

# STAHL UND EISEN

## ZEITSCHRIFT FÜR DAS DEUTSCHE EISENHÜTTENWESEN

Herausgegeben vom Verein deutscher Eisenhüttenleute

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

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

HEFT 19

11. MAI 1933

53. JAHRGANG

### Die technische und betriebswirtschaftliche Entwicklung des Mannesmannrohr-Walzverfahrens.

[Bericht Nr. 100 des Walzwerksausschusses des Vereins deutscher Eisenhüttenleute<sup>1</sup>.]

#### I. Teil: Die technische Entwicklung.

Von Rudolf Mooshake in Düsseldorf-Rath.

*(Entstehung der Schrägwalzerverfindung. Technische Entwicklung der Schrägwalzwerke mit veränderlicher Schrägstellung in den Jahren 1883 bis 1890 und mit fester Schrägstellung nach 1890. Entwicklung der Scheibenapparate. Technische Entwicklung des Pilgerschrittwalzens: Handpilgerei, Federwagen mit Handvorschub und mechanischem Vorschub. Luft- und Wasserbremse, Luftvorholung. Entwicklung der Pilgerwalzenkalibrierung.)*

Die technische und betriebswirtschaftliche Entwicklung des Mannesmannrohr-Walzverfahrens findet immer wieder von neuem die Beachtung der technischen Welt, weil man aus dieser Entwicklung erkennen kann, daß nur eine glückliche Verbindung der überaus züversichtlichen Erfindergedanken mit einer planmäßigen, zähen Betriebsführung und Forschung einerseits und einem klaren kaufmännischen Denken andererseits die Erfolge zu bringen vermag, wie sie sich im Stand der heutigen Mannesmannröhren-Werke zeigen.

Wenn auch ein Vortrag in diesem Sinne dem engeren Fachkreis manches Bekannte bringen wird, so ist es doch wertvoll, sich die bahnbrechende Arbeit der vor uns liegenden Generation vor Augen zu führen. Dann werden wir dankbar anerkennen müssen, daß dies Geschlecht es gewesen ist, das uns den festen Grund geschaffen hat, auf dem wir mit Hilfe unserer hochentwickelten Meßtechnik immer weiter an der Verfeinerung der Verfahren und deren wissenschaftlichen Erforschung arbeiten können.

Beim Quellenstudium hatte der Verfasser Gelegenheit, noch mit einigen alten Mitarbeitern der Gebrüder Mannesmann zu sprechen, die ihm die alten Geschehnisse erzählten, und denen er an dieser Stelle danken möchte. Vor allem gilt sein besonderer Dank Herrn K. Bungeroth, einem der ersten Mitarbeiter der Erfinder, der ihm in freundlicher Weise Unterlagen über die Entwicklung der ersten Schrägwalzwerke zur Verfügung stellte.

#### Die Entstehung der Schrägwalzerverfindung unter dem Gesichtswinkel der heutigen Erkenntnis über das Schrägwalzen.

Aus allen Berichten der neunziger Jahre über die Entstehung der Erfindung ist ersichtlich, welches Aufsehen die Schrägwalzwirkung hervorrief. Nicht nur die Techniker, sondern weiteste Kreise beschäftigten sich mit der neuen Erfindung, die in den Ausführungen der ersten Patentschrift vom 27. Januar 1885 ganz phantastische Erfolge versprach.

<sup>1</sup>) Vortrag vor der Wissenschaftlichen Haupttagung des Vereins deutscher Eisenhüttenleute am 13. Mai 1933 in Düsseldorf. — Sonderabdrucke dieses Berichtes sind zu beziehen vom Verlag Stahleisen m. b. H., Düsseldorf, Postschließfach 664.

F. Reuleaux, der Lehrer der Erfinder und gleichzeitig Freund der Familie Mannesmann, beantwortete zum ersten Male am 16. April 1890 in einem Vortrag vor dem Verein deutscher Ingenieure die Fragen nach dem Entstehen der Erfindung, ob der Zufall, das Glück oder ein planvoller Forscherwille Pate bei der Erfindung gestanden hätten, mit einem Goethewort: „Was ist Erfinden? Es ist der Abschluß des Gesuchten.“ Anschließend entwickelte Reuleaux eine Theorie über das Schrägwalzen, als deren Hauptsatz man wohl herausgreifen kann:

„Es ist, als würde dem Werkstück die eigene Haut über den Kopf hinaufgestreift, was dabei aus dem Block entsteht, ist ein Rohr.“

Diese Ansicht, die mit der heute allgemein geltenden Anschauung über die Schrägwalzwirkung nicht mehr in Einklang zu bringen ist, gibt Veranlassung, die Frage, wie weit die Erfinder die inneren Zusammenhänge bei dem Schrägwalzvorgang erkannt haben, vom Standpunkt unserer heutigen Erkenntnis aus noch einmal zu prüfen.

Zunächst seien jedoch, um ein geschlosseneres Bild zu geben, die äußeren Verhältnisse, welche die Erfinder umgaben und die sie richtunggebend beeinflussen konnten, kurz dargestellt.

Bereits der Vater Reinhard Mannesmann, Mitbesitzer der zur damaligen Zeit weltbekannten Feilenfabrik A. Mannesmann in Remscheid-Bliedinghausen, hatte um 1860, allerdings ohne Erfolg, versucht, aus hohlgegossenen oder hohlgebohrten Blöcken durch Walzen Rohre zu erzeugen. Diesen Gedanken der Rohrerstellung übertrug er auf seine Söhne Reinhard und Max, denen er eine ausgezeichnete technische Ausbildung zuteil werden ließ. Nach Beendigung ihrer Studien an der Technischen Hochschule Berlin, wo sie sich vor allem ausgezeichnete kinematische Kenntnisse aneigneten, begannen sie im Jahre 1878 ihre Erfindertätigkeit. Nach einer Beschäftigung mit den verschiedensten Fragen, wie der Entwicklung eines Schallverstärkers für Telephone, eines neuartigen Torpedos, fingen sie im Jahre 1883 an, sich mit näherliegenden Betriebsfragen der väterlichen Fertigung zu befassen.

Die Firma A. Mannesmann bezog ursprünglich ihr Halbzeug für die Feilenherstellung aus England. Dann aber wur-



den im Anfang der achtziger Jahre Versuche unternommen, den Stahl im eigenen Tiegelofen herzustellen. Dieser Werkstoff wurde zu langen runden Stangen unter Dampfhammern weiterverarbeitet. Darauf folgte nach englischem Vorbild als Schlußbehandlung ein Polieren auf einem Glättwalzwerk, einem Apparat mit zwei schräggestellten Walzen.

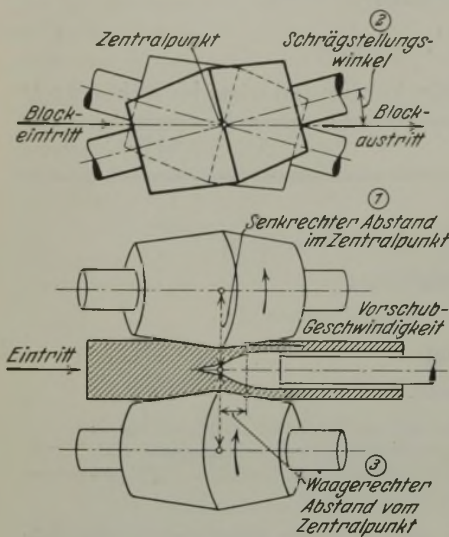


Abbildung 1. Schematische Darstellung der Schrägwalzenanordnung bei dem Mannesmann-Schrägwalzverfahren.

Bei der Teilung dieser polierten Stäbe in kurze, dem herzustellenden Werkzeug entsprechende Längen stellte sich oft ein sehr hoher Ausschub durch feine, vom Inneren ausgehende Risse ein. Ehe man jedoch aus dieser Fehlererscheinung die richtigen Schlüsse für die Rohrfertigung zog, ging ein anderes Vorhaben voraus.

Außer dem Tiegelstahl stellte, wie dem Verfasser Herr Bungeroth überlieferte, die Firma A. Mannesmann mit Hilfe eines Zementierverfahrens einen sehr guten Verbundstahl her, innen mit weichem Kern, außen mit einer harten Schale, der für die verschiedensten Verwendungszwecke, wie Bolzen, Zapfen, Kolbenstangen, reißenden Absatz fand. Bei der Formgebung dieser Teile unter dem Schmiedehammer wurde die kohlenstoffreiche Außenzone an den stark eingezogenen Stellen sehr geschwächt. An die Beseitigung dieses Uebelstandes werden die Brüder Reinhard und Max Mannesmann vor allem gedacht haben, als sie zur Formgebung das Schmieden ausschalten und durch Walzen ersetzen wollten.

Zu diesem Zweck ließen sie sich, soviel feststellbar ist, von der Märkischen Maschinenfabrik in Wetter an der Ruhr einen Apparat aus drei angetriebenen Walzen bauen (vgl. Abb. 5). Die Walzlager befinden sich in zylinderförmigen Einbaustücken, durch deren gleichzeitige Verstellung die Schräglage der Achse von 0 bis  $\pm 9^\circ$  geändert werden konnte. Mit den verschiedensten Kaliberformen und Schrägstellungen versuchten nun die Brüder Reinhard und Max Mannesmann dem Ziel, den Verbundstahl zu profilieren, näher zu kommen, aber ohne Erfolg. Bei diesen Versuchen zeigten die Versuchsblöcke wieder dieselben Fehlererscheinungen im Blockinnern, wie sie bereits bei den im Reeler polierten Stäben beobachtet worden waren.

Es ist die große Geistestat der Erfinder, klar erkannt zu haben, daß diese Fehlererscheinung mit der Schrägwalzwirkung in Zusammenhang steht, und daß es bei bestimmten Voraussetzungen möglich sein müsse, ohne Dorn Hohlkörper zu erzeugen.

Mit dieser Erkenntnis griffen sie den Lieblingsgedanken ihres Vaters, der Herstellung nahtloser Rohre, wieder auf. Die Versuche gegen Ende des Jahres 1884, Anfang 1885, bewegten sich nur in der Richtung der Rohrerstellung. Als es mit einer entsprechenden Kalibrierung und Schräg-

stellung wohl gelang, Hohlkörper, aber mit sehr ungleichem Inneren, zu erzeugen, taten die Erfinder sehr bald den entscheidenden Schritt, zur Glättung der rauhen Innenfläche einen Dorn der Bewegungsrichtung entgegenzusetzen.

Das war etwa der Entwicklungsstand, als sie am 27. Januar 1885 mit ihrem berühmten Patent Nr. 34617 an die Öffentlichkeit traten. Dieses Patent spiegelt in all den Fertigungsmöglichkeiten die noch nicht ganz begrabenen Hoffnungen und Wünsche der Erfinder aus der Zeit wider, wo sie mit ihren Versuchen begannen. Klarer und eindeutiger sind bereits die eineinhalb Jahre später am 13. Juni 1886 erscheinenden Ergänzungspatente, wo im wesentlichen nur das gebracht wird, was Geltung bis zur heutigen Zeit behalten hat.

Nach diesen einleitenden Erklärungen ist man auch in der Lage, die anfangs aufgeworfene Frage zu beantworten, wie weit vom Gesichtspunkt unseres heutigen Wissens die Erfinder die inneren Zusammenhänge erkannt haben.

Die Geschwindigkeitsverhältnisse beim Schrägwalzen wurden zum ersten Male von F. Kocks<sup>2)</sup> für den Sonderfall entwickelt, daß das Walzgut ein Zylinder sei. K. Gruber<sup>3)</sup> hat diese Verhältnisse in allgemeingültiger Weise festgelegt. Aus diesen beiden Arbeiten wissen wir heute, daß die von den Schrägwalzen auf den Block übertragene Vorschubgeschwindigkeit außer von der Umfangsgeschwindigkeit der Walzen (Abb. 1)

1. von dem senkrechten Abstand der Achsen im Zentralpunkt,
  2. von dem Sinus des Schrägstellungswinkels der Walzenachse zur Blockachse im Zentralpunkt,
  3. von dem waagerechten Abstand des Berührungspunktes vom Zentralpunkt
- abhängig ist, und zwar derart, daß für den Zentralabstand = 0 oder für den Schrägstellungswinkel = 0 auch die Vorschubgeschwindigkeit = 0 wird.

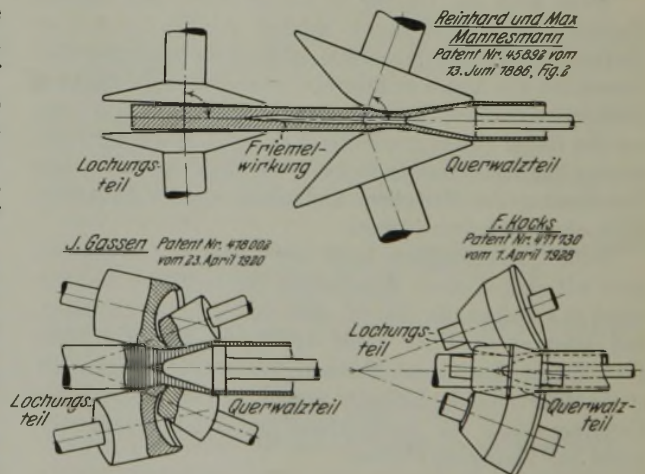


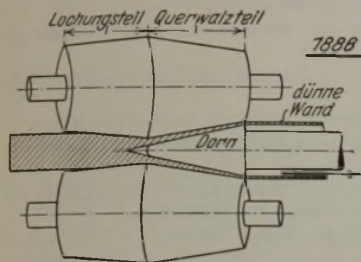
Abbildung 2. Trennung der Schrägwalzenkalibrierung in Lochungsteil und Querwalzteil.

Was sagen die Erfinder zu den Geschwindigkeitsverhältnissen? In der Patentschrift Nr. 34617 heißt es: „Außer der Rotation wird durch die Reibung der Scheiben dem Werkstück noch eine Vorwärtsbewegung erteilt, und zwar um so mehr, je mehr die Höhenlagen der Scheiben (gemeint ist der senkrechte Abstand der Achsen im Zentralpunkt) verschieden ist.“ Weiter heißt es in der Patentschrift Nr. 45892 vom 13. Juni 1886: „Anstatt das Werkstück durch

<sup>2)</sup> Stahl u. Eisen 47 (1927) S. 433.

<sup>3)</sup> Mitt. Kais.-Wilh.-Inst. Eisenforschg.,<sup>3</sup>Düsseld., 12 (1930) S. 285/97.

Schrägstellung oder verschiedene Höhenlagen der Achsen der Walzen oder Rotationskörper vorwärts zu bewegen, können auch mechanische oder hydraulische Vorrichtungen benutzt werden, welche das Werkstück in die Walzen oder Rotationskörper hinein oder durch dieselben hindurch bewegen.“



Reinhard und Max Mannesmann: Patent Nr. 45892, Fig. 10.

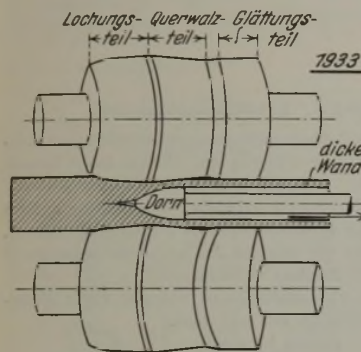


Abbildung 3. Gegenüberstellung der Schrägwalzenform 1886 und 1933.

Aus diesen Ausführungen geht eindeutig hervor, daß die Erkenntnisse der Erfinder über die Geschwindigkeitsverhältnisse sich bereits weitgehend mit den heutigen decken.

Ueber die Formänderung beim Schrägwalzen hat E. Siebel<sup>4)</sup> eine grundlegende Darstellung der Kräftwirkung veröffentlicht. Diese Abhandlung bringt die verschiedenen Auffassungen von Kocks und J. Gassen<sup>5)</sup> auf eine einheitliche Grundlage. Hiernach unterscheidet man heute klar zwischen dem Lochungsteil

und dem Quer-

walzteil. Man weiß, daß im Lochungsteil die Lochbildung eine reine Folge der eine Friemelwirkung im Blockinnern hervorruhenden Dreh- und Druckkräfte ist. Durch den versuchs-mäßigen Nachweis, u. a. auch von A. Nöll<sup>6)</sup>, ist weiter bewiesen worden, daß die Lochbildung auch bei nicht schräggestellten Walzen, wo also keine Vorschubkraft vorhanden ist, eintritt.

Wie haben die Erfinder sich zu diesen Punkten geäußert? Aus dem Patent Nr. 45892, Fig. 2 (Abb. 2), geht die Unterscheidung zwischen Lochungsteil und Querwalzteil durch eine Verlegung auf zwei Paar mit verschiedenen Schrägstellungen ausgerüsteten Walzen klar hervor.

Erwähnenswert ist es, daß derselbe Gedanke in der neuesten Zeit von J. Gassen und F. Kocks allerdings in geänderter konstruktiver Ausführung und unter dem neuen Gesichtswinkel, die Verformungsverhältnisse der verschiedenartigen Arbeitsteilung anzupassen, wieder aufgegriffen worden ist (Abb. 2).

Auch die Fig. 10 des Patentes Nr. 45892, die Abb. 3 in Gegenüberstellung mit der noch heute üblichen Kaliberform darstellt, zeigt die Trennung der Arbeitsbereiche. Die Erfinder sagen über den Lochungsteil und die damit in Zusammenhang stehende Friemelwirkung folgendes: „In den in Fig. 10 verzeichneten Walzen muß gleichfalls eine solche Zuneigung der Arbeitsflächen zueinander und solch eine vorgängige Verminderung des Durchmessers des Arbeitsstückes stattfinden, daß mittels der Knetwirkung der Walzen das Arbeitsstück eine Röhrenform erhalten kann.“

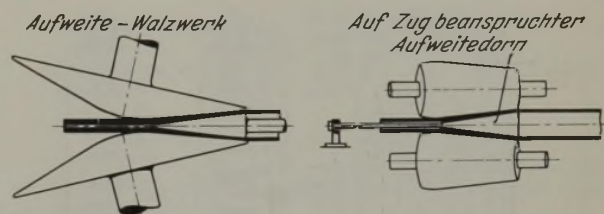
Daß die Lochbildung als Folge der Friemelwirkung unabhängig von der Schrägstellung der Walzen und damit

<sup>4)</sup> Stahl u. Eisen 47 (1927) S. 1685/93.

<sup>5)</sup> Stahl u. Eisen 47 (1927) S. 1661/63.

<sup>6)</sup> Stahl u. Eisen 47 (1927) S. 1692.

der Vorschubgeschwindigkeit ist, kommt in der Patentschrift Nr. 45893 vom 13. Juni 1886 klar zum Ausdruck. Es heißt dort: „Macht man nun den Höhenunterschied der bearbeitenden Scheiben gleich Null oder stellt man die Achsen der bearbeitenden Walzen parallel zueinander, anstatt etwas geschrägt, so geht das Schrägwalzen in ein Querwalzen über“, und weiter heißt es: „... auch können ähnlich wie beim Schrägwalzen durch Querwalzen bei einzelnen Metallen massive Stücke bei geeigneten Verhältnissen hohl oder rohrförmig oder teilweise hohl gewalzt werden.“ Im übrigen ist aus der Gegenüberstellung der Kaliberform 1886 und der noch heute 1933 gültigen (Abb. 3) die grundsätzliche Wandlung in den Verarbeitungszielen zu erkennen. Die Erfinder wollten 1886 die fertige dünne Rohrwand erreichen und hatten dies zuversichtlich in Aussicht gestellt. Heute dagegen wird die Schrägwalze in Verbindung mit dem Pilgerwalzwerk nur noch zur Herstellung dicker Wandstärken benutzt.



Reinhard und Max Mannesmann: Patent Nr. 45892, Fig. 1 und 12.

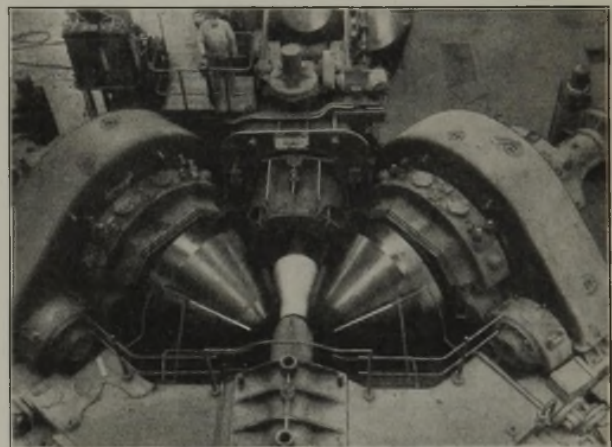


Abbildung 4. Nutzenanwendung der Erfinderiadee aus dem Jahre 1886: Walzwerk zur Herstellung nahtloser Rohre bis 1500 mm Dmr. in Düsseldorf-Rath im Jahre 1933.

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß die Erfindung der Herstellung nahtloser Rohre entstanden ist

1. aus der richtigen Erkenntnis des Zerreißen des Blockinneren als einer Folge der Friemelwirkung,
2. durch zahlreiche Versuche, die sich auf eine gründliche Kenntnis der Geschwindigkeitsverhältnisse aufbauten.

Für die Werkstoffverlagerung hatten die Erfinder ein unbewußt richtiges Gefühl, ohne sich zur letzten Erkenntnis durchzuringen.

Aber noch eine Fähigkeit der Brüder Reinhard und Max Mannesmann muß hervorgehoben werden. Sie gehören zu den größten Meistern in der Patentabfassung. Erst unter diesem sicheren Patentschutz konnten sich die Mannesmannröhren-Werke nach den anfänglichen großen Fehlschlägen zu ihrer späteren Größe entwickeln.

Die Gegenüberstellung in Abb. 4 führt abschließend den außerordentlichen technischen Weitblick der Erfinder vor

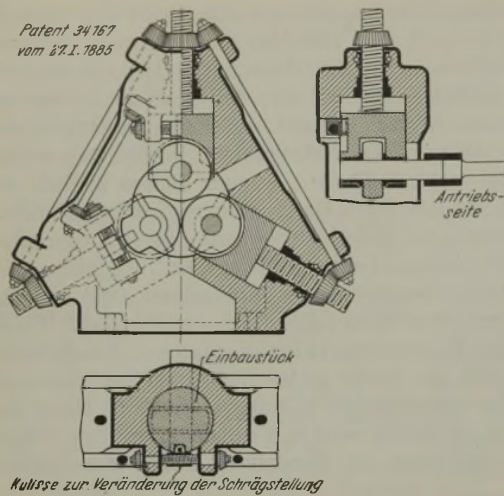


Abb. 5. A-Schrägwalze (erster Versuchsapparat).  
Entwicklungsstand 1883/84.

Walzenanordnung: Drei angetriebene Arbeitswalzen um  $120^\circ$  zueinander versetzt. Schrägstellung veränderlich.

Einbaustücke: Zylinder mit Ausladungen für die Walzlager gestatten zwei Bewegungsrichtungen:

1. Drehung der Zylinder um die Achse verändert die Schrägstellung von  $0$  bis  $\pm 9^\circ$ .
2. Axiale Verschiebung bewirkt das Engerstellen der Walzen.  
Erste Walzenabmessungen: Ballendurchmesser 260 bis 280 mm Dmr., Ballenbreite 110 mm.  
Erste Erzeugung: Hohlkörper 35 mm äußerer Dmr.; 20 bis 25 mm innerer Dmr.; 1000 bis 1500 mm lang. Für Gewehrläufe.  
Versuchsapparat von 1883 bis 1886 in Betrieb.

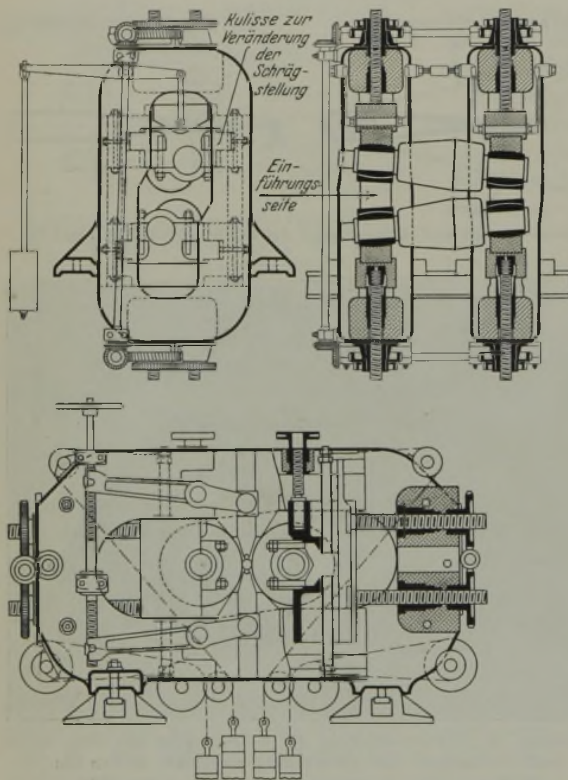


Abb. 6. L-Schrägwalze. Entwicklungsstand 1886.

Walzenanordnung: Zwei waagrecht gelagerte Arbeitswalzen, ähnlich einem Blechwalzwerk. Seitliche Führung des Blockes durch Lineale.

Einbaustücke bestehen aus zwei ineinander laufenden Kulissen. Die innere Kulisse kann durch zwei Spindeln gegenüber der äußeren seitlich verschoben werden und verändert dadurch die Schrägstellung. Auf die äußere Kulisse wirken zur besseren Aufnahme der exzentrischen Kräfte zwei Spindeln, die die Walzlage verstellen.

Walzenabmessungen: Ballendurchmesser 500 mm Dmr.; Ballenlänge 1000 mm; größter Hohlblock 300 mm Dmr.

Ein L-Apparat ist seit 45 Jahren in Betrieb.

Abb. 7. D-Schrägwalze. Entwicklungsstand 1888.

Walzenanordnung: Entspricht derjenigen des L-Apparates, nur daß das ganze System um  $90^\circ$  gedreht ist, um dem Walzenständer eine größere Standfestigkeit zu geben. Schrägstellung veränderlich.

Einbaustücke: Die Lagerhalter gleiten an einem Querhaupt entlang, das durch Ketten, Umführungsrollen und Gewichte in Spannung gehalten wird. Durch die Verschiebung der Lagerhalter wird die Schrägstellung geändert. Gleichmäßige Verstellung des oberen und unteren Führungslineals.

Abbildungen 5 bis 7. Die technische Entwicklung der Schrägwalzwerke.

Augen. Oben ist ein Gedanke der Brüder Reinhard und Max Mannesmann aus dem Jahre 1886, ein Aufweitewalzwerk betreffend, unten die Durchführung in die Wirklichkeit im Jahre 1933 wiedergegeben. Die Aufnahme zeigt das vor einigen Monaten in Betrieb genommene Walzwerk in Rath für Rohre bis 1500 mm Dmr. Bemerkenswert ist vor allem der Gedanke, den Dornschaft hängend anzuordnen und dadurch die Knickgefahr zu beseitigen.

Die Entstehungsgeschichte dieser Erfindung wurde so ausführlich behandelt, weil in diesem Jahre fünfzig Jahre (1883 bis 1933) vergangen sind, seitdem Reinhard und Max Mannesmann ihre Versuche begannen. Man kann den Erfindern keine größere Ehre antun als zu zeigen, daß ihre Gedanken auch heute noch leben.

#### Die technische Entwicklung der Schrägwalzwerke.

Die Entwicklung der Schrägwalzwerke in den Jahren 1883 bis 1890 zeigt das ständige Suchen des Konstrukteurs nach neuen Formen, um den noch vollkommen im unklaren

liegenden Anforderungen des Betriebes gerecht zu werden. Um die Schwierigkeiten zu ermessen, die zur damaligen Zeit die Ausführung von Schrägwalzwerken hervorrief, muß man sich vor Augen halten, daß es sich um ein vollkommen unbekanntes Gebiet handelte, für das einzelne Maschinenelemente erst neu ausgebildet werden mußten. Vor allem hat Max Mannesmann in dieser Richtung Großes geleistet.

Welche Anforderungen wurden in den ersten Entwicklungsjahren an ein Schrägwalzwerk gestellt?

1. sollte die Walzenanstellung, das Enger- oder Weiterstellen der Schrägwalzen, gleichmäßig und gleichzeitig erfolgen, um die Walzung der verschiedensten Abmessungen zu ermöglichen;
2. wurde verlangt, daß die Schrägstellung veränderlich sei.

Daß die Erfinder die Abhängigkeit der Vorschubgeschwindigkeit von der Größe des Schrägstellungswinkels klar erkannt hatten, ist einleitend gezeigt worden. Die Schrägstellung wurde aber überschätzt in ihrem Einfluß auf die

Schematische Darstellung der Veränderung der Schrägstellung

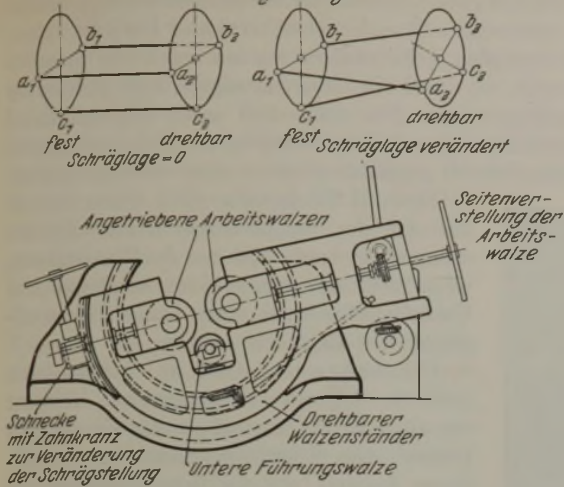


Abb. 8. C-Schrägwalze. Entwicklungsstand 1889.

Walzenanordnung: Die zwei angetriebenen Arbeitswalzen liegen horizontal, die leer laufende Führungswalze befindet sich unterhalb der Walzmitte.

Veränderung der Schrägstellung: Der Walzenständer der Blockeintrittsseite steht fest. Der kreisförmig ausgebildete Walzenständer der Blockaustrittsseite kann durch Prismaführung um seinen Mittelpunkt gedreht werden. Dadurch wird die Schräglage aller Walzen vollkommen gleichmäßig geändert.

Nachteil: Sehr teure Ausführung.

Der einzige Apparat dieser Art ist seit 43 Jahren in Betrieb.

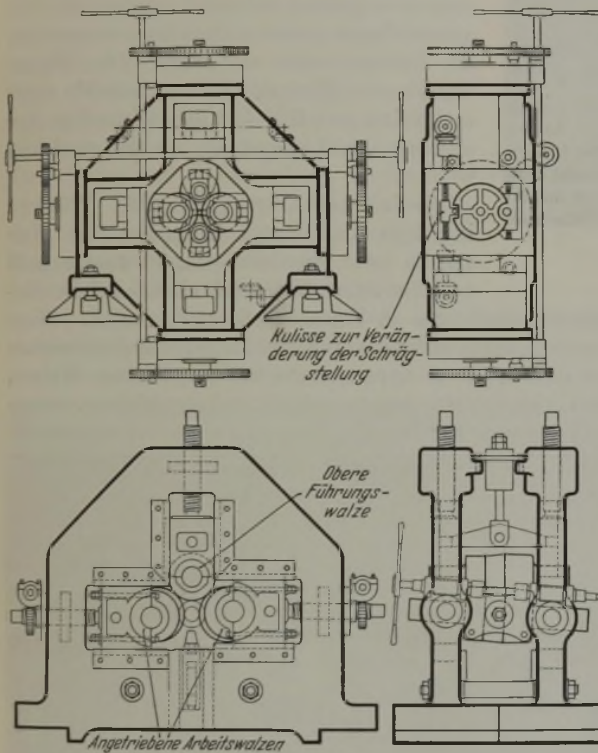


Abb. 9. G-Schrägwalze. Entwicklungsstand 1889.

Walzenanordnung: Die zwei angetriebenen Arbeitswalzen liegen waagrecht, die zwei leer laufenden Führungswalzen senkrecht. Schrägstellung veränderlich.

Einbaustücke: Zylinder mit Ausladungen für die Walzlager. Durch Drehung der Zylinder um ihre Achsen wird die Schrägstellung verändert. Diese Anordnung entspricht derjenigen der A-Schrägwalze. Die Ober- und Unterwalzen wurden sehr bald durch Lineale ersetzt.

Abb. 10. J-Schrägwalze. Entwicklungsstand 1890.

Zwei-Ständer-Anordnung: Die zwei angetriebenen Walzen liegen horizontal. Die leer laufende Oberwalze befindet sich oben. Das untere Lineal soll ein Durchrutschen des Blockes verhüten. Feste, nicht veränderliche Schräglage.

Einbaustücke mit glatten ebenen Gleitflächen. Verzicht auf die gleichzeitige Anstellung aller Walzenlager.

Der J-Apparat ist die Normalform aller später gebauten Schrägwalzwerke.

Abbildungen 8 bis 10. Die technische Entwicklung der Schrägwalzwerke.

Formänderung. Man glaubte für verschiedenartige Werkstoffe auch verschiedene Schrägstellungen anwenden zu müssen. In dieser Beziehung herrschten noch keine klaren Vorstellungen. Durch die Veränderlichkeit der Schrägstellung wollten die Erfinder sich die Möglichkeit frei lassen, die günstigsten Verhältnisse auszuprobieren.

Dieses Verlangen der veränderlichen Schrägstellung verursachte die größten Schwierigkeiten bei der Entwicklung der Schrägwalzwerke, deren Ständerausbildung dadurch maßgebend beeinflusst wurde.

Es liegt nahe, diese Entwicklungsreihe gesondert einmal in der Art der Ständerausbildung und Walzenanordnung, dann in den Verschiedenheiten der Schrägverstellbarkeit zu behandeln. Das Suchen nach der günstigsten Form und das Trennen des Wichtigen vom Unwichtigen dauerte von 1883 bis 1890, dann fand man die Bauart, die bis zum heutigen Tage Geltung behalten hat.

Walzenständerform und Walzenanordnung.

In Abb. 5 bis 10 sind die Hauptausführungsarten, die den Werdegang kennzeichnend herausheben, zeitgerecht aneinandergereiht. Es sind dies sechs verschiedene Schrägwalzwerke, von denen die ersten fünf mit veränderlicher, das sechste mit gleichbleibender Schrägstellung ausgerüstet sind. Jede Schrägwalze trägt die Buchstabenbezeichnung, die ihr zur damaligen Zeit gegeben worden ist.

Von jeder Schrägwalze werden eine schematische Zeichnung und diejenigen Angaben gebracht, die für die Ausführung kennzeichnend sind.

A-Schrägwalze (Abb. 5). Die erste Versuchsschrägwalze — A-Apparat genannt — bestand aus nur einem Ständer, der drei unter 120° versetzt angeordnete angetriebene Arbeitswalzen enthielt. Durch ein durch Zahnräder verbundenes Gestänge konnten die zylinderförmigen Einbaustücke einander genähert oder entfernt werden. Die Walzen, die in gabelförmigen Lagerhaltern dieser Zylinder lagen,

hatten sehr kleine Abmessungen. Der Ballendurchmesser betrug etwa 280 mm, die Ballenbreite 110 mm. So war es möglich, mit dem Versuchsapparat nur sehr kleine Rohre zu erzeugen, zumal da auch die ganze Ausführung den großen Beanspruchungen nicht gewachsen war. Da die Walzen bei sehr kleinem Blockdurchmesser einander nicht genügend genähert werden konnten, wurde die Oberwalze entfernt und durch ein Führunglineal ersetzt. Bemerkenswert ist, daß bei

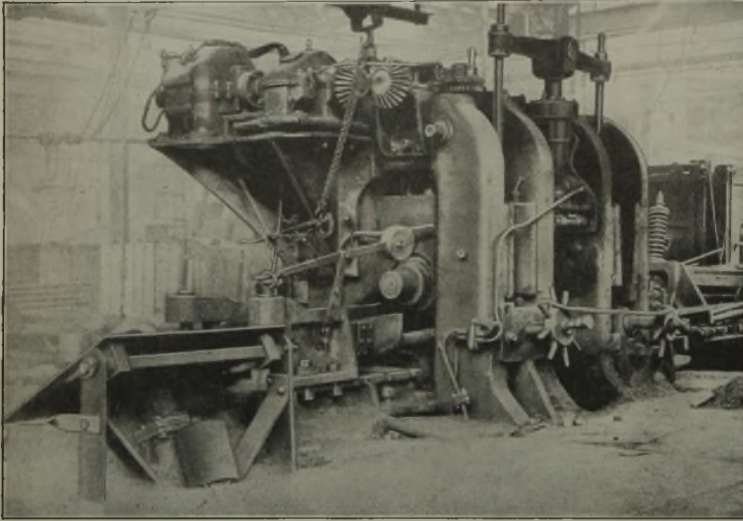


Abbildung 11. L-Schrägwalze, Entwicklungsstand 1886.  
Seit 45 Jahren in Landore in Betrieb.

den anfänglichen Versuchen der Austritt des Blockes aus der Schrägwalze nach der Antriebsseite zu lag. Mit Rücksicht auf die schlechte Anbringung des Dornwiderlagers verlegte man sehr bald die Blockaustrittseite auf die dem Antrieb entgegengesetzte Seite. Der erste Versuchsapparat diente nur den Versuchen in den Jahren 1883 bis 1886, für eine Dauererzeugung erwies er sich als zu schwach.

L-Schrägwalze (Abb. 6). Als man daher im Jahre 1886 dazu übergehen wollte, größere Hohlkörper zu erzeugen, mußte man ein neuartiges Schrägwalzwerk schaffen, das den noch unbekannt großen Beanspruchungen standhalten würde. Nach Bungeroth, dem bei seinem Eintritt in die Firma Mannesmann als erste Aufgabe die Durcharbeitung dieses Planes zufiel, wurde als Vorbild die vom allgemeinen Walzwerksbau her bekannte Form benutzt.

Die L-Schrägwalze zeigte in der Ständerausbildung eine deutliche Verwandtschaft mit einem Blechwalzwerk. Die angetriebenen zwei Arbeitswalzen lagen senkrecht in zwei kräftigen Ständern übereinander. Die seitliche Führung des Blockes wurde durch zwei Lineale übernommen, die in der Abbildung nicht eingezeichnet sind. Die L-Schrägwalze gestattete den Einbau von Walzen mit einem Ballendurchmesser von 500 mm und einer Ballenlänge von 1000 mm. Insgesamt sind von dieser Art zwei Schrägwalzwerke ausgeführt worden.

Als Beweis für die zuverlässige Durchbildung dieser Bauart möge ein Lichtbild eines L-Apparates (Abb. 11) dienen, der 45 Jahre lang auf dem englischen Werk Landore seine Pflicht erfüllt hat. Wohl sind im Laufe der Jahre manche Aenderungen und Ausbesserungen vorgenommen worden. So wurde beispielsweise der frühere Gewichtsausgleich der Oberwalze durch einen Druckwasserzylinder ersetzt und die Walzenanstellung jetzt durch einen Elektromotor bewirkt, aber die Grundform ist erhalten geblieben.

D-Schrägwalze (Abb. 7). Auf den L-Apparat folgte etwa in den Jahren 1887/88 die D-Schrägwalze, die in

der äußeren Form genau der des L-Ständers entsprach, nur daß der ganze Apparat um 90° gedreht wurde, wodurch man eine größere Standfestigkeit erreichte. Die jetzt waagrecht liegenden Arbeitswalzen wurden durch vier Spindeln angestellt, die durch ein Uebertragungsgestänge gleichzeitig verstellbar waren. Das obere und untere Führunglineal konnten durch eine Hebelübertragung mit Hilfe einer gegenläufigen Spindel einander genähert oder entfernt werden.

Diese D-Schrägwalze glich schon sehr in der Art der waagerechten Arbeitswalzenanordnung der heute üblichen Ausführungsform, wenn auch die verwickelten Ausgleich- und Verstellmechanismen einen baulich recht unglücklichen Eindruck machten.

C-Schrägwalze (Abb. 8). Die im Jahre 1888/89 folgende C-Schrägwalze verdient vor allem Erwähnung wegen der eigenartigen Lösung der Schrägverstellbarkeit, weshalb dieser Apparat erst in dem folgenden Abschnitt eingehend behandelt werden soll. Die angetriebenen Arbeitswalzen lagen waagrecht, die Führungswalze unterhalb. Die Walzen wurden wie üblich durch Druckspindeln enger und weiter gestellt. Auf die gleichzeitige Anstellung aller Lagerpunkte ist hier verzichtet worden.

G-Schrägwalze (Abb. 9). Während bei dem L-, D- und C-Apparat die Walzen in zwei Ständern gelagert wurden, griff man im Jahre 1889 noch einmal auf die Ein-

ständerbauart des A-Versuchsapparates zurück. Diese G-Schrägwalze sollte dem Blocken kleinerer Rohrabmessungen dienen. Der A-Apparat hatte drei angetriebene Walzen, die G-Schrägwalze dagegen erhielt zwei angetriebene, waagrecht liegende Arbeitswalzen und zwei senkrecht angeordnete

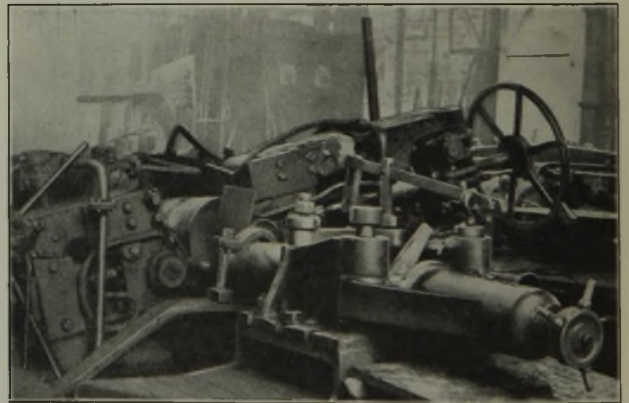


Abbildung 12. C-Schrägwalze, Entwicklungsstand 1889.  
Seit 43 Jahren in Landore in Betrieb.

Führungswalzen. Es war anfangs beabsichtigt, die Arbeits- und Führungswalzen zahnweise ineinander greifen zu lassen, um das Walzgut möglichst umschließend zu führen. Diese Walzenanordnung bewährte sich nicht, die Führungswalzen wurden später durch Lineale ersetzt. Die Anstellung der Walzen konnte durch ein Uebertragungsgestänge allseitig gleichzeitig verstellt werden.

Dies war in großen Zügen die Entwicklung der ersten fünf Schrägwalzapparate, deren kennzeichnendste Eigenart, die Schrägverstellbarkeit, jetzt gezeigt werden soll.

Vorrichtungen zur Veränderung der Schrägstellung.

A-Schrägwalze. Die Einbaustücke der ersten A-Schrägwalze waren zylinderförmig gestaltet. Durch eine

Drehung der Zylinder um ihre Achse mit Hilfe einer verschiebbaren Kulisse konnte die Schrägstellung von 0 bis  $\pm 9^\circ$  verändert werden. Durch ein durch Kegeiräder verbundenes Gestänge war es möglich, die Schrägverstellung bei allen Walzen gleichzeitig durchzuführen.

L-Schrägwalze. Während bei der A-Schrägwalze die Lösung der Schrägverstellbarkeit einfach erscheint, bereitete der gleiche Gedanke bei der Durchbildung des L-Apparates eine sehr große Schwierigkeit, da bei den viel größeren Abmessungen und der vollkommen geänderten Form ein ganz anderer Weg beschritten werden mußte. Durch Ausbildung der Einbaustücke als zwei ineinander laufende Kulissen, die durch zwei Spindeln gegeneinander verschoben werden konnten, wurde das Ziel der veränderlichen Schrägstellung erreicht. Bei diesem Apparat war es aber nicht möglich, die Schrägverstellung an allen Punkten gleichzeitig vorzunehmen.

D-Schrägwalze. Bei der D-Schrägwalze, dem um  $90^\circ$  gedrehten L-Apparat, glitten die Lagerhalter an einem Querhaupt entlang, das durch Ketten, Umführungsrollen und Gewichte in Spannung gehalten wurde. Durch ein Verschieben der Lagerhalter war die Veränderung der Schrägstellung möglich.

In der Praxis hat man sich mit diesem verwickelten Mechanismus nicht anfreunden können. Schon sehr bald wurde bei diesem Apparat auf die Verstellbarkeit verzichtet.

C-Schrägwalze. Eine sehr geniale Lösung, die Schrägstellung zu verändern, stellte der von Max Mannesmann etwa um 1889 eingeschlagene Weg dar, der in der C-Schrägwalze

Schrägwalzapparates. An der Schrägverstellbarkeit ist selbstverständlich seit Jahrzehnten nichts mehr geändert worden.

G-Schrägwalze. Die nun folgende G-Schrägwalze glied in der Art der Schrägverstellbarkeit vollkommen dem A-Apparat. Auch hier waren es Zylinder, die durch eine Kulisse um ihre Achse gedreht wurden und dadurch die Schräglage der Walzen veränderten.

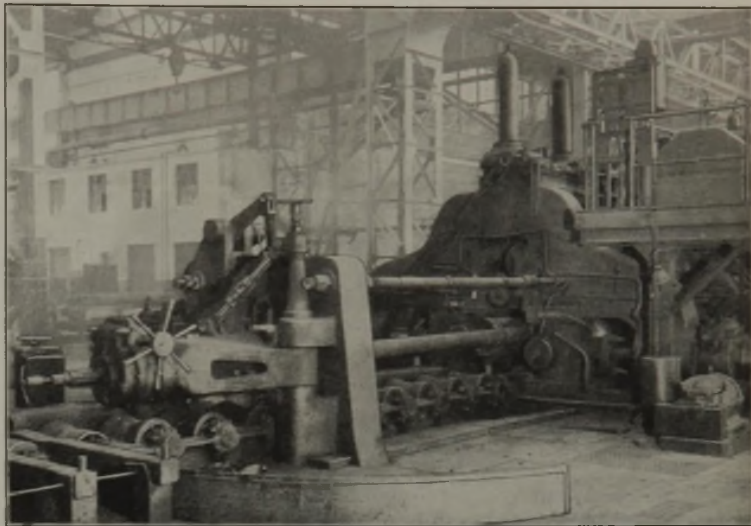


Abbildung 14. J-Schrägwalze, Baujahr 1922/23. Neuzzeitliche Bauart für Blöcke bis 750 mm Dmr.

Ausbildung der Normalbauart aller nach dem Jahre 1890 gebauten Schrägwalzwerke mit fester Schräglage.

Die G-Schrägwalze war der letzte Apparat, der mit allgemein veränderlicher Schrägstellung ausgerüstet wurde. Einerseits waren es die betrieblichen Schwierigkeiten, die von der veränderlichen Schrägstellung abraten ließen. — Sinter und Kühlwasser verschmutzten den Verstellmechanismus so stark, daß nach kurzer Zeit bereits eine Verstellung nicht mehr möglich war; andererseits erkannte man aber auch, daß das Herausgehen über einen gewissen Schrägstellungswinkel keinen Vorteil brachte. Wohl ist es möglich, durch große Schrägstellungswinkel die Walzzeit zu verringern. Solange aber die Schrägwalze nicht den engsten Querschnitt im Fertigungsfluß bildet, und das ist in Verbindung mit einer Pilgerstraße selten der Fall, ist es bei gewöhnlichem Werkstoff richtiger, eine gleichbleibende Schräglage zu nehmen, die bei der Werkstoffverarbeitung die günstigsten Verhältnisse liefert.

