Betriebsingenieur, Eisenwerk Wanheim G. m. b. H., Gesenkschmiede, Duisburg-Wanheim; Wohnung: Duisburg, Gellertstr. 4. *37* 114

Hahnel, Paul, Dipl.-Ing., Betriebsdirektor, Hochofenwerk Lübeck A.-G., Hütte Kraft, Stolzenhagen-Kratzwieck. *25* 038

Höhle, Heinrich, Prokurist i. R., Witten, Blücherstr. 22. *14* 039

Klein, Adolf, Oberingenieur, Eisen- und Hüttenwerke A.-G., Werk Rasselstein, Neuwied; Wohnung: Niederbieber-Segendorf über Neuwied, Tonnenberg 4. *31* 045

Nelle, Rudolf, Dipl.-Ing., Regierungsbaurat, Oberkommando des Heeres, Berlin-Charlottenburg 2; Wohnung: Berlin-Schmargendorf, Doberaner Str. 5. *34* 148

Reckziegel, Max, Betriebschef, A.-G. der Dillinger Hüttenwerke, Dillingen (Saar); Wohnung: Uferstr. 5. *35* 435

Schmidt, Paul, Betriebsdirektor, Maschinenfabrik Meer A.-G., M.Gladbach. *25* 110

Supan, Odo, Dipl.-Ing., Technischer Leiter der Kupfer- und Messingwerke K.-G. Becker & Co., Langenberg (Rheinl.). *35* 530

Gestorben:

Breuer, Hermann, Hütteningenieur, Essen-Stadtwald. * 8. 7. 1872, † 2. 1. 1941. *98* 003

Theis, Franz, Hüttendirektor a. D., Trier. * 4. 10. 1875, † 30. 12. 1940. *04* 057

Vogl, Alfred, cand. rer. met., Leitmeritz. * 26. 8. 1912, † 30. 10. 1940. *40* 201

Neue Mitglieder.

Ordentliche Mitglieder:

Appel, Viktor, Dipl.-Ing., Berg- und Hüttenwerks-Gesellschaft Karwin Trzynietz A.-G., Eisenwerk Trzynietz, Trzynietz (Oberschles.); Wohnung: Haus 614. *41* 045

Arendt, Max, Dipl.-Ing., Zivilingenieur, Konsul von Finnland, Luxemburg, Kaiser-Josef-Str. 22. *41* 046

Bohr, Karl, Technischer Direktor, Lindener Eisen- und Stahlwerke G. m. b. H., Hannover-Linden; Wohnung: Hannover, Scharnhorststr. 15. *41* 047

Buchmann, Walter, Dr.-Ing., Leiter der Materialprüfstelle Betriebsgemeinschaft Mitteldeutschland der I.-G. Farbenindustrie A.-G., Bitterfeld; Wohnung: Haus „Chem. Werke Zscherndorf". *41* 048

Engel, Wolfgang, Dipl.-Ing., Witkowitzer Bergbau- und Eisenhütten-Gewerkschaft, Neues Walzwerk, Mähr. Ostrau 10; Wohnung: Mähr. Ostrau 6, Tilschgasse 4. *41* 049

Espenhahn, Ernst, Dipl.-Ing., Abteilungsleiter, Fried. Krupp A.-G., Essen; Wohnung: Essen-Bredeney, Alfredstr. 266. *41* 050

Greulich, Erich, Dr.-Ing., Laboratoriumsleiter, Isolation A.-G., Mannheim; Wohnung: Collinistr. 9. *41* 051

Grünwald, Josef, Ingenieur, Chef der Konstruktionsabt. der Ersten Südslavischen Waggon-, Maschinen- und Brückenbau A.-G., Slav. Brod (Jugoslawien); Wohnung: Trg Kralja Petra 5. *41* 052

Hofer, Johann, Dr. phil., Assistent, Fried. Krupp A.-G., Essen; Wohnung: Essen-Haarzopf, Sonnenscheinsweg 13. *41* 053

Hoffmann, Wilhelm, Oberingenieur, Lindener Eisen- und Stahlwerke G. m. b. H., Hannover-Linden; Wohnung: Badenstedter Str. 48. *41* 054

Kleinsteuber, Rudolf, Dr. phil., Betriebsleiter, Fried. Krupp Grusonwerk A.-G., Magdeburg-Buckau; Wohnung: Magdeburg, Kruppstr. 31. *41* 055

Nießen, Wilhelm, Betriebsingenieur, Stahlwerke Braunschweig G. m. b. H., Watenstedt über Braunschweig; Wohnung: Braunschweig, Gutenbergstr. 6. *41* 056