Die praktisch erprobteste Schräglage ist  $4\frac{1}{2}^\circ$  Abweichung von der Waagerechten. Die Amerikaner bevorzugen allerdings auch heute noch eine veränderliche Schräglage von 6 bis  $12^\circ$ , um beim Blocken kleinerer Abmessungen eine möglichst hohe Durchsatzleistung zu erhalten. Hier arbeitet aber die Schrägwalze in Verbindung mit einem Stopfenwalzwerk, bei dem ganz andere Vorbedingungen gestellt werden als bei einer Pilgerstraße.

Die erste Schrägwalze mit gleichbleibender Schräglage — J-Apparat genannt — wurde im Jahre 1890 durchgebildet. Abb. 10 zeigt die gegenüber den vorher erläuterten Schrägwalzen um vieles vereinfachte Form, die für alle später gebauten Schrägwalzwerke Geltung behalten hat.

In Abb. 13 eines aus der damaligen Zeit stammenden J-Schrägwalzwerkes sind die waagrecht liegenden angetriebenen Arbeitswalzen und die oben angeordnete Führungswalze zu sehen. Die Walzen wurden in zwei Ständern durch

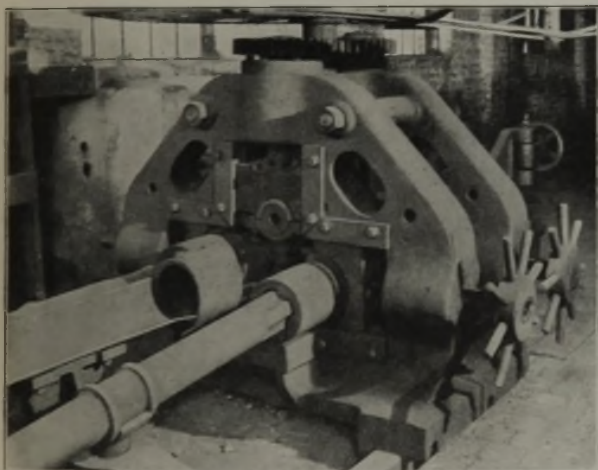


Abbildung 13. J-Schrägwalze, Entwicklungsstand 1890.

verwirklicht wurde. In Abb. 8 ist oben dieser Gedanke schematisch erläutert worden. Zwei gleichgerichtete Scheiben sind durch Linien verbunden. Hält man die linke Scheibe fest und dreht die rechte Scheibe um einen bestimmten Winkel, so verändert sich die Schräglage der Verbindungslinien vollkommen gleichmäßig. — Die Scheiben stellen die Ständer, die Verbindungslinien die Walzenachsen dar.

Der der Antriebsseite zu liegende Ständer stand fest, der andere Ständer konnte, geführt in einem Prisma, um den Mittelpunkt des Systems gedreht werden, wie in der Abbildung ersichtlich. Die Ausführung dieser Bauart erwies sich als sehr teuer, so daß nur ein Apparat gebaut worden ist, der aber heute noch nach 43jähriger Tätigkeit arbeitsfähig ist. Abb. 12 zeigt ein Lichtbild dieses sonderbaren

kräftige Einbaustücke mit ebenen Gleitflächen geführt. Um ein Durchrutschen des Walzgutes nach unten zu verhindern, wurde ein Lineal angebracht, das aber mit der Blockführung selbst nichts zu tun hatte. Das Blocken fand über dem Zentralpunkt der Arbeitswalzen statt, wodurch sich zwischen der Walzgutachse und den beiden Arbeitswalzenachsen verschieden gelagerte Zentralpunkte einstellten. Das rief eine Unsymmetrie in den Arbeitsverhältnissen hervor. Es gehörte eine große Erfahrung dazu, die Walzen so zu stellen, daß der Hohlblock nicht wellenförmig, sondern gerade die Schrägwalze durchlief.

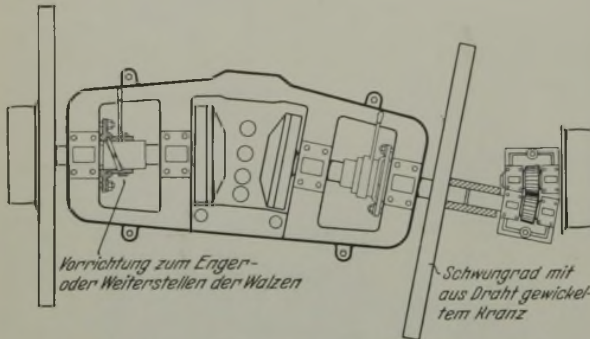


Abbildung 15. E-Scheibenapparat aus dem Jahre 1888.

Mit Schrägwalzwerken der J-Form sind im Laufe der Jahrzehnte alle Mannesmannröhren-Werke ausgerüstet worden. Die weitere technische Entwicklung bewegt sich ganz im Rahmen der üblichen Fortentwicklung des allgemeinen Walzwerksbaues. Elektrische Walzenanstellung, bessere Lagerungsverhältnisse, zentrale Schmierung, einwandfreiere Kammwalzgerüste, elektrische Antriebe ohne Schwungrad mit veränderlicher Drehzahl, das sind einige Merkmale der neueren Entwicklung.

Die Grundform der J-Schrägwalzwerke aber ist geblieben; Abb. 14 zeigt die im Jahre 1922/23 gebaute Schrägwalze für Blöcke bis 750 mm Dmr. Auf dem Bilde ist leider nicht zu erkennen, daß der Einbau einer schmutzsicher gelagerten Unterwalze möglich ist, was ein genaues Inder-Mitte-Walzen und ein möglichst umschließendes Fassen des Walzgutes gestattet. Bei diesem Blockapparat sorgen genaue Anzeigevorrichtungen dafür, daß die Art der Walzenstellung genau überwacht werden kann.

Der Vollständigkeit wegen sei an dieser Stelle erwähnt, daß in einem englischen Schwesterwerk Anfang des Krieges eine Schrägwalze, ähnlich dem J-Apparat, gebaut wurde mit dem baulichen Unterschied, daß die Gleitflächen der Einbaustücke als schiefe Ebenen ausgebildet waren. Hierdurch veränderte sich die Schräglage der Walzen beim Blocken großer Hohlblockdurchmesser selbsttätig von höchstens  $4\frac{1}{2}^\circ$  auf mindestens  $2\frac{1}{2}^\circ$ , wodurch eine bessere Ausnutzung der Antriebskraft erreicht wurde.

Entwicklung der Scheibenapparate als Zwischenlösung zur Erzeugung von Rohren mit üblicher Wandstärke.

Nach der Beschreibung der baulichen Entwicklung der Schrägwalzwerke ist es erforderlich, noch einmal in die erste Zeit der Erfindungsentstehung zurückzugehen und sich vor Augen zu halten, was die Erfinder von der Schrägwalze

für die Rohrherstellung erwarteten. Das Ziel der Erfindung war, Rohre in den üblichen Handelslängen von 5 bis 7 m in einem Fertigungsgang herzustellen, und zwar mit einer solchen Wandstärke, daß sie mit den geschweißten und gußeisernen Rohren in Wettbewerb treten konnten.

Mit unendlicher Mühe und Zähigkeit wurde immer wieder von neuem versucht, aus dem massiven Block das fertige Rohr in einem Walzgang in der Schrägwalze zu erzeugen. Beachtet man die sehr große, etwa 15fache Streckung zwischen Vor- und Fertigquerschnitt, so ist es erklärlich, daß eine solche Formänderung nur in einer entsprechenden Anzahl von Stichen vor sich gehen kann.

Wenn auch die Arbeit des Querwalztes der Schrägwalze als eine Reihe von aufeinanderfolgenden Walzstichen, abhängig von der Größe des Werkstoffvorschubes, aufzufassen ist, so treten zu diesen reinen Querwalzkräften noch Verdrehungs- und Verzerrungsbeanspruchungen hinzu, die bei der wenig geschlossenen Umfassung des Walzgutes durch die Walzen zu einem Zerreißen des Werkstoffs führen mußten.

Eine weitere Schwierigkeit entstand durch das Ausknicken der auf hohen Druck beanspruchten 7 m langen Dornstange.

Dünnwandige handelsübliche Rohre waren auf der Schrägwalze nicht zu erreichen, wohl aber Hohlkörper mit dicker Wand. So waren die Erfinder gezwungen, nach Auswegen zu suchen, um die Verminderung der Wand zu erreichen. Das Kaltziehen über dem Dorn oder Stopfen war für übliche Handelsware wegen der vielen Zwischenglühungen viel zu teuer. Ein anderer gangbarer Weg schien

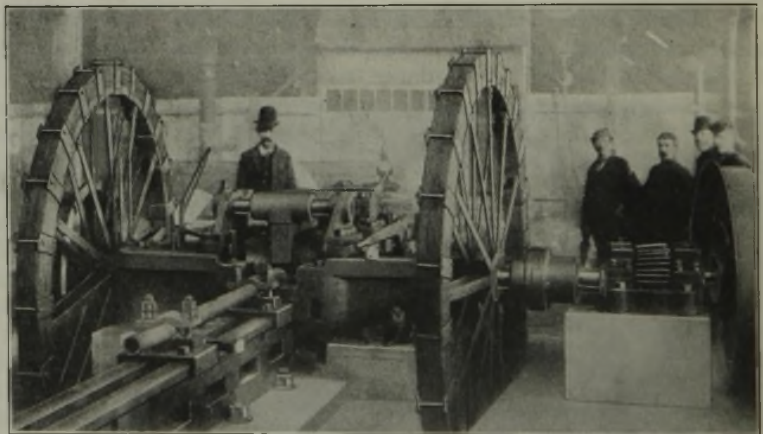


Abbildung 16. Scheibenblockwalze aus dem Jahre 1890. Standort: Landore.

in der Aufweitung der Rohrluppen durch Scheibenwalzwerke zu liegen, deren grundsätzliche Anordnung bereits in dem ersten Patent Nr. 34617 niedergelegt wurde.

Abb. 15 zeigt schematisch die Anordnung eines Scheibenapparates, wie er in mehrfacher Ausführung in den Jahren 1886 bis 1889 ausgeführt worden ist. Die beiden Scheibenachsen waren etwas geneigt zueinander gelagert. Die Höhenlage der Achsen konnte zur Regelung des Werkstoffvorschubes durch Unterlegscheiben unter die Hauptlager verändert werden. Jede Achse trug ein Schwungrad, das wegen der hohen Umdrehungszahlen nicht aus Gußeisen bestand, sondern einen aus Draht gewickelten Kranz hatte. Die Scheiben konnten durch je einen Verstellmechanismus genähert oder entfernt werden. Die Achsen wurden von einer gemeinsamen Transmissionswelle aus angetrieben. Diese Scheibenapparate wurden zum Aufweiten verwandt, nur in einem einzigen Falle ist ein solcher Scheibenapparat in Landore (England) auch zum Blocken massiver Blöcke benutzt worden.



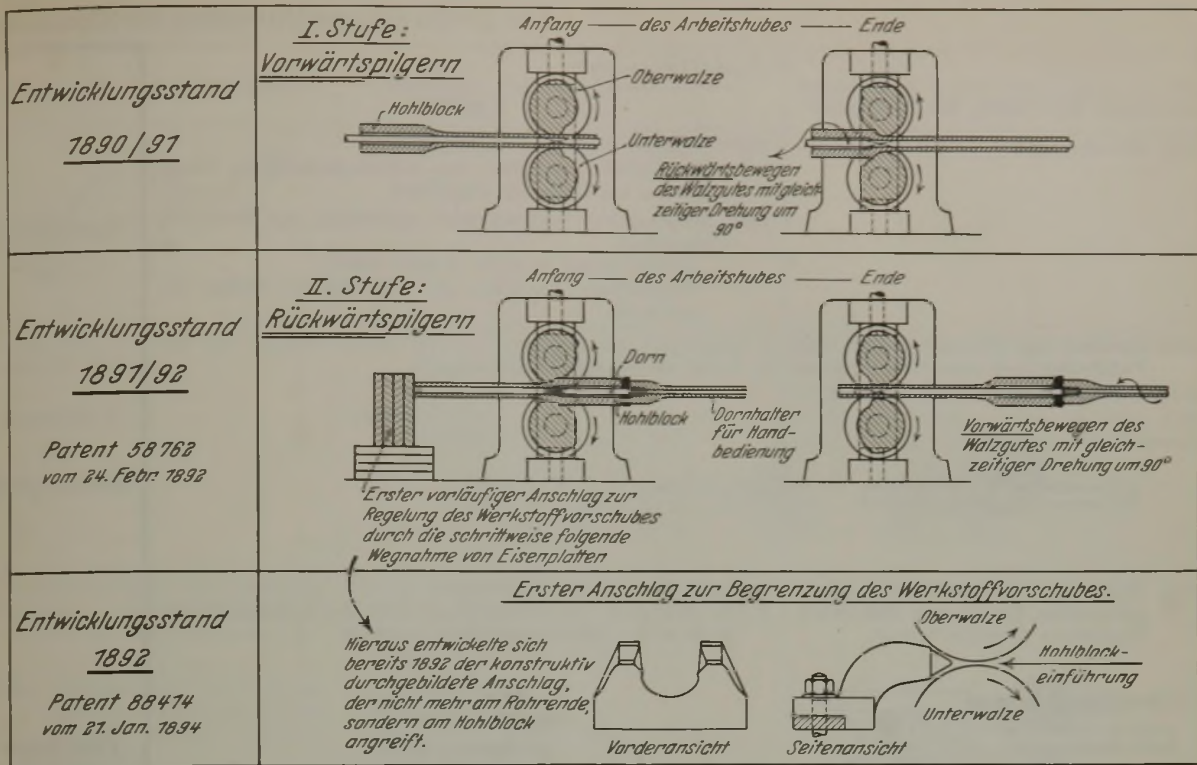
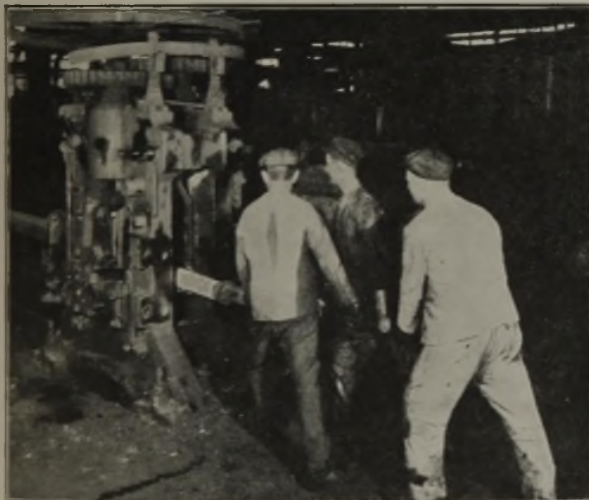


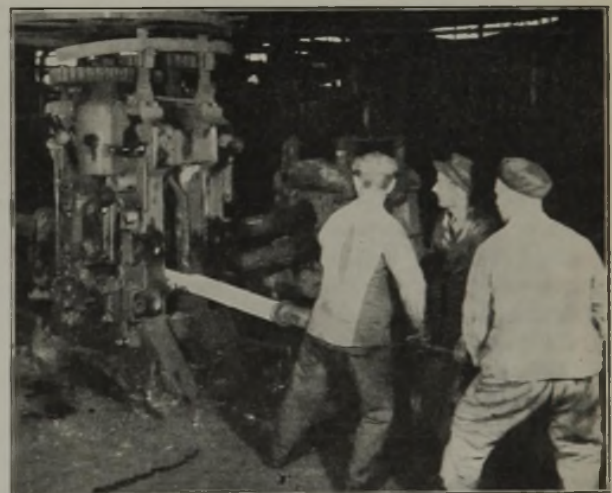
Abbildung 17. Die Entstehung des Pilgerschritt-Walzverfahrens.

Abb. 16 zeigt ein Lichtbild dieses Scheiben-Blockapparates aus dem Jahre 1890. Vorn liegt die Blockeinführungsseite. Deutlich sind die Schwungräder aus Draht zu erkennen.

Der größte Scheibenapparat des Jahres 1889/90 war imstande, Rohre bis 300 mm Dmr. aufzuweiten. Das Auf-



Der Hohlblock im Augenblick des Walzenangriffs.



Ende des Arbeitshubes. Durch Menschenkraft wird der Block, um 90° gedreht, der Walze wieder zugeführt.

Abbildung 18. Die Handpilgererei im Jahre 1892.

weiten der Rohrluppen konnte jedoch nicht den erhofften Erfolg bringen, weil wohl eine Wandverringernng, aber keine Längenstreckung eintrat. Die dickwandigen Rohrluppen mußten annähernd dieselbe Länge haben wie das dünnwandige Fertigrrohr, was mit Rücksicht auf die Dornausknickung von großem Nachteil war.

Man mußte nach einem neuen Weg suchen, und diesen fand man in der Erfindung des Pilgerschrittwalzens, dessen Entstehung und Entwicklung im folgenden gezeigt werden soll.

**Die technische Entwicklung des Pilgerschrittwalzens.**


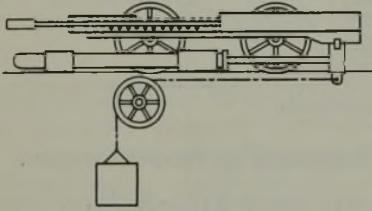
**Die Entstehung des Pilgerschritt-Walzverfahrens.**

Während das Schrägwalzen in Remscheid entwickelt worden ist, liegt der Geburtsort des Pilgerwalzens in Komotau in Deutsch-Böhmen (Tschechoslowakei). Dort wurde im

Jahre 1888 ein Röhrenwerk in den vorhandenen Hallen eines stillgelegten Puddelwerkes errichtet. In diesem alten Werk befand sich noch ein Rundeisenwalzwerk, das dem Auswalzen der Schweißisenluppen gedient hatte.

An dieser Straße wurden alle möglichen Walzversuche unternommen, aus den dickwandigen Hohlblöcken des Schrägwalzwerkes dünnwandige Rohre zu erzeugen. Teils wurden die Rohre mit einem Dorn ausgewalzt, teils versuchte man die Rohre mit Sand zu füllen, beiderseits zu verschließen und auszuwalzen. Aber diese Versuche

Tafel I. Die zeitliche Entwicklung der Hilfsarbeiten

Werkstoffvorschub		Regelung	
Technische Einrichtung und Kraftquelle			
1891. Menschenkraft.		1891. Während der ersten Versuche: Provisorische Anschläge aus aneinandergereihten Eisenplatten, am Rohrende angreifend. 1892. Anschlag am Walzenständer angebracht, am Hohlblock angreifend. Patent 88 414 vom 21. Januar 1894. Verstellbare Anschläge an verschiedenen Stellen angreifend.	Handpilgerei ←
1893. Handrad mit Zahnrad bewegt den Federwagen auf einer festliegenden Zahnstange schrittweise vorwärts.		1. Durch den Anschlag. 2. Durch Drehung des Handrades.	Federwagen mit Handvorschub
1893. Vorschubschlitten mit dem lösbar gekuppelten Federwagen wird durch Zuggewicht vorwärts bewegt.		1. Durch Stellung des Anschlages. 2. Die Bewegung des Zuggewichtes wird durch hydraulischen Druck in den Rückzugzylindern gesteuert.	Federwagen mit mechanischem Vorschub
1908. Vorschubschlitten und Pilgerwagen vereinigt. Vorschub: hydraulisch.		1908. Anschlag, am Hohlblock angreifend, wird überflüssig. Vorschubregelung: 1. Bewegung des Vorschubkolbens wird durch Ausströmen des Wassers aus den Rückzugzylindern geregelt. 2. Durch genaue Kolbenendlage bei der Flüssigkeitsbremse.	

befriedigten nicht. Da faßte Max Mannesmann im Jahre 1890 den Gedanken, den Werkstoff nicht fortlaufend in einem Stück auszuwalzen, sondern das Walzenkaliber auf einem gewissen Teil des Umfanges durch eine Aussparung zu unterbrechen und schrittweise zu walzen. Nach jedem Walzvorgang sollte das Walzgut unter Drehung um 90° in die Anfangslage zurückgeführt werden.

Abb. 17 zeigt oben die erste Entwicklungsstufe des Pilgerschritt-Walzverfahrens.

Die Walzen drehten sich in der Zuführungsrichtung des Hohlblockes. Beim Anfang des Arbeitshubes befand sich der dünne, bereits ausgewalzte Rohrteil im ersten Walzenangriff. Der Werkstoff wurde wie bei einem gewöhnlichen Rundeisenwalzwerk in die Walze hereingezogen. Am Ende des Arbeitshubes befand sich das dicke Hohlblockende mit dem Walzkaliber in Berührung. Jetzt setzte die Aussparung ein, das Walzgut wurde um ein etwas geringeres Stück, als der Walzhub betrug, zurückgezogen und gleichzeitig um 90° gedreht. Der Walzvorgang konnte neu beginnen.

Dieser Gedanke war praktisch nicht durchführbar. Bei einem nicht richtigen Zurückziehen des Walzgutes konnte es vorkommen, daß die Walzen zu früh den dicken Hohlblockteil faßten und dadurch natürlich zerbrachen.

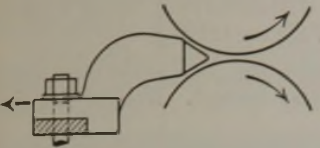
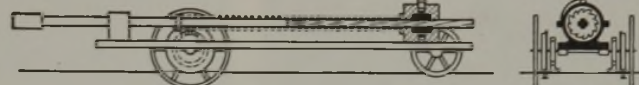
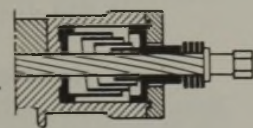
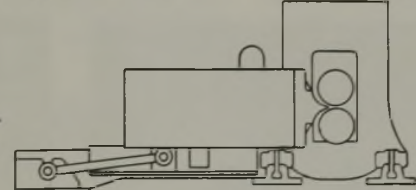
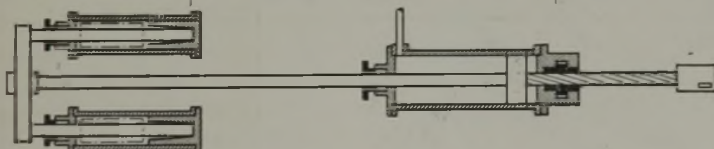
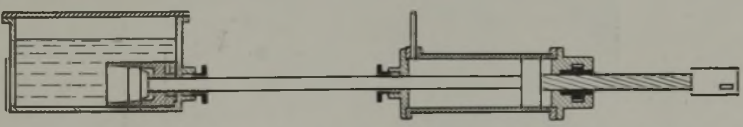
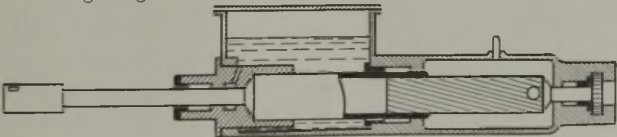
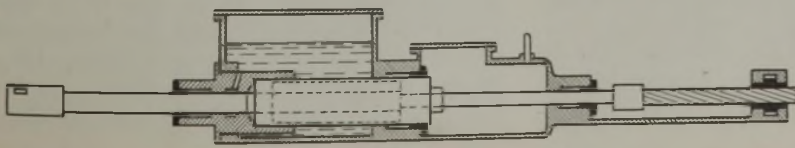
Da war es ein reiner Praktiker, der Obermeister Brüser, der den Versuchen eine grundlegend andere Richtung gab. Brüser war früher einmal in einer Drahtstiftfabrik in

Hamm tätig gewesen, wo die Drahtstifte von zwei Walzen angespitzt wurden, die sich entgegengesetzt der Zuführungsrichtung der Drahtstifte drehten. Aus dieser Kenntnis heraus versuchte er das Pilgern einmal von der entgegengesetzten Seite, wie es die zweite Entwicklungsstufe in Abb. 17 zeigt. Dieser Schritt brachte den Erfolg. Jetzt begann der Arbeitshub mit dem dicken Blockende und endigte mit dem dünnen Rohrteil. Das Vorbringen und Drehen des Walzgutes von Menschenhand brauchte jetzt nicht mehr so genau abgepaßt zu werden.

Ende des Jahres 1891 wurde das erste Rohr mit 68 mm äußerem Durchmesser, 5 mm Wand und 3 bis 4 m Länge gepilgert. Aber noch eine andere Schwierigkeit war zu überwinden. Am Anfang hatte man sich damit begnügt, den Uebergang zwischen Walzkaliber und Aussparung einfach mit dem Meißel gut abzurunden. Heute wissen wir, wie genau es darauf ankommt, gerade dem Angriffsteil des Pilgerkalibers, Pilgermaul genannt, eine der Formänderung günstige Form

Luftwagen mit Wasserbremse

beim Pilgerschritt-Walzverfahren. 1891—1932.

Abbremsung der Vorholenergie	Vorholung des Walzgutes	Drehung bei jedem Pilgerschritt
	<p>1891. Menschenkraft.</p>	<p>1891. Menschenkraft.</p>
<p>Durch den Anschlag am Walzenständer befestigt.</p>	<p>1893. Erster Versuch: Von Dampf angetriebener Kolben bewährt sich nicht. 1893. Federkraft. Ausbildung eines Federwagens.</p> 	<p>1893. Erster Versuch: Um 90° hin- und herpendelnde Drehvorrichtung bewährt sich nicht. 1893. Drallspindel mit steilem Gewinde. Sperrmutter gestattet nur Drehung in einer Richtung. Drehwinkel abhängig von der Länge des Walzweges.</p>
<p>Durch den Anschlag. Störungsquelle! Die starken Federstöße übertragen sich auf den Walzenständer.</p>	<p>Patent 91 212 vom 22. November 1895. Ausdrücklich wird hier außer der Federvorholung bereits die Luftvorholung erwähnt.</p>	
<p>1893. Abschwächung der Vorholstöße im Federwagen zur Vermeidung ständiger Betriebsstörungen a) durch Vulkanfiberringe; b) durch Pufferfeder.</p>		
<p>1895. Anschlag getrennt vom Walzenständer an einer Schabotte großer Masse angebracht, wie bisher am Hohlblock angreifend. Zusatzpatent 98 238 vom 23. Juli 1897.</p>		
<p>1908. Flüssigkeitsbremse, bestehend aus zwei seitlich liegenden Bremszylindern. Patent 243 786 vom 10. März 1910. Flüssigkeitsbremse.</p>	<p>1908. Vorholung durch komprimierte Luft, wie am 22. November 1895 vorgeschlagen, erstmalig praktisch durchgeführt.</p>	<p>Drehung wie beim Federwagen durch Drallspindel, die zwischen Luftvorholung und Dornhalter liegt.</p> 
<p>1910. Flüssigkeitsbremse zentral zur Dornachse gelagert. Stabilere Betriebsverhältnisse. Bremszylinder getrennt vom Vorholzylinder.</p>		
<p>1912. Vereinigung von Wasserbremse — Luftvorholung — Drehvorrichtung in einem Gehäuse zur Verringerung der schwingenden Massen, besonders geeignet für Rohre kleineren Durchmessers bis 150 mm Dmr.</p>		<p>Patent 287 708 vom 30. April 1913, läuft ab am 29. April 1936.</p>
<p>1923. Vereinigung von Wasserbremse und Luftvorholung in einem Zylinder für Pilgerwalzwerke für die größte Rohrdimension bis 620 mm Dmr.</p>		<p>1923. Leichte Auswechselbarkeit der Drallspindel zur Anpassung der Drehung an den Walzweg. 1929. Regelbare Drehvorrichtung durch Hin- und Herschwingen der Sperrmutter zwischen veränderlichen Anschlägen. Patent 549 813 vom 22. 8. 1929.</p>

zu geben. Es ist das Verdienst des damals noch jungen Betriebsleiters G. de Grahl, die Maulkurvenform so gestaltet zu haben, daß handelsübliche Rohre gewalzt werden konnten, eine für die damalige Fortentwicklung des Pilgerschrittverfahrens außerordentlich wichtige Tat.

Erwähnenswert ist die Entwicklung der Regelung des Werkstoffvorschubes. In der Komotauer Walzhalle lagen

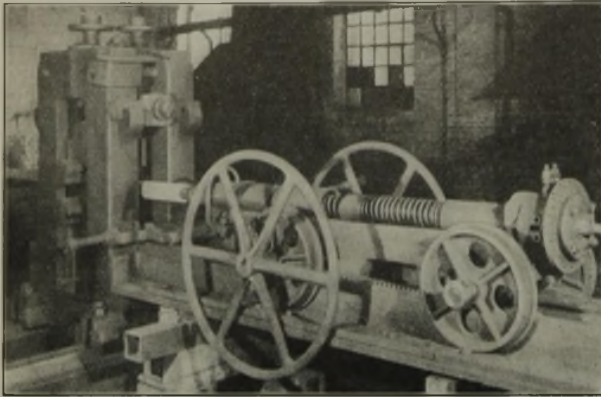


Abbildung 19. Der erste Federwagen mit Handvorschub. Entwicklungsstand 1893.

noch von dem Puddelwerk her Stapel alter Eisenplatten. Diese baute Brüser, wie aus der *Abb. 17* ersichtlich, hinter der Straße auf. Bis zu diesem Anschlag wurde das Rohr bei der Vorholung geschoben. Auf ein Zeichen zog ein Mann jedesmal eine Eisenplatte weg, so daß das Walzgut um dieses Stück weiter vorgeschoben werden konnte. Aus dieser notdürftigen Einrichtung entwickelte sich im Jahre 1892 der baulich durchgebildete Anschlag, der nicht am Rohrende, sondern am dicken Hohlblockteil angriff und am Walzenständer befestigt wurde.

*Abb. 18* zeigt in zwei Lichtbildern die Art der Handpilgerei aus dem Jahre 1892. Links ist das Vorbringen des Walzgutes durch die Walzer zu sehen. Im nächsten Augenblick wird das Walzgut durch die Walzen zurückbewegt werden. Die Endlage zeigt das rechte Bild. Jetzt beginnt die Vorholung und gleichzeitige Drehung. Es ist erklärlich, daß die Arbeit des Handpilgers sehr schwierig war. Beim Pilgern kleinerer Rohre von etwa 50 mm Dmr. waren drei Kolonnen von je drei Mann in Ablösung erforderlich. Nach jedem fünften Rohr trat ein Wechsel ein. Bei den größten mit Hand gepilgerten Rohren von 159 mm äußerem Dmr. standen zehn Mann an dem Dornhalter. Sehr bald bemühte man sich darum, die schwierige Menschenarbeit durch mechanische Einrichtungen zu erleichtern.

Die technische Weiterentwicklung des Pilgerschrittwalzverfahrens kann am besten durch Zerlegung des Vorganges in einzelne Arbeitsvorgänge erläutert werden.

Eine klare Trennung läßt sich durchführen: 1. für die als Hilfsarbeiten zu bezeichnenden Einzeltätigkeiten während des Freilassens des Walzgutes durch die Walzen-

ausparung; 2. für die eigentliche Walzarbeit, die in dem Abkneifen und anschließendem Strecken des Werkstoffs besteht und durch die Ausbildung der Walzenkalibrierung bewirkt wird.

Die Entwicklung der Hilfsarbeiten beim Pilgerschritt-Walzverfahren.

Beim Handpilgern wurden die Hilfsarbeiten durch die Walzer und den Anschlag besorgt. Welcher Art sind diese Hilfsarbeiten?

Nach dem Walzvorgang muß der Block vorgeholt, und zwar gegenüber dem Walzhub vermehrt um den Werkstoffvorschub, und gleichzeitig gedreht werden. Aus diesen Tätigkeiten ergibt sich die Unterteilung der Hilfsarbeiten in: 1. Drehung des Walzgutes, 2. Vorholung, 3. Abbremsung der Vorholenergie, 4. Regelung des Werkstoffvorschubes. Die augenfälligste Entwicklung des Pilgerschrittwalzverfahrens in den ersten Jahrzehnten liegt auf dem Gebiet der Hilfsarbeiten, weshalb diese Entwicklung zuerst gezeigt werden soll.

Auf dem Uebersichtsblatt (*Tafel I*) wird die Entwicklung der einzelnen Hilfsarbeiten in schematischer Darstellung entsprechend dem zeitlichen Entstehen gezeigt.

In den Jahren von 1890 bis 1907.

Handpilgern.

Bei der Handpilgerei wurden alle Hilfsarbeiten von Menschenkraft besorgt, nur der Werkstoffvorschub wurde von einem Ausschlag begrenzt.

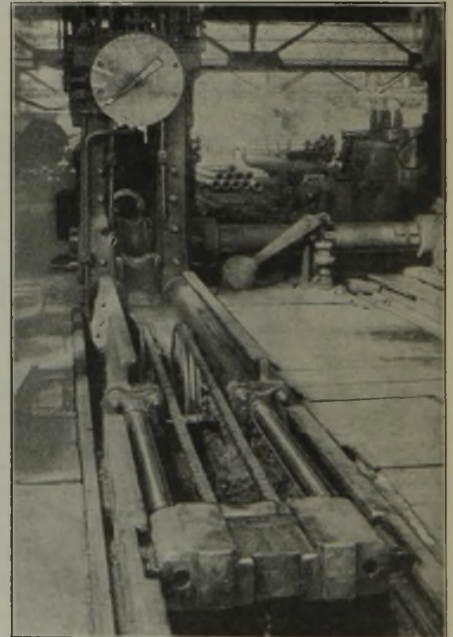
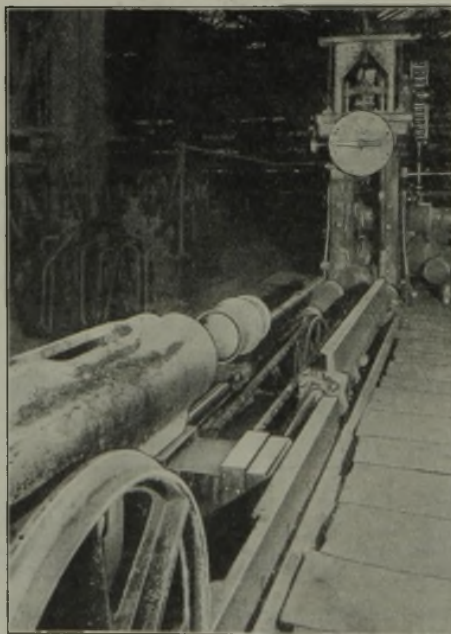


Abbildung 20.

Mechanisierung des Vorschubes. Trennung zwischen Vorschubschlitten und Pilgerwagen.]

Federwagen mit Handvorschub.

Zu Anfang des Jahres 1893 wurden die ersten Versuche unternommen, die Vorholung durch einen Dampfkolben und die Drehung durch einen um 90° hin und her pendelnden Mechanismus zu ersetzen. Diese Einrichtungen bewährten sich nicht.

Brauchbare Erfolge lieferte Ende des Jahres 1893 der erste Federwagen, der in *Abb. 19* wiedergegeben ist. Der Werkstoff wurde durch ein Handrad mit Zahnrad und festliegender Zahnstange vorgeschoben. Die Vorholung erfolgte mechanisch durch eine Feder. Im Innern dieser Feder lag eine Drallspindel, die beim Walzhub fest stand

und die Sperrmutter am hinteren Wagenende drehte. Bei dem Vorwärtsschnellen des Vorholmechanismus hinderten Klinken die Sperrmutter an der Drehung, wodurch die Drallspindel und damit das Walzgut um einen von der Länge des Walzhubes und der Drallsteigung abhängigen Winkel gedreht wurde.

Der in *Abb. 19* gezeigte Wagen arbeitete noch bis zum Jahre 1929 für Rohre von 50 mm Dmr. in dem englischen Werke Landore.

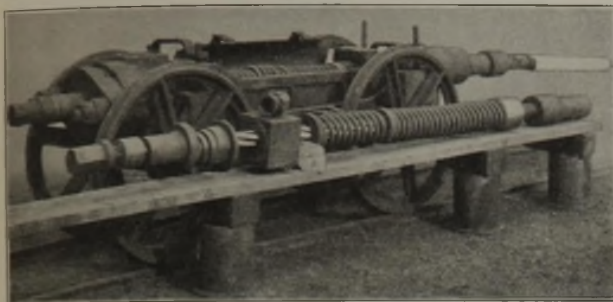


Abbildung 21.

Abfederung der Vorholenergie durch Vulkanfiberringe und Pufferfeder. Drallspindel im Inneren der Vorholfeder liegend.

Bei größeren Rohrgewichten und dementsprechend schwererer Ausführung der Pilgerwagen bereitete das Vorschieben von Hand Schwierigkeiten.

Federwagen mit mechanischem Vorschub.

Um die Jahreswende 1893/94 wurde daher bereits ein mechanischer Vorschub ausgebildet, wie er in schematischer Weise auf *Tafel I* angedeutet ist. In *Abb. 20* ist diese Einrichtung dargestellt.

Der Vorschubschlitten wurde durch ein schweres Gewicht vorwärts gezogen, dessen Bewegung durch die Druckwasser-Rückzugzylinder geregelt wurde. Die getrennte Ausführung zwischen dem Vorschubschlitten und dem lösbar gekuppelten Federwagen war dadurch gegeben, daß das gepilgerte Rohr in seiner ganzen Länge nach rückwärts aus dem Pilgergerüst herausgefahren werden mußte, da die Anordnung des Anschlages hinter den Walzen ein Entfernen des Rohres nach dieser Seite nicht gestattete. Der Vorschubschlitten hatte die Bewegung etwa für die größte Dornlänge zu liefern, dann wurde der Federwagen abgekuppelt und mit Hand oder später durch eine elektrisch angetriebene Kette auf die größtmögliche Rohrlänge zurückgeschoben. Sodann wurde das Rohr mit dem Dorn zur seitlich liegenden Dornausziehbank und von dort zwischen den Walzspindeln hindurch zur Adjustage befördert. Diese Art der Rohrentfernung war sehr zeitaufwendend und damit erzeugungshemmend.

Die weitere Entwicklung galt der besseren Ausgestaltung der Federwagen. Mit stärker werdender Federspannung wurde es immer schwieriger, die Vorschubenergie abzubremesen. Der am Ständer angebrachte Anschlag hielt in seiner Befestigung den fortwährenden Schlägen nicht stand, er war daher eine ständige Störungsquelle. Eine Linderung versuchte man bereits im Jahre 1893 durch Einbau von Abfederungen in den Federwagen zu erzielen.

*Abb. 21* zeigt einen Federwagen, bei dem der Schlag durch Vulkanfiberringe und Pufferfedern gemildert werden sollte.

Aber dieses Mittel schaffte doch nur geringe Abhilfe. Bei diesem Federwagen lag die Drallspindel innerhalb der Federn. Nach einer gewissen Gebrauchszeit sprangen diese Federn, setzten sich ineinander und behinderten dadurch das Arbeiten der Drallspindel.

Deshalb ging man dazu über, die Drallspindel vor die Vorholfeder zu legen (*Abb. 22*). Bei diesem Wagen erfolgte die Abfederung zwischen Drallspindel und Vorholfeder. Trotz all dieser Maßnahmen übertrugen sich die Stöße immer noch in unangenehmer Weise auf die Walzenständer. Bei Blockgewichten bis etwa 250 kg, für Rohre bis 140 mm Dmr. war diese Lösung möglich, aber für schwerere Gewichte sah man sich im Jahre 1895 genötigt, den Anschlag vom Ständer zu trennen und ihn an schweren Schabotten, die bis zu 23 t Gewicht hatten, zu befestigen.

*Abb. 23* zeigt einen solchen Anschlag mit Schabotte. Je nach der Stellung der Schabotte — ob sie der Walzenmitte genähert oder entfernt wurde — konnte der Vorschub geregelt werden. Die Kanten der Anschläge mußten stets gut abgerundet sein, da sonst die Anschläge zu tief in den Hohlblock eindringen und Walzungen hervorriefen. Die schweren Schabotten nahmen, wie in *Abb. 24* ersichtlich ist, den ganzen Raum hinter der Straße in Anspruch. Ein Herausbefördern der Rohre nach dieser Seite war daher vollkommen unmöglich. Auf der Straße konnten Rohre bis 325 mm Dmr. gepilgert werden. Das war der größte Durchmesser, der vor dem Kriege im Pilgerverfahren hergestellt werden konnte.

Am 1. Oktober 1893 traten die Brüder Mannesmann aus den Mannesmannröhren-Werken aus. Es muß gesagt werden, daß bis zu diesem Zeitpunkt die technische Ent-

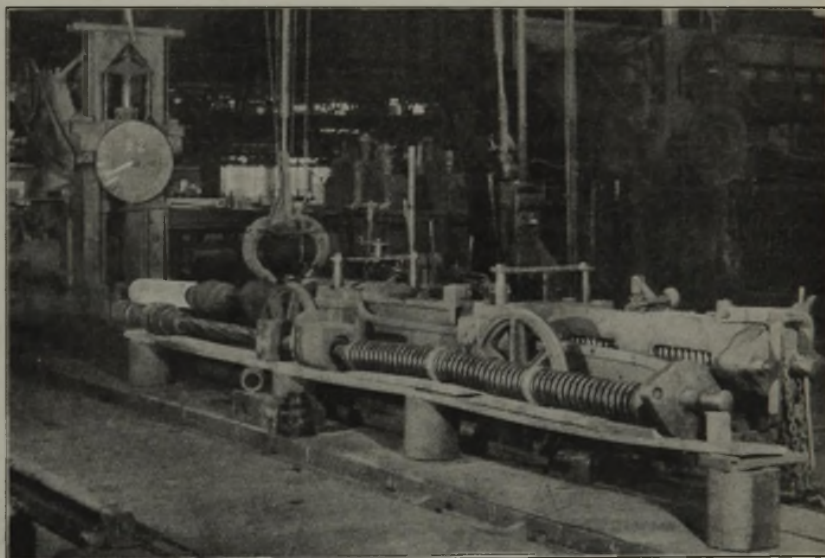


Abbildung 22. Federwagen mit getrennt liegender Drallspindel und Vorholfeder.

wicklung des Pilgerschritt-Walzverfahrens in seinen Grundelementen durchgeführt war.

Die Zeit von 1893 bis 1907 diente vor allem dem betriebswirtschaftlichen Ausbau des Verfahrens, der im zweiten Teil dieser Abhandlung gezeigt wird.

Die Patente über das Pilgerschrittwalzen und die ebenso wichtigen über die Hilfsarbeiten beim Pilgerverfahren gaben den Mannesmannröhren-Werken bis zum Jahre 1910 einen sicheren Schutz. Erklärlich ist, daß die Wettbewerber versuchten, während dieser Zeit neue Wege zu suchen, um zu dem gleichen Ziel der nahtlosen Rohrherstellung zu gelangen. Erwähnenswert ist das Patent von O. Briede aus dem Jahre 1903, in dem die

Pilgerwalzenkalibrierung nicht auf umlaufende Walzen, sondern auf hin und her schwingende Exzenter verlegt wurde. Die Wirkung dieser Einrichtung war dieselbe wie beim Pilgerwalzwerk, aber der Mechanismus war so dem Verschleiß ausgesetzt, daß nach Ablauf der Mannesmann-Patente im Jahre 1910 dieses Verfahren als unwirtschaftlich nicht mehr ausgeführt wurde.

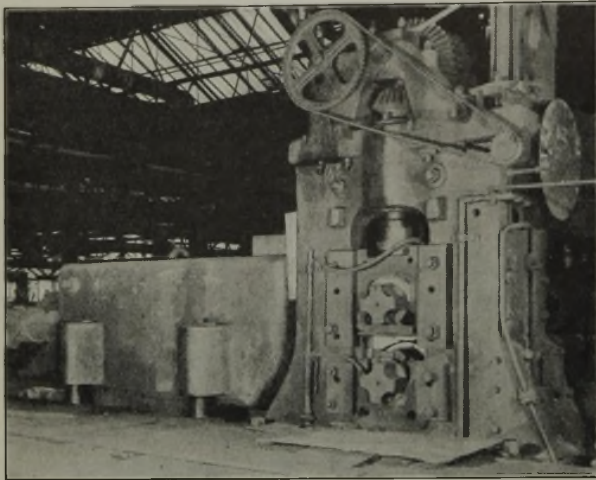


Abbildung 23. Befestigung des Anschlages an einer getrennt vom Walzenständer liegenden Schabotte.

In den Jahren 1908 bis 1933.

Ein für die technische Entwicklung des Pilgerwalzens wichtiger Schritt erfolgte durch die Ausbildung einer Luftbremse zur Vernichtung der Vorholenergie durch H. Ackermann. Im Auftrag der Gewerkschaft Deutscher Kaiser in Dinslaken hatte Ackermann eine Untersuchung über Einrichtungen von Pilgerwalzwerken durchgeführt und dabei die Mannesmann-Patente einem gründlichen Studium unterzogen.

Bekannt war aus dem Mannesmann-Patent Nr. 91 212 vom 22. November 1895 die Luftvorholung, bekannt war ferner aus dem Patent Nr. 125 290 vom 14. Dezember 1900 die Abfederung der Vorholenergie durch einen Luftpuffer.

Das Neue bei der Ackermannschen Luftbremse lag darin, daß kurz vor der Endlage des Kolbens die zusammengedrückte Luft abgelassen wurde, was ein Zurückschleudern des Kolbens verhinderte.

Ackermann erwähnt in seiner Dissertation<sup>7)</sup>, daß nach Schaffung der Luftbremse kein technisches Bedürfnis nach einem Ersatz der Luftbremse durch andere Mittel — gemeint ist die von den Mannesmannröhren-Werken entwickelte Wasserbremse — vorgelegen habe, wenn nicht der Patentschutz und die dadurch bedingte Behinderung des Wettbewerbes diese, d. h. die Mannesmannröhren-Werke, zu neuen Taten angeregt haben würde.

Demgegenüber kann einwandfrei nachgewiesen werden, daß bereits im Jahre 1908 in dem Röhrenwerk Bous im

Saargebiet auf Anregung von R. Mühe und A. Nowack Versuche mit Luftvorholung und Abbremsung der Vorholenergie durch eine Wasserbremse praktisch mit Erfolg durchgeführt worden sind. Diese Neuerung ist allerdings erst am 10. März 1910 unter Patentnummer 243 786 angemeldet worden, während das Ackermannsche Patent bereits am 25. Oktober 1909 ausgelegt worden ist.

Die Frage, welche Bremse, die Luft- oder die Wasserbremse, besser ist, kann objektiv nicht beantwortet werden, da die Mannesmannröhren-Werke naturgemäß der Wasserbremse den Vorzug geben. Als besonderer Vorteil der Wasserbremse ist neben der Möglichkeit der genau einzuhaltenden Endlage des Walzgutes und der trotzdem sanften Abbremsung die sehr hohe Walzendrehzahl erwähnenswert.

Der untere Teil von *Tafel I* zeigt die technische Fortentwicklung des Pilgerverfahrens nach der Ausbildung der Wasserbremse innerhalb der Mannesmannröhren-Werke.

In der obersten Reihe ist die erste Ausbildung eines Pilgerwagens mit Luftvorholung und Wasserbremse aus dem Jahre 1908 schematisch wiedergegeben. Die Wasserbremsen lagen hinter dem Luftkolben in exzentrischer Lage zur Dornachse. Die Drallspindel befand sich vor dem Luftkolben nach dem Dornhalter zu. Der wesentliche Vorteil der Wasserbremse lag in der stoßlosen Einführung des Werkstückes in die Walzen. Dadurch wurde der Anschlag hinter dem Walzständer mit der schweren Schabotte vollkommen überflüssig. Die Rohre konnten im Walzenständer vom Dorn losgezogen und durch Hochfahren der Oberwalze nach der Adjustageseite zu aus dem Ständer entfernt werden. Die hierdurch erzielte Zeitersparnis brachte eine bedeutende Leistungserhöhung.

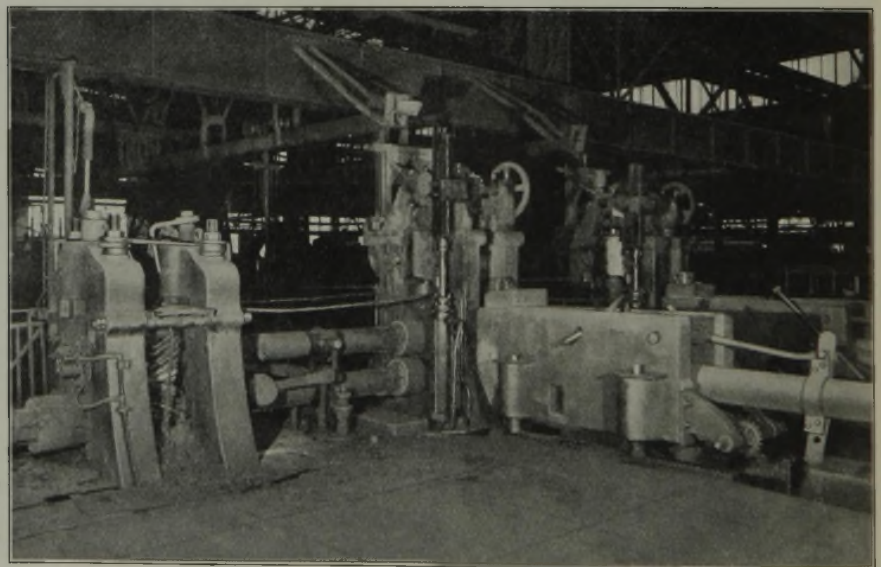


Abbildung 24. Ansicht einer Pilgerstraße mit Anschlagschabotte, von der Adjustageseite aus gesehen.

Vorschubschlitten und Pilgerwagen konnten jetzt vereinigt werden. Der Vorschub wurde geregelt 1. durch einen Druckwasser-Vorschubkolben in Verbindung mit den Rückzugkolben, 2. durch die genaue Endlage des Werkstückes durch die Wasserbremse. Im März 1910 wurde durch R. Ludwig eine wesentliche bauliche Verbesserung dadurch erzielt, daß die Wasserbremse in die konzentrische Richtung der Dornstange gebracht wurde.

Abb. 25 zeigt die praktische Ausführung eines derartigen Pilgerschlittens. Luftvorholung und Wasserbremse lagen in zwei getrennten Gehäusen, verbunden durch eine gemeinsame Kolbenstange.

<sup>7)</sup> Ueber Einrichtungen zum absatzweisen Auswalzen von nahtlosen Stahlrohren (Bonn: Carl Georgi Verlag 1915) S. 66.

Für größere Rohre bewährte sich diese Einrichtung gut. Für kleinere Abmessungen dagegen war die hin und her schwingende Masse zu groß, wodurch das Ueberschreiten einer gewissen Umdrehungszahl nicht möglich war.

Eine wesentliche Erhöhung der Straßenleistung wurde im Jahre 1912 von R. Ludwig durch Vereinigung von

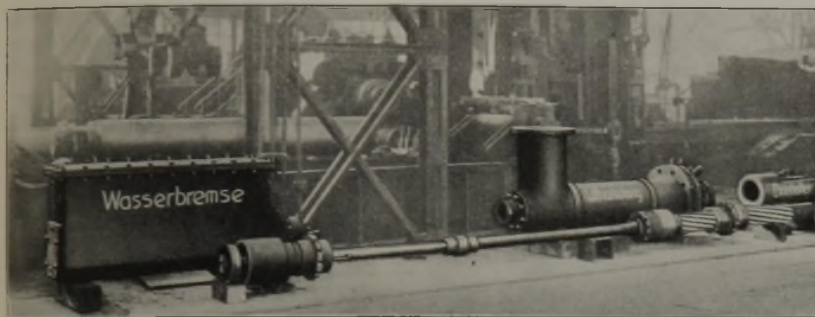
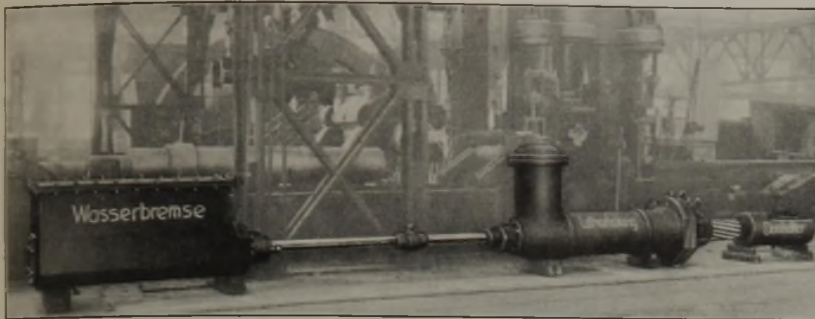


Abbildung 25. Pilgerstraße mit Wasserbremse und Luftvorholung. Entwicklungsstand 1910.

Wasserbremse, Luftvorholung, Drehvorrichtung in einem Zylinder erreicht. Dadurch verringerten sich die schwingenden Massen wesentlich, wodurch die Umdrehungszahlen erhöht werden konnten.

Abb. 26 zeigt eine Schnellpilgerstraße dieser Ausführung für Rohre bis 108 mm Dmr., wie sie heute allgemein ausgeführt wird. Die Wasserbremse liegt im vorderen Gehäuseteil nach dem Dornhalter zu. Der Luftkolben trägt innenseitig ein Drallgewinde, in das die als Kolben ausgebildete Drallspindel eingreift. Die Drallspindel, die am Ende außerhalb des Gehäuses die Sperrmutter trägt, steht in der Längsrichtung fest. Während des Walzhubes dreht sie sich, beim Vorwärtsziehen des Luftkolbens wird der Drallkolben festgehalten, wodurch sich der Luftkolben mit dem Werkstück dreht. Diese Bauart ist den Mannesmannröhren-Werken noch bis zum Jahre 1936 geschützt. Mit dieser Einrichtung ist es möglich, die Pilgerstraße bei einem Kaliber von 50 mm Dmr. mit 280 bis 300 Pilgerschlägen je min arbeiten zu lassen. Entsprechend hoch ist die Leistung.

Auf eine Neuerung des Jahres 1928 kann an Hand der Abb. 25 bereits jetzt hingewiesen werden. Die Pilgerdorne sind wegen des leichteren Herausziehens aus den Rohren konisch ausgebildet. Während des Pilgerns müssen die Walzen gleichmäßig über die ganze Rohrlänge um das Konizitätsmaß aufgezogen werden. Dies verursachte, solange der Vorgang von Menschenhand erfolgte, ungleiche Wandstärken beim Walzen. Durch eine mechanische Aufziehvorrichtung, abhängig vom Vorschub des Hohlblockes, wurde diese Fehlerquelle beseitigt.

Wie aus Abb. 25 ersichtlich, befindet sich an dem Pilgerschlitten eine Mitnehmergabel, die eine Mutter während des Pilgervorganges nach vorn schiebt. Die Mutter kann sich beim Vorschieben nicht drehen und bewegt dadurch eine Drallspindel, die die Oberwalze vollkommen gleichmäßig um das Konizitätsmaß der Dorne hochzieht.

All den vorher gezeigten Pilgerschlitten mit Wasserbremse haftet der Nachteil an, daß die Drallspindel verhältnismäßig schwer ausgewechselt werden kann. Die Erzielung eines gleichmäßigen Sperrwinkels ist daher nur für einen bestimmten Walzhub möglich.

Für das Pilgern großer Rohre ist ein der Kalibrierung genau entsprechender Sperrwinkel erforderlich.

Bei einer Aenderung des Walzhubes durch den Einbau größerer oder kleinerer Ballendurchmesser muß auch der Drall entsprechend angepaßt werden.

Bei der zuletzt ausgeführten Pilgerstraße für Rohre bis 620 mm Dmr. im Jahre 1923 wurde daher besonderer Wert auf die leichte Auswechselbarkeit der Drallspindel gelegt.

Sowohl aus der schematischen Skizze in Tafel I als auch aus Abb. 27 ist die neueste Anordnung ersichtlich.

Der lange Luftkolben der Schnellpilgererei ist beibehalten worden. Die Wasserbremse befindet sich im vorderen Teil des Gehäuses. Die Drallspindel liegt hinten und ist durch

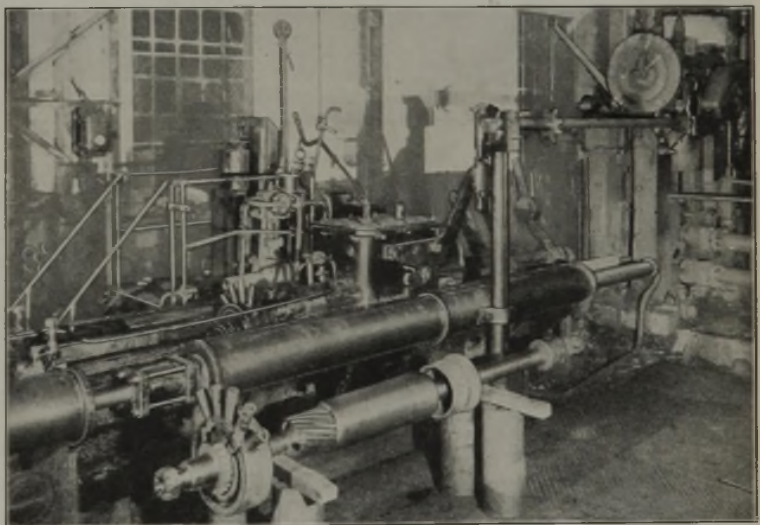


Abbildung 26. Schnellpilgerstraße für kleine Rohre. Wasserbremse, Luftvorholung und Drall vereint. Entwicklungsstand 1912.

eine Gewindekupplung von der Kolbenstange leicht lösbar.

Die Entwicklung der Kalibrierung für dünnwandige Rohre brachte es mit sich, daß man auch andere Sperrwinkel als 90° benötigte und es sogar erwünscht war, während des An- und Fertigpilgerns den Sperrwinkel verschieden regeln zu können.

Dies wurde im Jahre 1929 durch eine hin und her schwingende Sperrmutter erreicht, deren Ausschlag durch zwei von der Steuerbühne aus verstellbare Anschläge geregelt werden konnte (Abb. 28).

Die Entwicklung der Pilgerwalzenkalibrierung.

Wenn im folgenden versucht werden soll, einen Ueberblick über die Entwicklung der Pilgerwalzenkalibrierung innerhalb der Mannesmannröhren-Werke zu geben, so kann

ebene A, senkrecht zur Walzenachse, unterscheidet man folgende Arbeitsgebiete.

Der Angriffskonus, Pilgermaul genannt, hat die Aufgabe, bei jedem Schlag eine Werkstoffwelle abzukneifen und anschließend zu strecken; die Polier- oder Glättfläche glättet die neu ausgestreckten Teile; der Walzenaustritt, der Uebergang von dem Glättteil zur Walzenausparung, sorgt für ein langsames, sanftes Loslassen des Walzgutes. In der Bildebene B, gleichlaufend zu den Walzenachsen, trennt man den Kaliberumfang in die beiden Arbeitszonen, die in der Mitte Kreisform mit Abschragungen nach den Flanken zu besitzen, und die beiden Oeffnungs- oder Sprungzonen.

Bei der Entstehungsgeschichte des Pilgerwalzens war bereits erwähnt worden, daß im Jahre 1891 de Grahl eine Kalibrierung schuf, mit der es möglich war, handelsübliche Röhre in kleineren Abmessungen zu walzen. G. de Grahl gab in einer Abhandlung über das Pilgerschritt-Rohrwalzverfahren im Jahre 1918<sup>8)</sup> eine theoretische Erklärung der dabei angewandten Parabelkonstruktion, die aber nach den heutigen Erkenntnissen nicht mehr überzeugend ist. Im Laufe der weiteren Entwicklung versuchte man durch Probieren die günstigste Kaliberform zu finden. Die Maulkurven wurden nach einer dem Auge gefälligen Form mit Hilfe von Kurvenlinealen gezeichnet, wobei besonders gut arbeitende Kaliber als Vorbilder dienten. Anfänglich wurden alle Kaliber mit dem Meißel von Hand herausgearbeitet, ehe man Mitte der neunziger Jahre eigens für diesen Zweck eingerichtete Fräsmaschinen benutzte.

In den Jahren von 1900 ab bemühte man sich, die Maulkurvenform nach einem

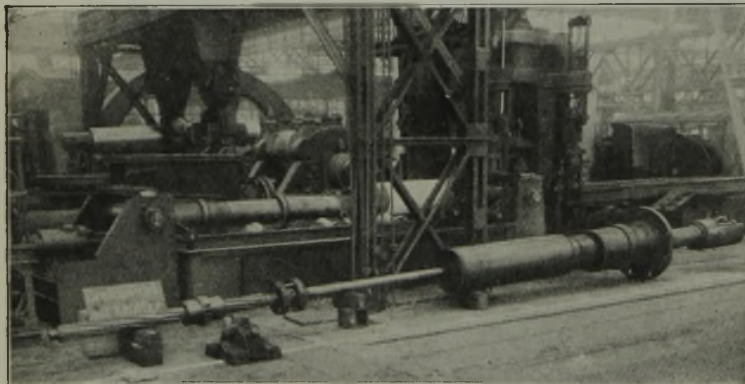
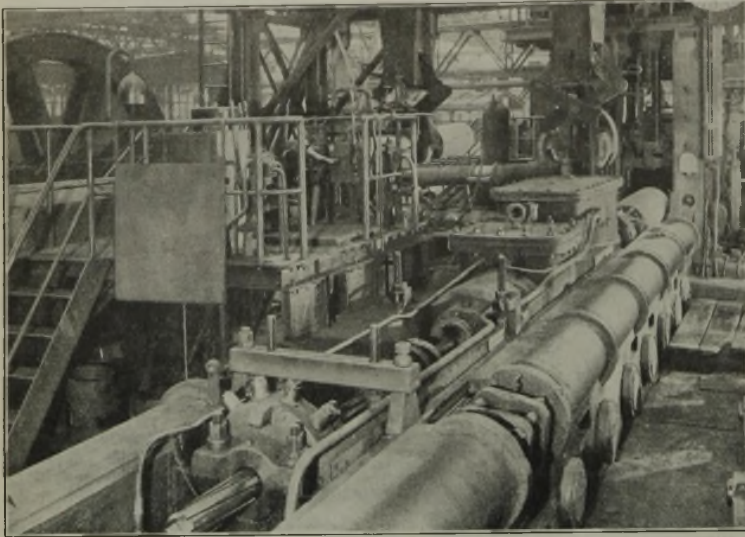


Abbildung 27. Pilgerstraße für große Röhre, leichte Auswechselbarkeit der Drallspindel. Entwicklungsstand 1922/23.

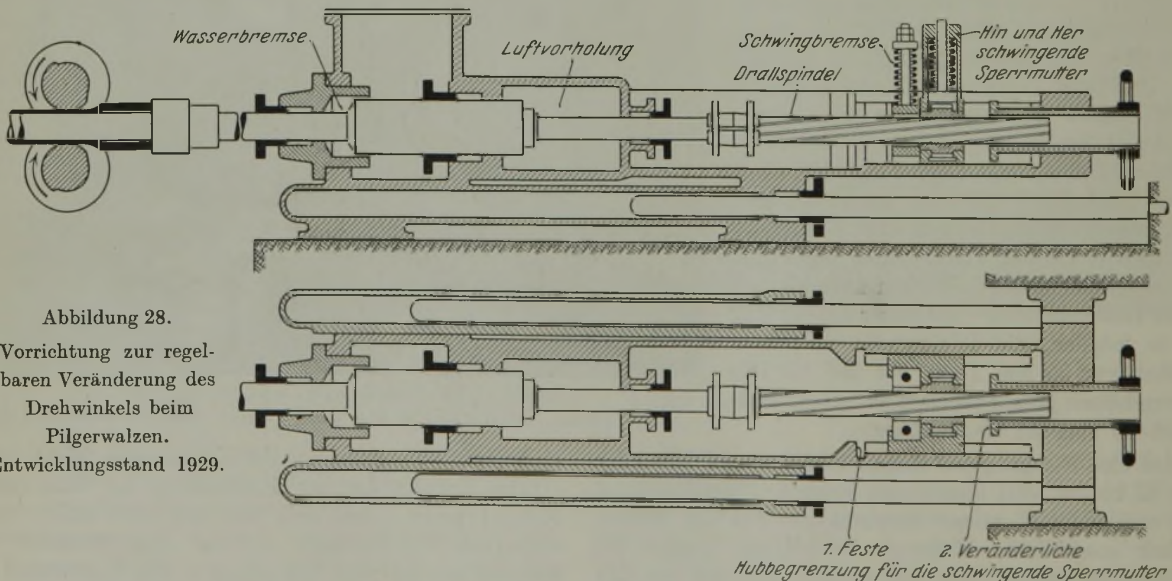


Abbildung 28. Vorrichtung zur regelbaren Veränderung des Drehwinkels beim Pilgerwalzen. Entwicklungsstand 1929.

dies nur in großen Zügen geschehen, ohne daß aus patentrechtlichen Gründen auf Einzelheiten eingegangen werden kann.

Zum besseren Verständnis wird in Abb. 29 die Einteilung der Pilgerwalzenkalibrierung gezeigt. In der Bild-

einheitlichen Schema für alle Kaliber zu bestimmen. Ehe es sich jedoch lohnt, auf die Art dieser gewählten Kurvenformen einzugehen, ist es zunächst nötig, die

<sup>8)</sup> Das Pilgerschritt-Rohrwalzverfahren (Berlin: F. C. Gläser 1918).



Uebertragungsart der Kurvenkonstruktion auf die Pilgerwalzen einer Kritik zu unterziehen.

In Abb. 30 wird die in früheren Jahren übliche Uebertragungsart schematisch wiedergegeben.

Die A-Kurve sei die nach irgendwelchen Gesichtspunkten konstruierte Ausgangskurve. Die Aufzeichnung der

daß die Maulkurve einen solchen Verlauf hatte, daß sich keine Querbrüche in der Rohrwand einstellen konnten.

An Abb. 31 mögen die Schwierigkeiten, die bei der Pilgerwalzenkalibrierung für die Streckungsverschiedenheiten vorliegen, erläutert werden. Hier wird in stark übertriebener Form ein Hohlblock gezeigt, wie er bei sehr starkem Vorschub und plötzlicher Unterbrechung des Pilgervorganges bei einem gewöhnlichen Zweizonenkaliber entsteht. Durch die bei der Streckung eintretende Breitung tritt der Werkstoff in die abgeschrägten Flanken und in die Sprungzonen. Die Uebergangslinie zwischen Hohlblock und Pilgerkonus hat die Form b in Abb. 31. Es entsteht eine Werkstoffanhäufung in den Sprungzonen, die nach der Drehung in die Mitte der Arbeitszonen gelangt. Schneidet man aus dem Hohlkörper schmale Streifen A, B, C, ähnlich den Dauben eines Faßmantels, heraus, so sieht man, daß die zu verdrängende Werkstoffmenge in den einzelnen Zonen verschieden groß ist. Im Kalibergrund ist der meiste, in den Flanken der wenigste Werkstoff zu verarbeiten. Hierdurch werden in den einzelnen Zonen verschiedenartige Streckungsverhältnisse hervorgerufen, die bei einer zu großen Gesamtquerschnittsabnahme zu den bekannten halbmondförmigen Querbrüchen der Rohrwand führen.

Solange die Wandstärken eine gewisse Grenze nicht unterschritten, genügten die im Laufe der Jahre ent-

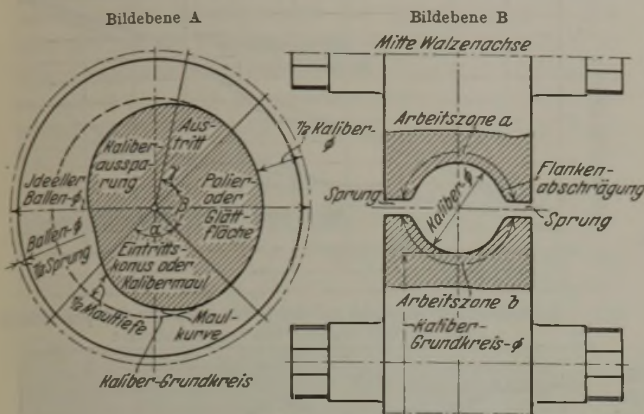


Abbildung 29. Schematische Darstellung der Pilgerwalzenkalibrierung.

Maulkurve geschah im rechtwinkligen Koordinatensystem. Die Abwicklung des Ballenumfanges war die Abszisse.

Die Uebertragung der A-Kurve auf die Pilgerwalze zu einer neuen B-Kurve erfolgte derart, daß die parallelen Ordinatenbündel — in dem A-Bild stark gezeichnet — fächerförmig zum Walzenmittelpunkt zusammengefaßt wurden. Dadurch trat eine Verzerrung der ursprünglichen Kurvenform ein.

Läßt man die B-Kurve mit dem Ballenkreis als Wälzbasis abrollen, so erhält man eine C-Kurve, die aber nicht mehr mit der gleichfalls eingezeichneten A-Ausgangskurve übereinstimmt. Selbst wenn man den Kalibergrundkreis oder einen anderen Durchmesser als Wälzbasis wählt, erhält man mit der geeigneten Uebertragungsart nie die Ausgangskurve zurück.

Das Ziel einer sorgfältigen Bestimmung der Pilgerkopfkurve kann aber nur darin liegen, daß man die Ausgangsform nach der Uebertragung auf die Pilgerwalze in der endgültigen Werkstückform nach dem Walzen wiederfindet. Nachdem man daher dazu überging, die Pilgerkopfform einer genauen Berechnung zu unterziehen, mußte man die Uebertragungsart neu gestalten. Durch eingehende Vergleiche von genau ausgemessenen Pilgerkopfformen mit den B-Kurven wurden die Wälzdurchmesser in Abhängigkeit vom Ballen- und Kaliberdurchmesser und von der Art der Flankenabschrägung erfahrungsmäßig festgelegt.

Die über dieser richtigen Wälzbasis aufgezeichnete Maulkurve wird mit Hilfe eines Abwälzverfahrens auf die Pilgerwalze übertragen. Diese Zeichnungsart liefert beim Walzen die gewünschten Ausgangswerte wieder.

Nach diesen Betrachtungen bekommen die Unterschiede aller früheren Kaliberformen, ob es nun Parabeln, Hyperbeln oder Epizykloiden waren, eine mehr untergeordnete Bedeutung. Wesentlich war bei allen Kaliberkonstruktionen,

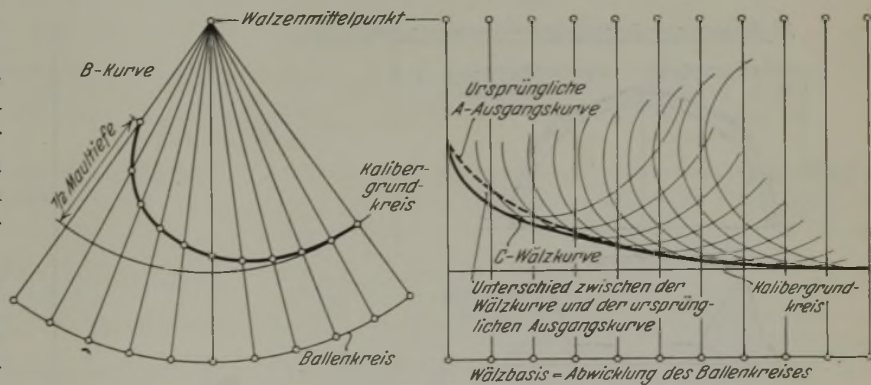
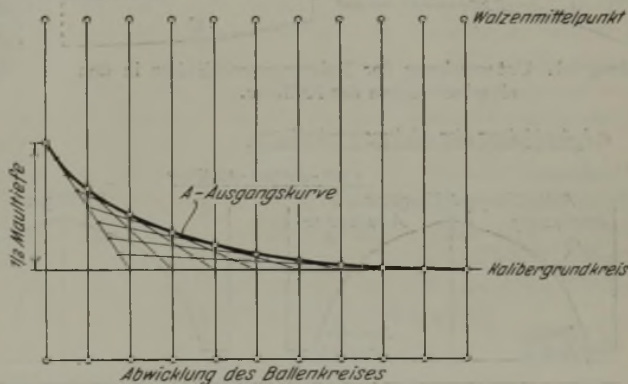


Abbildung 30. Schematische Darstellung der allgemein üblichen Uebertragungsart der Maulkonstruktion auf die Pilgerwalze.

wickelten Kaliberkonstruktionen. Als aber auf dem Rohrmarkt etwa vor vier Jahren das Verlangen der Kundschaft, dünnere Wandstärken als bisher zu erhalten, auftrat, mußte man nach neuen Kalibrierungen suchen, die die um vieles weitergehende Formänderung ohne eine Werkstoffzerstörung ermöglichte.

Diesen Weg fand man in der Bildung eines Mehrzonenkalibers durch Auflösung des bisherigen Zweizonenkalibers in mehrere aufeinanderfolgende Öffnungs- und Arbeitszonen. Diese Aufteilung erstreckt sich, das sei besonders

bemerkt, nicht nur über das Maul, sondern über den ganzen Kaliberumfang.

Abb. 32 zeigt in der oberen Reihe einige Ausführungsbeispiele des Mehrzonenkalibers und darunter stehend, in schematischer Darstellung, die sich ergebenden Streckungskurven.

Die früher bei dem Zweizonenkaliber üblicher Ausführung im Kalibergrund auftretenden Walzdruckspitzen werden jetzt gleichmäßig auf mehrere Arbeitszonen verteilt. Die Streckung des Werkstoffs erfolgt also nicht mehr

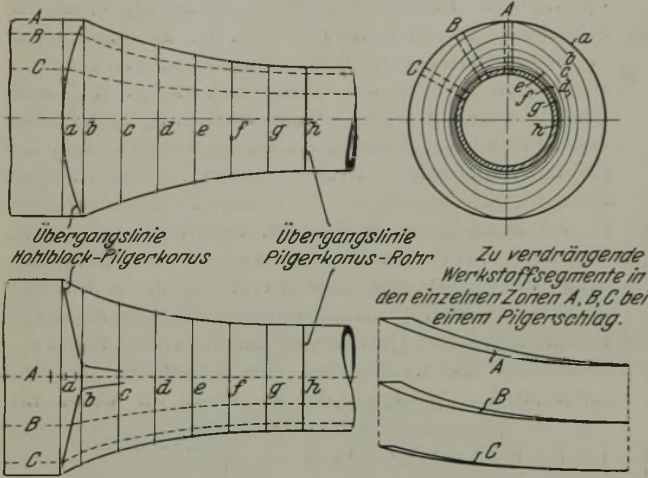
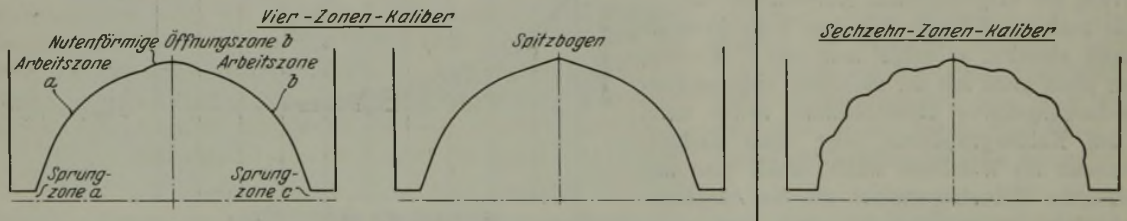


Abbildung 31. Untersuchung der Dehnungsverhältnisse in den einzelnen Zonen des Kalibers.

a) Ausbildung des Mehrzonenkalibers.



b) Schematische Darstellung der Streckungsverhältnisse.

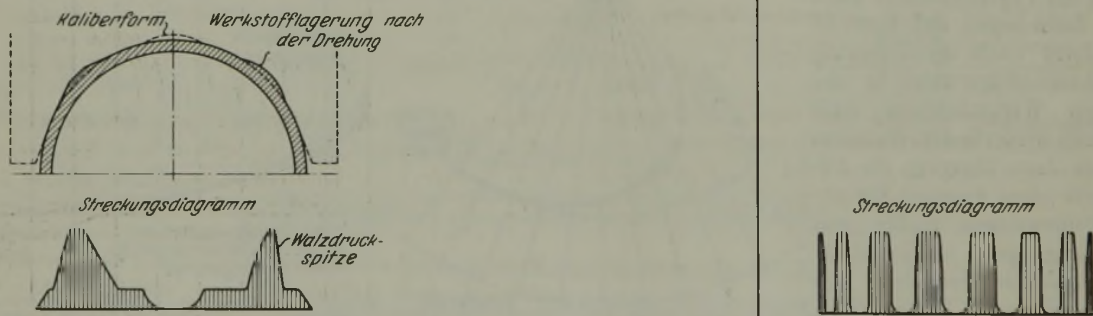


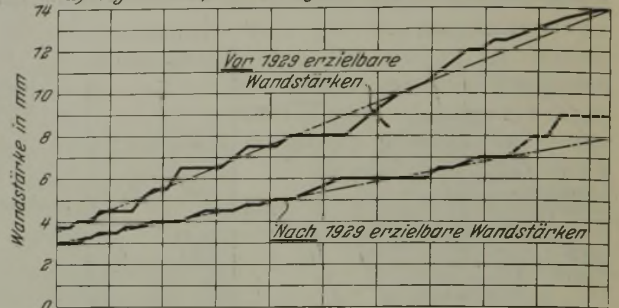
Abbildung 32. Die Ausbildung des Mehrzonenkalibers mit einer schematischen Darstellung der Streckungsverhältnisse in den einzelnen Zonen.

mit zwei, sondern mit einer den Zonen entsprechenden Anzahl von Walzdruckspitzen. Die Öffnungszonen werden als Nuten oder der besseren Ausführung wegen als Spitzbogen ausgebildet. Außer dem gebräuchlichen Vierzonenkaliber sind Sechs- oder Achtzonenkaliber denkbar. Die Drehung des Werkstückes nach jedem Pilgerschlag ist abhängig von der Anzahl der Zonen. Ein Werkstoffteilchen, das sich in der Mitte einer Öffnungs- oder Spungzone befindet, muß durch die Drehung in die Mitte einer darauffolgenden Arbeitszone gelangen. Die früher übliche 90°-

Drehung ist daher bei dem Vierzonenkaliber nicht mehr anwendbar.

Wie die vorzüglichen Ergebnisse mit diesem Mehrzonenkaliber beweisen, ist das Ziel der Erreichung allerdünnster Wandstärken nicht mehr von dem Kaliber, sondern von

a) Vergleich der früher und jetzt erzielbaren Wandstärken.



b) Prozentualer Vergleich der nach 1929 erzielten Rohrquerschnitte im Verhältnis zu den früher erreichbaren.

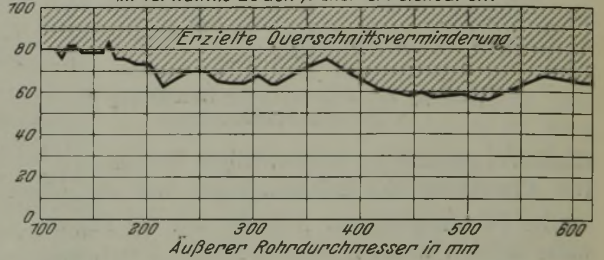


Abbildung 33. Der Erfolg der von 1929 bis 1932 durchgeführten Kaliberänderungen.

anderen Umständen, wie von dem zu raschen Abkühlen der dünnen Wand sowie von dem schlechten Losschieben vom Dorn, abhängig.

Der weiter eingeschlagene Weg der Kaliberneugestaltung liegt in der richtigen Ausbildung der Arbeitszonen in Abhängigkeit von der in jeder Zonenstelle zu verdrängenden Werkstoffmenge.

Eine richtig berechnete Pilgerkopfcurve für einen aus dem Walzgut herausgeschnittenen Werkstoffstreifen (Abb. 30) muß besonders im Auslaufteil des Maules nach

der Glättfläche zu einer bestimmten Gesetzmäßigkeit folgenden Streckungsfaktor haben unter Berücksichtigung der bei der Querschnittsabnahme eintretenden Längsleitung des verdrängten Werkstoffs entlang dem Kaliber.

Der Hauptsatz der Kalibrierungstheorie der allgemeinen Walzwerkskunde: „Je mehr Werkstoff umzuformen ist, um so größer ist die Anzahl der erforderlichen Stiche“ läßt sich für die Pilgerwalzenkalibrierung, gleichzeitig als Folgerung aus der richtig entwickelten Maulkurvengleichung, wie folgt fassen: „Je mehr Werkstoff in einer Zonenstelle zu verdrängen ist, um so länger muß der Verformungsweg sein.“

Wie liegen in dieser Beziehung die Verhältnisse bei allen bisher üblichen Pilgerwalzenkalibrierungen?

Der Maulanfang wie der Uebergang zwischen Maul und Glättflächen liegen in Ebenen, die die Walzenachse enthalten und die zur Bildebene A der Abb. 29 senkrecht stehen.

Bei dem Zweizonenkaliber ist im Kalibergrund die größte Werkstoffmenge zu verdrängen, der Verformungsweg aber ist, weil der Kalibergrund der Walzenachse am nächsten liegt, am kürzesten. In den Flanken ist weniger Werkstoff zu strecken, aber der Verformungsweg ist länger. Die Verhältnisse liegen gerade umgekehrt, wie sie richtig sein müßten. Verstärkt wird diese Ungleichheit im Streckungsvorgang in seinen Auswirkungen auf den Werkstoff durch das in jeder Zone vorliegende verschiedene Verhältnis von Streckung zu Breitung.

Zum Ausgleich all dieser für die Formänderung ungünstigen Einflüsse werden für jede Stelle der Arbeitszone die Maulkurven so berechnet, daß sie dem an dieser Stelle zu verdrängenden Werkstoff gerecht werden. Die Werkstoffanhäufung bestimmt sich aus dem mittleren Hohlblockvorschub und der Kaliberform, betrachtet in der Bildebene B der Abb. 29, d. h. nach der Art der Abschrägung nach den Sprungzonen zu und der Sprungzonenbreite selbst. Die

Uebergangslinie zwischen Maul und Glättfläche befindet sich bei dieser neuen dem Patentamt vorliegenden Kaliberkonstruktion nicht mehr in einer Ebene.

Der Erfolg der vorher gezeigten Kaliberneuerungen zur Erreichung größter Werkstoffschonung möge an zwei Kurven der früher und der heute als Mindestmaß betrachteten Wandstärke in Abhängigkeit vom äußeren Durchmesser gezeigt werden (Abb. 33). Während es früher beispielsweise nur möglich war, ein Rohr von 521 mm äußerem Dmr. mit 12,5 mm Wandstärke zu walzen, können heute ohne Schwierigkeiten Wandstärken von 7 mm in einer Hitze ohne besonderes Vorblocken erreicht werden.

In dem unteren Schaubild b wird das prozentuale Verhältnis der jetzt zu den früher erreichbaren Rohrquerschnitte gebracht. Die mittlere Querschnittsverminderung, die sich besonders bei den großen Rohrdurchmessern ausgewirkt hat, liegt 30 bis 40% unter den vor 1929 erreichbaren Querschnitten.

Auf einen für die Wirtschaftlichkeit des Pilgerwalzens wichtigen Punkt als Folge der Walzung dünnster Wandstärke soll noch hingewiesen werden. In der ersten Zeit nach der Einführung der dünnen Rohrquerschnitte stieg der Walzen- und Dornverschleiß stark an. Zu dem Bestreben der Kaliberneugestaltung im Hinblick auf einen bestmöglichen Formänderungsverlauf trat die Notwendigkeit, alle Walzenabmessungen so gegenseitig abzustimmen und das Kaliber selbst derartig auszubilden, daß der Werkzeugverschleiß sich verringerte. Gleichzeitig mußte die Güte des Dornwerkstoffs wesentlich verbessert werden. Heute haben die Dorne fast genau die alte Stückhaltbarkeit wieder erreicht.

Würde man jedoch mit der Querschnittsverminderung noch weitergehen, was, vom Standpunkt der Formänderung aus betrachtet, möglich wäre, so würde sich mit Rücksicht auf die anderen Einflüsse eine wirtschaftliche Grenze einstellen, unterhalb der sich der Aufwand nicht mehr in Einklang mit dem Erreichten bringen läßt.

## II. Teil: Die betriebswirtschaftliche Entwicklung.

Von Rudolf Mooshake und Herbert Hillmer in Düsseldorf-Rath.

*(Allgemeine kaufmännische und betriebswirtschaftliche Entwicklung des Mannesmannrohr-Walzverfahrens. Gegenüberstellung des Arbeitsbedarfes und des Kosten-Mehraufwandes durch die Mechanisierung. Entwicklung der Rohrgrößen im Zusammenhang mit der Anzahl der Hitzen und Walzlängen. Betriebswirtschaftliche Maßnahmen zur Unterstützung der Betriebsführung.)*

### Die allgemeine kaufmännische und betriebswirtschaftliche Entwicklung des Mannesmannrohr-Walzverfahrens.

Bald nach Bekanntwerden der Schrägwalzpatente im Jahre 1885/86 fanden die Erfinder, unterstützt durch eine geschickte Werbung, zahlreiche Industrielle, die sich an der Gründung von Fertigungsstätten für die neue Herstellung nahtloser Rohre beteiligten.

Besonders war es Werner von Siemens, der den Brüdern Reinhard und Max Mannesmann seine Unterstützung zuteil werden ließ. So konnte schon im Jahre 1886 auf altem industriegeschichtlichem Boden in unmittelbarer Nähe des ersten Siemens-Ofens der Welt bei Landore in Südwales der Bau eines Röhrenwerkes in Angriff genommen werden. Kurze Zeit darauf im Jahre 1888 folgte die Errichtung der schon erwähnten Werke in Bous an der Saar und in Komotau (Böhmen).

Alle diese in großem Maße geschaffenen Neugründungen erwiesen sich vom betriebswirtschaftlichen Standpunkt aus als übereilt. Alle Anstrengungen und unermüdlichen Versuche, die Schrägwalzfindung auf eine wirtschaftliche Grundlage zu stellen, scheiterten an der technischen Un-

möglichkeit, auf der Schrägwalze Rohre mit handelsüblicher Wand und größeren Längen herzustellen. Wohl gelang es, dickwandige, kurze Rohre zu walzen, die für gewisse Zwecke auf dem Markt absetzbar waren; hierunter fielen vor allem Gewehrmantelrohre, die durch Kaltziehen weiterverarbeitet wurden. Auch bei den Rohren größeren Durchmessers ließ sich keine wirtschaftliche Fertigung erzielen, weil bei dieser Fertigungsart auf den Scheibenwalzen ein sehr hoher Ausschuß entstand.

Wie mutlos engste Mitarbeiter der Erfinder nach den vielen Rückschlägen wurden, wird dadurch gekennzeichnet, daß ein sonst in der Rohrherstellung bewährter Fachmann, dem die Leitung des Bouser Werkes übertragen war, in einer Aufsichtsratssitzung des Jahres 1888 erklärte, es würde niemals gelingen, mit den vorhandenen technischen Einrichtungen einwandfreie Rohre zu erzeugen, man solle die Maschinen abbrechen und zum Stumpfschweißverfahren übergehen. Trotzdem hielten die Erfinder zäh an dem Grundgedanken fest. Es gelang ihnen sogar, immer weitere Kreise für die Erfindung heranzuziehen, so daß es möglich war, mit dem noch unentwickelten Verfahren im Jahre

1890 eine Gesellschaft mit 35 Mill.  $\mathcal{M}$  Aktienkapital ins Leben zu rufen. Dieser Gesellschaft gehörten die Werke Remscheid, Bous und Komotau an. In die ersten drei Geschäftsjahre des neuen Unternehmens fiel die grundsätzliche technische Entwicklung des Pilgerschritt-Walzverfahrens, das sich dem Schrägwalzvorgang anschloß und dadurch die Möglichkeit schuf, die Schrägwalzverfindung wirtschaftlich auszunutzen. Für Versuche zur Ausbildung dieses neuen Verfahrens hatte das junge Unternehmen große Kosten zu opfern, die in den Jahren 1890 bis 1893 insgesamt nahezu  $\frac{1}{2}$  Mill.  $\mathcal{M}$  verschlangen.

Schrittweise mit der Verbesserung des Pilgerwalzens wurde versucht, für das nahtlose Rohr neue Absatzgebiete zu erobern. Schon in dieser Zeit nahm man die Fertigung von Fahrradrohren, Siederohren, Bohrrohren, Telegraphen- und Lichtmasten auf. Nur ganz langsam gelang ein Einbruch in die bisherigen Absatzgebiete der geschweißten und gegossenen Rohre. Durch die Einführung des Rostschutzes Jute und Asphalt konnte das neue Verfahren auch in wirksamen Wettbewerb mit dem gegossenen Leitungs- und Muffenrohr treten. Voller Zuversicht wurden im Jahre 1892 große Aufträge in den Abmessungen 100 bis 230 Dmr. für die Kanalisation und Beleuchtung von einigen Hauptstädten Europas übernommen, aber die fristgerechte Ablieferung bereitete in den Entwicklungsjahren erhebliche Schwierigkeiten.

Im Jahre 1892 wurde den überwiegend technisch eingestellten Erfindern ein weitblickender Kaufmann, J. Franken, dem Vorstand beigeordnet. Im Jahre 1893 berief man weiter Max Blau als technischen Berater des Aufsichtsrates und Fritz Lemmes als technischen Leiter von Komotau. Im gleichen Jahre schieden die Gebrüder Mannesmann aus der Gesellschaft aus.

Unter der neuen Führung setzte die großzügige betriebswirtschaftliche und kaufmännische Umorganisation der Mannesmannröhren-Werke für eine zu schaffende Großfertigung ein. Unter der Leitung der Erfinder war die maschinelle Einrichtung der Werke stückweise entstanden, ohne Einheitlichkeit, mehr auf Ausbildung der Verfahren, als auf eine Großherstellung angelegt, und entsprachen daher nicht den Erfordernissen eines wirtschaftlichen Betriebes. Auch war es notwendig, den Fertigungsplan auf die Hauptrohrsorten umzustellen und alle für den Markt unwesentlichen Erzeugnisse, die eine wirtschaftliche Fertigung nicht zuließen, auszuschalten. Zur Erreichung dieser Neuorganisation war es erforderlich, die vorgenannten Werke Komotau und Bous, die ausbaufähig waren, nach betriebswirtschaftlichen Grundsätzen umzustellen, d. h. vor allem Beförderungs- und Leerlaufkosten im Betrieb zu verringern und alle Störungsquellen, die den Neben- und Hilfseinrichtungen anhafteten, zu beseitigen.

Auf der kaufmännischen Seite galt es, der Kundschaft neues Vertrauen zum nahtlosen Stahlrohr zu geben, ein Vertrauen, das durch langjährige, nicht in Erfüllung gegangene Versprechen erschüttert worden war. Während anfänglich bei der ersten Bekanntgabe der Patente die Hersteller der gußeisernen und geschweißten Rohre starke Befürchtungen für den Fortbestand ihrer Erzeugnisse hegten, hatte dieser Wettbewerb in den Jahren des Mißerfolges den Markt für sich mehr denn je festigen können. Hier mußten durch stärkste Werbearbeit die Vorzüge nahtloser Rohre in das richtige Licht gesetzt werden, wozu die Schaffung eines weitverzweigten Verkaufnetzes im In- und Ausland erforderlich war.

Die Aussichten für die wirtschaftliche Durchführung des Mannesmannrohr-Walzverfahrens waren im Jahre 1895

um so gefährdeter, als aus der Zeit der Versuchsjahre und der Umorganisation ein Verlust von 20 Mill.  $\mathcal{M}$  entstanden war. Im Hinblick auf diese finanzielle Lage und das gesteckte Ziel konnte die Gesundung nur durch eine langjährige Verzichtpolitik auf Gewinn erreicht werden. Es ist das Verdienst von Geheimrat M. Steinthal, durch ein weitsichtiges Erkennen der Richtigkeit der grundsätzlichen Gedanken und ein gleichmäßiges Festhalten am Mannesmannrohr-Walzverfahren diese Aufgabe zu einem glücklichen Ende geführt zu haben. Alle Betriebsüberschüsse der Jahre 1895 bis 1905 wurden neben der Tilgung der vorhandenen Schulden dazu verwendet, den obengenannten Ausbau der Werke in technischer und wirtschaftlicher Hinsicht durchzuführen und darüber hinaus die Fertigungsgrundlage so zu verbreitern, daß ein wirksamer Einbruch in den Röhrenmarkt möglich war.

Im Jahre 1897 waren die Werke Komotau und Bous in der Umstellung so weit gediehen, daß man von einem einheitlich unmittelbar ineinandergreifenden Maschinen- und Arbeitsgetriebe sprechen konnte. Das Mutterwerk Remscheid gestattete durch seine beengte örtliche Lage keinen Ausbau für die Fertigung großer nahtloser Rohre von 200 bis 300 mm Dmr. Aus diesem Grunde faßte man den Entschluß, ein neues Werk zu bauen, das sowohl zu den Rohstoffbezugsquellen als auch zu den Absatzgebieten in günstigster Lage sich befinden sollte. Dieser Plan wurde in der Errichtung des Düsseldorf-Rather Werkes verwirklicht, das zu Anfang des Jahres 1901 nach dreijähriger Bauzeit in Betrieb genommen wurde. In diesem Werk vollzog sich eine weitere bedeutende betriebswirtschaftliche Fortentwicklung des Mannesmannrohr-Walzverfahrens, die sich überaus befruchtend auf alle anderen Werke auswirkte.

#### Besondere betriebswirtschaftliche Betrachtungen des Mannesmannrohr-Walzverfahrens.

Auswirkung der technischen Entwicklung des Pilgerschritt-Walzverfahrens in Gegenüberstellung des Arbeitsbedarfes und des Kostenmehraufwandes durch die Mechanisierung.