Pistor, Adolf, Dr. phil., Fabrikdirektor, Vereinigte Aluminium-Werke A.-G., Erftwerk, Grevenbroich (Niederrhein); Wohnung: Adolf-Hitler-Allee 52. *41* 057

Reinhardt, Arthur, Dr.-Ing., Fried. Krupp Grusonwerk A.-G., Magdeburg-Buckau; Wohnung: Magdeburg, Werner-Fritze-Str. 30. *41* 058

Schmidtmann, Eugen-Heinz, Dipl.-Ing., Assistent, Eisenhüttenintitut der Technischen Hochschule Aachen, Aachen; Wohnung: Ludwigsallee 15. *41* 059

Thele, Wilhelm, Ingenieur, Klöckner-Werke A.-G., Werk Osnabrück, Osnabrück; Wohnung: Parkstr. 24 c. *41* 060

Werning, Karl, Ingenieur, Generaldirektor, Dürener Metallwerke A.-G., Berlin-Borsigwalde; Wohnung: Berlin-Dahlem, Böhleinstr. 25 a. *41* 061

Zenner, Hans, Dipl.-Ing., Betriebsingenieur, Gebr. Böhler & Co. A.-G., Edelstahlwerk, Kapfenberg (Steiermark); Wohnung: Redfeldgasse 14. *41* 062

Eisenhütte Südost,

Fachgruppe Bergbau und Hüttenwesen im NS.-Bund Deutscher Technik.

Die Eisenhütte Südost hält am Freitag, dem 17. Januar 1941, im Hörsaal I der Montanistischen Hochschule Leoben einen

Vortragsabend

ab. Es werden sprechen:

17 Uhr: Dipl.-Ing. Dr. phil. Franz Budan, Donawitz: Neuere analytische Schnellverfahren und ihr Wert für die Hüttenwerkspraxis.

18 Uhr: Reg.-Bergrat Dipl.-Ing. Hans Pinsl, Amberg: Die spektralphotometrische Untersuchung von Eisen und Nichteisenmetallen (mit Lichtbildern).

Um 20 Uhr zwanglose Zusammenkunft in der Bürgerstube des „Grand Hôtel", Leoben.

Eugen Böhringer †.

Am 5. November 1940 verstarb in München im 69. Lebensjahr nach schwerer Krankheit Geheimer Landesbaurat Dr.-Ing. E. h. Eugen Böhringer, einer der hervorragendsten Männer der bayerischen Industrie und Wirtschaft. Sein Heimgang hinterläßt eine schmerzliche Lücke auch im Kreise des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute, dem der nunmehr Heimgegangene vier Jahrzehnte lang — zwei davon als Mitglied des Vorstandes — die Treue gehalten hat.

Eugen Böhringer wurde am 17. April 1872 in Göppingen (Württ.) geboren. Er entstammte einer bekannten schwäbischen Fabrikantenfamilie. Schon früh kam er in selbständige Stellungen, in denen er Gelegenheit hatte, seine Organisationsgabe und seine Führereigenschaften zu beweisen.

Um das Jahr 1900 führte er bei den Röchlingschen Eisen- und Stahlwerken in Völklingen grundlegende und umfangreiche Um- und Neubauten durch. Von dort aus ging er zur Deutsch-Luxemburgischen Bergwerks- und Hütten-A.-G., wo er sich besondere Verdienste um die Entwicklung der Großgasmaschinen im Hüttenbetrieb erwarb. Im Jahre 1905 wurde er zur Maxhütte nach Rosenberg berufen; in zäher und anstrengender Arbeit gelang es ihm dort, das Unternehmen nach neuen technischen Gesichtspunkten auszurüsten. Von 1913 bis 1918 war Böhringer stellvertretendes Vorstandsmitglied des Eschweiler Bergwerksvereins, kehrte dann wieder zur Maxhütte zurück, die ihm die technische Oberleitung sowie den Vorsitz im Vorstand der Gesellschaft übertragen hatte.

Im wirtschaftlichen Bereich wirkte Eugen Böhringer weit über die Grenzen seines Werkes hinaus. So hatte er neben seiner Stellung als Vorsitzer des Vorstandes der Maximilianshütte auch den Vorsitz des Vorstandes der in Interessengemeinschaft verbundenen Mitteldeutschen Stahlwerke und die Leitung des Bayerischen Industriellen-Verbandes inne, in dem er allen Gemeinschaftsfragen der Wirtschaft das größte Verständnis entgegenbrachte. Neben dieser erfolgreichen Wirksamkeit als Unternehmer und Betriebsführer fand Geheimrat Böhringer immer noch Zeit und Aufmerksamkeit, seine reichen Erfahrungen und sein vielseitiges Können in den Dienst zahlreicher Industrieunternehmungen, Banken und Versicherungsunternehmungen zu stellen.