Bevor das Ergebnis dieser rein betriebswirtschaftlichen Maßnahmen gezeigt wird, sollen die wirtschaftlichen Auswirkungen der technischen Ausgestaltung des Pilgerschritt-Walzverfahrens behandelt werden, da diese Entwicklung zum größten Teil zeitlich früher lag. In der *Zahlentafel 1* wird der Arbeitsaufwand, ausgedrückt in Arbeiterstunden je t, für die verschiedenen baulichen Ausbildungen des Pilgerwalzwerkes dargelegt, und zwar einmal für ein leichtes Rohr (47,5 mm Dmr.), ein anderes Mal für ein größeres Rohr (159 mm Dmr.). Alle angegebenen Zahlen beziehen sich des einheitlichen Vergleiches wegen auf eine einfache Walzlänge von 5 bis 7 m.

Bei dem kleinen Rohr fiel der Arbeitsaufwand von 29,5 h/t beim Handpilgern auf 17 und 12,7 h/t beim Federwagen und schließlich nach Einführung der Luftvorholung und Wasserbremse auf 5 h/t.

Bei dem größeren Rohr von 159 mm äußerem Dmr. betrug der Arbeitsaufwand der Handpilgerie 44 h/t. Aus dieser hohen Stundenzahl sind die ungeheuren Schwierigkeiten infolge des für Menschenkraft zu schweren Gewichtes zu erkennen. Neben der Verringerung der Unfallgefahr und Erleichterung der Arbeit für den Menschen mußte sich hier die Mechanisierung in weit höherem Maße auch kostenmäßig auswirken. Bereits der im Jahre 1894 geschaffene Federwagen mit Druckwasservorschub und Handvorbewegung hatte bei diesem Kaliber nur noch 11 h/t Arbeitsaufwand, der sich bei einer neuzeitigen Straße auf 2,3 h/t senkte.

Aus den in der *Zahlentafel 1* aufgeführten Prozentzahlen ist ersichtlich, in welchem großem Maße sich die Mechanisierung auf die Ersparnis des Lohnkostenanteiles gegenüber dem Handpilgern ausgewirkt hat. Aber die Ersparnis an Menschenkraft allein gibt noch kein vollständiges Bild über die

den Krieg und die Geldentwertung trat wieder ein längerer Entwicklungsstillstand ein. Im Jahre 1923 kam dann eine große Pilgerstraße in Betrieb, die in stetiger Entwicklung den Walzbereich bis zum Kaliber 620 mm Dmr. ausdehnte. Im Jahre 1933 fand diese Entwicklung ihre Fortsetzung

Zahlentafel 1. Verringerung des Arbeitsaufwandes durch die technischen Verbesserungen bei den Hilfsarbeiten des Pilgerschritt-Walzverfahrens.

durch die Inbetriebnahme eines großen Querwalzwerkes, auf dem Rohre bis 1500 mm größtem Dmr. hergestellt werden können.

Rohrabmessung: 47,5 × 3,5 × 5 bis 7 m	1892 Handpilgerei	1893 Federwagen mit Handvorschub	1893/94 Federwagen mit hydraulischem Vorschub	1912 Schnellpilgerei mit Luftvorholung und Wasserbremse
Arbeitsaufwand . . h/t	<b>29,5</b>	17,0	12,7	5,0
%	100,0	57,5	43,1	17,0
Rohrabmessung: 159 × 5 × 5 bis 7 m	1892 Handpilgerei	1894 Federwagen mit hydraulischem Vorschub und Handvorbewegung des Wagens	1901 Federwagen mit hydraulischem Vorschub und elektrischer Wagenvorbewegung	1910 Neuzeitliche Pilgerstraße mit Luftvorholung und Wasserbremse
Arbeitsaufwand . . h/t	<b>44,0</b>	11,0	8,0	2,3
%	100,0	25,0	18,2	5,2

Das Schaubild *Abb. 35* gibt auch einen Ueberblick über die Entwicklung der wichtigsten betriebswirtschaftlichen Maßnahmen. Die stark eingezeichnete Grenzlinie kennzeichnet den Zeitpunkt des Ueberganges von der einfachen zur doppelten und mehrfachen Walzlänge. Durch die verschiedenen Strichelungen wird außerdem gezeigt, wie man die drei- und zweifache Anwärmmung allmählich verließ und

Entwicklung der Wirtschaftlichkeit eines Verfahrens, denn es muß berücksichtigt werden, daß der Ersparnis an Menschenkraft bei den meisten Mechanisierungen ein erheblicher Mehraufwand an Instandhaltungs- und Kraftkosten gegenübersteht. *Abb. 34* zeigt das starke Absinken der erforderlichen Arbeitsstunden bei den verschiedenen technischen Einrichtungen, gleichzeitig mit dem Anwachsen des durch die Mechanisierung hervorgerufenen Mehraufwandes. Um einen Vergleich zu ermöglichen, sind alle in der Abbildung gezeigten Kostenelemente auf den einheitlichen Stundenmaßstab umgerechnet worden. Die entsprechend bezeichneten Flächen zeigen den Mehraufwand an Ersatzteilen, der sich besonders bei dem Federwagen durch den hohen Federverbrauch unangenehm auswirkte. Bei der Schnellpilgerei ist dieser Betrag durch den Ersatz der Federn durch die Luftvorholung wieder zurückgegangen. Andererseits ist das stetige Anwachsen der Instandhaltungs- und Kraftkosten mit zunehmender Mechanisierung erkennbar. In der *Abb. 34* sind nur diejenigen Kostenelemente berücksichtigt worden, die innerhalb der technischen Entwicklung eine grundsätzliche Aenderung erfahren haben. Nach Berücksichtigung der zusätzlichen Kosten errechnet sich immer noch eine Reinersparnis von 61,4% an Arbeitsstunden je t gegenüber dem Handpilgern.

zur Auswalzung in einer Hitze übergang. Der wichtigste Teil dieser Entwicklung fällt in die Jahre 1903 bis 1910, in denen Fritz Rosdeck die Rather Walzwerksbetriebe leitete und

Die zeitliche Entwicklung der Rohrgrößen im Zusammenhang mit der Anzahl der Hitzten und Walzlängen.

Nach der Darstellung der Kostenverbilligung durch die baulichen Verbesserungen sollen nun die Maßnahmen in der Betriebsführung gezeigt werden, mit denen solche Kostensenkungen erreicht wurden, daß unter gleichzeitiger Vergrößerung des Rohrdurchmessers der Röhrenmarkt in stetiger Entwicklung für das Mannesmannrohr-Walzverfahren erobert werden konnte.

In dem Schaubild *Abb. 35* wird die zeitliche Entwicklung der Rohrgrößen dargestellt. In steilem Anstieg gelang es, in den Jahren 1891 bis 1894 mit den ersten Pilgerstraßen Rohre bis Kaliber 236 mm Dmr. zu walzen. Dann trat eine achtjährige Pause ein, bis im Jahre 1902 die größeren Straßen in Rath in Betrieb genommen wurden, deren Bereich sich bis Kaliber 325 mm Dmr. erstreckte. Durch

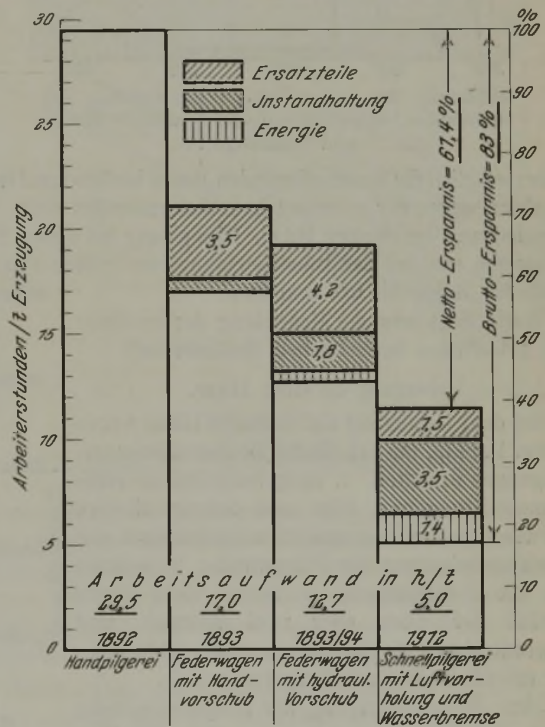


Abbildung 34. Arbeitsstunden-Verringerung durch technische Verbesserung des Pilgerstraßenverfahrens nach Berücksichtigung des durch die Mechanisierung verursachten Mehraufwandes.

durch seine Maßnahmen das Mannesmannrohr-Walzverfahren folgerichtig und entscheidend vorwärtstrieb. Betrachtet man den Fertigungsstand im Jahre 1903, so ist ersichtlich, daß es bis dahin lediglich gelungen war, Kaliber bis zu 106 mm Dmr. in einer Hitze zu walzen, während die mittleren Rohrabmessungen in zweifacher, die größeren sogar in dreifacher Wärme gefertigt wurden, und zwar alle in Walzlängen von nur 5 bis 7 m. Im Jahre 1910 war diese wichtige betriebswirtschaftliche Entwicklung in ihren

Grundzügen bereits abgeschlossen. Mit Ausnahme der ganz kleinen Rohre unter 50 mm Dmr., die wegen Dornschwierigkeiten bei den damaligen Einrichtungen nicht in mehrfachen Walzlängen gewalzt werden konnten, wurden alle Rohrabmessungen in doppelter Länge erzeugt, und zwar zum größten Teil bis zum Kaliber 236 mm Dmr. in einfacher

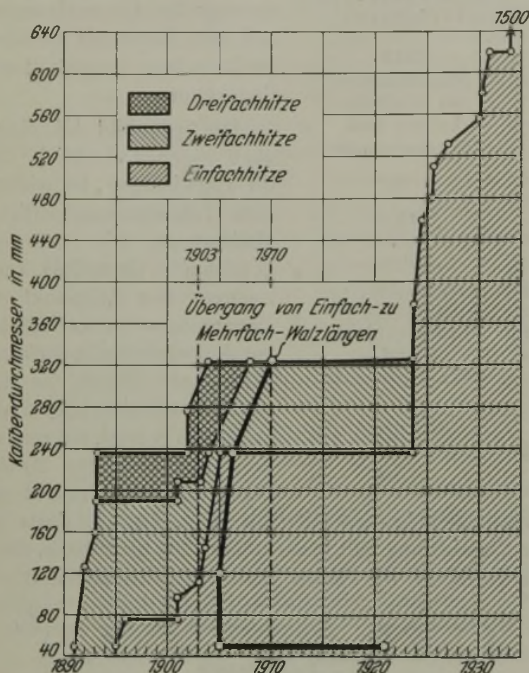


Abbildung 35. Die zeitliche Entwicklung der Rohrgößen, unterteilt nach der Anzahl der Hitzen und Walzlängen.

Hitze; lediglich die darüberliegenden Rohre bis 325 mm Dmr. erlaubten wegen der zu schwachen Walzenstraßen nicht die Ausschaltung der zweiten Hitze. Dies gelang bei diesen Abmessungen erst bei der Inbetriebnahme der großen Pilgerstraße für Rohre bis 620 mm Dmr.

Worin liegt nun die Bedeutung der in dieser Zeit getroffenen betrieblichen Maßnahmen?

Übergang zu einer Hitze.

Bei dem Uebergang auf einfache Hitze waren es drei Punkte, die erhebliche Betriebskostenverbilligungen brachten. 1. stieg natürlich die reine Tonnenleistung von Ofen und Schrägwalzwerk sehr wesentlich und verursachte mittelbar auch eine Leistungssteigerung der Pilgerstraße; 2. senkten sich die Kohlenkosten je Tonne Rohr durch Fortfall der einen oder zwei Wärmen, und 3. wurde durch die Verringerung des Abbrandes eine erhebliche Werkstoffersparnis erzielt.

Ohne Berücksichtigung der Unkostensenkung durch Mehrleistung verringerten sich die Umwandlungskosten von Ofen und Schrägwalzwerk beim Uebergang von dreifacher zu einfacher Hitze um 39 %, beim Uebergang von zweifacher zu einfacher Hitze um 24 %. Wie die einzelnen der drei Einflüsse an dieser Ersparnis beteiligt sind, geht aus Abb. 36 hervor.

Übergang von der einfachen zur doppelten Walzlänge.

Der Uebergang von der einfachen zur doppelten Walzlänge brachte eine noch bedeutendere Verbilligung, weil die Auswirkung dieser Maßnahme nicht nur auf das eigentliche Walzwerk beschränkt blieb, sondern auch in den Adjustagen starke Kostensenkungen erbrachte. Während

bei doppelter und dreifacher Anwärmung der engste Querschnitt am Ofen und Blockapparat lag, verlagerte er sich durch Fortfall der mehrfachen Hitze auf die Pilgerstraßen hin. Durch den Uebergang von der einfachen zur doppelten Walzlänge wurde eine wesentlich günstigere Abstimmung im Fertigungsfluß erzielt. Die Hauptverbilligungen sind in folgenden Tatsachen zu suchen: 1. stieg die Leistung des gesamten Walzwerkes um mehr als 60 %, 2. wurde eine erhebliche Werkstoffersparnis dadurch erreicht, daß der gleiche Kopf- und Schwanzabfall sich jetzt auf zwei, statt früher auf eine Länge verteilte; 3. erniedrigten sich nicht nur die Löhne des Walzwerkes, sondern in ebenso starkem Maße die Lohnkosten der Adjustagearbeiten, wie Angeln, Kratzen, Richten und Abstechen. Der Erfolg dieser in der Vorkriegszeit liegenden entscheidenden betriebswirtschaftlichen Entwicklung ist aus dem Schaubild Abb. 37 in seinen Auswirkungen zu erkennen. Das Rather Werk war auf Grund der vor dem Jahre 1900 liegenden Kenntnis auf eine höchste Erzeugung von 20 000 t im Jahr aufgebaut, die auch nach der Inbetriebsetzungs- und Einarbeitungszeit im Jahre 1903 erreicht wurde. Durch die geschilderten betriebswirtschaftlichen Handlungen und andere später noch zu behandelnde Ueberwachungs- und Organisationsmaßnahmen der Betriebsleitung gelang es, mit den gleichen Einrichtungen

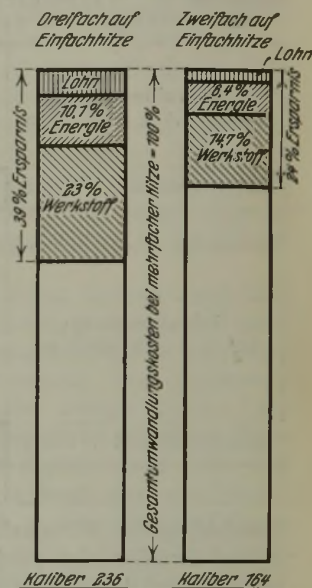


Abbildung 36. Verringerung der Umwandlungskosten von Ofen und Schrägwalzwerk durch Uebergang auf eine Hitze.

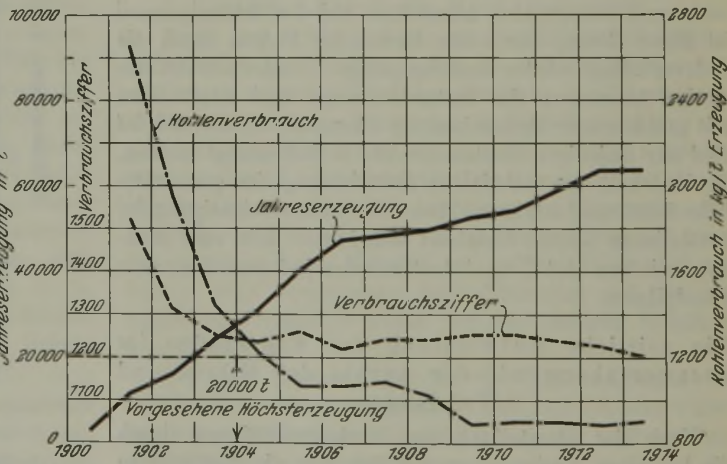


Abbildung 37. Entscheidende betriebswirtschaftliche Entwicklung in der Vorkriegszeit bei gleichgebliebenen Walzwerksanlagen (Werk Rath).

des Walzwerkes die Leistung der Walzenstraßen weit über die beim Entwurf des Werkes geplante Höchsterzeugung zu steigern. In den Zurichtereien waren selbstverständlich Umstellungen erforderlich, da die ganzen Einrichtungen nur für die einfache Rohrlänge vorgesehen waren.

Es dürfte hier nicht notwendig sein auszuführen, welchen bedeutenden Einfluß diese Leistungssteigerung und Umsatzerhöhung auf die Wirtschaftlichkeit des Mannesmannrohr-Walzverfahrens bei fast gleichbleibenden Anlagekosten ausübte. Nur zwei Schaulinien, die in der Abb. 37

eingetragen sind, mögen den damaligen Fortschritt vor Augen führen. Die eingezeichnete Linie für den Kohlenverbrauch des Gesamtwerkes zeigt eine stark fallende Richtung. Diese Ersparnis wurde außer durch Fortfall der Mehrhitzen durch die starke Leistungserhöhung und die damit in Zusammenhang stehende bessere Ausnutzung aller Energiearten erreicht.

Die im Schaubild weiter dargestellte Verbrauchsziffer erfuhr eine wesentliche Verbesserung durch die bereits festgestellte Abbrandersparnis und die Verringerung des Kopf- und Schwanzabfalles. Weitere Verbesserungen in der Stoffwirtschaft wurden durch andere Maßnahmen in der Betriebsführung erzielt, die nachfolgend kurz angedeutet werden sollen.

**Betriebswirtschaftliche Maßnahmen zur Unterstützung der Betriebsführung.**

Bereits im Jahre 1903 wurde eine schmelzenmäßige Verfolgung des Werkstoffs eingeführt, die sich vom Stahlwerk bis zum fertigen Rohr erstreckte. Bei der Herstellung nahtloser Rohre werden außerordentlich hohe Anforderungen an die Werkstoffgüte gestellt, da neben den Außenfehlern im Gegensatz zu Profilwalzwerken hierbei auch die Innenfehler des Werkstoffs klar hervortreten. Die Einschaltung gewisser Prüfstellen in den Fertigungsfluß wurde daher für die Betriebsführung ein wichtiges Hilfsmittel.

Vor dem Einsetzen in das Rohrwalzwerk wurden von jeder Schmelze Beizproben abgestochen, die in vielen Fällen schon ein Ausscheiden ungeeigneten Werkstoffs gestatteten.

Eine weitere wichtige Prüfstelle wurde später hinter der Schrägwalze eingerichtet, da die Hohlblöcke im warmen Zustand, kurz nach dem Verlassen des Schrägwalzwerkes, jeden kleinen Innen- und Außenfehler erkennen lassen. Jeder Einzelbefund wurde in einem besonderen Buch unter der betreffenden Schmelzennummer vermerkt. Blöcke mit starken Fehlern schieden bereits an der Schrägwalze aus, wodurch unnütze Mehrkosten an späteren Arbeitshandlungen vermieden wurden. Eine sehr erzieherische Wirkung übte die Einrichtung einer Abnahme- und Prüfstelle zwischen Walzwerk und Zurichterei aus, wodurch Walzfehler sofort beanstandet und auf ein Geringstmaß herabgedrückt werden konnten.

Diese frühzeitige Betriebsanordnung wurde in der Nachkriegszeit in der Richtung der Aufzeichnung und Sammlung der Zahlen planmäßig ausgebaut, so daß eine Auswertung der Ergebnisse jeder Schmelze nach den verschiedensten Gesichtspunkten möglich war.

Abb. 38 zeigt die Einrichtung dieser Werkstoffüberwachung. Vor der Einführung des Lochkartensystems war nur eine Teilauswertung der angeführten Angaben möglich. Nach Anschaffung von Hollerithmaschinen konnte vom Jahre 1927 ab eine weitgehende Auswertung ohne erhebliche Mehrkosten durchgeführt werden, wodurch es möglich wurde, den Stahl- und Walzwerkern mit Hilfe der Großzahlforschung wertvolle Fingerzeige für das Verhalten des Werkstoffs bei Veränderung der verschiedenen Einflußgrößen zu geben.

Stahlwerk	Walzwerk	Ergebnis
1. Ofen- und Schmelzmeister.	4. Werkstoffkennzeichnung.	6. Einsatz.
2. Schmelzennummer.	a) Stahlsorte	a) Stück,
3. Stahlwerksdaten.	weich,	b) Gewicht.
a) Art des Einsatzes,	mittelhart,	7. Ausbringen.
b) Schmelzdauer,	hart,	a) Stück,
c) Gießtemperatur,	* * * *	b) Gewicht.
d) Gespannummer,	b) Blockteil	8. Fehler.
e) Analyse,	Fußenden,	a) Innenrisse,
f) * * * *	Mittelstücke,	b) Außenrisse,
	Lunkerenden,	c) Walzfehler,
	ganze Blöcke.	d) * * * *
	5. Rohrsorte.	9. Verbrauchsziffer.

Abbildung 38. Aufbau der Werkstoffverfolgung beim Mannesmannrohr-Walzverfahren.

Neben dieser rein organisatorisch wissenschaftlichen Werkstoffüberwachung wurden schon frühzeitig praktische Maßnahmen ergriffen, um die Verbrauchsziffer zu senken.

Mittels Großzahlwägungen wurden die Pilgerkopf- und Schwanzzugaben, die bei Rohren mit fester Länge eine besondere Bedeutung haben, festgelegt, und zwar in Abhängigkeit vom Rohrdurchmesser, von der Wandstärke und der Kaliberausgestaltung. Abb. 39 zeigt die Festlegung der Werte für die Bestimmung des Einsatzgewichtes. Diese Werte setzen 1. die Einhaltung genauer Brechtoleranzen, 2. eine weitgehende Auswalzung der Pilgerköpfe voraus.

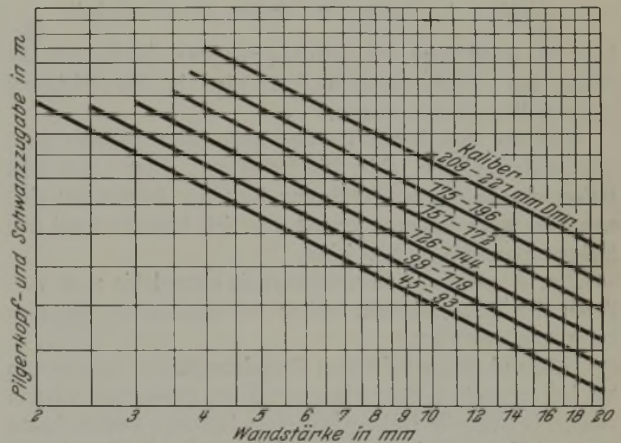


Abbildung 39. Festlegung der Pilgerkopf- und Schwanzzugaben.

Wichtig für die Werkstoffkosten beim Mannesmannrohr-Walzverfahren wurde die frühzeitige Verwendung der billigeren Rohblöcke selbst für die kleineren Rohrabmessungen. Während in den ersten Entwicklungsjahren nur Halbzeug verwendet wurde, ging man zunächst in den größeren Rohrabmessungen auf gegossenen Werkstoff über.

Bei den kleineren Straßen (Kaliberbereich 50 bis 79 mm Dmr.) betrug aber der Rundstahlanteil im Jahre 1908 noch 70 % des Gesamteinsatzes. Die damals planmäßige Inangriffnahme dieser Werkstoffkostenfrage brachte innerhalb eines Jahres eine Senkung der Anteilzahl auf 40 %, die in den folgenden Jahren stetig fortgesetzt werden konnte, so daß heute bei gleichgebliebener Rohrsortenzusammensetzung nur noch 15 % Rundstahl bei dem angegebenen Kaliberbereich verwendet wird. Es war hierbei naturgemäß genau festzustellen, daß die Kostensenkung durch den billigeren Einsatz nicht durch eine Verbrauchszifferverschlechterung aufgehoben wurde.

Mit der Einführung der knapp berechneten Einsatzgewichte war eine erhöhte Sorgfalt beim Walzen selbst erforderlich. Schon vor dem Kriege wurden alle Pilger-

dorne nach jedem Rohr durch ständiges Abfühlen mit einem Taster nachgeprüft und jeder Dorn am Dornkopf mit einem Plus-, Minus- oder Normalzeichen versehen. Nach diesen Zeichen richtete sich der Steuermann bei der Walzenanstellung, womit der Ausfall durch Kurzrohre vermieden wurde.

Die verstärkte Sorgfalt beim Walzen, unterstützt durch eine entsprechende Ausbildung der Kaliber, gestattete auch

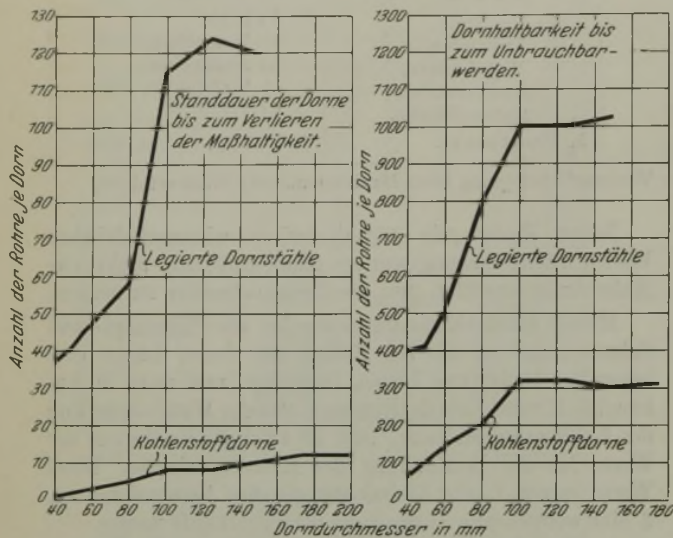


Abbildung 40. Frühere und heutige Dornhaltbarkeit.

bald das maßhaltige Fertigwalzen gewisser Rohrarten, die früher nur durch mehrere Warmzüge in der Richterei hergestellt werden konnten.

Eins der wichtigsten Kostenanteile beim Mannesmannrohr-Walzverfahren bildet die Dornfrage. Erst nach dem Kriege wurde durch Einführung legierten Dornstahls eine wesentliche Verbilligung erzielt, die sich besonders bei den kleinen Rohrgrößen auswirkte.

Abb. 40 zeigt die Dornhaltbarkeit einmal bis zum Verlieren der Maßhaltigkeit, weiter die Haltbarkeit bis zum Unbrauchbarwerden.

Während früher bei einem Dorndurchmesser von 50 mm bei jedem zweiten Rohr ein neuer Dorn genommen werden mußte, beträgt die Haltbarkeit eines legierten Dornes heute etwa 40 Rohre. Die Hauptverbilligung durch die Einführung der legierten Dorne lag in dem Wegfall des häufigen Nachschmiedens. Der höhere Werkstoffpreis wurde durch die etwa vierfache Lebensdauer weit ausgeglichen.

Eine wichtige betriebswirtschaftliche Maßnahme zur Unterstützung der Betriebsführung war die frühzeitige Schaffung eines weit ausgebauten Kostenwesens. Um auf

schnellstem Wege einen Einblick in die Ergebnisse und die Entwicklung des Betriebes zu erhalten, wurde schon im Jahre 1900 eine Organisation für eine monatliche Kostenerfassung eingerichtet, die einige Jahre später mit weitgehender Kontengliederung ausgestaltet wurde. In jenen für das Mannesmannrohr-Walzverfahren kritischen Zeiten wurde diese Einrichtung zu einem der wichtigsten Hilfsmittel für die Beurteilung des Betriebs. Schon damals war das vier Walzenstraßen umfassende Rather Werk mit seinen Zurichtereien und Hilfsbetrieben in 264 Kostenstellen unterteilt, so daß die Betriebskosten fast jeder Maschine und Einrichtung monatlich einzeln ermittelt wurden. Daneben war das Erzeugnis bereits in 28 Rohrabmessungen und Rohrorten zergliedert, deren monatliche Kostenverfolgung für die Entschlüsse der kaufmännischen Leitung und für die Betriebsführung von großer Bedeutung wurden. Diese Organisation des Kostenwesens bis in ihre Einzelheiten darf für die Verhältnisse der Vorkriegszeit als vorbildlich und richtunggebend angesehen werden. Der Aufbau war für alle Werke einheitlich und ist in seinen Grundzügen bis heute erhalten geblieben.

#### Schlußbetrachtung.

Wesentliche technische und betriebswirtschaftliche Entwicklungsstufen zur wirtschaftlichen Herstellung nahtloser Mannesmannrohre fallen schon in die Vorkriegszeit. In der Zeit um die Jahrhundertwende hatten die Mannesmannröhren-Werke auf dem Rohmarkt schwer zu ringen.

Kampfpreise des vereinigten Wettbewerbes und deren Lieferungsverweigerung in den noch nicht herstellbaren Rohrabmessungen für die Mannesmann-Kundschaft, und die Aufnahme anderer Verfahren zur Herstellung nahtloser Rohre gestalteten diese Zeit zu einem entscheidenden Daseinskampf für das Mannesmannrohr-Walzverfahren überhaupt.

Allen diesen Widerständen zum Trotz wurde unter der Leitung von N. Eich der eingeschlagene Weg zu Ende geführt. Im Jahre 1905 konnten zum ersten Male die Betriebsüberschüsse, die bis dahin zur Tilgung der Schulden und zum Ausbau der Werke gedient hatten, den Aktionären zugeführt werden. Mit diesem Zeitpunkt war also das zwanzigjährige Ringen um die Lebensberechtigung des Mannesmann-Verfahrens entschieden, nicht zum wenigsten als Folge der beschriebenen technischen und betriebswirtschaftlichen Entwicklung. Die Wirtschaftlichkeit wuchs nunmehr stetig mit dem weiteren Ausbau und mit der Verfeinerung des Verfahrens.

Damit war die Voraussetzung gegeben zu dem von Dr. Heinrich Bierwes geschaffenen großzügigen senkrechten Ausbau des Mannesmannröhren-Konzerns zu seiner heutigen volkswirtschaftlichen Bedeutung.

## Ueber die metallurgischen Vorgänge beim Siemens-Martin-Verfahren.

Von Peter Bardenheuer in Düsseldorf.

(Mitteilung aus dem Kaiser-Wilhelm-Institut für Eisenforschung.)

[Bericht Nr. 251 des Stahlwerksausschusses des Vereins deutscher Eisenhüttenleute\*].

(Konzentrationsänderungen in Bad und Schlacke während des Verlaufs einer basischen Siemens-Martin-Schmelzung. Vorgänge bei der Entkohlung. Verhalten des Sauerstoffs im Stahlbade. Bedeutung des Mangans. Entphosphorung und Entschwefelung des Bades. Desoxydation mit Mangan. Beispiele für den Schmelzverlauf unter verschiedenen Arbeitsbedingungen. Parallelen zwischen dem basischen und sauren Verfahren.)

Im Rahmen seines Arbeitsplanes zur Erforschung der Stahlerzeugungsverfahren hat das Kaiser-Wilhelm-Institut für Eisenforschung sich auch mit dem Siemens-Martin-Verfahren

\* Vorgetragen auf der Wissenschaftlichen Haupttagung des Vereins deutscher Eisenhüttenleute am 13. Mai 1933 in Düsseldorf. — Sonderabdrucke dieses Berichtes sind vom Verlag Stahleisen G. m. b. H., Düsseldorf, Postschließfach 664, zu beziehen.

befaßt. Das wesentliche Ziel dieser Arbeit war, durch eingehende analytische Untersuchungen die Konzentrationsänderungen in Bad und Schlacke während des Ablaufs des Verfahrens kennenzulernen. Erst auf Grund dieser Unterlagen ist es möglich, mit Hilfe physikalisch-chemischer Erkenntnisse ein geschlossenes Bild vom Ablauf der verschiedenen Reaktionen und ihrer gegenseitigen Beeinflussung zu erhalten.



Konzentrationsänderungen während des Verlaufs einer basischen Stahlschmelzung.

Die gemeinsam mit G. Thanheiser<sup>1)</sup> durchgeführten Untersuchungen erstreckten sich auf eine größere Anzahl von Siemens-Martin-Schmelzungen aus verschiedenen Betrieben. Auch an dieser Stelle sei den einzelnen Werken für ihr weitgehendes Entgegenkommen bei der Durchführung der Versuche bestens gedankt. Aus den vorliegenden Versuchsergebnissen können im folgenden nur einige wenige Schmelzungen behandelt werden. Zunächst sei aus diesen nur eine herausgegriffen, um an Hand der erhaltenen Ergebnisse ein allgemeines Bild von dem Verlauf der einzelnen Reaktionen zu geben. Es handelt sich dabei um eine im basischen Ofen hergestellte 30-t-Schmelzung aus dem laufenden Betrieb. Die Arbeitsbedingungen wiesen keine Besonderheiten auf. Infolge der Schwierigkeiten bei der Probenahme konnten die Vorgänge während des Einschmelzens nicht mit erfaßt werden. Die Versuchsergebnisse sind in Abb. 1 wiedergegeben.

Da die Schmelzung mit 1,02 % C einlief und ein kohlenstoffarmer Stahl zu erzeugen war, wurde im Anfang mehrfach Erz zugegeben, um die Entkohlung zu beschleunigen. Der Kohlenstoffgehalt nimmt infolgedessen verhältnismäßig schnell ab; nach 105 min beträgt er nur noch 0,07 %. Der Kohlenstoffgehalt ist also mit einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 0,58 %/h verbrannt. Der Mangangehalt fällt unter dem Einfluß der starken Frischwirkung in den ersten 15 min von 0,38 % rasch ab, und steigt dann wieder langsam an. In den letzten 35 min vor dem Fertigmachen ändert er sich nicht mehr; schließlich wird er durch den Zusatz von Ferromangan auf die gewünschte Höhe gebracht. Der Phosphorgehalt vermindert sich im Anfang stark, dann bis zum Fertigmachen langsamer, um mit dem Ferromanganzusatz wieder anzusteigen. Der Schwefelgehalt ändert sich während des Erzens praktisch nicht und fällt darauf anfangs rasch, dann langsamer, aber stetig ab. Der Stickstoffgehalt nimmt während des gesamten Schmelzverlaufs langsam ab. Der Sauerstoffgehalt bleibt trotz der Erzzugabe während der Dauer des starken Kochens sehr niedrig und steigt erst am Schluß stark an.

Der Verlauf der Abbrandkurven der Begleitelemente des Eisens entspricht im allgemeinen dem Bild, wie es bei dem basischen Siemens-Martin-Verfahren bekannt ist. Weniger bekannt ist die Kurve der Sauerstoffkonzentration im Stahlbade während der Schmelze. Da aber gerade der Sauerstoff für den Ablauf der Reaktionen von ausschlaggebender Bedeutung ist, so ist ihm in der vorliegenden Untersuchung besondere Beachtung geschenkt worden.

Die Reaktion des Sauerstoffs mit dem Kohlenstoff.

Abb. 1 zeigt, daß der im Bade gelöste Kohlenstoff sehr schnell abnimmt. Wir wissen, daß die Verbrennung des Kohlenstoffs zu Kohlenoxyd durch Reaktion mit dem im Bade ebenfalls gelösten Eisenoxydul erfolgt. Die größte Menge Eisenoxydul, die das Bad bei einer bestimmten Temperatur in Lösung halten kann, richtet sich nach dem Eisenoxydulgehalt der Schlacke, und zwar entspricht diese Verteilung einem konstanten Verhältnis. Das Manganoxydul kommt für die Reaktion mit dem Kohlenstoff nicht in Betracht, weil nach den Untersuchungen von F. Körber und W. Oelsen<sup>2)</sup> seine Löslichkeit im flüssigen Eisen praktisch gleich Null ist. Hiernach ist also die größte Sauerstoffkonzentration in einem kohlenstofffreien Eisenbade unter einer flüssigen Schlacke, die Eisen- und Manganoxydul

enthält, nur durch den Eisenoxydulgehalt der Schlacke bestimmt nach  $L = \frac{[O_2] \cdot 100}{(FeO')}$ . Hierbei ist (FeO') das aus dem Gesamteisengehalt der Schlacke berechnete Eisenoxydul. Entsprechend der von Körber und Oelsen gegebenen Gesetzmäßigkeit (vgl. Abb. 2) nimmt der Wert für L mit erhöhter Temperatur zu, d. h. bei gleichem Eisenoxydulgehalt der Schlacke löst das Eisenbad um so mehr Sauerstoff, je höher die Temperatur ansteigt. Aus diesen Ueberlegungen ergibt sich also, daß für die Reaktion mit dem Kohlenstoff um so mehr Sauerstoff zur Verfügung steht, je höher der Eisenoxydulgehalt der Schlacke und je höher die Temperatur ist.

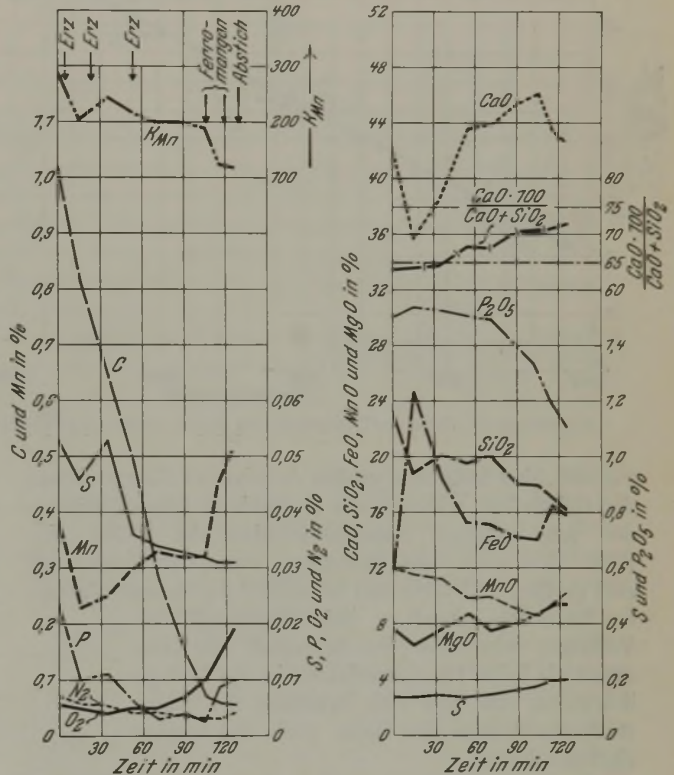


Abbildung 1. Basische Siemens-Martin-Schmelzung.

Bei dem Vergleich der Kurven in Abb. 1, welche die Konzentrationsänderung von Kohlenstoff und Sauerstoff kennzeichnen, fällt auf, daß der Sauerstoffgehalt des Bades, solange der Kohlenstoffgehalt noch mehr als etwa 0,2 bis 0,3 % beträgt, trotz der starken Frischwirkung und des zum Teil sehr hohen Eisenoxydulgehaltes der Schlacke fast unverändert bleibt. Im vorliegenden Falle enthält das Bad bei einem Kohlenstoffgehalt von etwa 0,3 % nur rd. ein Zehntel des Sauerstoffgehaltes, den reines Eisen unter einer basischen Schlacke mit dem gleichen Eisenoxydulgehalt bei einer Badtemperatur von rd. 1600° in Lösung halten kann. Solange also noch hinreichend Kohlenstoff im Stahlbade vorhanden ist, erreicht der Sauerstoffgehalt den durch den Eisenoxydulgehalt der Schlacke und durch die Temperatur bestimmten Sättigungswert bei weitem nicht. Die Erklärung hierfür liegt darin, daß in einem kohlenstoffhaltigen Eisenbade die Sauerstoffkonzentration, die neben dem Kohlenstoff darin beständig ist, durch die Reaktion  $FeO + C = CO + Fe$  stark herabgedrückt wird. Diese Reaktion verläuft, wie aus folgendem Beispiel sehr deutlich hervorgeht, mit außerordentlicher Geschwindigkeit.

Abb. 3 zeigt die Konzentrationsänderungen während einer Thomasschmelzung, aus einer ebenfalls gemeinsam mit G. Thanheiser<sup>3)</sup> durchgeführten Untersuchung. Beim

<sup>3)</sup> Mitt. Kais.-Wilh.-Inst. Eisenforsch., Düsseld., demnächst.

<sup>1)</sup> Mitt. Kais.-Wilh.-Inst. Eisenforsch., Düsseld., demnächst.  
<sup>2)</sup> Mitt. Kais.-Wilh.-Inst. Eisenforsch., Düsseld., 14 (1932) S. 181/204; vgl. Stahl u. Eisen 53 (1933) S. 46/47.

Thomasverfahren wird bekanntlich durch den Sauerstoff der in großen Mengen ins Bad eingeblasenen Luft zunächst Eisenoxydul gebildet, das dann die Begleitelemente des Eisens, vor dem Uebergang namentlich den Kohlenstoff, oxydiert und aus dem Bade entfernt. Wie sich aus dem Konzentrationsschaubild ergibt, geht die Reaktion des Kohlenstoffs mit dem Eisenoxydul des Bades so schnell

selbst bei sehr geringer Kohlenstoffkonzentration nicht so leicht zum Stillstand kommt.

Auf Grund seiner praktischen Erfahrung legt der Stahlwerker großen Wert darauf, daß das Stahlbad genügend lange Zeit lebhaft kocht. Wird die Entkohlungszeit durch zu stürmisches Kochen zu sehr abgekürzt oder wird das Bad vorzeitig totgeschmolzen, oder kocht es wegen ungünstiger Konzentrationsverhältnisse der Reaktionsteilnehmer in Bad und Schlacke oder wegen sonstiger Einflüsse, etwa wegen zu niedriger Temperatur oder unzureichenden Flüssigkeitsgrades der Schlacke, zu schwach, so wirkt sich das nach der Erfahrung des Stahlwerkers nachteilig auf die Güte des Stahles aus. Auf die Wichtigkeit der richtigen Entkohlgeschwindigkeit hat neuerdings wieder F. Beitter<sup>5)</sup> hingewiesen und gleichzeitig einen Weg gezeigt, wie durch Ueberwachung des Schmelzverlaufs die beste Geschwindigkeit im Betriebe eingehalten werden kann.

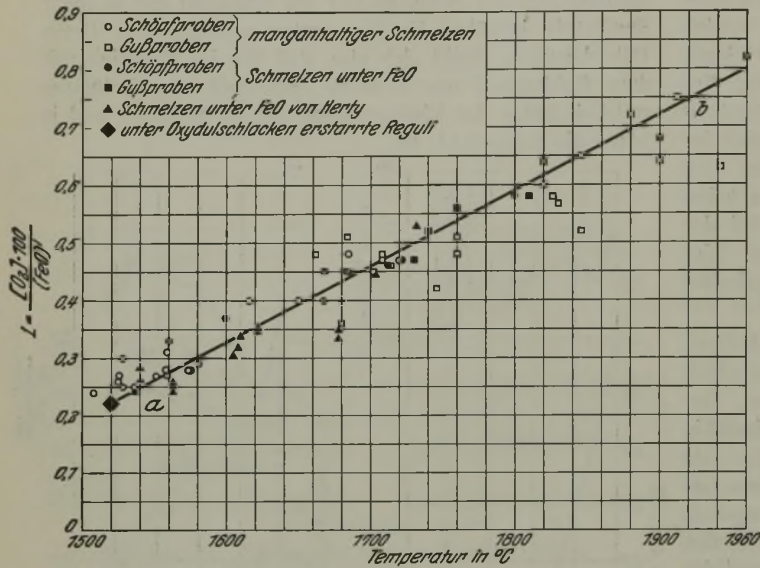


Abbildung 2. Sauerstofflöslichkeit im Eisen unter Oxydulschlacken.

vor sich, daß trotz dem großen Angebot an Sauerstoff aus der Gebläseluft während der Entkohlung keine Erhöhung des sehr geringen Sauerstoffgehaltes des Bades eintritt. Erst nach dem Uebergang, wenn der Kohlenstoff zum größten Teil verbrannt ist, nimmt der Sauerstoffgehalt des Bades sehr schnell zu. Beim Siemens-Martin-Verfahren wird aber der Sauerstoff viel langsamer als beim Thomasverfahren in das Bad gebracht, so daß hier eine Erhöhung der Sauerstoffkonzentration des Bades noch viel weniger eintreten kann.

Sauerstoff, etwa durch zu reichliche oder zu späte Erzaufgabe, gegenüberstehen.

Weiter hat das Kochen aber noch die wichtige Aufgabe, die gelösten Gase aus dem Stahlbade zu entfernen und ihre Aufnahme aus der Ofenatmosphäre abzuwehren. Der Vorgang der Entfernung der gelösten Gase aus dem Stahl-

Die Reaktion des Kohlenstoffs mit dem Eisenoxydul in einem Stahlbade setzt voraus, daß die Konzentrationen der reagierenden Stoffe einen gewissen Mindestwert besitzen. Je vollständiger also der Kohlenstoff zuletzt aus dem Bade verschwindet, um so langsamer kann der Rest mit dem Eisenoxydul reagieren, und um so höher muß der Sauerstoffgehalt des Bades ansteigen, wenn die Reaktion überhaupt noch weiterverlaufen soll. Diese Zusammenhänge gehen aus Abb. 4 hervor, die das Gleichgewichtsverhältnis für die Reaktion des Kohlenstoffs mit dem Eisenoxydul des Bades nach Ergebnissen von H. C. Vacher und E. H. Hamilton<sup>4)</sup> darstellt. Man sieht daraus, daß mit abnehmendem Kohlenstoffgehalt immer höhere Sauerstoffkonzentrationen mit diesem im Gleichgewicht stehen. Die stärkere Einwanderung von Sauerstoff in das Bad kann bis zu einem gewissen Grade durch eine hohe Badtemperatur insofern ausgeglichen werden, als dadurch die Bedingungen für eine erhöhte Reaktionsgeschwindigkeit günstiger werden. Jedenfalls hat eine hohe Badtemperatur gegen Schluß der Entkohlung den unverkennbaren Vorteil, daß dadurch das Kochen des Bades

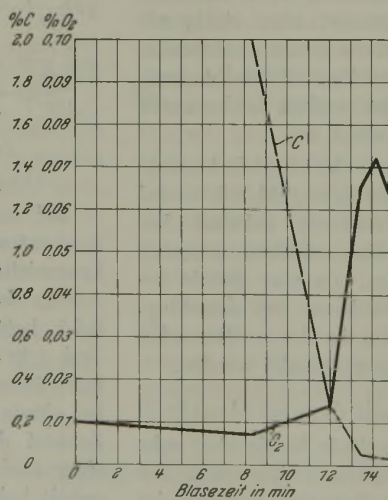


Abbildung 3. Die Sauerstoffkonzentration im Stahlbad während einer Thomasschmelzung.

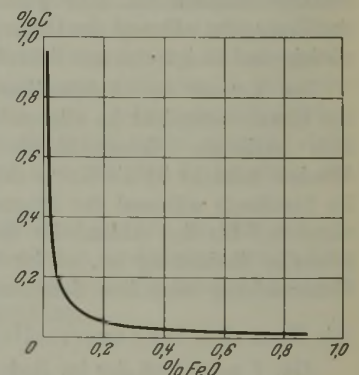


Abbildung 4. Gleichgewichtsverhältnis für die Reaktion  $FeO + C \rightleftharpoons Fe + CO$  bei 1620° nach H. C. Vacher und E. Hamilton.

bade durch den Kochvorgang wird durch folgenden Versuch erläutert. In zwei gleiche Gefäße, die mit destilliertem Wasser gefüllt waren, wurde  $\frac{1}{2}$  h lang Kohlensäure eingeleitet. Darauf wurde durch das Wasser des einen Gefäßes kohlenstofffreie Luft geleitet; das zweite Gefäß blieb ruhig an der Luft stehen. Aus beiden wurde alle 10 min eine Probe genommen und der Kohlensäuregehalt darin bestimmt. Das Ergebnis ist in Abb. 5 wiedergegeben. Die durchgeblasene Luft hat innerhalb 1 h allmählich fast alle Kohlensäure aus dem Wasser entfernt, während der

<sup>4)</sup> Vgl. Stahl u. Eisen 51 (1931) S. 1033/34.

<sup>5)</sup> Stahl u. Eisen 53 (1933) S. 369/75 u. 398/404.

Kohlensäuregehalt des Wassers in dem zweiten Gefäß in dieser Zeit erhalten geblieben ist.

In ganz entsprechender Weise hat man sich die Entgasung eines kochenden Stahlbades durch das durchperlende Kohlenoxyd vorzustellen. Die Kohlenoxydblase schaffen im Metall selbst und an dessen Oberfläche eine Kohlenoxydatmosphäre, in der der Wasserstoff- und der Stickstoffdruck praktisch gleich Null ist, so daß der höhere Partialdruck dieser Gase im Metallbade sich gegen den geringeren Druck der gleichen Gase der umgebenden Atmosphäre auszugleichen sucht, wobei die gelösten Gase langsam aus dem Bade entfernt werden.

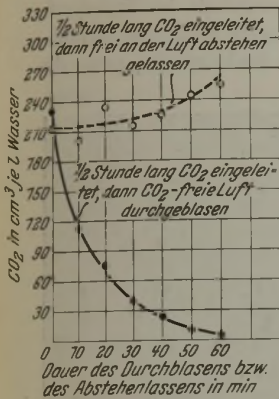


Abbildung 5. Entgasung von kohlenstoffhaltigem Wasser.

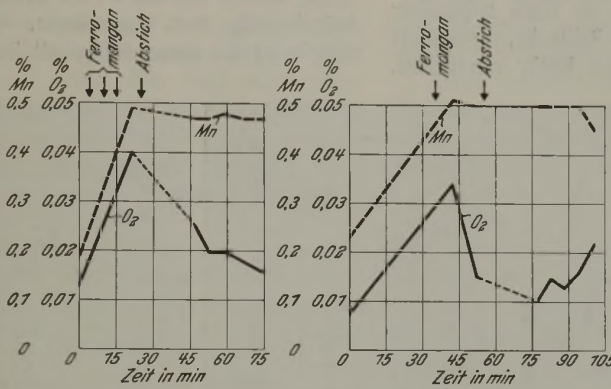


Abbildung 6. Einfluß der Zugabe von Ferromangan auf den Gehalt des Stahles an Gesamtsauerstoff vor und nach dem Abstich.

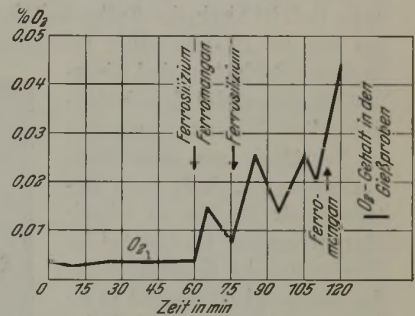


Abbildung 7. Einfluß von Zuschlägen von Ferromangan und Ferrosilizium auf den Sauerstoffgehalt während einer basischen Siemens-Martin-Schmelzung.

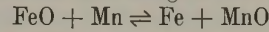
Unter den im Stahl gelösten Gasen kann der Stickstoff am zuverlässigsten bestimmt werden, so daß der Einfluß des Kochens auf den Stickstoffgehalt des Bades sich am einwandfreiesten nachweisen läßt. Durch eine noch unveröffentlichte Untersuchung des Eisenforschungs-Instituts wird nachgewiesen, daß der hohe Stickstoffgehalt von Thomasstahl, der beim Duplexverfahren flüssig in den Siemens-Martin-Ofen gebracht wird, auf die Hälfte bis auf ein Drittel zurückgeht, wenn der Stahl im Siemens-Martin-Ofen kurze Zeit gekocht hat. In jedem Falle wird damit der niedrige Stickstoffgehalt, den der Siemens-Martin-Stahl gewöhnlich aufweist, erreicht.

Ferner ist bekannt, daß der schädliche Einfluß von rostigem Einsatz auf die mechanischen Eigenschaften des erschmolzenen Stahles nur durch stärkeres oder längeres Kochen des Bades, also durch einen höheren Kohlenstoffgehalt im Einsatz, vermindert werden kann. Der Eisenrost unterscheidet sich von den reinen Oxyden des Eisens vor allem durch seinen Gehalt an gebundenem Wasserstoff; durch 1 % des am Einsatz haftenden Rostes werden je t Stahl rd. 2,5 m<sup>3</sup> Wasserstoff, d. i. fast das Zwanzigfache des Stahlvolumens bei 0° und 760 mm QS, in das Bad gebracht. Wenn auch die Gewichtsmenge des im Stahl gewöhnlich vorgefundenen Wasserstoffs nur gering ist, so ist doch wegen des großen Volumens dieser kleinen Gewichtsmenge ein außerordentlich starker Einfluß auf den Werkstoff möglich. Hierin dürfte die Erklärung für die oft beobachteten schlechten mechanischen Eigenschaften eines Stahles liegen, der bei der Herstellung nicht genügend gekocht hat.

Die Bedeutung des Mangans für den Ablauf des basischen Verfahrens.

Beim Einschmelzen ist der Einsatz einer starken Oxydation durch die Flamme unterworfen, so daß dabei eine Schlacke entsteht, die große Mengen Metalloxyde enthält. Bei manganfreiem Einsatz würde die Gesamtmenge dieser

Oxyde als Eisenoxydul vorliegen. Infolgedessen würden entsprechend dem Verteilungskoeffizienten große Mengen Sauerstoff ins Bad übergehen und hier eine stürmische Reaktion mit dem Kohlenstoff bewirken. Der Kochvorgang würde innerhalb kurzer Zeit zu Ende verlaufen. Je mehr Mangan aber im System vorhanden ist, um so mehr Manganoxydul wird nach der Gleichung



gebildet, und dementsprechend wird der Eisenoxydulgehalt der Schlacke verringert. Da aber nach den erwähnten Untersuchungen von Körber und Oelsen die Löslichkeit des Manganoxyduls im flüssigen Eisen gegenüber der-

jenigen des Eisenoxyduls vollständig zurücktritt, so kommt für das Gleichgewicht mit dem Sauerstoff des Bades nur der durch den Mangangehalt des Systems verringerte Eisenoxydulgehalt der Schlacke in Frage. Das Mangan verringert hiernach das Sauerstoffangebot an das Bad und regelt somit die Kochgeschwindigkeit.

Diese Aufgabe des Mangans ist namentlich dann wichtig, wenn gegen Ende der Entkohlung ein großes Angebot an Sauerstoff aus der Schlacke nicht mehr zur Verfügung stehen darf. Wie aus Abb. 1 hervorgeht, steigt im vorliegenden Fall vor dem Fertigmachen der Sauerstoffgehalt des Bades auf etwa den doppelten Betrag an; er bleibt damit aber immer noch weit hinter dem Sättigungswert zurück, den er unter den gegebenen Verhältnissen erreichen kann, wenn er mit dem Eisenoxydulgehalt der Schlacke im Gleichgewicht steht. Ein zu hohes Ansteigen des Sauerstoffgehaltes in einem kohlenstoffarmen Stahlbade wird durch einen genügend hohen Mangangehalt verhindert.

Von besonderer Bedeutung für den Verlauf des basischen Siemens-Martin-Verfahrens ist die Rückwanderung von Mangan aus der Schlacke in das Bad. Im vorliegenden Falle steigt die Mangankonzentration im Bade nach einem anfänglichen Abfall, der mit dem raschen Anstieg des Eisenoxydulgehaltes der Schlacke infolge der Erzzugabe im Zusammenhang steht, langsam an und bleibt während des letzten Teiles der Entkohlungsperiode unverändert. Der Wiederanstieg des Mangangehaltes hat folgende Ursachen. Das Mangangleichgewicht zwischen Bad und Schlacke ist nach der Untersuchung von F. Körber und W. Oelsen von der Temperatur abhängig, und zwar wird mit steigender Temperatur der Wert für die Gleichgewichtskonstante

$$K_{\text{Mn}} = \frac{(\text{MnO}) [\text{Fe}]}{(\text{FeO}) [\text{Mn}]}$$

kleiner, das bedeutet, daß bei gleichbleibendem Verhältnis  $\frac{(\text{MnO})}{(\text{FeO})}$  in der Schlacke der Mangangehalt des Bades größer

werden muß. Ist dieses Verhältnis gleich 1, so hat z. B. die Erhöhung der Badtemperatur von 1600 auf 1700° eine Steigerung der Gleichgewichtskonzentration des Mangans im Bade von 0,50 auf 0,74, also um rd. 50 %, zur Folge.

Gleichzeitig geht aber auch mit steigender Temperatur in der Schlacke mehr Kalk in Lösung; das Verhältnis Kalk: Kieselsäure wird größer. Nach Untersuchungen von G. Tammann und W. Oelsen<sup>6)</sup> ist in basischen Schlacken,

in denen das molekulare Verhältnis  $\frac{\text{CaO}}{\text{SiO}_2}$  größer als 2 oder der prozentuale Anteil  $\frac{\text{CaO} \cdot 100}{\text{CaO} + \text{SiO}_2}$  größer als 65 ist, die gesamte Kieselsäure als Orthosilikat an Kalk gebunden; unter CaO ist hierin der Kalkgehalt der Schlacke, vermindert um den an Phosphorsäure gebundenen Kalk, verstanden. In diesen Schlacken sind Eisen-

und Manganoxydul als freie Oxydulgelöst. Je weniger Kalk aber im Verhältnis zur Kieselsäure vorhanden ist, desto mehr Metalloxydule werden an Kieselsäure gebunden. Da man bei der Berechnung der Konstanten für das Mangangleichgewicht in allen Fällen den Gesamtgehalt der Schlacke an Manganoxydul einsetzt, so fällt dieser Wert um so höher aus, je mehr Manganoxydul über den Betrag an gelöstem Manganoxydul hinaus an Kieselsäure gebunden ist. Wie Tammann und Oelsen zeigten, entsprechen  $K_{\text{Mn}}$ -Werte von 1000

und mehr sauren Schlacken und solche von etwa 200 bis 300 rein basischen Schlacken. Wird nun eine saure Schlacke durch Kalkzusatz basisch, so nimmt das dabei frei gewordene Manganoxydul an der Gleichgewichtsreaktion teil, d. h. der Mangangehalt des Bades erfährt eine entsprechende Erhöhung, und der vorher ermittelte hohe Wert der Gleichgewichtskonstanten sinkt auf den für basische Schlacken üblichen Betrag ab. Der Uebergang von saurem zum rein basischen Charakter der Schlacke, der auch in einem Absinken des  $K_{\text{Mn}}$ -Wertes zum Ausdruck kommt, bewirkt also, ebenso wie ein Temperaturanstieg, die Rückwanderung von Mangan in das Bad.

Schließlich steht die Rückwanderung des Mangans noch unter dem Einfluß des Sauerstoffgehaltes im Bade. Wie oben gezeigt wurde, bewirkt die äußerst schnelle Reaktion des Kohlenstoffs mit dem im Bade gelösten Sauerstoff, daß die Sauerstoffkonzentration weit unter dem Sättigungswert liegt, der bei einem kohlenstofffreien Bade dem Eisenoxydulgehalt der Schlacke entsprechen würde. Dadurch wird für das Mangangleichgewicht ein Zustand geschaffen, der einer Verminderung des Eisenoxydulgehaltes der Schlacke entspricht, und das würde eine Reduktion von Manganoxydul der Schlacke durch das Eisen und damit eine Erhöhung des Mangangehaltes im Bade bedeuten.

Steigerung der Badtemperatur, Erhöhung der Basizität einer vorher nicht rein basischen Schlacke und Desoxydation des Bades durch den Kohlenstoff wirken also im Sinne einer Rückwanderung von Mangan aus der Schlacke in das Bad. Wie aus Abb. 1 hervorgeht, steigt der Mangangehalt nach der 71. Min. nicht mehr an. In den meisten Fällen ist sogar ein starker Abfall der Mangankurve festzustellen; das

Ansteigen und Wiederabfallen der Mangankonzentration ist unter dem Namen „Manganbuckel“ bekannt. Der Stillstand oder das Absinken erklärt sich in folgender Weise. Eine weiter fortschreitende Erhöhung des Mangangehaltes ist nicht mehr zu erwarten, wenn die Badtemperatur nicht weiter gesteigert werden kann, und ferner, wenn die Schlacke rein basisch geworden ist, so daß ein Mangansilikat, aus dem noch weiteres Manganoxydul frei gemacht werden könnte, nicht mehr vorliegt. Wie oben gezeigt wurde, liegt bei Anwesenheit genügender Mengen von Kohlenstoff im Bade der Sauerstoffgehalt des Stahles weit unter dem Sättigungswert, der dem Eisenoxydulgehalt der Schlacke entspricht. Unter diesem Einfluß ist der Mangangehalt des Bades verhältnismäßig hoch angestiegen. Gegen Ende der Entkohlung wird der Sauerstoffgehalt im Bade erhöht, wenn die

x 200

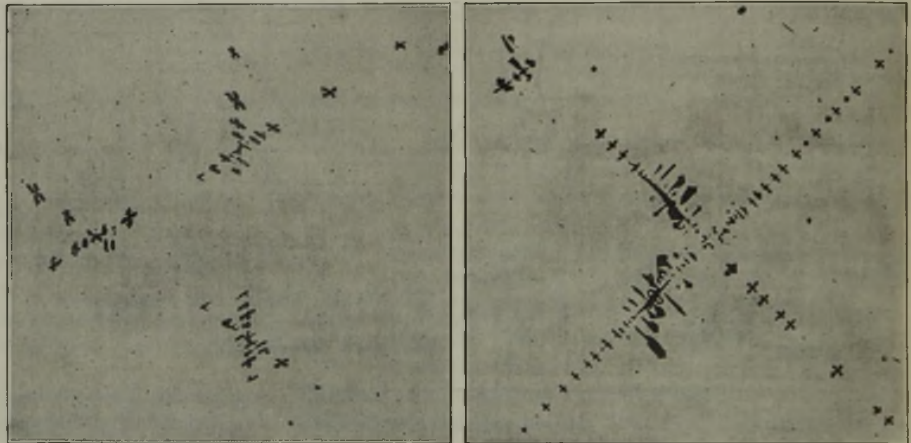


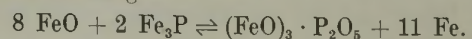
Abbildung 8. Schlackenausscheidungen in einer Eisenschmelze mit 1,76 % Mn (Körber-Oelsen).

geringe Konzentration des Kohlenstoffes nicht mehr ausreicht, den aus der Schlacke in das Bad eindringenden Sauerstoff mit genügender Geschwindigkeit in Form von Kohlenoxyd aus dem Bade zu entfernen. Hierüber gibt die Gleichgewichtskurve in Abb. 4 Aufschluß. Wenn also vorher das Mangangleichgewicht sich dem geringen Sauerstoffgehalt des Bades angepaßt hat, so bedingt die Erhöhung des Sauerstoffes im Bade eine entsprechende Verringerung des Mangangehaltes des Bades.

Die Konzentrationsänderung der übrigen Begleitelemente des Eisens während des Verlaufs der Schmelzung.

Eine wesentliche Aufgabe des basischen Siemens-Martin-Verfahrens besteht schließlich noch in der möglichst weitgehenden Entfernung von Phosphor und Schwefel aus dem Stahlbade. Im Rahmen dieser Arbeit würde es zu weit führen, auf die Vorgänge bei der Entphosphorung und Entschwefelung ausführlich einzugehen; wir müssen uns hier darauf beschränken, zu zeigen, wie sich diese Reaktionen in das Gesamtbild der Umsetzungen einfügen.

Der Phosphor liegt im Bade als Eisenphosphid  $\text{Fe}_3\text{P}$  vor, das durch Oxydation daraus entfernt werden muß nach der Gleichung



Die Entphosphorung des Bades nach dieser Reaktion gelingt aber nur unter der Voraussetzung, daß die Phosphorsäure in der Schlacke in einer festeren Bindung festgehalten wird. Dazu wird eine hinreichende Menge von Kalk in der Schlacke benötigt, der die Phosphorsäure als Kalziumphosphat bindet. Entsprechend diesen Bedingungen für die Entphosphorung fällt in der in Abb. 1 veranschaulichten Versuchsschmelzung

<sup>6)</sup> Arch. Eisenhüttenwes. 5 (1931/32) S. 75/80.

der Phosphorgehalt unter dem oxydierenden Einfluß der Erzzugabe zunächst stark ab. Der weitere Abfall mit zunehmendem Kalkgehalt der Schlacke erfolgt langsamer und erreicht einen Tiefstwert, wenn nach Bindung der Kieselsäure und Phosphorsäure ein Kalküberschuß in der Schlacke vorhanden ist. Nach Zugabe von Ferromangan steigt der Phosphorgehalt plötzlich wieder an, weil der hohe Mangangehalt im Bade infolge der Schaffung stärker reduzierender Verhältnisse eine Reduktion von Phosphorsäure aus der Schlacke bewirkt. Entsprechende Vorgänge haben P. Bardenheuer und A. Ranft<sup>7)</sup> bei der Untersuchung über das Verhalten des Stahles in der Gießpfanne festgestellt.

Die Entschwefelung des Bades setzt erst ein, wenn der Eisenoxydulgehalt der Schlacke nach dem Erzen wieder kleiner geworden ist, und wenn das Kalk-Kieselsäure-Verhältnis der Schlacke anzeigt, daß freier Kalk zur Bindung des Schwefels zur Verfügung steht. Während des weiteren Verlaufs der Schmelzung geht der Schwefelgehalt mit steigendem Kalkgehalt und abnehmendem Eisenoxydulgehalt der Schlacke langsamer zurück.

Der Stickstoffgehalt der untersuchten Schmelzung, der nach dem Einschmelzen mit 0,0068 % schon verhältnismäßig niedrig liegt, nimmt, wie bereits erwähnt, während der ganzen Schmelzung langsam, aber stetig ab.

#### Die Desoxydation mit Mangan.

Die praktische Erfahrung lehrt, daß der basische Siemens-Martin-Stahl sich gewöhnlich nur dann ohne Schwierigkeiten vergießen und rotbruchfrei weiter verarbeiten läßt, wenn er einen bestimmten Mindestgehalt an Mangan aufweist. Dadurch wird erreicht, daß bei der Erstarrung der größte Teil des Sauerstoffs an Mangan gebunden wird. Das entstehende Eisenoxydul-Manganoxydul-Gemisch erstarrt bei hinreichend hohem Mangangehalt im Gegensatz zum reinen Eisenoxydul vor dem Stahl und reagiert bei örtlichen Konzentrationsanreicherungen während der Kristallisation weniger stürmisch mit dem Kohlenstoff. Durch die Desoxydation soll sowohl das niedrighmelzende Eisenoxydul zerstört als auch eine möglichst weitgehende Ausscheidung der Oxyde aus dem Stahl herbeigeführt werden. Der Desoxydationsverlauf sowie die Reihenfolge in der Ausscheidung der Desoxydationsprodukte aus manganhaltigen Eisenschmelzen mit verschiedenen Konzentrationen an Sauerstoff und Mangan sind von F. Körber und W. Oelsen<sup>2)</sup> ausführlich behandelt worden; es erübrigt sich daher unter Hinweis auf diese grundlegenden Erörterungen, über die Desoxydation mit Mangan hier nochmals im einzelnen einzugehen. Im folgenden soll daher die Desoxydation mit Mangan nur von einigen praktischen Gesichtspunkten aus behandelt werden.

Nach beendeter Kohlenstoffverbrennung ist bei der gewöhnlichen Arbeitsweise der Mangangehalt des Bades nur verhältnismäßig gering. Im Durchschnitt dürfte er etwa 0,2 bis 0,3 % betragen. Das macht einen Zusatz von Ferromangan nötig, der gewöhnlich etwa 10 min vor dem Abstich in den Ofen gebracht wird. In *Abb. 1* kommt dieser Ferromanganzusatz in einem steilen Anstieg der Mangan-kurve zum Ausdruck. Gleichzeitig steigt aber auch der Sauerstoffgehalt auf den doppelten Betrag an. Die gleiche Beobachtung kann bei fast allen Schmelzungen gemacht werden, und zwar ist in vielen Fällen die Anreicherung des Bades an Sauerstoff noch erheblich stärker. *Abb. 6* zeigt die Konzentrationsänderung von Mangan und Sauerstoff

infolge des Ferromanganzusatzes in zwei anderen Schmelzungen (0,1 % C) aus dem basischen Siemens-Martin-Ofen. Bei diesen Schmelzungen schnellte der Sauerstoffgehalt auf den mehrfachen Betrag hoch. Bei der zweiten Schmelzung, die erst 20 min nach dem Ferromanganzusatz abgestochen wurde, zeigt eine kurz vor dem Abstich genommene Probe einen starken Abfall des Sauerstoffgehaltes.

In *Abb. 7* ist der Verlauf der Sauerstoffkonzentration während einer basischen Schmelzung wiedergegeben, zu der wiederholt Zusätze von Ferrosilizium und Ferromangan gegeben worden sind. Man sieht hieraus deutlich, wie nach jedem Zusatz der Sauerstoffgehalt zunächst stark ansteigt und dann wieder etwas abfällt. Die letzte Probe vor dem Abstich ergibt einen Sauerstoffgehalt, der elfmal so hoch ist wie der Gehalt vor dem ersten Zusatz.

Diese bemerkenswerte Feststellung, daß durch die Desoxydation anscheinend das Gegenteil von dem erreicht wird, was dadurch bezweckt war, gibt Veranlassung, etwas näher auf diese Vorgänge einzugehen.

Durch die plötzliche starke Erhöhung der Mangan-konzentration wird das Gleichgewicht zwischen Bad und Schlacke, das nahezu erreicht war, gestört. Das Bad enthält nach dem Zusatz im Verhältnis zum Manganoxydulgehalt der Schlacke zuviel Mangan, und zwar ist in der kurzen Zeitspanne zwischen dem Zusatz und der Probenahme die Auflösung und Verteilung des Mangans noch nicht vollständig, so daß mit örtlich stärkeren Mangananreicherungen gerechnet werden muß. Damit das Gleichgewicht wiederhergestellt wird, muß sich im Bade Mangan mit Sauerstoff zu Manganoxydul umsetzen, um den Manganoxydulgehalt der Schlacke zu erhöhen. Die starke Reduktion des Eisenoxyduls im Bade hat eine raschere Einwanderung von Eisenoxydul aus der Schlacke in das sauerstoffarme Bad zur Folge, das sich wiederum mit Mangan zu Manganoxydul umsetzt. Dieser Vorgang würde also, wenn genügend Zeit zur Verfügung stehen würde, zu einer wesentlichen Verminderung des Gehalts an Eisenoxydul in Bad und Schlacke führen, allerdings auf Kosten des Mangans. Da aber in der Zeit bis zum Abstich das neugebildete Manganoxydul noch nicht oder erst zum kleinen Teil in die Schlacke gestiegen ist, erfaßt man in den Sauerstoffproben bis zum Abstich neben dem Eisenoxydul noch einen großen Teil Manganoxydul; der Gesamtwert des gefundenen Sauerstoffs wird dadurch außerordentlich hoch. Je mehr Eisenoxydul in Bad und Schlacke vorhanden ist, und je mehr Mangan zum Fertigmachen aufgewandt werden muß, um so stärker wird das Gleichgewicht durch den Ferromanganzusatz gestört, und um so mehr Manganoxydul bleibt neben dem gelösten Eisenoxydul im Bade in fein verteilter Form suspendiert. Das ist namentlich an den Stellen hoher Mangankonzentration in der Umgebung der sich auflösenden Ferromanganstücke der Fall. Diese feinen Ausscheidungen können hier als Kristallskelette in ausgedehnter, sperriger Form vorliegen, in der Ausbildung, wie sie von F. Körber und W. Oelsen in sehr sauerstoff- und manganreichen Schmelzen nachgewiesen worden sind. *Abb. 8* zeigt in 200facher Vergrößerung solche Kristalle; es ist das gleiche Bild, das F. Körber<sup>8)</sup> in seinem Vortrage auf der Hauptversammlung 1931 des Vereins deutscher Eisenhüttenleute gezeigt hat. Die große Ausdehnung dieser Kristalle tritt noch deutlicher in *Abb. 9* hervor. Es handelt sich hier um einen Eisenregulus, den W. Oelsen unter einer Manganoxydulschlacke erschmolzen hat. Die Vergrößerung ist nur dreifach. Die Dendriten hängen so sperrig zusammen, daß sie nur sehr langsam im Eisenbade hochsteigen können.

<sup>7)</sup> Mitt. Kais.-Wilh.-Inst. Eisenforsch., Düsseld., 13 (1931) S. 291/305 (Stahlw.-Aussch. 226). Vgl. St. u. E. 52 (1932) S. 395.

<sup>8)</sup> Stahl u. Eisen 52 (1932) S. 133/44.

Wie aus Abb. 6 hervorgeht, deutet der geringere Sauerstoffgehalt in den während des Gießens genommenen Proben auf ein Ausseigern des Manganoxyduls in der Gießpfanne hin. Das zweite Beispiel zeigt jedoch, daß bei zu langsamem Hochsteigen der Oxydulkristalle mit der Verminderung des Pfanneninhalts der Sauerstoffgehalt der

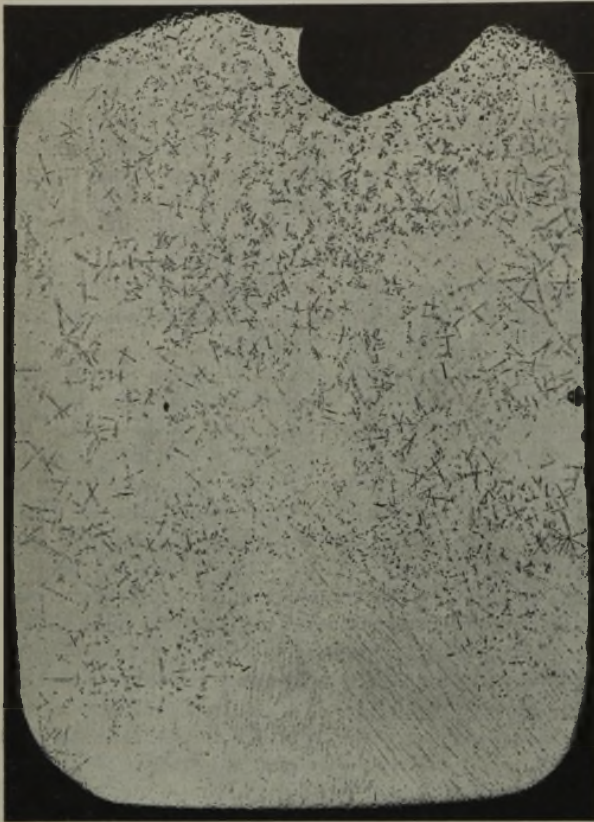


Abbildung 9. Eisenregulus, erschmolzen unter einer Manganoxydulschlacke (Oelsen).

Proben immer höher wird. Auch in dem dritten Beispiel (Abb. 7) haben die während des Gießens genommenen Proben immer noch mehr als die dreifache Menge Sauerstoff, als der Stahl vor der Desoxydation hatte. Wenn auch in diesen Beispielen durch die Desoxydation des Stahles durch den Ferromanganzusatz die Rotbruchgefahr beseitigt wird, so wird eine Entfernung oder auch nur eine Verminderung des Gesamtsauerstoffgehaltes des flüssigen Stahles nicht erreicht.

In diesem Zusammenhang dürfen die Fehler im Fertigerzeugnis nicht unbeachtet bleiben, die durch die Einwirkung der im flüssigen Stahl enthaltenen basischen Metalloxyde auf die feuerfesten Steine entstehen, mit denen der Stahl beim Gießen in Berührung kommt. Diese Werkstofffehler sind auf der Wissenschaftlichen Haupttagung des Vereins deutscher Eisenhüttenleute 1932<sup>9)</sup> Gegenstand ausführlicher Erörterung gewesen. K. Daeves<sup>9)</sup> zeigte an Hand statistisch ausgewerteter Betriebsergebnisse, daß die Ausschußzahlen infolge von Sandstellen mit steigendem Mangan-

gehalt im Einsatz stark abfallen. Diese Feststellung ist so zu werten, daß bei hohem Manganengehalt im Einsatz nur wenig Ferromangan zum Fertigmachen benötigt wird, wodurch sich die Gefahr der Erhöhung des Gesamtsauerstoffgehalts des flüssigen Stahles verringert<sup>11)</sup>. Bereits vorher hat R. Back<sup>12)</sup> diesen Fehler mit der Desoxydation in Verbindung gebracht. Diese Oxyde greifen die feuerfesten Stoffe stark an und verursachen Einschlüsse im Stahl, die nach eigenen Untersuchungen etwa 12 bis 44 % MnO sowie Kieselsäure und Tonerde ungefähr in dem Verhältnis der Zusammensetzung der verwendeten Ausguß- und Kanalsteine enthalten.

Schließlich sei noch kurz auf eine weitere Gefahr hingewiesen, die mit dem nachträglichen Zusatz von Ferrolegierungen in Zusammenhang steht. Die Mehrzahl der im praktischen Stahlwerksbetrieb verwendeten Ferrolegierungen, darunter besonders auch das Ferromangan, enthalten größere Mengen Oxyde und Gase, die den fertigen Stahl nachteilig beeinflussen können. Eine Anzahl Proben von 80prozentigem Ferromangan gaben beim reduzierenden Schmelzen im Vakuum bei 1500° im Durchschnitt etwa 80 cm<sup>3</sup> Gas je 100 g Metall ab, das ist rd. das Siebenfache des eigenen Volumens. Bei anderen Ferrolegierungen wurden mehr als 100 cm<sup>3</sup> gefunden. Der Zusatz von Ferrolegierungen zum fertigen Stahl birgt daher immer die Gefahr in sich, in das Bad nachträglich noch große Gasmengen einzubringen. Aus diesem Grunde ist bei der Auswahl und der Verwendung von Ferrolegierungen stets große Vorsicht geboten.

Beispiele für den Schmelzverlauf unter verschiedenen Arbeitsbedingungen.

Die Arbeitsbedingungen, unter denen das Siemens-Martin-Verfahren durchgeführt wird, sind selbst in einem und demselben Stahlwerk einem außerordentlich starken Wechsel unterworfen. Die richtige Anpassung der Schmelzföhrung an die jeweils vorliegenden Verhältnisse erfordert die volle Aufmerksamkeit des Betriebsingenieurs, der die

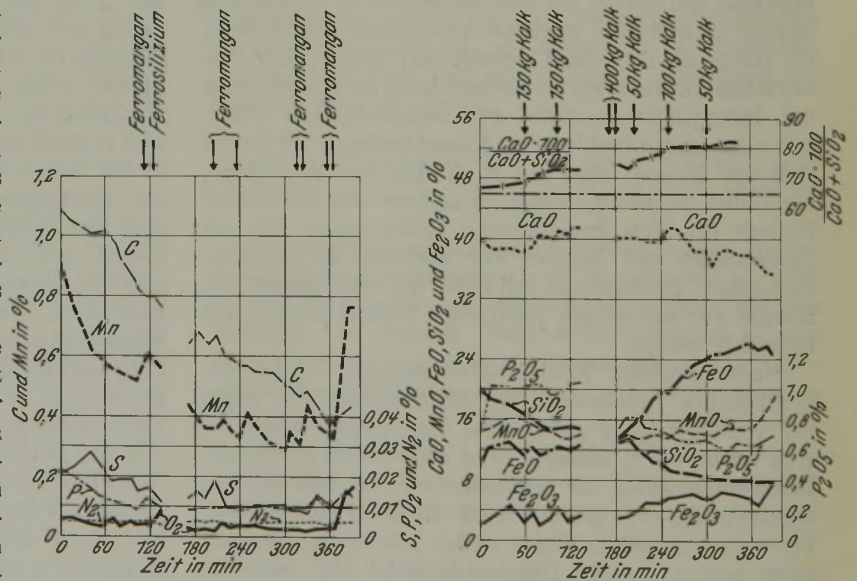


Abbildung 10. Basische Umfüllschmelzung (38 t).

Schmelzung zu überwachen hat. Wenn daher auch an Hand irgendeiner fast wahllos herausgegriffenen Versuchsschmelzung ein allgemeines Bild über den Verlauf der wichtigsten Reaktionen und ihrer Zusammenhänge gegeben werden

<sup>9)</sup> Stahl u. Eisen 52 (1932) S. 1162/68.

<sup>10)</sup> F. Latta, E. Killing und F. Sauerwald: Stahl u. Eisen 53 (1933) S. 313/26.

<sup>11)</sup> P. Bardenheuer: Stahl u. Eisen 53 (1933) S. 323/24.

<sup>12)</sup> Stahl u. Eisen 51 (1931) S. 317/24 u. 351/60.

konnte, so kann diese Darstellungsweise bei weitem nicht ausreichen, um einen vollständigen Einblick in die Vorgänge eines Schmelzverfahrens zu geben, das unter so verschiedenartigen Arbeitsbedingungen durchgeführt wird. Um das in den vorstehenden Ausführungen gegebene allgemeine Bild über den Ablauf des Verfahrens noch etwas zu vervollständigen, seien im folgenden noch einige Beispiele für die Konzentrationsänderungen während des Verlaufs von Versuchsschmelzungen gegeben, die zum Teil etwas von der gewöhnlichen Arbeitsweise abweichen.

Abb. 10 zeigt den Verlauf einer basischen Schmelzung, die inmitten der Entkohlungsperiode abgestochen und mit neuer Schlacke wieder in den Ofen gebracht worden ist. Es handelt sich um eine Versuchsschmelzung, bei der durch reichliche Kalkzuschläge sowie durch einen hohen Mangan-gehalt des Bades eine weitgehende Entschwefelung des Stahles angestrebt wurde. Die Schlacke ist schon gleich nach dem Einlaufen basisch; ihr Gehalt an Eisen- und Manganoxydul ist gering. Die Kohlenstoffverbrennung erfolgt verhältnismäßig langsam (rd. 0,15 %/h), dagegen fällt der Mangan-gehalt rasch ab. Der von Anfang an niedrige Phosphorgehalt sinkt gleichmäßig bis auf rd. 0,01 % ab, ebenso auch der Schwefelgehalt nach reichlicher Zugabe von Strontianit. Der Ferromanganzusatz vor dem Umfüllen hat einen vorübergehenden Anstieg der Mangan- und Phosphorkurve zur Folge. Nach dem Umfüllen steigt die Basizität der Schlacke infolge der großen Kalk-zugaben außerordentlich an. Die Entkohlung erfolgt noch langsamer (rd. 0,096 %/h), obwohl der Eisenoxydul-gehalt der Schlacke rasch von rd. 10 auf 20 % und dann weiter bis auf 26 % ansteigt. Diese Reaktionsträgheit der viel zu basisch gewordenen Schlacke kann nach H. Schenck<sup>13)</sup> auf die Bindung der in der Schlacke enthaltenen dreiwertigen Eisenoxys an Kalk zurückgeführt werden. Außerdem ist durch die wiederholte Zugabe von Ferromangan zum Bade der Mangan-gehalt viel höher, als dem Manganoxydulgehalt der Schlacke entspricht; das Mangan nimmt daher an der Reduktion des in das Bad einwandernden Eisenoxyduls lebhaften Anteil. Infolge der wachsenden Schlackenmenge steigt der Manganoxydul-gehalt der Schlacke nicht wesentlich an, so daß die Reaktion trotz der großen Zusätze von Mangan nicht zum Stillstand kommt. Ein großer Teil des aus dem Bade angebotenen Sauerstoffs reagiert also mit dem Mangan anstatt mit Kohlenstoff. Der Sauerstoffgehalt ist während des Schmelz-ganges sehr niedrig und steigt nur beim Fertigmachen mit Ferromangan stark an.

Der Verlauf einer 30-t-Schmelzung, die im basischen Ofen entphosphort und entschwefelt und dann in den sauren Ofen umgefüllt wurde, geht aus Abb. 11 hervor. Die Anfangsgehalte an Kohlenstoff, Mangan und Phosphor sind sehr hoch. Die Schlacke ist zunächst nicht ganz basisch und arm an Eisenoxydul. Erst nachdem der Eisenoxydul-gehalt der Schlacke auf etwa 8 % gestiegen ist, beginnt die Entkohlung. Die Oxydation des Mangans und Phosphors setzt etwas früher ein und verläuft dann bis zum Abstich mit großer Geschwindigkeit. Auch bei dieser Schmelzung erfolgt der Manganabbrand so schnell, weil die Mangan-konzentration des Bades im Vergleich mit der Mangan-oxydulkonzentration der Schlacke viel zu hoch ist. Die Basizität der Schlacke sowie die Schlackenmenge nehmen infolge der reichlichen Kalkzuschläge schnell zu. Der Schwefelgehalt fällt von Anfang an gleichmäßig ab; ebenso wird der Stickstoffgehalt langsam kleiner. Bei dieser Schmel-

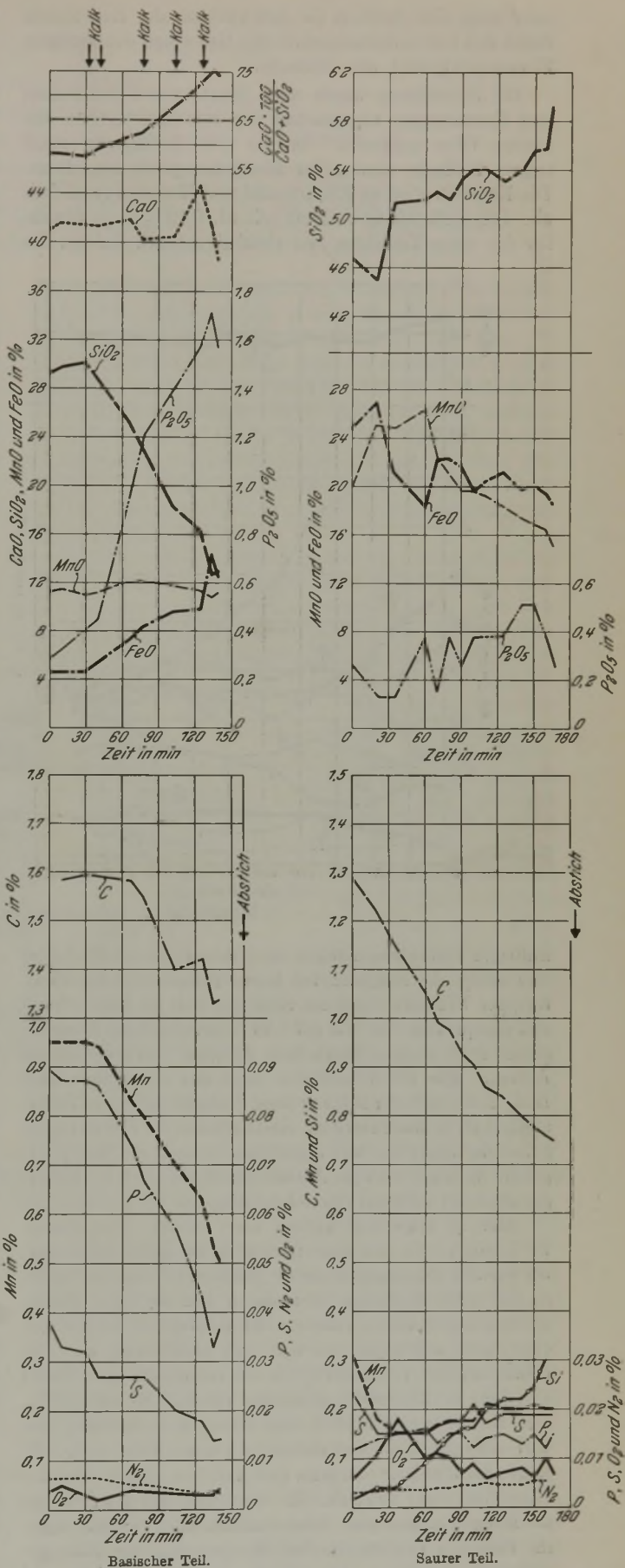


Abbildung 11. Umfüllschmelzung basisch-sauer.

<sup>13)</sup> Einführung in die physikalische Chemie der Eisenhüttenprozesse, I. Bd. (Berlin: Julius Springer 1932) S. 199.

zung zeigt sich deutlich die Erschwerung der Entkohlung durch den hohen Mangangehalt des Bades und den geringen Eisenoxydulgehalt der Schlacke.

Die Schmelzung wurde nach Zusatz von Ferrosilizium und Ferromangan abgestochen und mit 1,29 % C in den sauren Ofen gebracht. In der von Anfang an stark sauren Schlacke nimmt der Kieselsäuregehalt schnell zu. Die Konzentration an Eisenoxydul und Manganoxydul fällt ab. Die Entkohlung verläuft mit rd. 0,18 % C je Stunde für das saure Verfahren also ziemlich schnell. Infolge der

bleibt bis zum Abstich unverändert niedrig. Der Stickstoffgehalt fällt schwach ab.

Die letzten Beispiele zeigen, daß beim sauren ebenso wie beim basischen Verfahren neben der Oxydation des Kohlenstoffs noch andere Umsetzungen zwischen Metallbad und Schlacke die Konzentration des Stahles an seinen Begleitelementen wesentlich beeinflussen. Die Rolle des Mangans wird beim sauren Verfahren zum Teil vom Silizium übernommen. Die wesentlichste Vorbedingung für die Reduktion von Silizium aus der Schlacke ist ein hoher Kieselsäuregehalt

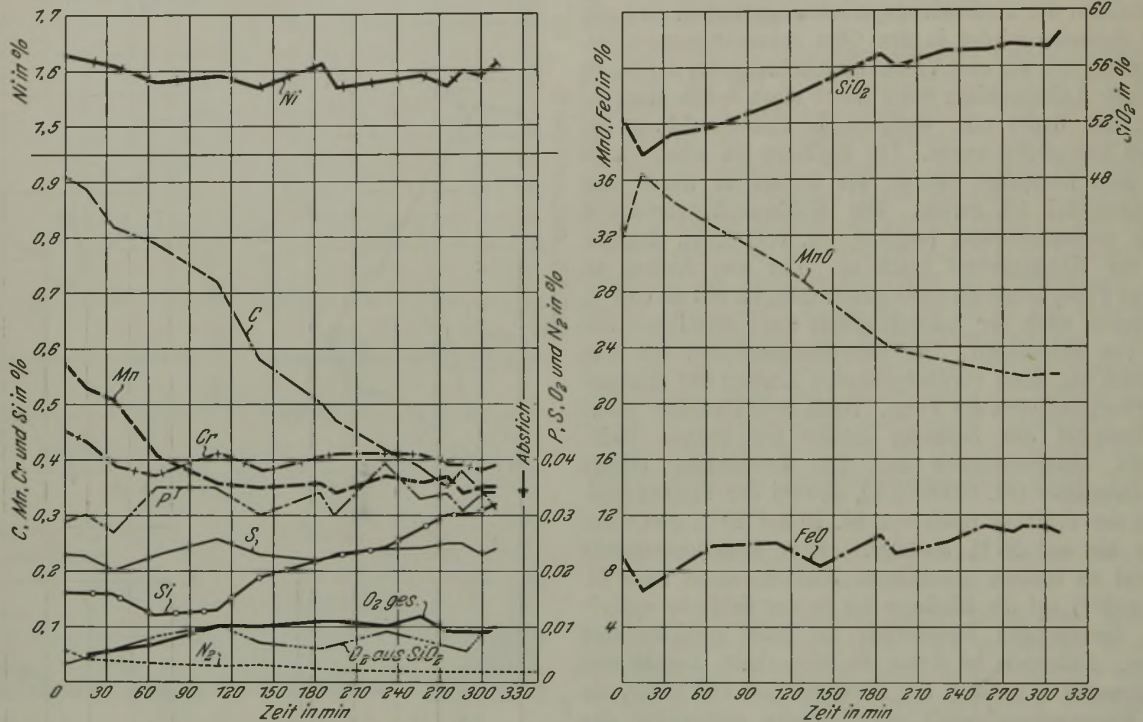


Abbildung 12. Schmelzung im sauren Siemens-Martin-Ofen.

kräftigen Reduktionswirkung des hohen Kohlenstoffgehaltes und infolge des zunehmenden Kieselsäuregehaltes der dünnflüssigen Schlacke steigt der Siliziumgehalt im Bade schnell und gleichmäßig von 0,02 auf 0,30 % an. Auch der Mangangehalt zeigt nach anfänglichem Abfallen einen deutlichen Anstieg. Die Sauerstoffkurve zeigt das entgegengesetzte Bild. Kurz nach der Bildung einer Schlacke steigt der Sauerstoffgehalt im Bade stark an. Erst nachdem der Eisenoxydulgehalt der Schlacke stark abgefallen ist, sinkt der Sauerstoffgehalt im Bade bis zum Abstich etwas ab. Der Stickstoffgehalt steigt während der Schmelzung um ein geringes an.

Abb. 12 zeigt den Verlauf einer sauren Schmelzung. Es handelt sich um eine Nickel-Chrom-Stahlschmelzung, bei der alle Legierungselemente gleich mit eingesetzt waren, so daß jedes nachträgliche Legieren und auch das Fertigmachen unterbleiben konnte. Der Kohlenstoff brennt mit einer Geschwindigkeit von 0,12 %/h gleichmäßig ab. Der Siliziumgehalt vermindert sich zuerst etwas und erhöht sich dann in gleichmäßigem Anstieg von 0,16 bis auf 0,32 %. Der Mangangehalt fällt in den ersten zwei Stunden von 0,57 auf 0,35 % ab und ändert sich dann nicht mehr. Es zeigt sich also hier deutlich, daß auch im sauren Ofen bei Gegenwart einer ausreichenden Konzentration der Schlacke an Manganoxydul und unter reduzierenden Verhältnissen im Bade ein beachtenswerter Mangangehalt im Bade gehalten werden kann. Die Gehalte an Nickel, Chrom und Molybdän ändern sich, abgesehen von einem kleinen Chromverlust im Anfang, praktisch nicht. Der Sauerstoffgehalt

und eine hinreichende Dünnflüssigkeit der Schlacke, eine hohe Badtemperatur und ein geringer Sauerstoffgehalt des Bades, bedingt durch einen niedrigen Eisenoxydulgehalt der Schlacke und eine ausreichende Reduktionswirkung des Kohlenstoffs. Unter günstigen Bedingungen kann auch im sauren Ofen Mangan aus der Schlacke reduziert werden. Beim sauren Verfahren reicht die übliche Ofentemperatur aus, um den Siliziumgehalt des Stahles durch Reduktion aus der Schlacke so weit zu erhöhen, daß ein Fertigmachen, mit dem die Gefahr einer starken Sauerstoffanreicherung des Bades stets verbunden ist, überflüssig wird.