Gewohnt, Verantwortung zu tragen, hat er sich in den unruhigen Zeiten nach dem Weltkrieg immer einsatzbereit zur Verfügung gestellt und in uneigennütziger Weise maßgeblich an der Lösung von Gemeinschaftsaufgaben der gesamten deutschen Industrie mitgearbeitet. Besondere Förderung ließ er Mittel- und Kleinbetrieben zuteil werden, deren Blühen zum Nutzen des Volksganzen ihm besonders am Herzen lag; dann aber brachte er auch besondere Aufmerksamkeit dem Bergbau entgegen, für den er als Leiter der ehemaligen Fachgruppe Eisenerzbergbau der Bezirksgruppe Süddeutschland der Wirtschaftsgruppe Bergbau und des Süddeutschen Berg- und Hüttenmännischen Vereins verdienstvoll wirkte.

So zeichnet sich das Bild Eugen Böhringers als das einer Persönlichkeit im besten Sinne des Wortes. Er war kein Mann der engen Fachwissenschaft, seine technische Begabung und sein technisches Können erstreckten sich in gleicher Weise auf das Gebiet des Maschinenwesens und der Elektrotechnik genau so wie auf das Gebiet des Bergbaues und Hüttenwesens. Ueberall gab er Anregungen, überall war er Führer und Lehrmeister.

Nicht weniger anerkannt war er als Beherrscher des kaufmännischen Gebietes in all seinen Sparten, ob es sich um Einkauf, Verkauf, Kalkulation, Bilanz oder Abschluß von Verträgen handelte. Ueberall war er in der Lage, bis in die Einzelheiten hineinzugehen und seinen klugen Rat zu erteilen.

Mit allen diesen Fähigkeiten, die durch zahlreiche Ehrungen, vor allem aus Anlaß seines 25jährigen Dienstjubiläums bei der Maxhütte, anerkannt wurden, paarten sich in Eugen Böhringer als echtem Sohne seiner schwäbischen Heimat jene charakterlichen Eigenschaften, die erst das Bild der Persönlichkeit vollenden, vor allem Energie, Zähigkeit und persönlicher Mut, das einmal als richtig Erkannte gegen alle Widerstände bis zur Vollendung durchzusetzen. Im Grunde seines Wesens war er konservativ. Deshalb begeisterte er sich für alles Neue nur dann, wenn er in der Neuerung einen Fortschritt sah. Daß er aber vorurteilsfrei prüfte, dafür hat er oft Beweise erbracht.

Ein Mann, der mit solcher Ueberlegenheit der Mehrzahl gegenübertreten konnte, hätte, so möchte man glauben, stark bekämpft und angefeindet sein müssen. Das Gegenteil war der Fall, und das verdankt der nunmehr Heimgegangene seinen guten menschlichen Eigenschaften. War die Arbeit getan, der Kampf beendet oder die Entscheidung gefallen, dann kamen diese menschlichen Eigenschaften zur Geltung. Mit viel Sinn für Humor und Geselligkeit begabt, mit großer Liebe zur Natur ausgestattet, mit einer starken, der Familie Böhringer eigenen künstlerischen Ader war er einer der unterhaltendsten Gesellschafter. Stundenlang konnte er als weitgereister Mann über Naturschönheiten, Völker und ihre Lebensgewohnheiten sowie ihre Leistungen sprechen, konnte fesselnde Unterhaltungen auf Grund seines umfangreichen Allgemeinwissens und seiner Belesenheit führen und war als Sänger froher Lieder und wackerer Zechgenosse oft der Mittelpunkt der Gesellschaft.

Mit der Gefolgschaft fand er stets die richtige Verbindung; obwohl jeder wußte, daß er alle Wünsche scharf prüfte, hatte doch jeder das Gefühl, daß er ein warmes Herz für alle hatte und daß ihm klassenkämpferische Ziele fernlagen.

So erscheint es selbstverständlich, daß die Zahl seiner Freunde groß ist und daß er wohl Gegner, aber keine Feinde hinterläßt. Aber auch die, die mit seiner Auffassung nicht übereinstimmten, haben dem Menschen und Kämpfer Böhringer nie ihre Hochachtung versagt. Die aber, die ihm nahestanden, empfinden eine große Dankbarkeit für alles, was er ihnen gegeben hat.

Eugen Böhringer wird auch im Kreise des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute unvergessen bleiben.