#### Zusammenfassung.

An Hand der Konzentrationsänderungen unter besonderer Beachtung des Sauerstoffgehaltes während einiger Schmelzungen im Siemens-Martin-Ofen wird ein Bild über die wichtigsten Umsetzungen und deren gegenseitige Beeinflussung beim Ablauf dieses Verfahrens gegeben. Bei der Vielseitigkeit und Verschiedenheit der Arbeitsbedingungen des praktischen Betriebes kann dieses Bild nicht vollständig sein. Die Ausführungen können daher nur in großen Zügen Aufschlüsse über die Beeinflussung des Ablaufs der verschiedenen Reaktionen durch die jeweiligen Arbeitsbedingungen und damit nur allgemeine Richtlinien für die Durchführung des Verfahrens geben. Vor allem aber sollte Aufklärung über das Verhalten des Sauerstoffs während des Ablaufs des Verfahrens und namentlich bei der Desoxydation gegeben werden.



# Röntgenprüfung von Eisen und Stahl.

Von Franz Wever in Düsseldorf.

(Mitteilung aus dem Kaiser-Wilhelm-Institut für Eisenforschung.)

[Bericht Nr. 211 des Werkstoffausschusses des Vereins deutscher Eisenhüttenleute<sup>1</sup>].

(Stand der zerstörungsfreien Werkstückprüfung mit magnetischen und röntgenographischen Verfahren. I. Durchstrahlungsverfahren: Belichtungsgröße und Fehlererkennbarkeit in Abhängigkeit von den Strahlen- und Werkstoffeigenschaften. Beziehungen zwischen Röntgenbild und Verhalten im Betriebe. Anwendungen bei Entwicklungsarbeiten und bei der Betriebsüberwachung. II. Interferenzverfahren: Beugung von Röntgenstrahlen an Kristallgittern. Messung innerer Spannungen mit Röntgenstrahlen. Nachweis von Gitterstörungen. Beziehungen zu den Werkstoffeigenschaften.)

Die Werkstoffprüfung mit Röntgenstrahlen hat, nachdem sie eine ganze Reihe von Jahren latent geblieben war, in letzter Zeit die Aufmerksamkeit von Werkstoffherstellern und -verbrauchern in gleichem Maße auf sich gezogen. An ihre Seite sind eine Reihe von anderen Verfahren, meist auf physikalischer Grundlage, getreten, die ebenfalls eine Prüfung ohne Zerstörung des Werkstückes ermöglichen. Physik und Technik haben sich der Entwicklung von Verfahren und Geräten

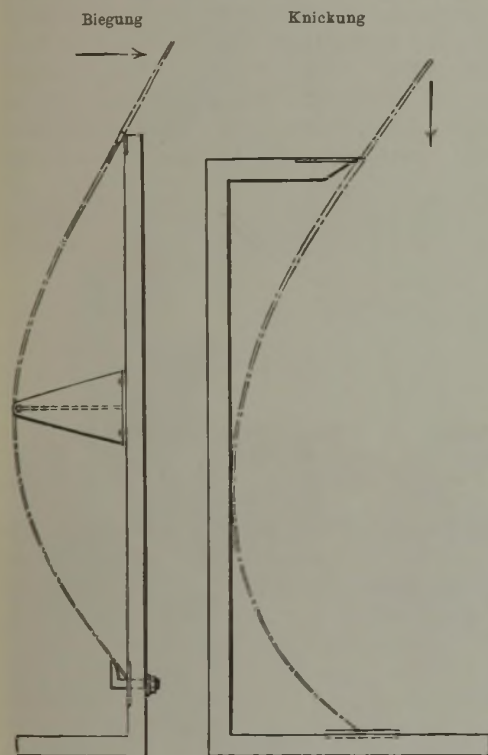


Abbildung 1.

Vorrichtung zum Prüfen von Klingen auf Biegung und Knickung nach Sommer.

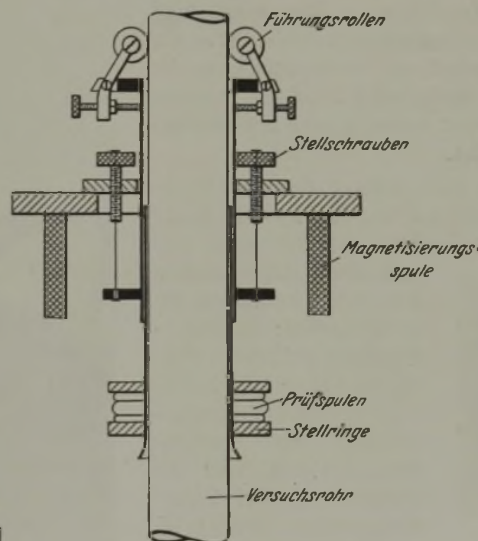


Abbildung 2. Gerät für die magnetische Prüfung von Kesselrohren nach Wever-Otto.

Werkstoffe unter betriebsmäßigen Bedingungen beeinträchtigen. Hier muß zugegeben werden, daß die stoffkundliche Deutung der physikalischen Befunde in dem eben angegebenen Sinne noch nicht über die dürftigsten Ansätze hinausgekommen ist, ja vielleicht, daß die Dringlichkeit dieser Fragestellung überhaupt noch nicht in weiteren Kreisen erkannt ist. Es soll Aufgabe der vorliegenden Ausführungen sein, die zerstörungsfreie Werkstoffprüfung und besonders die Röntgenverfahren einmal von dieser Seite her auf ihre Leistungen und Entwicklungsmöglichkeiten hin zu untersuchen.

Zerstörungsfreie Verfahren sind in der Werkstoffprüfung nicht so neu, wie es zunächst den Anschein haben mag. Die Solinger Schwertschmiede benutzen heute noch Verfahren, die vermutlich so alt sind wie das Gewerbe überhaupt, um die fertigen Klingen auf Schlag, Knickung und Biegung zu prüfen<sup>2</sup>) (Abb. 1).

Unter den neueren Verfahren der zerstörungsfreien Werkstoffprüfung nehmen die magnetischen eine besondere Stellung ein. Sie beruhen in ihrem Wesen darauf, daß Ungleichmäßigkeiten, wie Querschnittsänderungen, Unterschiede im Gefüge usw., bei der Magnetisierung eines Werkstückes Unregelmäßigkeiten im magnetischen Fluß zur Folge haben, die sich durch verschiedene Mittel leicht sichtbar machen lassen<sup>3</sup>). So untersuchten z. B. F. Wever und A. Otto<sup>4</sup>) Kesselrohre auf Unregelmäßigkeiten mit Hilfe eines einfachen Gerätes, dessen Aufbau aus Abb. 2 hervorgeht. Als Beispiel für die Arbeitsweise ist in Abb. 3 die Magnetisierungslinie eines Kesselrohres wiedergegeben. An der Stelle des starken Ausschlages wurde bei vorsichtigem, schichtweisem Abtragen des Werkstoffes die in Abb. 4 wiedergegebene, nicht vollständig verschweißte Gasblase gefunden. Die ursprünglich gestellte Aufgabe, ein Gerät zu schaffen, das die heute übliche subjektive Prüfung durch eine objektive Feststellung ersetzt, konnte damit vom physikalischen Standpunkte aus als gelöst

für diesen Zweck gleich nachdrücklich und mit bestem Erfolge angenommen, und es mehren sich die Stimmen, die für eine verstärkte Anwendung in der Praxis eintreten.

Es darf jedoch nicht übersehen werden, daß die zerstörungsfreie Werkstoffprüfung, gleichgültig, welcher Verfahren sie sich bedient, nicht so sehr eine physikalische als vielmehr eine werkstoffkundliche Aufgabe ist. Für den Fachmann wird die Feststellung, daß seine Werkstoffe bei der Untersuchung nach dem oder jenem physikalischen Verfahren Unregelmäßigkeiten zeigen, nur bedingt von Wert sein. Er wird sofort fragen, ob und in welchem Ausmaße die so erkannten Unregelmäßigkeiten das Verhalten seiner

2) F. Sommer: Mitt. Kais.-Wilh.-Inst. Eisenforsch., Düsseldorf, 5 (1924) S. 127/53.

3) W. Gerlach: Metallwirtsch. 8 (1929) S. 875. E. Gerold: Mitt. Forsch.-Inst. Verein. Stahlw., Dortmund, 2 (1931) S. 23/37; Stahl u. Eisen 51 (1931) S. 428/31; R. F. Mehl: Yearb. Amer. Iron Steel Inst. 1932, S. 126/84; vgl. Stahl u. Eisen 52 (1932) S. 857.

4) Mitt. Kais.-Wilh.-Inst. Eisenforsch., Düsseldorf, 12 (1930) S. 373/87; vgl. Stahl u. Eisen 51 (1931) S. 466/68.

<sup>1</sup>) Erstattet auf der Wissenschaftlichen Haupttagung des Vereins deutscher Eisenhüttenleute am 13. Mai 1933. — Sonderdrucke des Berichtes sind vom Verlag Stahleisen m. b. H., Düsseldorf, Postschließfach 664, zu beziehen.

gelten. Die Uebertragung in den praktischen Betrieb scheiterte jedoch daran, daß eine sichere Deutung der Kurven, d. h. eine Aussonderung der wirklichen, zum Ausschluß führenden Fehler aus den gleichzeitig mitaufgenommenen, für die Verwendung harmlosen Störungen bisher nicht möglich war. Dagegen hat sich das Gerät bei der Prüfung von Förderseilen als durchaus brauchbar erwiesen<sup>6)</sup>, weil dort die stoffkundliche Deutung sehr viel einfacher ist. Es wird seit mehr als zwei Jahren regelmäßig von der

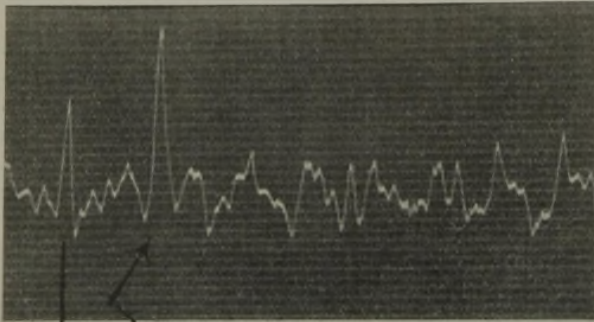


Abbildung 3. Magnetisierungslinie eines schadhafte Kesselrohres.

Seilprüfstelle der Bergschule Bochum bei der Ueberwachung der im Revier laufenden Förderseile angewandt. Dieses Beispiel wurde so ausführlich behandelt, weil es den Stand der zerstörungsfreien Prüfverfahren in kennzeichnender Weise beleuchtet: Die physikalisch-apparative Seite der Aufgabe ist befriedigend gelöst, die Nutzbarmachung für den Betrieb wird dadurch eingeschränkt, daß die Deutung in werkstoffkundlicher Hinsicht vorläufig noch unüberwindliche Schwierigkeiten bereitet.

In der betriebsmäßigen Anwendung der Röntgenstrahlen für die Werkstoffprüfung sind zwei Gebiete voneinander zu unterscheiden, die sich ganz verschiedene Eigenschaften der Röntgenstrahlen zu-

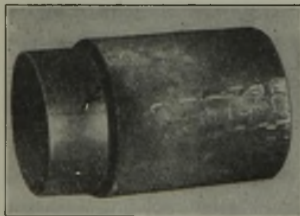


Abbildung 4. Fehlstelle in einem Kesselrohr.

nutze machen: die Durchstrahlung auf innere Fehler, die sich auf die Eigenschaft der Durchdringungsfähigkeit der Röntgenstrahlen stützt, und die Untersuchung auf Veränderung im kristallinen Feinbau, die von der Beugung der Röntgenstrahlen in den Kristalliten der Werkstoffe Gebrauch macht.

#### Durchstrahlungsverfahren.

Auf die physikalischen Grundlagen des Wesens und der Erzeugung von Röntgenstrahlen soll im vorliegenden Zusammenhang nicht eingegangen werden. Es genügt für uns zu wissen, daß Röntgenstrahlen beim ordnungsgemäßen Betrieb von Röntgenröhren entstehen, deren wir uns ebenso unbesorgt bedienen können, wie wir eine Glühlampe einschalten. Dabei ergibt sich allerdings eine technische Erschwerung aus der Tatsache, daß Röntgenröhren nur dann Strahlung liefern, wenn sie an eine Stromquelle von etwa 30 bis zu 200 kV und darüber hinaus gelegt werden. Für die Apparate bauende Industrie folgt daraus die Aufgabe, Hochspannungsstromquellen von der angegebenen

Leistung und unbedingter Zuverlässigkeit bei betriebsmäßigen Arbeitsbedingungen zu schaffen, eine Aufgabe, die nicht als einfach lösbar gelten kann, wenn man sich der beträchtlichen Aufwendungen erinnert, die die Starkstromtechnik bei gleichen Spannungen für erforderlich hält. Dazu kommt noch, daß die betriebsmäßige Röntgenprüfung erhöhte Ansprüche an Beweglichkeit und geringen Platzbedarf stellt, andererseits aber die Vorschriften mit Rücksicht auf die physiologischen Gefahren vollkommenen Berührungs- und Strahlungsschutz der gesamten Anlage einschließlich der Röntgenröhren fordern. Abb. 5 stellt ein neuzeitliches Gerät der Firma Siemens & Halske A.-G., Berlin, dar. Eine Anlage der Firma R. Seifert & Co., Hamburg, ist in Abb. 6 wiedergegeben.

An dieser Stelle seien noch einige Bemerkungen über die Werkstoffprüfung mit  $\gamma$ -Strahlen eingeschaltet, über die neuerdings mehrfach im Schrifttum berichtet worden ist<sup>6)</sup>. Die  $\gamma$ -Strahlen entstehen bei dem spontanen Atomkernzerfall der radioaktiven Elemente; daher sind weder Hochspannungsquelle noch sonstige Geräte zu ihrer Erzeugung notwendig. Das in einer Bleikapsel aufbewahrte Präparat wird den zu untersuchenden Stücken gegenübergestellt; nach Ablauf der erforderlichen Belichtungszeit brauchen nur die Filme entwickelt zu werden. Von der Siemens-Reiniger A.-G., Berlin, werden Mesothoriumpräparate für diesen Zweck gegen eine tragbare Entschädigung ausgeliehen.

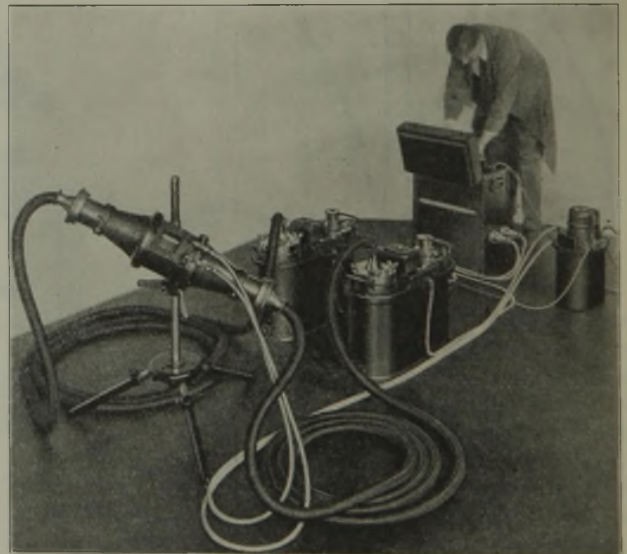


Abbildung 5. Neuzeitliche Röntgenanlage. I.

Wesentlich wichtiger als die soeben kurz skizzierten technischen Voraussetzungen sind Ueberlegungen über die notwendigen Belichtungszeiten in Abhängigkeit von der zu untersuchenden Werkstoffdicke und der Qualität der verwendeten Röntgenstrahlen sowie der dabei erreichten Fehlererkennbarkeit. R. Berthold gebührt das Verdienst, diese Zusammenhänge, nachdem Vorarbeiten von verschiedenen Seiten geleistet worden waren, abschließend bearbeitet und in übersichtlicher Darstellung allgemein zugänglich gemacht zu haben<sup>7)</sup>. In Abb. 7 sind die Belichtungsgrößen für Röntgenstrahlen bei verschiedenen Spannungen an der Röhre und für Mesothor-

<sup>6)</sup> F. Wever und A. Otto: Mitt. Kais.-Wilh.-Inst. Eisenforsch., Düsseld., 12 (1930) S. 389/90; vgl. Stahl u. Eisen 51 (1931) S. 468/69.

<sup>6)</sup> C. S. Barrett, R. A. Gezelius und R. F. Mehl: Met. Alloys 1 (1930) S. 872/79; vgl. Stahl u. Eisen 51 (1931) S. 594/95; R. Berthold und N. Riehl: Z. VDI 76 (1932) S. 401/06; vgl. Stahl u. Eisen 52 (1932) S. 666/67.

<sup>7)</sup> R. Berthold: Grundlagen der technischen Röntgendurchstrahlung. (Leipzig: J. A. Barth 1930.)

$\gamma$ -Strahlen in Abhängigkeit von der Dicke des Stahles aufgetragen. Die Kurven lassen erkennen, daß die Belichtungsgröße mit der Werkstoffdicke nach einem Exponentialgesetz ansteigt, dagegen mit zunehmender Spannung an der Röntgenröhre abnimmt. Die mit der heute betriebsmäßig erzeugbaren Höchstspannung von 200 kV in wirtschaftlich tragbaren Zeiten durchstrahlbare Dicke Stahl

härtesten Röntgenstrahlen. Die Verwendung von Mesothor ist daher nur bei Dicken über 80 mm gerechtfertigt oder wenn die Röntgendurchstrahlung aus irgendwelchen anderen Gründen ausscheidet.

Wenn es sich darum handelte, mit möglichst geringem Aufwand Filme zu schwärzen, würde man die Spannung stets so hoch wählen, wie es Röhre und Hochspannungsquelle nur zulassen. Will man dagegen Fehler erkennen, und darauf sollte es allein ankommen, so muß man die Spannung so niedrig nehmen,

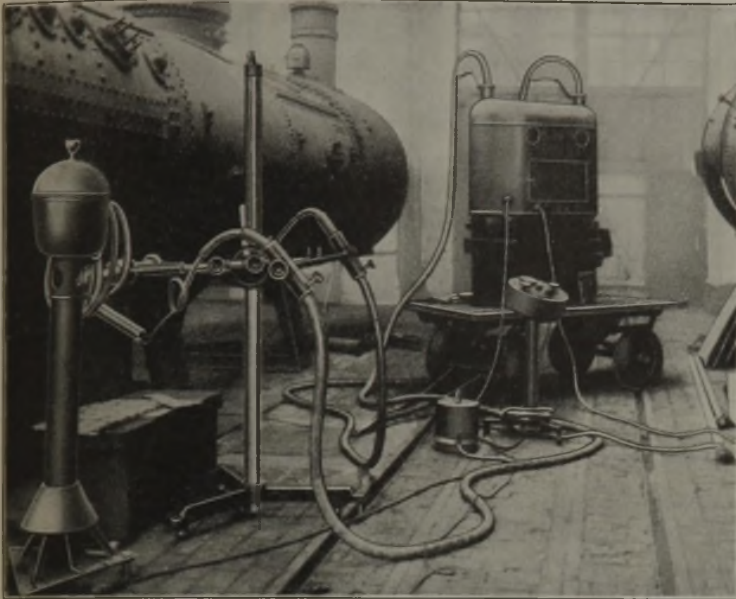


Abbildung 6. Neuzeitliche Röntgenanlage. II.

beträgt danach etwa 80 mm. Bei Verwendung eines 30-mg-Präparates Mesothor würde man für die Durchstrahlung von 150 mm Stahl 120 h Belichtungszeit benötigen.

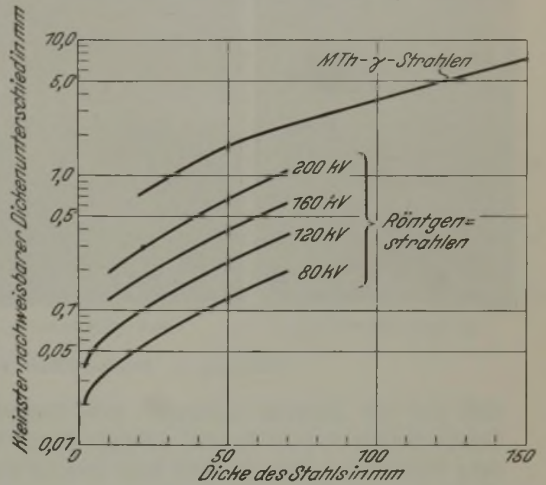


Abbildung 8. Fehlererkennbarkeit bei Röntgen- und Gammastrahlen nach Berthold.

wie es mit Rücksicht auf die Belichtungszeit und damit auf die Kosten eben möglich ist. Bei einer Abschätzung der im gegebenen Falle erreichbaren Fehlererkennbarkeit wird man sich daher zunächst über die wirtschaftlich noch tragbaren Belichtungszeiten klar werden müssen. An Hand der wiedergegebenen Schaubilder kann dann, gegebenenfalls unter Umrechnung auf andere Filmempfindlichkeiten und Röhrenabstände, festgestellt werden, welche Mindestspannung an der Röntgenröhre ausreicht, um mit der angenommenen Belichtungszeit auszukommen.

Bei diesem Stande der Entwicklung können die physikalischen und technischen Voraussetzungen für die betriebsmäßige Durchführung der Röntgenprüfung als gegeben gelten. Es ist zu bedauern, daß sich die Betriebe, vielleicht aus einer Ueberschätzung der Schwierigkeiten und Kosten heraus, die ihnen damit gebotenen Möglichkeiten bisher nur in geringem Umfange nutzbar gemacht haben. Im Schrifttum finden sich eine Fülle von eindrucksvollen Beispielen<sup>8)</sup>; der aufmerksame Betriebsmann wird danach unschwer erkennen können, wo unter den besonderen Verhältnissen seines Betriebes ein Einsatz der Röntgenprüfung von Nutzen sein könnte.

Zur Bestätigung dieser Auffassung sei hier nur ein Beispiel aus den bisher vorliegenden Ergebnissen einer Gemeinschaftsarbeit des Unterausschusses für Röntgenprüfung im Werkstoffausschuß des Vereins deutscher Eisenhüttenleute besprochen. Im Rahmen einer Entwicklungsarbeit über verschiedene Schweißverfahren wurden auch Röntgenaufnahmen in größerer Anzahl angefertigt, von denen einige Muster in Abb. 9 wiedergegeben sind. Die Unterschiede in der Ausbildung der Schweißnaht bei den untersuchten Herstellungsverfahren treten danach im Röntgenbild sehr viel deutlicher in

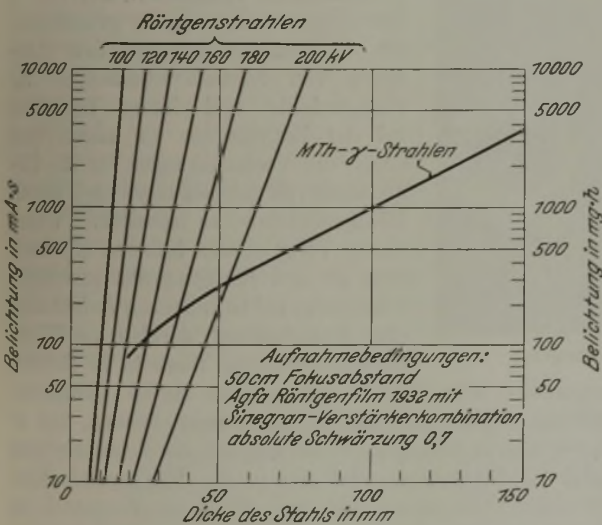


Abbildung 7. Belichtungsgrößen für Röntgen- und Gammastrahlen nach Berthold.

Eine Uebersicht über die erreichbare Fehlererkennbarkeit nach Berthold vermittelt Abb. 8. Der kleinste nachweisbare Dickenunterschied nimmt danach mit steigender Dicke sehr beträchtlich zu. Ebenso hat auch eine Erhöhung der Spannung sofort eine ganz wesentliche Verschlechterung der Fehlererkennbarkeit zur Folge. Während z. B. 80 kV Spannung bei 50 mm Dicke noch einen Unterschied von etwa 0,15 mm in der Durchstrahlungsrichtung erkennen lassen, sind bei 200 kV nur noch Unterschiede von 0,7 mm wahrnehmbar. Die mit  $\gamma$ -Strahlen erreichbare Fehlererkennbarkeit ist noch wesentlich schlechter als bei den

<sup>8)</sup> Vgl. R. Berthold und H. Hellmich: Mitt. Ver. Großkesselbes. Nr. 40, 1933.

Erscheinung als im Gefüge<sup>9)</sup>, das immer nur einen zufälligen Querschnitt erfassen kann. Ferner sind in *Abb. 10* Stereoaufnahmen einer Schweißung mit Kohlenlichtbogen wiedergegeben, aus denen sehr eindrucksvoll hervorgeht, daß die Fehler aus Gasblasen bestehen, die durchweg auf der Berührungsfläche zwischen ungeschmolzenem Werk-

Fehlstellen ein Drittel der Werkstoffdicke überschreitet, ihr Abstand nicht wenigstens die doppelte Blechdicke beträgt oder auf 30 mm Nahtlänge mehr als ein Fehler entfallen. Für Werkstoffe der Klasse II kann die Kerbschlagprobe durch die Röntgenaufnahme ersetzt werden. Vergleichsbilder sind der Vorschrift beigegeben.

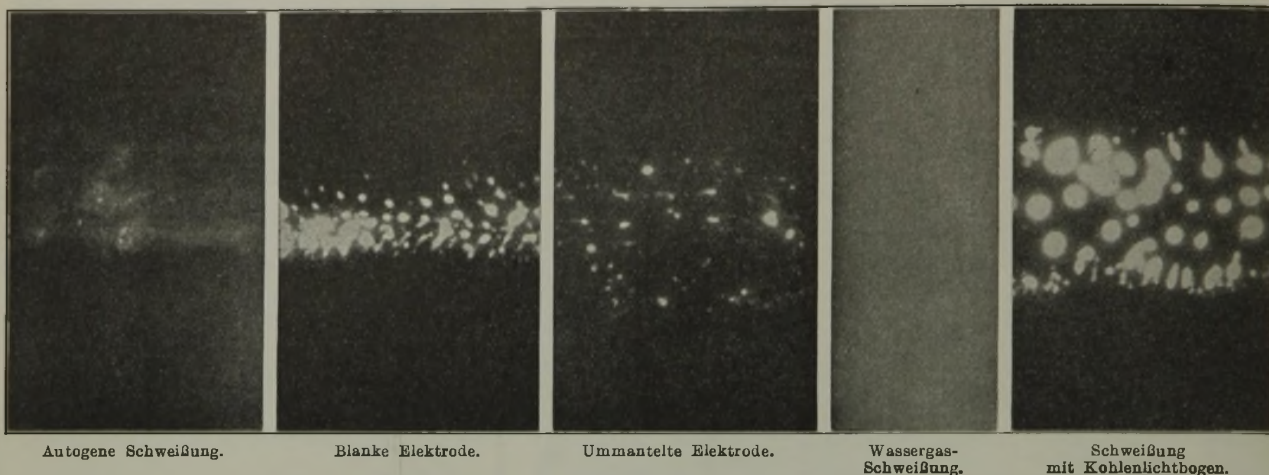


Abbildung 9. Röntgenbilder von Schweißnähten verschiedener Herstellungsverfahren.

stoff und der Schweißung aufsitzen. Eine Vorstellung von diesem Befund soll die in *Abb. 11* dargestellte Nachzeichnung vermitteln. Danach kann kein Zweifel darüber bestehen, daß sich die Blasen erst bei der Erstarrung der Schweißung in dieser bilden, sei es durch eine Wechselwirkung zwischen geschmolzenem und ungeschmolzenem Werkstoff, sei es als Gasausscheidung in Richtung des Wärmeflusses, ähnlich den Gasblasen in einem unruhigen Block. Für

Von einem für die Abnahme geeigneten Verfahren muß jedoch gefordert werden, daß es, nach unverrückbaren Vorschriften durchgeführt, zahlenmäßige Unterlagen liefert, über deren Deutung keinerlei Meinungsverschiedenheiten möglich sind. Es kann aber für uns keinem Zweifel unterliegen, daß die Röntgenprüfung über eine rein gefühlsmäßige Abschätzung der Fehler noch in keiner Weise hinausgekommen ist. Lediglich N. Lefring<sup>11)</sup> hat einmal versucht, die grundlegenden Beziehungen zwischen dem Aussehen von Schweißverbindungen im Röntgenbilde und ihrem Verhalten bei der Zerreißprobe zu klären und damit die Vorbedingungen für die Beurteilung von Schweißungen nach ihrem Röntgenbefunde zu schaffen. Unter diesen Verhältnissen bedeutet die vielfach an den Röntgenprüfer gerichtete Forderung, auf Grund seiner Aufnahmen eine Entscheidung darüber zu fällen, ob lebenswichtige Bauteile in Betrieb

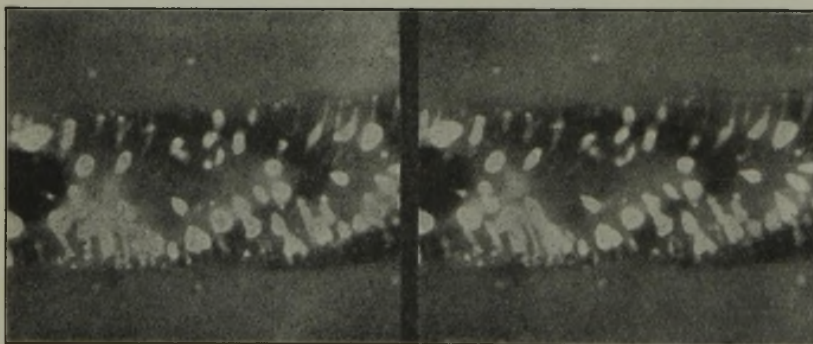


Abbildung 10. Stereobilder einer Schweißung mit Kohlenlichtbogen.

die weitere Entwicklung des Verfahrens ergeben sich damit wertvolle Fingerzeige, mit deren Verwertung wir zur Zeit noch beschäftigt sind.

Ueber die heute schon in weitestem Umfange nutzbringende Anwendung der Röntgenstrahlen bei Entwicklungsarbeiten oder in der Betriebsüberwachung hinaus wird von verschiedenen Seiten angestrebt, die Röntgenuntersuchung auch als Pflichtprüfung in die Abnahme einzuführen. So bestehen bereits in Amerika Bestimmungen über die Prüfung von Schmelzschweißungen an Druckgefäßen, nach denen die Röntgenaufnahme bei Verwendung von Werkstoffen der Klasse I neben anderen Verfahren vorgeschrieben ist<sup>10)</sup>. Es wird gefordert, daß Schweißnähte mit Schlackeneinschlüssen, Bindungsfehlern oder porösen Stellen zu verwerfen sind, sobald die Länge der

genommen oder bleiben sollen, eine starke Gewissensbelastung. Man wird ihm nicht verargen können, daß er es von seinem Standpunkte aus ablehnt, die Verantwortung dafür zu übernehmen, daß ein in der Röntgenaufnahme als nicht vollkommen fehlerfrei erkanntes Werkstück in Betrieb kommt. Andererseits wird aber der Betriebsmann aus wirtschaftlichen Ueberlegungen heraus eine Verweigerung der Abnahme nur dann als berechtigt anerkennen, wenn klaggestellt ist, daß die aufgefundenen Fehler eine Verschlechterung der Eigenschaften unter die zulässigen Grenzen bedeuten. Es ist unzweifelhaft, daß eine ganz große Anzahl von Bauwerken, die seit Jahren ihren Dienst ohne jeden Anstand versehen, bei einer Röntgenaufnahme als nicht fehlerlos erkannt werden würden, und es liegt danach auf der Hand, daß die Röntgenprüfung bei nicht genügend kritischer Bewertung den größten Schaden anrichten kann. Daß diese Bedenken nicht lediglich Schwarzseherei sind,

<sup>9)</sup> K. Wallmann und A. Pomp: Mitt. Kais.-Wilh.-Inst. Eisenforsch., Düsseld., 14 (1932) S. 271/94.

<sup>10)</sup> American Society of Mechanical Engineers Code, Edition 1931.

<sup>11)</sup> Ergebnisse techn. Röntgenkde. 2 (1931) S. 313/22.

kann leider durch eine ganze Reihe von Beispielen aus der letzten Zeit belegt werden. Es kann nach solchen Erfahrungen keinem Zweifel unterliegen, daß bis zur Einführung einer pflichtmäßigen Röntgenprüfung in das Abnahmengeschäft noch sehr viel Arbeit zu leisten sein wird.

Daß die Verhältnisse in dieser Hinsicht in der Tat nicht einfach liegen, soll noch kurz durch ein Beispiel belegt werden. Die in *Abb. 9* wiedergegebene Schweißung mit Kohlenlichtbogen würde vermutlich der großen Anzahl von Gasblasen wegen als keiner ernstern Beanspruchung fähig verworfen werden. Die Festigkeitsprüfung ergab jedoch, daß trotz der Querschnittsschwächung noch eine Last von 38 kg/mm<sup>2</sup> getragen werden konnte, gegenüber einer Zugfestigkeit des Grundwerkstoffes von 39 kg/mm<sup>2</sup>. Die Streckgrenze lag mit 32,9 kg/mm<sup>2</sup> sogar über derjenigen des Werkstoffes von 28,5 kg/mm<sup>2</sup>.

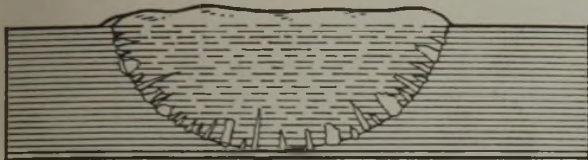


Abbildung 11. Schnitt durch eine Schweißung mit Kohlenlichtbogen.

Unter diesen Umständen ist es ganz ausgeschlossen, daß die noch fehlenden Grundlagen für eine nicht nur gefühlsmäßige technische Röntgenprüfung an einigen wenigen Stellen allein durch Laboratoriumsarbeit geschaffen werden könnten. Ein Ausweg aus dieser Schwierigkeit kann nur dann gefunden werden, wenn sich Forschung und Betrieb zu enger Gemeinschaftsarbeit zusammenfinden. An die Betriebe muß daher der Ruf gerichtet werden, die Röntgenprüfung als freiwillige Ergänzung der laufenden Ueberwachung möglichst in allen denjenigen Fällen heranzuziehen, in denen Vorteile von ihr erhofft werden können. Daß den aufzuwendenden Kosten große Vorteile der verschiedensten Art gegenüberstehen, dürfte heute nicht mehr zweifelhaft sein. Es verdient große Anerkennung, daß sich eine Reihe von Werken in uneigennütziger Weise zu einer umfassenderen Gemeinschaftsarbeit zur Verfügung gestellt haben, und es ist zu hoffen, daß diese in nicht allzu langer Zeit über den engen Kreis der unmittelbar Beteiligten hinaus Gewinn bringen wird. An die noch Außenstehenden soll auch bei dieser Gelegenheit die Bitte gerichtet werden, sich nach Möglichkeit noch in diese Gemeinschaftsarbeit einzuschalten.

#### Interferenzverfahren.

Auf die physikalischen Grundlagen der auf der Beugung von Röntgenstrahlen an den Kristallen der Werkstoffe beruhenden Interferenzverfahren kann ebenfalls nicht näher eingegangen werden. Die räumliche Anordnung der Bausteine in einem Kristall ähnelt der Anordnung der Mustereinheiten einer Tapete, nur ist das Flächenmuster durch ein räumliches Muster, das Raumgitter, ersetzt (*Abb. 12*). Jede Zelle des Raumgitters stellt die Baueinheit dar, in der alle Eigenschaften des Kristalls vorgebildet enthalten sind, er mag selbst so groß sein wie er nur wolle. Trifft nun ein Bündel Röntgenstrahlen auf ein derartiges Raumgitter auf, so erfolgt an jedem einzelnen Atom eine Beugung, und die abgebeugten Strahlen summieren sich gerade so, als ob das Röntgenlicht an den Atomebenen, den Netzebenen des Kristalls, gespiegelt würde. Dabei besteht gegenüber der Spiegelung des sichtbaren Lichtes an einer polierten, ebenen Fläche insofern ein Unterschied, als die Spiegelung der Röntgenstrahlen wegen der

Periodizität des Kristallbaues nur dann mit merklicher Helligkeit zustande kommt, wenn zwischen der Wellenlänge des Röntgenlichtes  $\lambda$ , dem Abstand der parallelen Netzebenen im Kristall  $d$  und dem Einfallswinkel  $\varphi$  der Röntgenstrahlen eine einfache Beziehung

$$n \cdot \lambda = 2d \sin \varphi$$

besteht (*Abb. 13*). Es ist daher möglich, aus der Richtung der von einem Kristall abgebeugten Röntgenstrahlen rückwärts auf die Lage und den Abstand der Netzebenen zu schließen, wenn die Wellenlänge  $\lambda$  bekannt ist.

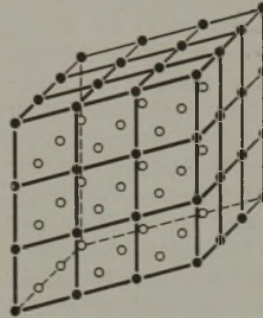


Abbildung 12. Schema eines Raumgitters.

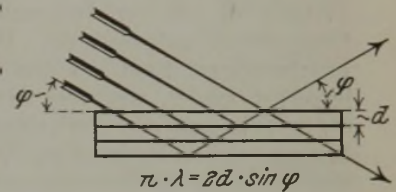


Abbildung 13. Beugung des Röntgenlichtes in einem Kristall.

$$n \cdot \lambda = 2d \cdot \sin \varphi$$

reichen Gebrauch die neuere Kristallkunde und besonders auch die Metallforschung bereits von diesen Möglichkeiten gemacht haben<sup>12)</sup>. Hier sollen nur zwei Anwendungen besprochen werden, die in enger Verbindung mit der Werkstoffprüfung stehen, die Untersuchung von Werkstücken auf innere Spannungen und die Prüfung auf das Vorhandensein von Gitterstörungen.

In einem homogenen, spannungsfreien Werkstück ist der Abstand gleichwertiger Netzebenen in allen Kristalliten gleich. Dieser Netzebenenabstand erleidet Veränderungen, sobald die Probe Spannungen ausgesetzt wird. Man muß hier sogleich zwei Arten der Veränderung eines Kristalls durch Spannung unterscheiden, die homogene Verformung durch elastische Kräfte, die über viele Kristallite des Werkstückes hinweg Richtung und Lage beibehalten, und Gitterstörungen durch Kräfte, die innerhalb jedes einzelnen Kristalls von Ort zu Ort stark wechseln. Bei der erstgenannten Art der Verformung eines Kristalls durch elastische Kräfte bleiben in diesem Ebenen eben, Geraden gerade und parallele Ebenen und Geraden parallel. Sie ändern lediglich ihren Abstand voneinander. Diese Abstandsänderung bewirkt in der Röntgenaufnahme eine Aenderung der Beugungswinkel  $\varphi$ , weil in der oben angegebenen Formel  $d$  einen anderen Wert annimmt. Im übrigen ändern die Interferenzlinien ihr Aussehen nicht, da die spiegelnden Kristallebenen selbst eben bleiben und gleiche Abstände voneinander behalten. Bei einer Verformung der Kristalliten durch Spannungen der letztgenannten Art, Gitterstörungen, treten dagegen Verbiegungen der spiegelnden Netzebenen auf, die eine Verschlechterung der Abbildungsschärfe zur Folge haben. Die Interferenzlinien werden unscharf.

Es ist danach ersichtlich, daß die Röntgenaufnahme grundsätzlich die Möglichkeit an die Hand gibt, einerseits aus der Messung der Beugungswinkel den homogenen Spannungszustand eines Werkstückes zu bestimmen, andererseits aber aus dem Grade der Unschärfe auf das Vorhandensein von Gitterstörungen zu schließen. Vorausgesetzt ist

<sup>12)</sup> Vgl. E. Schmid: Naturwissensch. 20 (1932) S. 530; A. Westgren: Congrès de Zurich, 6.—12. septembre 1931, hrsg. vom Internationalen Verband für Materialprüfung, Bd. 1 (Zürich: Edition A.I.E.M. 1932) S. 484/501.

dabei allein, daß die Genauigkeit der Aufnahmen ausreichend gesteigert werden kann, um die auftretenden, sehr kleinen Veränderungen messend zu erfassen. Dabei sind die Ansprüche ganz außerordentlich hoch, bewirkt doch z. B. bei Eisen und Stahl eine Spannung von 1 kg/mm<sup>2</sup> nur eine Aenderung des Netzebenenabstandes um etwa 5 × 10<sup>-5</sup>.

Abb. 14 zeigt die sehr einfache Versuchsanordnung des Rückstrahlverfahrens, mit dem es gelingt, die für Spannungsmessungen erforderliche hohe Genauigkeit zu erreichen<sup>13)</sup>. Der monochromatische, durch enge Blenden parallel gemachte Röntgenstrahl trifft bei O auf die zu untersuchende Probe und wird in dieser an den Netzebenen der Kristallite zurückgeworfen. Die reflektierten Kreis-kegel werden auf einem ebenen Film aufgefangen, der im Abstände R von der Probenoberfläche senkrecht zum Röntgenstrahl aufgestellt ist. Der Öffnungswinkel der Interferenzkegel kann aus dem Durchmesser der Ringe berechnet werden, wenn der Abstand R des Films von der Probe bekannt oder durch einen Eichstoff mit bekannten Beugungswinkeln bestimmt ist. Die Anwendung des Rückstrahlverfahrens für die Spannungsmessung geht aus Abb. 15 hervor. Die Längsspannung  $\sigma$  bedingt eine Dehnung

$$\epsilon_l = \frac{1}{E} \cdot \sigma,$$

worin E den Elastizitätsmodul bedeutet. Als Meßuhr für diese Dehnung dienen die der Oberfläche nahezu parallelen Netzebenen, die bei der Rückstrahlaufnahme das Röntgenlicht reflektieren. Sie werden durch die mit der Längsdehnung verbundene Quersummenziehung um den Betrag

$$\epsilon_q = -\frac{1}{E} \cdot \nu \cdot \sigma$$

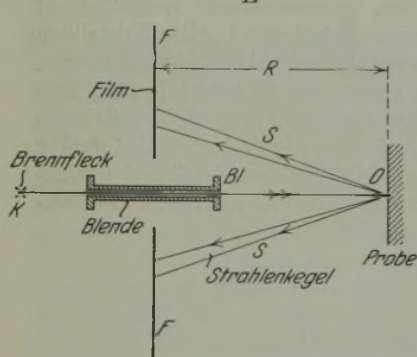


Abbildung 14. Versuchsanordnung des Rückstrahlverfahrens.

einander genähert. Entsprechend der oben angegebenen Beziehung ändert sich dann auch der durch die Rückstrahlaufnahme gemessene Beugungswinkel  $\varphi$ . Aus der Veränderung von  $\varphi$  kann  $\epsilon_q$  und bei bekanntem E und  $\nu$  auch  $\sigma$  berechnet werden.

Als ein Beispiel für die erreichte Genauigkeit zeigt Abb. 16 nebeneinander das Ergebnis eines Belastungsversuches an vergütetem Duraluminium mit gleichzeitiger Messung der Dehnung durch Krupp-Kennedy-Gerät und der Netzebenenabstandsänderung mittels Rückstrahlaufnahmen. Die Genauigkeit der röntgenographischen Dehnungsmessung reicht danach bei bekanntem Elastizitätsmodul zur Bestimmung der Spannung in Duraluminium vollkommen aus<sup>14)</sup>. Abb. 17 zeigt einen Versuch an weichem Flußstahl. Die röntgenographisch gemessenen Dehnungen

<sup>13)</sup> F. Wever und H. Möller: Arch. Eisenhüttenwes. 5 (1931/32) S. 215/18; Mitt. Kais.-Wilh.-Inst. Eisenforsch., Düsseld., 15 (1933) S. 59/69.

<sup>14)</sup> G. Sachs u. J. Weerts: Z. Physik 60 (1930) S. 481/90.

ergeben danach einen ausgezeichnet stetigen Kurvenzug und lassen damit erkennen, daß die oben geforderte Genauigkeit praktisch nahezu erreicht ist.

Wenn so die Aussichten für eine technische Spannungsmessung durchaus günstig zu sein scheinen, muß auch hier auf eine Einschränkung hingewiesen werden, die unmittelbar mit dem Wesen des Verfahrens verknüpft ist und daher durch keinen experimentellen Fortschritt überwunden werden kann. Im Gegensatz zu dem technischen Zerreißversuch, der die mittlere Spannung über den Gesamtquerschnitt angibt, erfaßt die Röntgenaufnahme nur den oberflächlichen Spannungszustand und von diesem nur den für das bestrahlte Stück der Oberfläche von einigen Quadratmillimetern gültigen Teilausschnitt. Das liegt daran, daß die hier verwandten Röntgenstrahlen nur eine ganz verschwindend geringe Eindringtiefe von hundertstel Millimetern haben und über diese hinaus natürlich nichts über den Spannungszustand aussagen

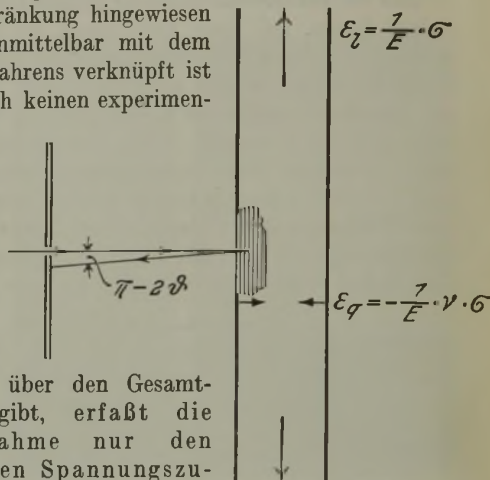


Abbildung 15. Schema der Spannungsmessung mittels Rückstrahlaufnahme.

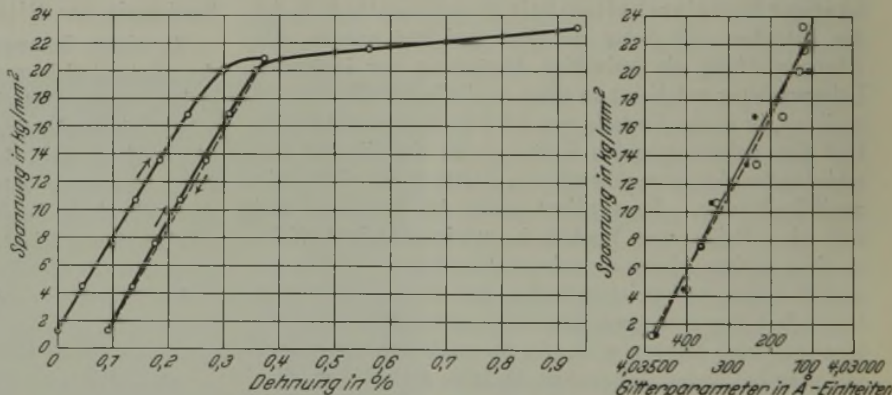


Abbildung 16. Spannungs-Dehnungs- und Spannungs-Gitterparameteränderungs-Schaulinien von Duralumin nach Möller-Barbers.

können. Wenn daher z. B. bei einem Versuch an Stahlproben, die von Temperaturen von unterhalb A<sub>1</sub> abgeschreckt worden waren, Spannungen in ganz überraschend hohem Ausmaße nachgewiesen werden konnten, so gilt auch dieser Befund zunächst nur für die äußere Oberfläche. Zweifellos wird eine solche Bestimmung in vielen Fällen von großem Wert sein. Wenn z. B. irgendeine Wärmebehandlung zu dem Zwecke angesetzt war, um Spannungsfreiheit zu erzielen, so genügt schon die Feststellung, daß die Oberfläche noch mit Spannungen behaftet ist, um zu erkennen, daß der angestrebte Zweck nicht erreicht wurde. Man sollte aber nicht vergessen, daß von der Feststellung von Spannungen an irgendeinem Punkte der Oberfläche bis zu einer Erfassung des gesamten Spannungszustandes noch ein weiter Weg ist.

Der in Abb. 17 dargestellte Belastungsversuch mit Flußstahl bestätigt durchaus diese Einschränkung. Eine eingehendere Prüfung ergab hier, daß der entgegen dem

Hookeschen Gesetz nicht geradlinige Anstieg der Dehnung mit der Belastung nicht auf eine unzureichende Meßgenauigkeit zurückzuführen ist. Er wird vielmehr dadurch verursacht, daß sich an der Oberfläche infolge einer anfänglich vorhandenen Krümmung der Probe zusätzliche Spannungen

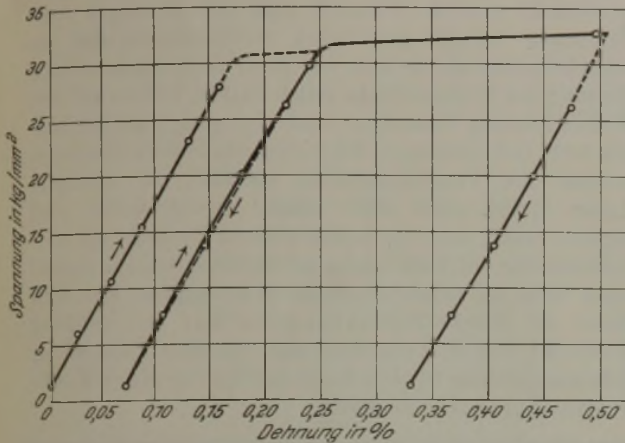


Abbildung 17. Spannungs-Dehnungs- und Spannungs-Gitterparameteränderungs-Schaulinien von Flußstahl nach Möller-Barbers.

ausbilden, die sich den angelegten Lasten überlagern. Die Gitterparameter-Schaulinie ist im Grunde ganz zu Unrecht der angelegten mittleren Belastung zugeordnet, sie müßte vielmehr auf die Spannungen an der Oberfläche bezogen werden, die sich aus der mittleren Belastung und den vor-

unter vereinfachenden Bedingungen durchzuführen sein, ehe der Betrieb sich die Vorteile der röntgenographischen Spannungsbestimmung wird nutzbar machen können.

Die zweite der oben gekennzeichneten Möglichkeiten, der Nachweis von Gitterstörungen<sup>15)</sup>, soll durch einige Beispiele belegt werden.

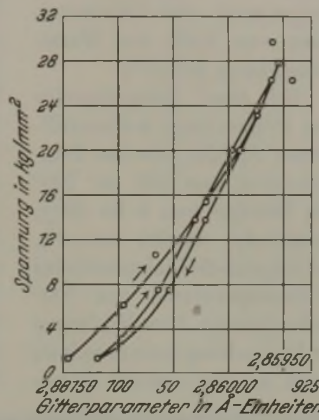


Abb. 18 zeigt die Rückstrahl-aufnahmen einer Reihe von Proben aus Flußstahl, die um Beträge von 3 bis 25% gereckt worden waren. Die ursprünglich deutlich in ein Dublett aufgelösten Interferenzlinien werden danach mit zunehmender Verformung immer unschärfer. Die zahlenmäßige Auswertung der von diesen Aufnahmen hergestellten Photometerkurven ist in Abb. 19 zusammen mit derjenigen kalt gewalzter Proben des gleichen Werkstoffes wiedergegeben. Dabei ist die in willkürlichem

Maße ermittelte Linienbreite in Abhängigkeit vom Verformungsgrad aufgetragen. Der Einfluß der Kaltformänderung tritt danach überraschend gut in den Röntgenbildern in Erscheinung; die Linienbreite steigt in beiden Fällen anfänglich sehr steil an, um sich dann einem Grenzwerte zu nähern.

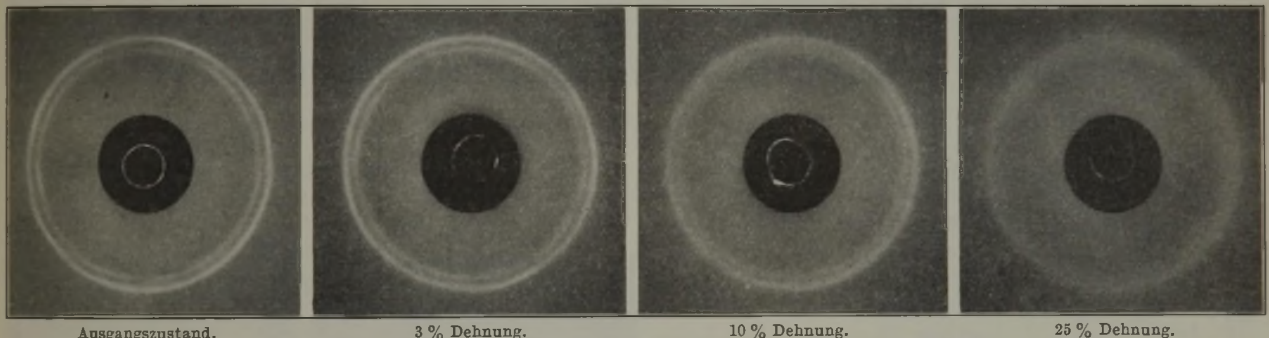


Abbildung 18. Änderung der Linienbreite von Flußstahl beim Kaltrecken.

handenen zusätzlichen Spannungen zusammensetzen. Erst bei höheren Belastungen nähern sich die gemessenen Oberflächenspannungen der angelegten mittleren Belastung.

Für die praktische Anwendung des Verfahrens zur Spannungsbestimmung in zusammengesetzten Bauwerken, z. B. Brücken, ergibt sich daraus die Warnung, daß aus den gemessenen oberflächlichen Spannungen nur mit größter Vorsicht auf den Gesamtspannungszustand geschlossen werden darf. Die röntgenographische Feststellung, daß z. B. irgendein Bauglied an der Oberfläche Spannungen im Betrage der Streckgrenze aufweist, ist noch keineswegs gleichbedeutend damit, daß Spannungen von dieser Größenordnung tatsächlich über den ganzen Querschnitt hinweg vorhanden sein müssen und daher die Festigkeit des Bauwerkes gefährdet wäre. Ueber die Wirkung von oberflächlichen Spannungen auf das Verhalten eines Werkstückes sind wir heute nur in ganz geringem Umfange unterrichtet. Es ergibt sich also auch hier wieder, daß bisher lediglich die physikalisch-methodische Seite der Aufgabe in Angriff genommen wurde, dagegen die für die praktische Anwendung unerläßliche Verbindung mit dem Verhalten der Werkstücke unter betriebsmäßigen Umständen noch kaum hergestellt ist. Auch hier werden noch zahlreiche Versuche

Abb. 20 zeigt eine Probenreihe von Elektrolyteisen, die um 81% ohne Zwischenglühungen heruntergezogen worden war und anschließend einer Glühbehandlung von je 1/2 h bei Temperaturen bis 600° unterworfen wurde. Die photometrische Auswertung findet sich in Abb. 21. Die durch die Kaltverformung bewirkte Linienverbreiterung nimmt danach während des Anlassens auf 200° noch merklich zu. Oberhalb 200° geht die Linienbreite allmählich auf den ursprünglichen Wert zurück. Die stärkste Aenderung der Linienbreite vollzieht sich im Gebiete zwischen 400 und 500°. Oberhalb 500° tritt eine merkliche Aenderung nicht mehr ein. Eine weitere Prüfung der Ursachen für die Aenderung der Linienbreite beim Anlassen ergab, daß der stärkste Rückgang der Linienverbreiterung oberhalb 400° mit der Rekristallisation in Verbindung gebracht werden muß. Ebenso sicher ist andererseits, daß bereits ein nicht unbedeutender Teil des Rückganges der Linienverbreiterung unterhalb 400° durch die Kristallerholung bewirkt wird.

Für die Werkstoffprüfung ergibt sich damit die wichtige Feststellung, daß man nunmehr in der Rückstrahl-auf-

<sup>15)</sup> B. Pfarr: Dr.-Ing.-Diss. Techn. Hochschule Aachen 1933; F. Wever u. B. Pfarr: Mitt. Kais.-Wilh.-Inst. Eisenforschg., Düsseld., demnächst.

nahme über ein Hilfsmittel verfügt, um das Vorhandensein von Kaltbearbeitungen einerseits, die Wirkung der Kristallerholung andererseits unmittelbar nachzuweisen. Die Brauchbarkeit dieses Hilfsmittels soll noch durch ein Beispiel belegt werden, das einen aufschlußreichen Beitrag zu der Frage nach der Unterscheidung von Kalt- und Warmformgebung liefert<sup>15)</sup>.

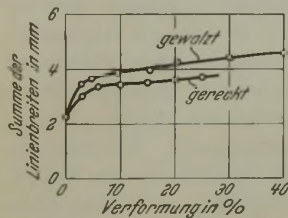


Abbildung 19. Aenderung der Linienbreite von Flußstahl bei der Kaltverformung.

Bei einer Aufnahmereihe von Proben eines kohlenstoffarmen Stahles, die bei Temperaturen von 100 bis 700° um Beträge von 5 bis 50% ausgewalzt worden waren<sup>16)</sup>, fiel auf, daß die Linienbreite bei Walztemperaturen von 200° ab mit stärkerer Verformung wieder abnahm. Eine Erklärung für diese zunächst überraschende Feststellung konnte sodann darin gefunden werden, daß sich in den äußeren Zonen

einen Einblick in die Verformungsvorgänge, wie er auf anderem Wege nicht erreicht werden könnte.

Dieses durchaus günstige Urteil über die Verwendbarkeit der Rückstrahlaufnahme für den Nachweis von Gitterstörungen muß leider ebenfalls wieder erheblich eingeschränkt werden. Während nach den bisherigen Ausführungen vielleicht geschlossen werden könnte, daß unscharfe Linien als Zeichen für einen nicht einwandfreien Zustand des Werkstoffes zu gelten hätten, weil sie auf eine Kaltverformung hinweisen, muß hier gesagt werden, daß der beste Gefügestand, den wir bei den Stählen überhaupt kennen, das Vergütungsgefüge, ebenfalls nur unscharfe Linien liefert (Abb. 22). Dazu kommt weiter, daß legierte Stähle auch im weichgeglühten Zustande nur verhältnismäßig unscharfe Linien geben, ohne darum in irgendeiner Weise als minderwertig gelten zu können. Man wird daher die Rückstrahlaufnahmen nur mit größter Vorsicht und im Zusammenhange mit einer umfassenden Allgemeinprüfung für die Kennzeichnung eines Werkstoffes heranziehen dürfen.

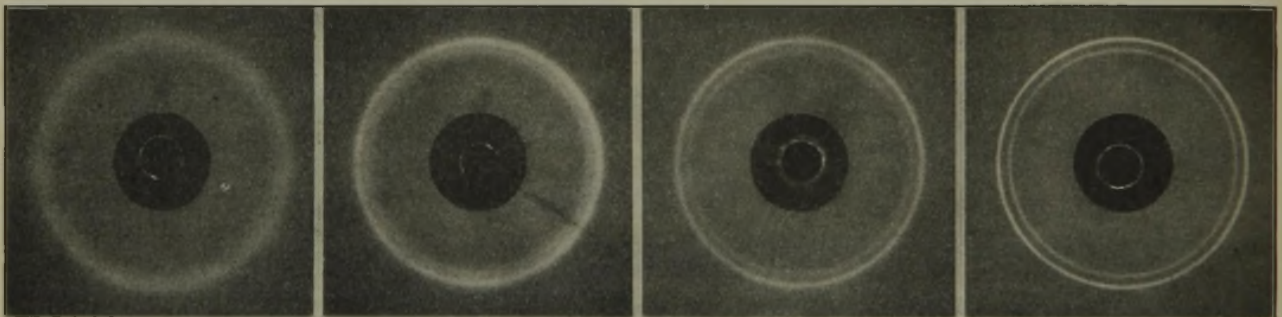


Abbildung 20. Aenderung der Linienbreite von kalt gewalztem Elektrolyteisen beim Anlassen.

des Werkstoffes infolge der Walzenreibung zusätzliche Verformungen ausbilden. Mit steigender Walztemperatur wird die Reibung und mit ihr die zusätzliche Verformung der Oberfläche größer, die Folge ist, daß die Linienbreite bei kleinen Verformungen mit der Walztemperatur anwächst. Der linienverbreiternden Wirkung der Verformung überlagert sich andererseits die Rekristallisation, die eine Verschärfung der Interferenzen zur Folge hat. Die Rekristallisation hängt ihrerseits wiederum von Temperatur und Verformungsgrad ab. Sie ist bei gleichbleibender Temperatur,

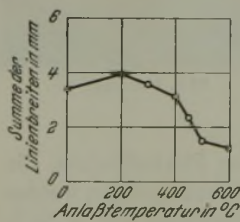


Abbildung 21. Aenderung der Linienbreite von kalt gewalztem Elektrolyteisen beim Anlassen.

sofern diese überhaupt eine Rekristallisation ermöglicht, um so stärker ausgeprägt, je kräftiger die Verformung war. Die Linienbreite nimmt daher bei stärkerer Verformung wieder durch Rekristallisation ab.

Die obengenannten Nachteile der Rückstrahlaufnahme, nur eine sehr dünne Schicht unmittelbar an der Oberfläche zu erfassen, machen sich, wie dieses Beispiel zeigt, hier nur in günstigem Sinne geltend. Die meisten Prüfverfahren mitteln mindestens über einen größeren Teil, wenn nicht über den gesamten Querschnitt, und sind daher nicht in der Lage, genauere Aufschlüsse über den Zustand des Werkstoffes in seinen einzelnen Teilen zu geben. Die Rückstrahlaufnahme zeigt dagegen Unterschiede an den verschiedenen Orten des Werkstückes deutlich an und gewährt damit

Bei der Untersuchung eines Schadensfalles an einer krumm gewordenen Turbinenwelle stellte R. Berthold<sup>17)</sup> kürzlich durch Rückstrahlaufnahmen fest, daß Ungleich-

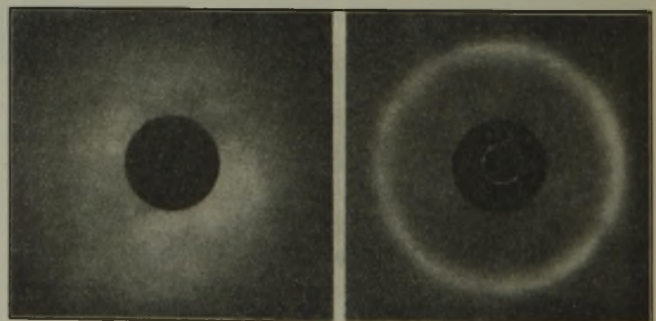


Abbildung 22. Rückstrahlaufnahme eines Kohlenstoffstahles nach Härtung und Wechselbeanspruchung.

mäßigkeiten im Feinbau vorhanden waren, die er auf eine ungleichmäßige Behandlung beim spannungsfreien Glühen zurückführt. Er ermittelte sodann durch einen Versuch an herausgearbeiteten Proben, daß die Interferenzlinien durch eine Glühbehandlung bei 400° scharf werden, und folgerte daraus, daß eine Glühung des Läufers nicht bis zu dieser Temperatur erfolgt war. Er hebt allerdings gleichzeitig sehr zu Recht hervor, daß die Forderung nach geringer Linienbreite nicht immer berechtigt sei. Man kann diese Auffassung nur unterstreichen: Es muß hier noch einmal nachdrücklich wiederholt werden, daß die Rückstrahlaufnahme nur bei genauester Kenntnis der

<sup>16)</sup> A. Pomp und W. Luog: Mitt. Kais.-Wilh.-Inst. Eisenforsch., Düsseld., demnächst.

<sup>17)</sup> Prüfungsberichte der Allianz u. Stuttg. Vereins, Heft 1, Januar 1933.



A. Thum und H. Holdt: Die Beurteilung von Kesselblechen durch die Kerbziegeprobe.

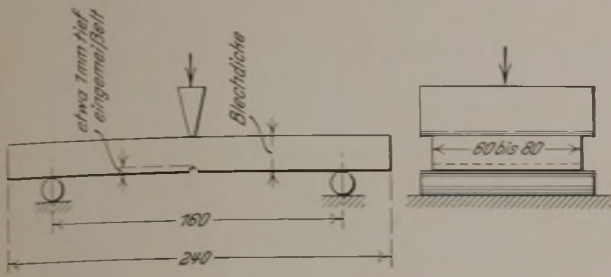


Abbildung 1. Abmessungen der Kerbziegeprobe.

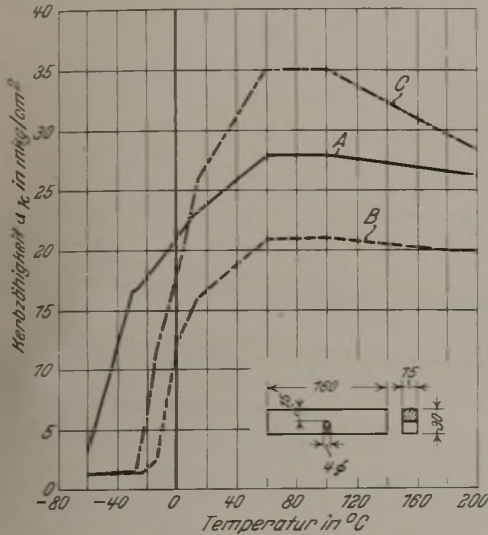


Abbildung 3. Abhängigkeit der Kerbzähigkeit  $a_k$  von der Temperatur. Kesselbleche A, B, C. (Kerbschlagprobe nach den Richtlinien der Vereinigung der Großkesselbesitzer.)

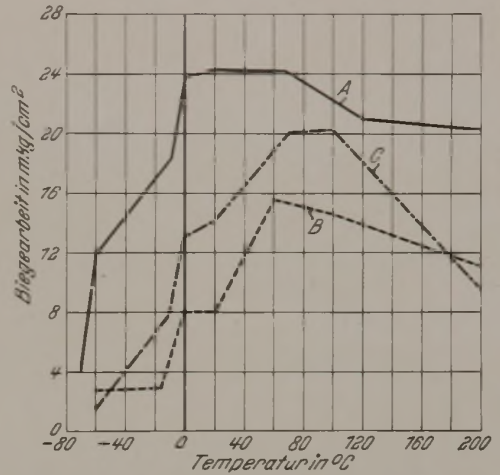


Abbildung 2. Abhängigkeit der Kerbiegearbeit von der Temperatur. Kesselbleche A, B, C.

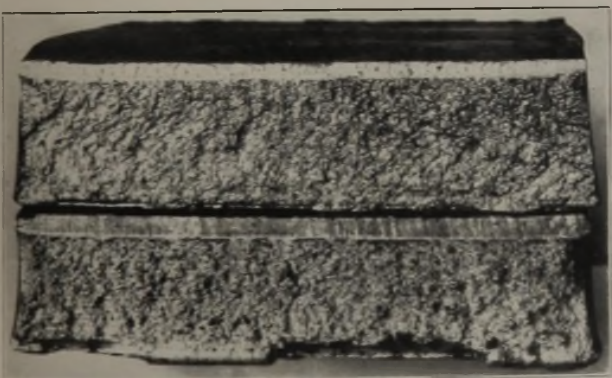


Abbildung 5. Kesselblech B (siliziertes Blech). Feinkörniges Bruchgefüge bei Raumtemperatur. körnig-schiefriger Bruch bei 65°.

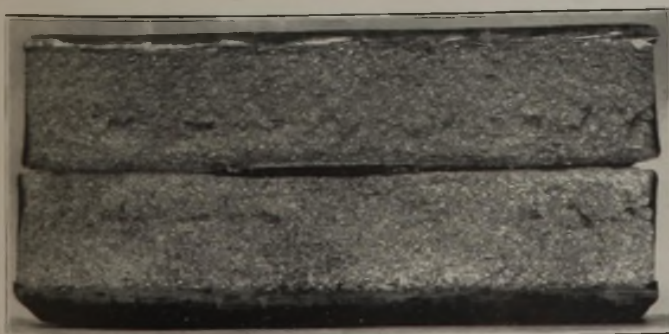


Abbildung 6. Kesselblech D, körniges Bruchgefüge bei 20°.

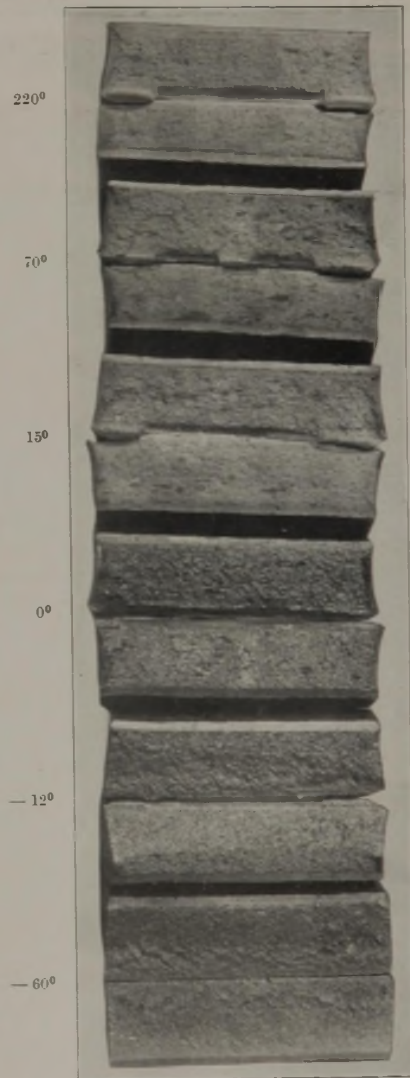


Abbildung 4. Kesselblech A (alterungsbeständig, beruhigt vergossen). Bruchgefüge von Kerbiegeproben bei verschiedenen Temperaturen.



Abbildung 7. Kesselblech E, Treppenbruch infolge Dopplung.



Abbildung 12. Kesselblech F (alterungsbeständig, beruhigt vergossen). Bruchgefüge zähfaserig, die Probe ist beiderseits längs aufgerissen.



Abbildung 8. Kesselblech B, Tiefätzung.

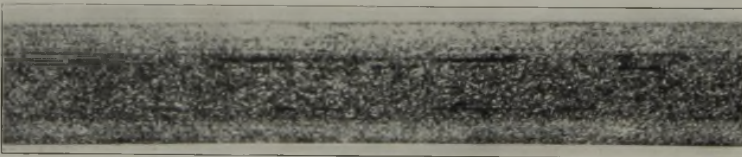


Abbildung 9. Kesselblech D, Tiefätzung.

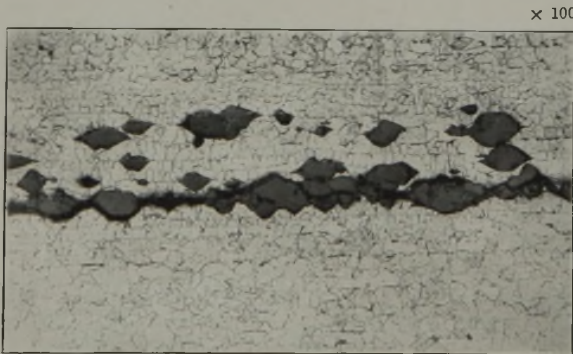


Abbildung 10. Kesselblech E, Feingefüge.



Abbildung 11. Kesselblech E, Tiefätzung.

Proben-  
dicke

38,7 mm

27,7 mm

16,8 mm

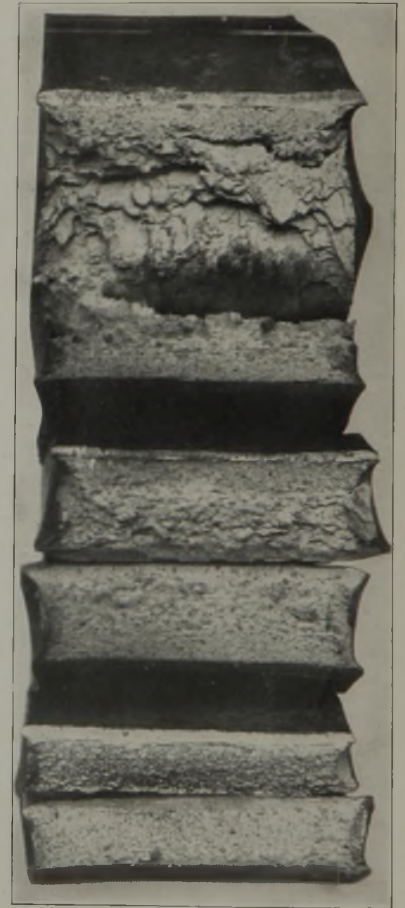


Abbildung 13. Kesselblech F, Bruchgefüge bei verschiedenen dicken Proben.

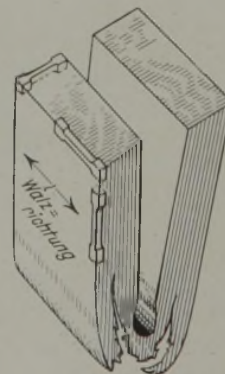


Abbildung 14. Entnahme kleiner Zerreißproben aus der Kerbziegeprobe.

A. Thum und H. Holdt: Die Beurteilung von Kesselblechen durch die Kerbbiegeprobe.

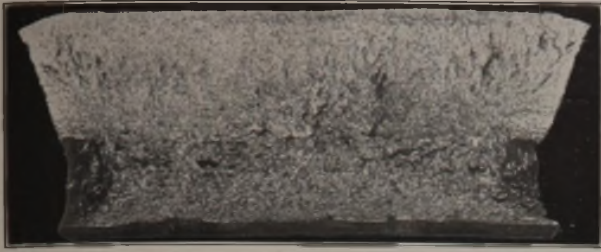


Abbildung 15. Kesselblech F, feinkörniges Bruchgefüge bei  $-60^{\circ}$ .



Abbildung 16. Kesselblech F, feinkörniges Bruchgefüge nach Ueberhitzung.

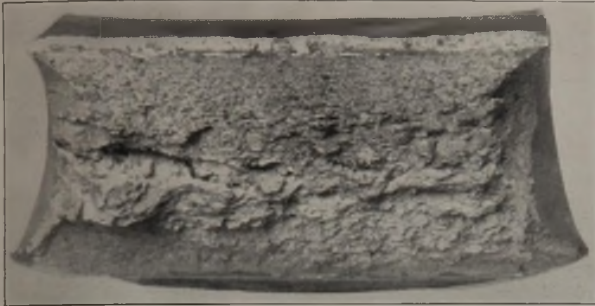


Abbildung 17. Kesselblech G. Blättriger Kerbbiegebruch eines durch Gasblasen und Schlackeneinschlüsse ungleichmäßigen Bleches.

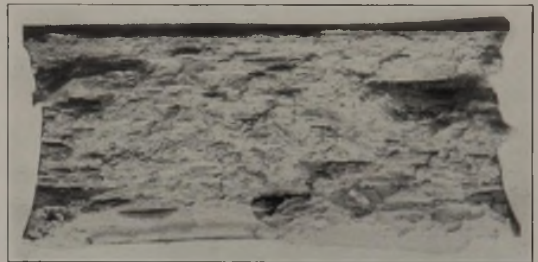


Abbildung 18. Kesselblech F, bei  $-10^{\circ}$  durchgebogen. Blättriger Kerbbiegebruch eines sehr gleichmäßigen Bleches.

× 100

× 100

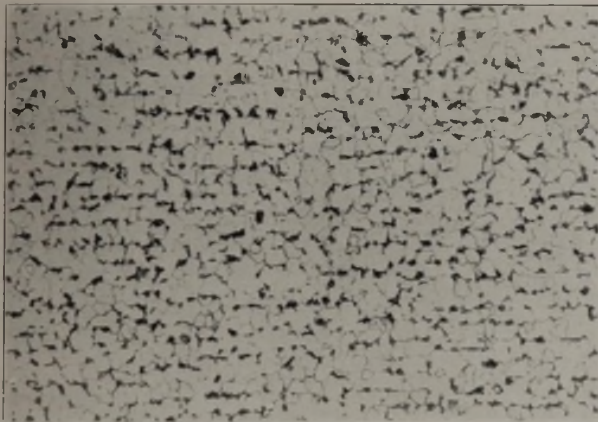


Abbildung 19. Kesselblech F, Feingefüge.

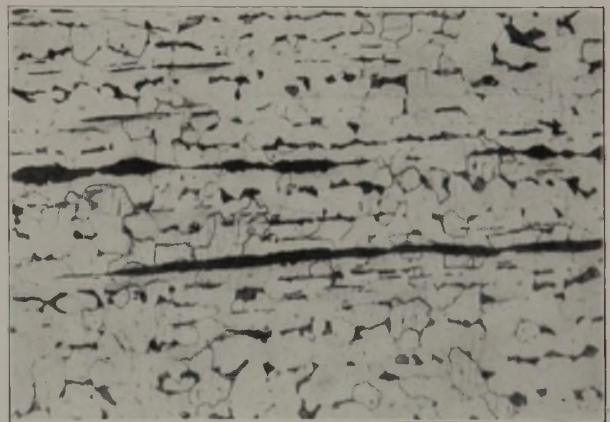


Abbildung 20. Kesselblech G, Feingefüge.



Abbildung 21.  
Kesselblech F,  
Tiefätzung.

Abbildung 22.  
Kesselblech G,  
Tiefätzung.

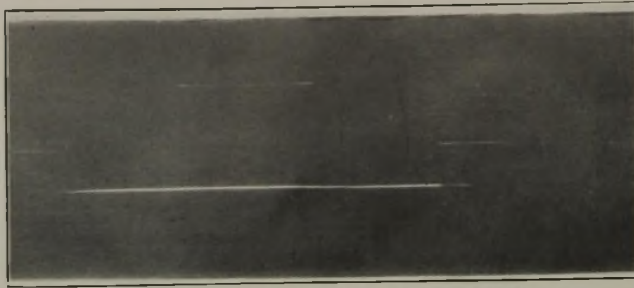


Abbildung 23. Kesselblech G, Röntgenaufnahme.  
(Kopie vom Röntgenfilm.)



Abbildung 24. Kesselblech G, schlecht verschweißte Gasblase beim Kerbbiegebruch aufgerissen.



Abbildung 25. Kesselblech G, schiefriger Kerbbiegebruch bei dünneren Proben.

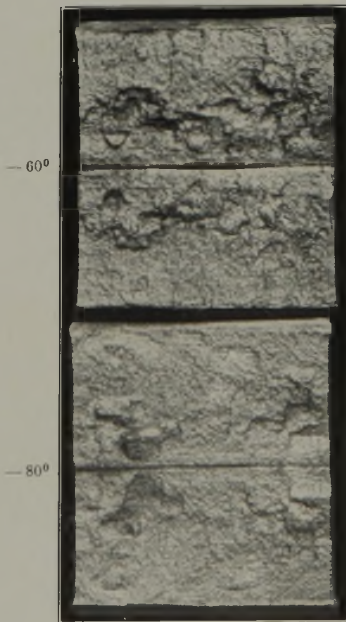


Abbildung 26. Kesselblech G, körniges, jedoch etwas treppenförmiges und rissiges Bruchgefüge bei tiefen Temperaturen.

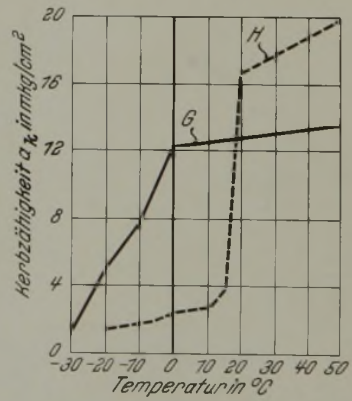


Abbildung 27. Kesselblech G u. H. Abhängigkeit der Kerbbiegearbeit und Kerbzähigkeit von den Temperaturen; Probenentnahme quer zur Walzrichtung.



Abbildung 28. Dauerbruch von Blech G.

Werkstoffeigenschaften und in Verbindung mit einer sorgfältigen Allgemeinprüfung in gewissem, bescheidenem Umfange Rückschlüsse auf die Vorbehandlung ermöglicht.

\* \* \*

Der Helmholtz-Gesellschaft und der Notgemeinschaft der deutschen Wissenschaft bin ich für die Unterstützung der dem Bericht zugrunde liegenden Versuche zu großem Dank verpflichtet.

#### Zusammenfassung.

Der heutige Stand auf dem Gebiete der zerstörungsfreien Verfahren für die Werkstoffprüfung, besonders der Werkstoffprüfung mit Röntgenstrahlen:

1. Die magnetischen Verfahren der zerstörungsfreien Prüfung sind in ihren physikalischen Grundlagen im wesentlichen abgeschlossen und apparativ durchentwickelt. Sie haben sich bereits in vielen Fällen als nützlich erwiesen. Ihre Anwendung wird dadurch erschwert, daß die Rückschlüsse aus den Beobachtungsbefunden auf die Eigenschaften der untersuchten Werkstücke nicht in allen Fällen genügend gesichert sind.

2. Die Werkstoffprüfung mit Röntgenstrahlen ist ebenfalls in ihren physikalischen Grundlagen abgeschlossen. Durch die Apparate bauende Industrie sind Geräte entwickelt worden, die allen Ansprüchen des Betriebes gewachsen sind. Die großen Vorteile einer Röntgenprüfung sind heute durch eine große Anzahl eindrucksvoller Beispiele belegt. Es ist bedauerlich, daß sich die

Betriebe die damit gebotenen Möglichkeiten bisher nur in geringem Umfange nutzbar gemacht haben. Dem Ausbau der Röntgenprüfung zu einem Abnahmeverfahren steht entgegen, daß die zahlenmäßigen Beziehungen zwischen Röntgenbild und Verhalten eines Werkstückes im Betriebe nicht ausreichend geklärt sind.

3. Die Messung innerer Spannungen mit Röntgenstrahlen ist physikalisch-methodisch so weit durchgebildet, daß Spannungen mit einer Genauigkeit von etwa  $\pm 1$  bis  $2 \text{ kg/mm}^2$  bei Stählen bestimmt werden können. Das Verfahren erfaßt jedoch ausschließlich Oberflächenspannungen und gestattet daher nur bedingte Rückschlüsse auf den gesamten Spannungszustand eines Bauteiles.

4. Die Ermittlung von Störungen im Kristallbau der Werkstoffe, Gitterstörungen, ist physikalisch bis zu beträchtlicher Empfindlichkeit ausgebildet worden. Es ist grundsätzlich möglich, das Vorhandensein von Kaltbearbeitungen in einem Werkstoffe nachzuweisen, da bei der Kaltbearbeitung Gitterstörungen entstehen, die beim Anlassen durch Kristallerholung und Rekristallisation wieder ausgeheilt werden. Der praktischen Anwendung dieser Möglichkeit steht entgegen, daß außer durch Kaltverformung auch durch andere Ursachen Gitterstörungen hervorgerufen werden können, ohne daß damit eine Verschlechterung der Werkstoffeigenschaften verbunden zu sein braucht. Der Nachweis von Gitterstörungen mit Röntgenstrahlen ist daher nur bei genauer Kenntnis der Werkstoffeigenschaften und im Rahmen einer allgemeinen Prüfung von Wert.

## Die Beurteilung von Kesselblechen durch die Kerbbiegeprobe.

Von A. Thum und H. Holdt in Darmstadt.

[Mitteilung aus der Staatlichen Materialprüfungsanstalt zu Darmstadt.]

*(Chemische Zusammensetzung und Festigkeitseigenschaften der untersuchten Bleche. Abmessungen und Versuchsausführung der Kerbschlagproben. Kerbbiegearbeit in Abhängigkeit von der Temperatur und Verlauf der Kerbzähigkeit. Bruchgefüge der Bleche bei verschiedenen Temperaturen. Zerreißversuche an kleinen Proben.)*

[Hierzu 2 Tafeln.]

Bei der Abnahme von Dampfkesselblechen werden zuweilen Kerbbiegeproben durchgeführt, um aus dem Bruchgefüge auf die Güte und besonders die Gleichmäßigkeit der Bleche schließen zu können. Die Kerbbiegeprobe soll besonders ein Bild darüber geben, ob das Blech in stärkerem Maß ausgewalzte Gasblasen und ausgedehnte Schlackeneinschlüsse enthält. Für die Kerbbiegeprobe werden in der Regel quer zur Walzrichtung 60 bis 80 mm breite Streifen entnommen, die mit dem Schrotmeißel einseitig in der Mitte angekerbt werden und dann ähnlich den Faltpuben gebogen werden. Infolge der Einkerbung wird beim Falten der Proben zwangsläufig ein Bruch herbeigeführt. Das Bruchgefüge kann hierbei sehr verschiedenartig sein. Im wesentlichen treten folgende Hauptbrucharten auf: körniger Bruch, schiefriger Bruch, zähfaseriger Bruch und blätteriger Bruch. Zwischen Abnehmern und Lieferern bestehen seit längerer Zeit Meinungsverschiedenheiten, welche Brucharten auf gute oder mangelhafte Bleche schließen lassen. So wurden manchmal möglichst feinkörnige Brüche gefordert, andererseits stark blätteriger Bruch oder gar ein Längsaufreißen von Proben als Merkmale fehlerhafter Bleche bezeichnet. Zur Klärung dieser Frage wurden verschiedene Bleche untersucht. In *Zahlentafel 1* sind die chemische Zusammensetzung und die Festigkeitseigenschaften dieser Bleche zusammengestellt.

Die Abmessungen der Kerbbiegeproben und die Versuchsausführung gehen aus *Abb. 1* (siehe Tafel 1) hervor. Da sich aus

Vorversuchen ergab, daß der Verlauf des Bruches und das Bruchgefüge durch Einmeißeln oder Einhobeln des Kerbes nicht wesentlich verschiedenartig beeinflußt wurde, wurden sämtliche Kerbe, wie es betriebsmäßig üblich ist, mit einem scharfen Schrotmeißel eingemeißelt. Um auch ein Gütemaß für die Zähigkeit der Bleche zu erhalten, wurden die Proben auf einer Biegemaschine mit Kraftmessung durchgebogen, wobei gleichzeitig die Kraft-Durchbiegungsdiagramme aufgenommen wurden, aus denen die Biegearbeit ermittelt werden konnte.

Ein Vergleich der auf die Bruchquerschnittseinheit bezogenen Biegearbeit bei verschieden dicken Blechen ist begrenzt möglich, da festgestellt wurde, daß das Ergebnis bei einer wechselnden Blechdicke von 15 bis 25 mm nicht beeinflußt wird.

Wie der Kerbschlagversuch lehrt, ändert sich das Bruchgefüge mit der Temperatur, namentlich unterhalb der Raumtemperatur, wesentlich. Zäher Verformungsbruch geht bei tieferen Temperaturen in spröden Trennungsbruch über. Es wurden deshalb Kerbbiegeproben bei verschiedenen Temperaturen durchgeführt, um auch hierbei den Einfluß auf die Veränderung des Bruchgefüges mit der Zähigkeit erkennen zu können. Vergleichsweise wurden noch Kerbschlagversuche durchgeführt. In *Abb. 2* ist die Änderung der Kerbbiegearbeit in Abhängigkeit von der Temperatur der Bleche A, B, C dargestellt, in *Abb. 3* der entsprechende Verlauf der Kerbzähigkeit. Die durch die Temperatur be-

Zahlentafel 1. Zusammenstellung der untersuchten Kesselbleche.

Bezeichnung	Blechart	Blechedicke mm	Chemische Zusammensetzung in %					Festigkeitseigenschaften <sup>1)</sup>			
								Streckgrenze $\sigma_s$ kg/mm <sup>2</sup>	Zugfestigkeit $\sigma_B$ kg/mm <sup>2</sup>	Bruchdehnung <sup>2)</sup> $\delta_{10}$ %	Kerbzähigkeit <sup>3)</sup> $a_k$ mkg/cm <sup>2</sup>
A	alterungsbeständig beruhigt vergossen	22	0,14	0,05	0,48	0,025	0,015	27,9	39,8	26,4	22,8
B	siliziert, beruhigt vergossen	20	0,13	0,15	0,50	0,024	0,020	26,9	43,0	28,6	15,8
C	gewöhnliches Blech unruhig vergossen	15	0,12	0,01	0,37	0,019	0,019	22,8	34,2	26,5	26,0
D	gewöhnliches Blech unruhig vergossen	20	0,10	0,002	0,46	0,020	0,040	20,4	35,3	29,4	5,3
E	siliziertes Blech	30	0,21	0,19	0,67	0,040	0,019	—	—	—	—
F	alterungsbeständig beruhigt vergossen	40	0,18	0,009	0,34	0,005	0,002	19,8	35,0	29,5	21,7
G	gewöhnliches Blech beruhigt vergossen	35	0,11	0,01	0,53	0,012	0,026	20,1	34,3	25,7	15,5
H	gewöhnliches Blech unruhig vergossen	50	0,12	0,01	0,47	0,024	0,024	24,0	36,0	28,3	16,0

<sup>1)</sup> Proben quer zur Walzrichtung entnommen.

<sup>2)</sup> Bruchquerschnitt 314 mm<sup>2</sup>, Meßlänge 200 mm.

<sup>3)</sup> Probe nach den Richtlinien der Vereinigung der Großkesselbesitzer.

dingte Versprödung des Bleches wird in fast gleicher Weise durch den Kerbbiegeversuch wie durch den Kerbschlagversuch angezeigt. Namentlich die Lage des Ueberganges von der Hochlage zur Tief- lage der Zähigkeit wird durch beide Versuchsarten für die verschiedenen Bleche in derselben Reihenfolge geordnet. Das alterungsbeständige Blech A zeigt Kaltsprödigkeit erst bei etwa —60°. Das silizierte Blech B neigt bei 0° bereits zu sprödem Bruch. Das gewöhnliche Kesselblech C fällt durch seine sehr hohe Kerbzähigkeit oberhalb der Raumtemperatur auf, während die spezifische Biegearbeit niedriger liegt.

Die Bruchgefüge der Bleche A und C waren bei Raumtemperatur schiefrig. Das Blech B, das die geringste Arbeitsaufnahme hatte, brach feinkörnig. Bei 65 und 100° im Bereich der höchsten Zähigkeit wurde auch bei diesem Blech das Bruchgefüge ein wenig schiefrig. Uebereinstimmend zeigen die drei Bleche, daß mit zunehmender Biegearbeit bei höheren Temperaturen der Bruch schiefriger wird. Bei Temperaturen über 100° wird das Bruchgefüge mit abnehmender Biegearbeit wieder feinschiefriger. Im Bereiche niedriger Temperaturen zeigen alle Bleche gleichmäßig feinkörnigen Bruch. Das alterungsbeständige Blech bricht noch bei —12° etwas schiefrig, bei —60° feinkörnig. Blech C bricht bei 0° körnig. Als Beispiele sind in *Abb. 4* (siehe Tafel 1) die Bruchgefüge des Bleches A und in *Abb. 5* des Bleches B wiedergegeben. Diese Untersuchungen wurden noch auf drei weitere Bleche von etwa 20 mm Dicke ausgedehnt, bei denen ebenso bei beginnender Kaltsprödigkeit feinkörniger Bruch und im Bereiche der höchsten Zähigkeit zwischen 60° und 120° mehr oder minder schiefriger Bruch festgestellt wurde.

Bemerkenswert ist noch das Gefüge eines Bleches D, das aus anderen Untersuchungen als sehr ungleichmäßig bekannt war. Infolge ausgedehnter Schlackeneinschlüsse und feiner unganzer Stellen ergaben sich für die Dauerzugwechselfestigkeit und Kerbzähigkeit sehr streuende und teilweise ungünstige Werte. Das Bruchgefüge dieses als mangelhaft erkannten Bleches ist ziemlich feinkörnig und nur stellenweise etwas schiefrig (*Abb. 6*). Blech E ist das Beispiel eines unbrauchbaren Bleches. Der Kerbbiegebruch (*Abb. 7*) ist treppenförmig. Die Bruchfläche in der Blechebene läßt mit bloßem Auge Schlacken erkennen.

Durch Tiefätzung mit 50prozentiger Salzsäure bei 80° lassen sich Ungleichmäßigkeiten im Gefüge aufdecken. Blech A und B wurden gleichmäßig angegriffen, bei Blech C wurde die Seigerungszone stärker aufgelöst und einige wenige kleine Risse herausgelöst. Blech D zeigt dagegen ein rissiges Gefüge. In *Abb. 8 und 9* sind die Tiefätzungen der beiden körnig brechenden Bleche B und D gegenübergestellt, die besser die große Verschiedenheit der Bleche zeigen, die aber durch die Kerbbiegeprobe nicht aufgedeckt wird. *Abb. 10 und 11* zeigen Feingefüge und Tiefätzung des Bleches E mit Doppelung. Feinkörniger Bruch kann bei sehr reinen Blechen, aber auch bei sehr ungleichmäßigen Blechen auftreten. Er ist meist das Anzeichen einer gewissen Sprödigkeit des Bleches. Bei Raumtemperatur körnig brechende Bleche

können bei höheren Temperaturen noch schiefrigen Bruch aufweisen. Dieser wird nicht allein durch das Vorhandensein wesentlicher Ungleichmäßigkeit im Blech, sondern durch die Faser, die durch den Walzvorgang erzeugt wird, bedingt. Jeder technische Stahl enthält staubfeine nichtmetallische Einschlüsse und kleine Gasblasen. Im Gußblock werden diese noch einigermaßen gleichmäßig verteilt sein. Beim Walzen werden die in der Richtung der Kraftwirkung gelegenen Teilchen immer mehr genähert, während die in der Streckrichtung gelegenen auseinandergezogen werden. Diese Einschlüsse werden schließlich in länglichen Reihen angeordnet, so daß im Gefüge des Stahles eine Faserung entsteht. Diese Faserung erhöht die Zähigkeit des Bleches.

Ein besonders zähfaseriger, blätteriger Bruch wurde bei dem alterungsbeständigen Blech F erhalten. Der Bruch des Bleches setzte sich beim Falten nur langsam fort. Bei Raumtemperatur ließen sich Proben dieses Bleches nicht vollständig zu Bruch bringen, sondern sie rissen beiderseits längs in der Mitte der Blechdicke ein. *Abb. 12 und 13* oben zeigen, wie hierbei die Bruchfläche ungleichmäßig aufgerissen wird und sich ein blätterartiges Bruchgefüge ergibt. Die Tiefätzung des Bleches ergab ein gleichmäßiges Gefüge, (*Abb. 21*), die mikroskopische Untersuchung nur sehr feine punktförmige Schlackeneinschlüsse, im übrigen ein sehr feinkörniges Gefüge mit Zeilenstruktur (*Abb. 19*). Um zu prüfen, ob das Längsaufreißen der Kerbbiegeprobe infolge mangelnder Festigkeitseigenschaften in Richtung der Blechdicke begünstigt wird, wurden hinter dem Bruch der längs aufgerissenen Probe kleine Zerreißstäbe längs und quer zur Walzrichtung des Bleches und ebenso in Richtung der Blechdicke entnommen (*vgl. Abb. 14*). Die Versuchswerte (*s. Zahlentafel 2*) zeugen von einer hervorragenden Gleichmäßigkeit dieses Blechwerkstoffs, da die Verringerung der Bruchdehnung in Richtung der Blechdicke nur sehr mäßig ist. Das Längsaufreißen derart zäher Bleche ist im Versuch selbst begründet. Je zäher ein Blech ist, um so größer ist der Biegewinkel, bei dem der Bruch erfolgt. Zunächst wird aber die angekerbte Zugzone und Druckzone verformt und damit verfestigt. Während der Bruch von der Zugzone nach der Blechmitte zu fortschreitet, findet immer weiter eine Verfestigung der Druckzone statt. Erreicht der Bruch die Mitte der Blechdicke, die nur wenig verfestigt ist, so findet er einen immer größeren Widerstand, um sich senkrecht durch das Blech fortzusetzen. Er versucht daher,

seitlich in das weniger feste Gebiet der Mittelzone fortzuschreiten, wodurch das Längsaufreißen der Probe bedingt ist. Die blätterigen Brüche wie in *Abb. 13* entstehen dadurch, daß infolge der hohen Zähigkeit des Bleches der Bruch nicht glatt durchdringt, sondern immer wieder seitlich ausweicht.

Zahlentafel 2. ZerreiBversuche an kleinen Proben. Kesselblech F: ZerreiBversuche an kleinen Proben, die in drei Richtungen aus dem Blech entnommen wurden.

Probenquerschnitt  $\approx 15 \text{ mm}^2$ , MeBlänge für die Dehnung  $l_0 = 20 \text{ mm} = 5,1 \sqrt{F}$

Entnahmerichtung aus dem Blech	Zugfestigkeit in $\text{kg/mm}^2$ $\sigma_B$		Bruchdehnung in % $\delta$	
	Mittel		Mittel	
in der Walzrichtung	35,2	35,9	43	42
	35,8		41	
	36,6		41	
quer zur Walzrichtung	35,8	36,3	38	40
	36,6		42	
	36,5		40	
in der Blechdicke	35,8	35,3	38	35
	35,0		30	
	35,1		36	

Dabei werden blätterige Fasern aus dem Werkstoff herausgerissen. Es ist dies nicht ein Zeichen von mangelhaftem Werkstoffzusammenhang in Richtung der Blechdicke, sondern eine Folge der hohen Zähigkeit. Allgemeine Bedenken gegen solche zähfaserigen Brüche, bei denen selbst ein Aufreißen längs der Probe erfolgt, sind daher nicht begründet. Es können jedoch auch ähnliche Brüche bei Blechen mit größeren ausgewalzten Gasblasen auftreten, die von den homogenen Blechen mitunter nicht mit Sicherheit unterschieden werden können, wie z. B. Blech G in *Abb. 17*. Aus der Erklärung der Längsrisse zäher Bleche ist zu erwarten, daß bei dünneren Proben, bei denen die Verformung der Druckzone nicht so übermäßig erfolgt, ein Bruchgefüge wie etwa bei Blech A auftritt. Blech F wurde daher noch auf etwa 28 mm und 17 mm Blechdicke abgehobelt. Dabei wurde einmal die Blechoberfläche beiderseits abgehobelt, um das Mittelstück zu prüfen, und andererseits das Blech nur von einer Seite abgehobelt, so daß Proben mit einseitiger Walzhaut übrig blieben. Beide, aus Mittelflächenzone und Oberflächenzone, gaben gleiche Brüche. Wie aus *Abb. 13* ersichtlich, sind die 28 mm dicken Proben noch wenig blätterig, schon mehr schiefrig gebrochen, die 17 mm dünnen Proben zeigen sehr feinschieferiges, fast körniges Gefüge. Aber auch feinkörniger Bruch konnte bei Blech F durch tiefe Versuchstemperatur (*Abb. 15*) und durch sehr starke Ueberhitzung der Probe (*Abb. 16*) erzielt werden. Beachtenswert ist die noch gute Verformung der Probe bei  $-60^\circ$ , während die überhitzte Probe sehr spröde war.

Blech G zeigt ebenfalls bei Raumtemperatur blätterigen Bruch (*Abb. 17*). Das Bruchgefüge erscheint nicht so zähe wie bei Blech F. Doch kann man auch bei dem gleichmäßigen Blech F einen ähnlichen Bruch wie von Blech G erhalten, wenn durch Erniedrigung der Versuchstemperatur eine geringe Versprödung erfolgt. In *Abb. 18* ist der Bruch von Blech F bei  $-10^\circ$  wiedergegeben. Beide Brüche zeigen eine gewisse Aehnlichkeit. Gefügeuntersuchung und Tiefätzung beweisen jedoch, daß die beiden Bleche sehr verschieden sind. *Abb. 19* zeigt das sehr gleichmäßige Mikrogefüge des Bleches F, ohne wesentliche Schlackeneinschlüsse, dagegen läßt *Abb. 20* die stark ausgeprägte Zeilenstruktur und viele Schlackeneinschlüsse des Bleches G erkennen. Tiefätzungen geben ebenso ganz auffällige Unterschiede. *Abb. 21* zeigt den gleichmäßigen Angriff bei Blech F, *Abb. 22*

ein stark rissiges Gefüge des Bleches G. Daß die Risse nicht nur herausgelöste Seigerungslinien und Schlacken sind, sondern es sich tatsächlich um unganze Stellen handelt, beweist die Röntgenaufnahme *Abb. 23*. Blätteriges Bruchgefüge wurde also in ähnlichem Aussehen einmal bei einem sehr gleichmäßigen, aber auch bei einem ungleichmäßigen Blech festgestellt. Nur eine Kerbbiegeprobe, unter vielen ausgeführten, deckte die Mängel des Bleches G offen auf. Der in *Abb. 24* wiedergegebene Bruch zeigte deutlich eine aufgerissene, nicht verschweißte Gasblase. Die aufgerissene Bruchstelle ist oxydisch. Durch Abhobeln des Bleches G auf geringere Dicke wurde auch hier der Bruch schiefrig. Das schiefrige Bruchgefüge ist gröber als bei den anderen Blechen (*Abb. 25*). Bei tiefen Temperaturen wird das Bruchgefüge körnig. Jedoch sind hier die mangelhaften Eigenschaften besser erkennbar, da infolge der Störungen im Gefüge der Bruch etwas treppenförmig wird und unganze Stellen erkennbar werden (*Abb. 26*).

Blech G, dessen Verwendung infolge zahlreicher und vereinzelt auch ausgedehnter unganzer Stellen als wenig geeignet erscheint, ergibt im übrigen befriedigende Werte bei der Kerbschlagprobe. *Abb. 27* stellt den Uebergang von der Hochlage zur Tieflage bei Kerbschlagversuchen dar. Erfolgt die Bohrung der Kerbschlagproben wie üblich senkrecht zur Blechoberfläche, so wird die Probe durch die Schlacken und Gasblasen in schmale Streifen geteilt, die alle damit die Möglichkeit haben, sich günstig zu verformen. Die Bruchgefüge solcher Kerbschlagproben zeigen auch deutlich senkrecht zur Kerbbohrung Spaltflächen. Wird die Probe gleichlaufend zur Oberfläche gebohrt, so bewirken Schlacken und ausgewalzte Blasen, daß der Bruch beim Zerschlagen der Probe durch die Werkstofftrennungen in seinem Verlaufe immer wieder unterbrochen wird, wodurch ebenfalls günstige Werte erreicht werden. Einzelne ZerreiBproben längs und quer zur Walzrichtung entnommenen ZerreiBproben rissen in der Längsachse, von der Bruchstelle ausgehend, auf. ZerreiBproben (*vgl. Abb. 14*) die in der Richtung der Blechdicke entnommen wurden, zeigten deutlich die Werkstofftrennungen im Gefüge. Eine Probe brach bereits bei der Entnahme aus dem Blech, die übrigen brachen bei sehr geringer Beanspruchung und mit kleiner Dehnung.

Zahlentafel 3. ZerreiBversuche an kleinen Proben. Kesselblech G: ZerreiBversuche an kleinen Proben, die in drei Richtungen aus dem Blech entnommen wurden.

Probenquerschnitt  $\approx 7,5 \text{ mm}^2$ , MeBlänge für die Dehnung  $5,65 \sqrt{F}$

Entnahmerichtung aus dem Blech	Zugfestigkeit in $\text{kg/mm}^2$ $\sigma_B$	Bruchdehnung in % $\delta_5$
in der Walzrichtung . . . . .	37,9	27,5
	35,3	27,0
quer zur Walzrichtung . . . . .	39,0	24,4
	40,1	25,0
in der Blechdicke . . . . .	19,0	1,3
	21,2 <sup>1)</sup>	—

<sup>1)</sup> Am Probestab brach beim Herausarbeiten ein Stück ab, der verkürzte Probestab wurde zerrissen.

Die Ergebnisse der ZerreiBversuche an kleinen Proben sind in *Zahlentafel 3* zusammengestellt. Zur Klärung des Verhaltens im Betrieb solcher Bleche mit ausgedehnten unganzen Stellen wurden noch Dauerbiegeversuche mit den Blechen F und G durchgeführt. Ein Streifen von 110 mm Breite und 35 mm Dicke wurde einseitig eingespannt und durch Fliehkrafterregung hin und her gebogen. Das gleichmäßige Blech F zeigte den bekannten muschligen Dauerbruch, dagegen das

Zahlentafel 4. Zusammenstellung der Eigenschaften der Kesselbleche.

Bezeichnung des Bleches	Kerb biegeprobe				Kerbschlagprobe		Mikrogefüge	Tiefätzung	Bemerkung
	Bruchaussehen bei				Kerbzähigkeit $\frac{a_k}{cm^2}$ bei 18° in mkg je cm <sup>2</sup>	Kerbzähigkeit sinkt unter 8 mkg je cm <sup>2</sup> bei °C			
	- 60°	0°	+ 18°	+ 100°					
A	körnig	schiefrig	schiefrig	schiefrig	23	~ -50°	feinkörnig schwache Zeilenstruktur	gleichmäßiger Angriff	—
B	körnig	körnig	körnig	körnig, wenig schiefrig	16	~ -5°	feinkörnig	sehr gleichmäßiger Angriff	—
C	körnig	körnig	schiefrig	schiefrig	26	~ -20°	Zeilenstruktur mäßige Schlacken	etwas rissig	—
D	körnig	körnig	körnig	schiefrig	5	über 20°	Zeilenstruktur viele Schlacken	stark rissig	—
E	—	—	körnig und Treppenbruch	—	—	—	ausgedehnte Schlackenzone	Doppelung freigelegt	im Treppenbruch Schlacken
F	körnig	schiefrig	sehr zähfaserig und blättrig	sehr zähfaserig	24	~ -40°	feinkörnig schwache Zeilenstruktur	gleichmäßiger Angriff	bis 25 mm Probendicke schiefriger Kerbbiegebruch
G	körnig	körnig	blättrig	blättrig	12	~ -10°	Zeilenstruktur ausgedehnte Schlacken	stark rissig	ausgedehnte schlecht verschweißte Gasblasen
	etwas Treppenbruch								
H	körnig	körnig	körnig	schiefrig-blättrig	16	~ +15°	Zeilenstruktur Schlacken	etwas rissig	—

Blech G einen stark rissigen Bruch (Abb. 28). Da die Risse auch an verschiedenen Stellen der Bohrung einsetzen, ist zu befürchten, daß bei Korrosion und Laugenangriff die Dauerfestigkeit von Blechen mit unganzen Stellen wesentlich herabgesetzt wird.

Die schlechten Eigenschaften des Bleches G treten noch mehr bei umlaufender Biegung zu Tage, eine Beanspruchung, die für den praktischen Kesselbetrieb allerdings nicht in Frage kommt. Blech F hat eine Dauerbiegefestigkeit (gemessen auf der Schenckschen Dauerbiegemaschine) von 21 kg/mm<sup>2</sup>. Infolge Kerbwirkung durch Schlacken und Gasblasen ging bei Blech G die Dauerfestigkeit am geschliffenen Stab auf 15 kg/mm<sup>2</sup> herab. Dabei zeigte sich, daß das Bruchgefüge dieser Dauerbiegeproben schiefrig war, also nicht die typischen bekannten Dauerbruchgefüge ergab.

Es seien noch Versuche mit einem weiteren Blech H erwähnt, das bei Raumtemperatur feinkörnigen gleichmäßigen Bruch ergab. Untersuchungen mit der Kerbschlagprobe zeigten, daß der Uebergang von der Hochlage zur Tieflage zwischen + 15 und 20° liegt (Abb. 27). Der körnige Bruch der Kerbbiegeprobe, die bei Raumtemperatur ohne wesentliche Arbeitsaufnahme brach, ist durch die Sprödigkeit des Bleches bedingt. Bei 100° ergab dieses Blech ebenfalls Blätterbruch. Tiefätzung zeigt auch hier starke Risse im Gefüge, ähnlich wie bei Blech G (Abb. 22). Bei Raumtemperatur werden diese durch die Kerbbiegeprobe aber noch nicht aufgedeckt.

Die Ergebnisse aller Versuche sind in Zahlentafel 4 zusammengestellt worden.

#### Zusammenfassung.

Zur Klärung der Frage, ob aus dem Bruchgefüge von Kerbbiegeproben auf Gleichmäßigkeit eines Bleches ge-

schlossen werden kann, wurden verschiedene Kesselbleche untersucht. Es wurde festgestellt, daß das Bruchgefüge bei sehr verschiedenartigen Blechen gleich sein und durch die Versuchsbedingungen wesentlich verändert werden kann. Körniger Bruch wurde bei homogenen, aber auch bei Blechen mit stärkeren Verunreinigungen erzielt. Körniger Bruch tritt namentlich bei spröderen Blechen auf, oder wenn zähe Bleche durch Prüfung bei tieferen Temperaturen, nach Ueberhitzung, Alterung u. dgl. versprödet sind. Zähe dünnere Bleche brechen meist schiefrig; auch hier treten wesentliche Unterschiede im Bruchgefüge von gleichmäßigen Blechen und solchen mit ungleichmäßigem Gefüge nicht auf. Stark zähfaseriger und blättriger Bruch wurde im Rahmen der Untersuchungen nur bei dicken Blechen erzeugt. Dabei ergab sich, daß auch Bleche mit sehr gleichmäßigem Gefüge längs aufreißen können, ohne daß durch Gasblasen und größere Schlackeneinschlüsse die Aenderung der Bruchrichtung gefördert wird. Durch Abhobeln auf geringere Blechdicke brachen die gleichen Bleche feinschiefrig. Treppenförmiger Bruch dürfte in der Regel ein Zeichen für mangelhafte Bleche sein. Er tritt namentlich bei spröden Blechen mit größeren unganzen Stellen auf.

Im allgemeinen ist daher die Kerbbiegeprobe wenig geeignet, um die Güte von Blechen zu beurteilen. Auf mangelhafte Bleche kann geschlossen werden, wenn feinkörniger Bruch beim Biegen ohne vorherige Verformung der Probe auftritt oder faseriger und blättriger Bruch nichtmetallische Flächen im Bruch zu Tage treten. Treppenbruch läßt auf unganze Stellen schließen. Körniger, schiefriger und blättriger Bruch tritt bei guten und schlechten Blechen auf. Zähfaseriger Bruch mit langen verformten Fasern dürfte in der Regel ein Kennzeichen hochwertiger Bleche sein.



# Umschau.

## Einfluß des Kaltziehens auf magnetische und elektrische Eigenschaften von Stahldraht.

Stücke eines warmgewalzten Stahldrahtes mit 0,07 % C, 0 % Si, 0,39 % Mn, 0,043 % P und 0,032 % S wurden mit Zwischenglühungen bei 900° so gezogen, daß Proben von 4 mm Dmr. mit 4 bis 84 % Kaltverformung erhalten wurden. Diese wurden teils mit vollem Querschnitt, teils nach Ausbohrung auf Hohlzylinder mit einer Wandstärke von 1 mm, wobei die Stücke zur Entfernung der elastischen Spannungen 1 h in Öl bei 200° gekocht worden waren, auf Koerzitivkraft, Remanenz, Maximalpermeabilität und elektrische Leitfähigkeit geprüft. Die magnetischen Eigenschaften wurden nach dem ballistischen Verfahren (mit einem Galvanometer von Hartmann & Braun<sup>1</sup>) mit einem Widerstand von 1,8 Ω bei einer größten Feldstärke von 38 bis 39 Gauß bestimmt, und zwar bei den vollen Proben bei longitudinaler, bei den hohlen Proben bei zirkularer Magnetisierung (vgl. Abb. 1). Der Entmagnetisierungsfaktor für die vollzylindrischen Proben wurde den Angaben J. Würschmidts<sup>2</sup>) entnommen. Bei den ringförmigen Proben wurde die durchschnittliche Stärke des Magnetfeldes  $\mathcal{H}$  nach folgender Formel berechnet:

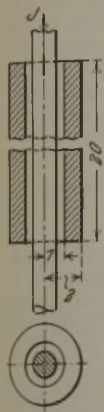


Abbildung 1. Maße der ringförmigen Proben.

$$\mathcal{H} = \frac{2 \ln \frac{r_2}{r_1}}{r_2 - r_1} \cdot I,$$

wobei  $r_2$  der Außenhalbmesser (2 mm),  $r_1$  der Innenhalbmesser (1 mm) der Probe und  $I$  die Stromstärke bedeutet. Der spezifische Widerstand wurde mit der Doppelbrücke von Thomson<sup>3</sup>) gemessen.

Die Ergebnisse in Abb. 2 lassen zunächst auf die bekannte Tatsache schließen, daß die Kaltbearbeitung die Permeabilität

schaften über den Querschnitt ändern, daß die Verfestigung also im Kern der Drähte anders als am Rande ist, und zwar größer. Nur so könnte man es erklären, warum die Ringprobe, bei der der am meisten verfestigte Teil entfernt wurde, eine größere Permeabilität als die volle Probe hat.

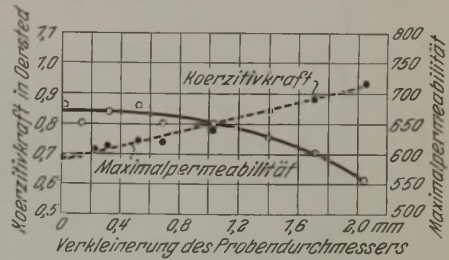


Abbildung 3. Aenderung von Koerzitivkraft und Maximalpermeabilität einer kaltgezogenen Drahtprobe mit fortschreitender Entfernung der äußeren Schichten.

Zur Prüfung dieser Annahme wurden aus dem um 84 % kaltverformten Draht massive Proben mit verschiedenem Durchmesser hergestellt. Um eine zusätzliche Verfestigung durch Abdrehen zu vermeiden, wurden die Drahtstücke anodisch, um die Aufnahme von Wasserstoff zu verhindern, in einer 10prozentigen Schwefelsäure durch einen Strom von 3 A und 12 V abgetzt, wobei als Kathode eine koaxial aufgestellte Stahlröhre mit einem Durchmesser von ungefähr 40 mm diente. Die Proben waren nach der Aetzung genau zylindrisch und konnten mit dem Mikrometer vollkommen sicher gemessen werden. Aus Abb. 3 ist ersichtlich, daß die Permeabilität im Innern des Drahtes kleiner, die Koerzitivkraft größer als in den Außenzonen ist, die Verformung im Kerne eines kaltgezogenen Drahtes also am stärksten ist. Ähnliches haben auch schon E. Schmid und G. Wassermann<sup>1</sup>) festgestellt. B. G. Liwshitz.

(Moskau, Elektrotechnisches Institut der USSR.)

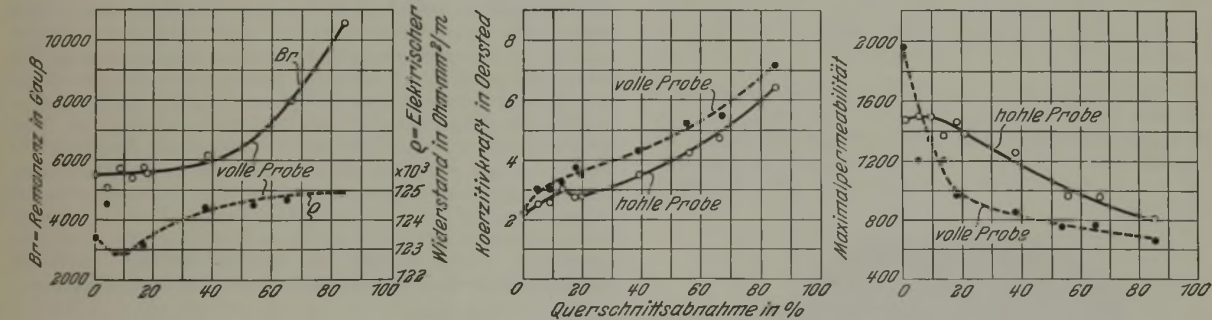


Abbildung 2. Einfluß der Kaltverformung auf magnetische und elektrische Eigenschaften von massiven und hohlen Drahtproben.

herabsetzt, die Koerzitivkraft aber und die Remanenz erhöht; der elektrische Widerstand steigt ebenfalls nach einer anfänglichen geringen Abnahme. Bemerkenswert ist aber, daß die Permeabilität der massiven Proben kleiner als die der hohlen Proben ist. Zur Klärung dieser Erscheinung wurden verschiedene Proben bei 700° 30 min geglüht und im rekristallisierten Zustande geprüft. Aus Zahlentafel 1 ist ersichtlich, daß die Permeabilität der vollen Drähte danach ein wenig größer war als die der hohlen. Diesen Unterschied kann man nur durch das Vorhandensein

Zahlentafel 1. Permeabilität von ringförmigen und massiven Proben nach Kaltverformung und Glühung.

Querschnitts-abnahme %	Maximalpermeabilität der	
	vollen Probe	ringförmigen Probe
12,6	1750	1700
17,2	1900	1800
37,9	1900	1780
65,6	2100	1650

von nichtmetallischen Einschlüssen, wie sie auch durch die metallographische Untersuchung festgestellt wurden, erklären, die stets in der Längsrichtung des Drahtes gedehnt sind. Das umgekehrte Verhältnis der Permeabilität bei den kaltgezogenen Drähten legt die Annahme nahe, daß sich bei ihnen die Eigen-

## Ueber den Zerfall von Hochofenschlacke.

Bei früheren Untersuchungen des Forschungsinstituts der Vereinigte Stahlwerke<sup>1</sup>A.-G.<sup>2</sup>) wurde gefunden, daß der Zerfall von Hochofenschlacke bei gegebener chemischer Zusammensetzung weitgehend von der Schnelligkeit der Erstarrung abhängig ist. Die Ergebnisse ließen sich gemäß Abb. 1 zusammenfassen; danach sind in Abhängigkeit von Kalkgehalt und Abschrecktemperatur vier Gebiete zu unterscheiden: außer dem Gebiet schroffer Abschreckung, in welchem nur Schlackenglas entsteht, je ein solches der beständigen, der zerfallsverdächtigen und der mit Sicherheit zum Zerfall neigenden Schlacke. Die Grenzlinien wurden dabei für eine bestimmte Höhe der übrigen chemischen Bestandteile bestimmt. Die Begrenzungslinie des Gebietes der zerfallsverdächtigen Schlacke gegen das beständige Schlacke hatte eine eigenartige Form mit einem Mindestwert bei der Abschrecktemperatur 1000°. Wie in der Arbeit weiter gezeigt wurde, hängt die Lage dieser Begrenzungslinien weitgehend vom Gehalt der Schlacken an sonstigen Bestandteilen ab.

In der Zwischenzeit wurden nun wiederholt Schlackenblöcke gefunden mit einer eigenartigen Ausbildung des Zerfalls. Wie Abb. 2 erkennen läßt, hatte die äußere Schicht a in einer Dicke von etwa 200 mm den basaltähnlichen, festen und feinkristallinen Aufbau einer für Straßenbau und sonstige Zwecke gut geeigneten Schlacke. Hierauf folgte nach innen mit schroffem Übergang eine etwa 150 mm dicke Zerfallsschicht b, die bereits beim Berühren in etwa linsengroße Stücke zerrieselte. Der Kern c des Blockes dagegen bestand wieder aus einer sehr festen basalt-

<sup>1</sup>) Vgl. J. Würschmidt: Stahl u. Eisen 44 (1924) S. 1727/34 (Werkstoffaussch. 65).

<sup>2</sup>) Z. Physik 19 (1923) S. 388/97; Werkstoff-Handbuch Stahl und Eisen, 1. Druckaufl. (Düsseldorf: Verlag Stahleisen m. b. H. 1927) Blatt B 1 (Ausgabe Okt. 1927).

<sup>3</sup>) Vgl. Werkstoff-Handbuch Stahl und Eisen, Blatt B 11 Ausgabe Okt. 1927).

<sup>1</sup>) Z. Physik 42 (1927) S. 779/94.

<sup>2</sup>) Arch. Eisenhüttenwes. 3 (1929/30) S. 615/25.

ähnlichen Schlacke, die radialstrahlig kristallisiert war. Unter der Quarzlampe zeigten die Schichten a und c keine Spur von gelblichenden Zerfallskristallen, die in Schicht b dagegen in reichem Maße auftraten. Die zunächst naheliegende Vermutung, daß

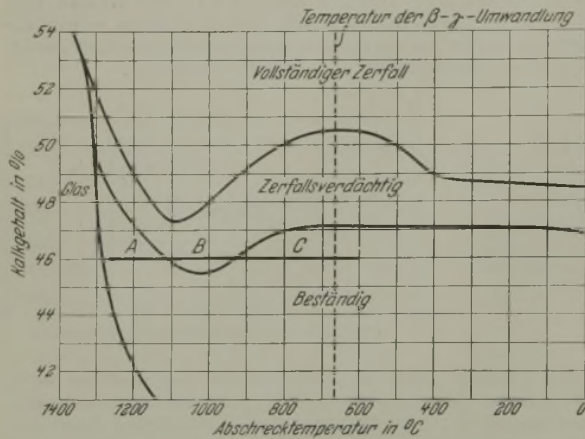


Abbildung 1. Zerfall von Schlackenschmelzen in Abhängigkeit von Kalkgehalt und Wärmebehandlung.

diese eigenartigen Gefügeunterschiede auf verschiedene chemische Zusammensetzung infolge von Entmischungsvorgängen zurückzuführen wäre, erwies sich als nicht stichhaltig, wie die chemische Analyse (Zahlentafel 1) erkennen läßt: Die Zusammensetzung

Zahlentafel 1. Zusammensetzung der drei Schichten eines Schlackenblocks.

Schicht	Zusammensetzung								
	SiO <sub>2</sub> %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	TiO <sub>2</sub> %	Fe %	Mn %	CaO %	MgO %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	S %
a	33,00	10,95	0,60	0,51	1,90	45,98	5,45	0,25	1,83
b	33,13	11,12	0,55	0,30	1,48	45,93	5,56	0,11	1,98
c	32,95	10,94	0,60	0,51	1,75	45,93	5,52	0,32	2,00

der drei Schichten zeigte in jeder Beziehung, besonders aber in dem für den Zerfall wichtigen Kaltgehalt (rd. 46 %) nur ganz unbedeutende Streuungen, war also praktisch einheitlich. Zur Klärung der Schichtenbildung bleibt demnach nur die Annahme, daß sie durch unterschiedliche Schnelligkeit der Abkühlung verursacht wurde.

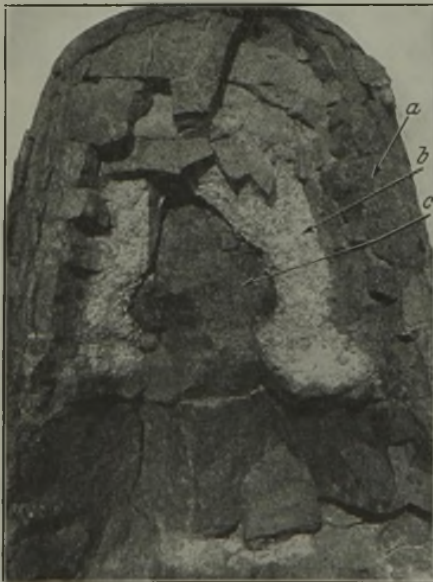


Abbildung 2. Hochofenschlackenblock bestehend aus drei Schichten.

Dabei ist zu berücksichtigen, daß die Einstellung von beständigen Gleichgewichten unterhalb des Erstarrungspunktes bei mineralischen Gemengen, wie sie die Schlacken darstellen, gegenüber den entsprechenden Vorgängen in Metallen sehr lange Zeiten beanspruchen, so daß selbst die verhältnismäßig langsame Abkühlung in einer Schlackenpfanne als „Abschreckung“ wirken kann. Der Kalkgehalt der Schlacke entspricht nun in Abb. 1 der

Linie AC. Es ist anzunehmen, daß die Außenschicht a, die am schnellsten kühlte, aus dem zerfallbeständigen Gebiet A abgeschreckt wurde; die Zerfallsschicht b, die dem heißen Kern des Blockes näher lag, hat die Abkühlungsbedingungen gefunden, die dem Gebiet B, also einer Zerfallsneigung entsprechen. Der noch langsamer sich abkühlende Kern des Blockes hatte dagegen genügend Zeit, sich auf die Gleichgewichtsverhältnisse in dem Gebiet C der zerfallsbeständigen Schlacken einzustellen.

Aus dieser rein praktischen Feststellung geht in überraschender Weise hervor, wie genau seinerzeit die Lage der Abgrenzungslinie auf Grund der Laboratoriumsversuche gefunden wurde. Genügt doch eine verhältnismäßig kleine Ueberschreitung der Grenzlinien, um in beständigen Schlacken ausgesprochene Zerfallerscheinungen herbeizuführen. Dadurch wurde gleichzeitig eine bemerkenswerte Erklärung für manche bisher unerklärliche Zerfallerscheinung gefunden. Fritz Hartmann.

### Kaiser-Wilhelm-Institut für Eisenforschung zu Düsseldorf.

#### Beitrag zur akustischen Werkstoffuntersuchung von Stahlstäben, besonders für die Herstellung von Gongspielen.

Anton Pomp und Burghard Zapp<sup>1)</sup> untersuchten handelsübliche Gongstäbe aus gezogenen Stahldrähten, wie sie für Schlagwerke in Standuhren Verwendung finden, auf ihre Klanggüte.

Die Gongstäbe werden durchweg aus unlegierten Stählen mit 0,9 bis 1,1 % C hergestellt. Ihre Zugfestigkeit liegt nahe bei 100 kg/mm<sup>2</sup>; jedoch lassen Abweichungen der mechanischen Eigenschaften keine sicheren Rückschlüsse auf den Klang zu. Schläuffaufnahmen ergaben, daß gut klingende Stäbe ein sehr feines Gefüge haben.

Es wurde nun versucht, die Klangreinheit objektiv zu erfassen, indem die Schwingungen der Gongstäbe durch einen Lichtstrahl auf einem Film aufgezeichnet wurden. Der Klang der Gongstäbe stellt ein Tongemisch dar, dessen Tonhöhe durch die Lage des alle anderen an Stärke überragenden Obertones bestimmt wird; dieser entspricht bei allen Stäben der dritten Oberschwingung. Von einem Gongstab wird nicht nur ein reiner, sondern vor allem ein lang anhaltender Klang verlangt. Ein reiner Klang ist bei klangfähigen Stäben durch geeignete Formgebung und Zurichtung zu erreichen, während die Klangdauer von der Dämpfungsfähigkeit des Werkstoffes abhängig ist. Nach Erfassung der äußeren Einflüsse, wie Zurichtung, Anschlagstärke und Stablänge, wurden Klangzeitmessungen in der Weise vorgenommen, daß der auf einem Resonanzboden befestigte Gongstab angeschlagen und die Zeit subjektiv bestimmt wurde, während der der Ton vom menschlichen Ohr am Resonanzboden noch wahrnehmbar werden konnte. Bei gleicher Stablänge zeigen gut klingende Stäbe eine längere Klangdauer als schlecht klingende.

Die Untersuchung auf Klangdauer von Stäben nach unterschiedlicher Wärmebehandlung ergab, daß vor allem die Gefügeausbildung und in weit geringerem Maße die Zugfestigkeit von Einfluß auf den Klang ist, wobei aber beide meist nicht voneinander zu trennen sind. Es ist ein möglichst feines Gefüge anzustreben. Kurzes Glühen bei niedrigen Temperaturen (500 bis 550°) vor dem Fertigziehen lieferte die besten Ergebnisse. Das

Ansteigen der Klangdauer durch das Anlassen ist dadurch zu erklären, daß die inneren Spannungen, die durch den Ziehvorgang in den Werkstoff hineingebracht werden, sich dabei zum größten Teil auslösen, die Ziehverfestigung aber noch erhalten bleibt. Durch die Kristallerholung bei höheren Anlaßtemperaturen fällt die Klangdauer wieder ab. Stäbe verschiedenen Ziehgrades weisen in nicht angelassenem Zustande eine um so kürzere Klangdauer auf, je größer die vorausgegangene Verformung ist. Nach dem Anlassen bei 300° haben sich die Zieh-

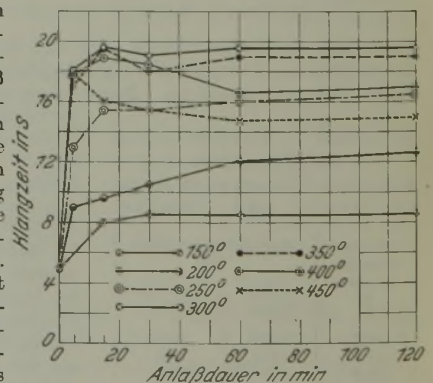


Abbildung 1. Einfluß des Anlassens auf die Klangdauer bei einem Stahl mit 0,63 % C.

<sup>1)</sup> Mitt. Kais.-Wilh.-Inst. Eisenforsch., Düsseldorf, 15 (1933) Lfg. 3, S. 21/36.

spannungen so weit ausgeglichen, daß nur noch geringe Unterschiede in der Klangdauer festzustellen sind. Mit steigendem Kohlenstoffgehalt nimmt die Klangdauer angelassener Stäbe zu, die der nicht angelassenen ab, da die Ziehspannungen mit dem Kohlenstoffgehalt größer werden. Gehalte über 0,6 % bewirken keine weitere Steigerung der Klangdauer, allerdings nimmt die Klangfülle merklich zu.

Die Voraussetzung für die Ausbildung einer lang anhaltenden Hörschwingung ist eine sehr geringe Werkstoffdämpfung. Messungen auf der Zug-Druck-Maschine von Esau-Voigt<sup>1)</sup> an gezogenen Drähten bestätigten dementsprechend die Herabsetzung der Werkstoffdämpfung durch Anlassen. Die Ergebnisse der akustischen Untersuchung und Zug-Druck-Prüfung sind jedoch wegen der verschiedenen hohen Beanspruchungen des Werkstoffes nicht absolut vergleichbar.

Gehärtete Stäbe zeigten ebenfalls eine Erhöhung der Klangdauer durch Anlassen, wobei die günstigsten Werte erst bei höheren Anlaßtemperaturen (550°) erreicht wurden. Im Gegensatz zu den gezogenen Drähten trat bei den gehärteten Stäben keine Verminderung der Dämpfung durch Anlassen ein. Diese stieg vielmehr mit der Anlaßtemperatur an, entsprechend der Abnahme der Zugfestigkeit. Röntgenaufnahmen nach dem Rückstrahlverfahren wiesen das Auftreten hoher Härtespannungen nach, die sowohl durch Anlassen als auch durch hohe wechselnde Zug-Druck-Beanspruchungen verringert werden.

Die akustische Dämpfungsmessung ist gegen innere Spannungen sehr empfindlich und gibt die Möglichkeit, Werkstoffeigenschaften bei kleinsten Verformungen festzustellen, die sich durch andere Verfahren infolge der hohen Belastungen nicht erfassen lassen.

Anton Pomp und Burghard Zapp.

**Kalorimetrische Untersuchungen der Anlaßvorgänge in gehärteten Kohlenstoffstählen.**

Im Rahmen einer Reihe von Arbeiten zur Theorie der Stahlhärtung<sup>2)</sup> untersuchten Franz Wever und Gerhard Naeser<sup>3)</sup> die Wärmetönungen beim Anlassen gehärteter Kohlenstoffstähle. Das nach dem Vorbilde von N. Yamada<sup>4)</sup> entworfene „umgekehrte“ Kalorimeter, ein Gefäß mit geschmolzenem Salz, befand sich bei diesen Versuchen auf der Anlaßtemperatur, während die Probenzimmertemperatur hatten und beim Erhitzen auf Kalorimetertemperatur die Anlaßwärme freigaben.

Um den Einfluß der Temperatur auf die Geschwindigkeit der Anlaßreaktionen zu ermitteln, wurden abgeschreckte Proben eines unlegierten Stahles mit 0,97 % C bei verschiedenen Temperaturen gleich lange angelassen und die danach noch bis 175 und 350° frei werdenden Wärmemengen bestimmt (vgl. Abb. 1 und 2). Ferner wurde der zeitliche Ablauf der Anlaßreaktionen bei drei verschiedenen Temperaturen ermittelt, die auf Grund

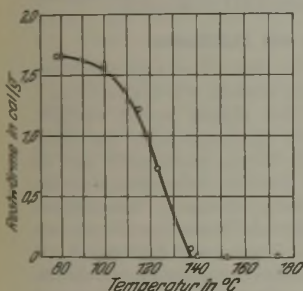


Abbildung 1. Restwärmen, die von einem eutektoiden Stahl beim Erhitzen auf 175° abgegeben werden, in Abhängigkeit von der Temperatur, bei der der Stahl vorher 10 min angelassen wurde.

Abbildung 2. Restwärmen, die von einem eutektoiden Stahl beim Erhitzen auf 350° abgegeben werden, in Abhängigkeit von der Temperatur, bei der der Stahl vorher 5 min angelassen wurde.

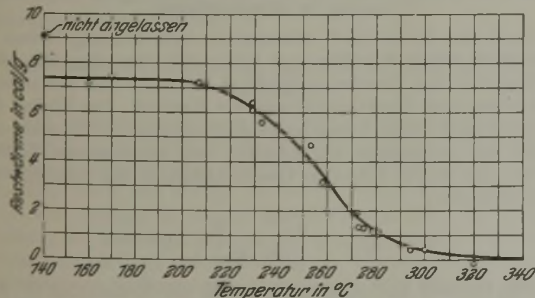


Abbildung 2. Restwärmen, die von einem eutektoiden Stahl beim Erhitzen auf 350° abgegeben werden, in Abhängigkeit von der Temperatur, bei der der Stahl vorher 5 min angelassen wurde.

der vorhergehenden Versuche so gewählt waren, daß jeweils möglichst nur einer der Anlaßvorgänge erfaßt wurde (vgl. Abb. 3 bis 5). Der Verlauf der Isotherme bei 232° läßt deutlich erkennen,

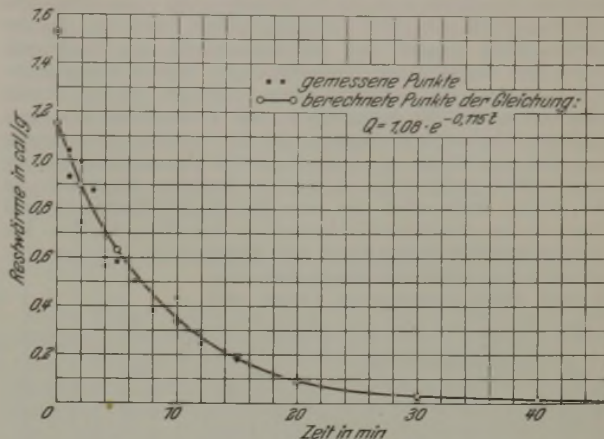


Abbildung 3. Restwärmen, die von einem eutektoiden Stahl beim Erhitzen auf 160° abgegeben werden, in Abhängigkeit von der Anlaßzeit bei 132°.

daß sich mindestens zwei Vorgänge in dieser überlagern, von denen der eine schnell verläuft, während der andere nur sehr langsam mit der Zeit fortschreitet. Schließlich wurde noch die

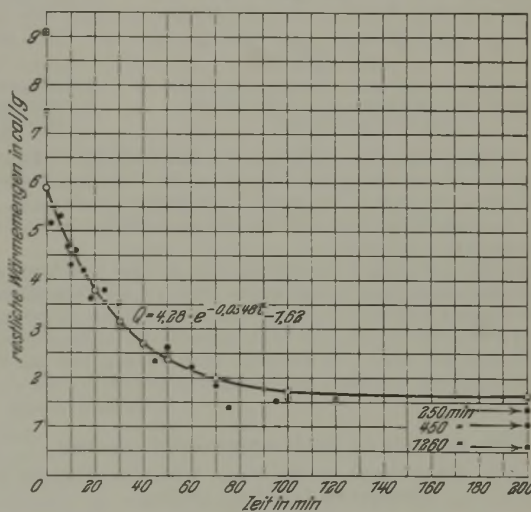


Abbildung 4. Restwärmen, die von einem eutektoiden Stahl beim Erhitzen auf 350° abgegeben werden, in Abhängigkeit von der Anlaßzeit bei 232°.

Abhängigkeit der Anlaßwärmen vom Kohlenstoffgehalt bei zwei Temperaturen bestimmt (vgl. Abb. 6 und 7).

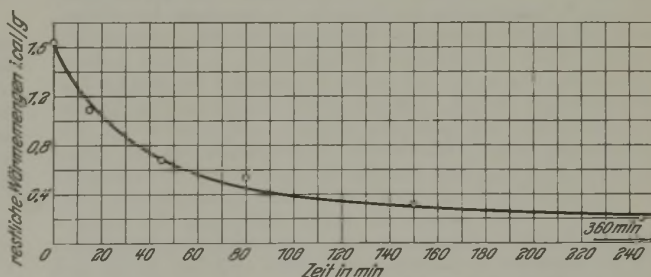


Abbildung 5. Restwärmen, die von einem eutektoiden Stahl beim Erhitzen auf 360° abgegeben werden, in Abhängigkeit von der Anlaßzeit bei 290°. (Stahl vorher 120 min bei 232° angelassen.)

Die Ergebnisse werden dahin gedeutet, daß der Uebergang des unbeständigen Härtingsgefüges in den Perlit in drei Stufen erfolgt. In der ersten Stufe wandelt sich der tetragonale Martensit, wahrscheinlich unter Ausscheidung von elementarem Kohlenstoff, in raumzentriert-kubischen Ferrit um, unter Abgabe von 1,52 cal/g Stahl mit 0,97 % C. Die Isotherme läßt sich gut durch eine Exponentialgleichung ersten Grades wie bei einer einfach-molekularen chemischen Reaktion darstellen. Bei 100° verläuft die Reaktion noch sehr träge, erreicht aber bei 140 bis

<sup>1)</sup> Vgl. Mitt. Kais.-Wilh.-Inst. Eisenforsch., Düsseld., 14 (1932) S. 151/67; Stahl u. Eisen 52 (1932) S. 1077/78.

<sup>2)</sup> F. Wever und Mitarbeiter: Mitt. Kais.-Wilh.-Inst. Eisenforsch., Düsseld., 12 (1930) S. 93/114; 14 (1932) S. 71/83, 85/89 u. 105/18; vgl. Stahl u. Eisen 50 (1930) S. 1308/11; 52 (1932) S. 73 u. 786/87.

<sup>3)</sup> Mitt. Kais.-Wilh.-Inst. Eisenforsch., Düsseld., 15 (1933) Lfg. 4, S. 37/47.

<sup>4)</sup> Sci. Rep. Tôhoku Univ. 10 (1922) S. 453/70; vgl. Stahl u. Eisen 42 (1922) S. 1720/22.

150° bereits große Geschwindigkeiten. Die auch von anderer Seite<sup>1)</sup> schon ausgesprochene Ansicht, daß sich der Kohlenstoff in elementarer Form ausscheidet, wird gestützt durch die in Abb. 6 gegebene Schaulinie, nach der die Wärmetönung dieses Vorganges verhältnismäßig mit dem Kohlenstoffgehalt zunimmt. In der zweiten Stufe wandelt sich der Restaustenit, wie durch eine Reihe von magnetischen Untersuchungen bereits bekannt ist, in  $\alpha$ -Eisen um. Die Isotherme dieses Vorganges, die dem oberen gekrümmten Teil der Schaulinie in Abb. 4 entspricht, hat einen ähnlichen Verlauf wie diejenige der Martensitanlaßerscheinung und läßt sich ebenso wie diese durch die Exponentialgleichung einer einfach-molekularen chemischen Reaktion darstellen. In der dritten Stufe wird der beim Zerfall des Martensits und Austenits frei gewordene Kohlenstoff zu Zementit gebunden. Die Isotherme läßt sich nur durch eine Exponentialfunktion höherer Ordnung darstellen, es muß daher angenommen werden, daß

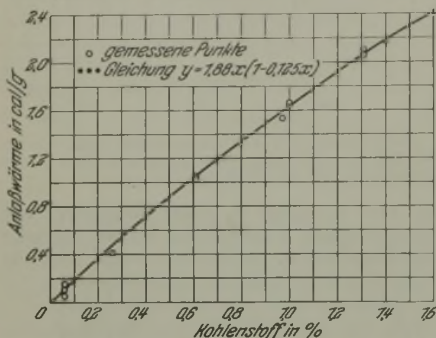


Abbildung 6. Die beim Anlassen auf 175° frei werdenden Wärmemengen in Abhängigkeit vom Kohlenstoffgehalt.

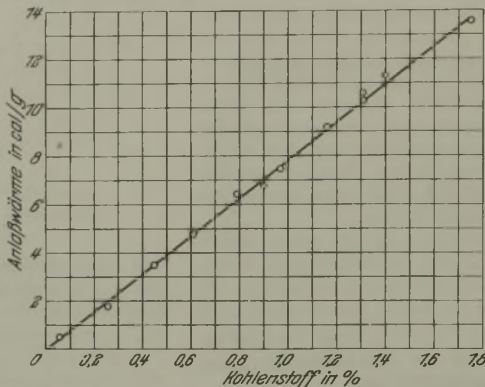


Abbildung 7. Die beim Anlassen auf 350° frei werdenden Wärmemengen in Abhängigkeit vom Kohlenstoffgehalt. (Proben vorher 10 min auf 140° angelassen.)

dieser Vorgang mit einer Diffusion des Kohlenstoffs verknüpft ist. Die streng verhältnismäßige Zunahme der Wärmetönung mit dem Kohlenstoffgehalt in der zweiten und dritten Stufe (Abb. 7) deutet ebenfalls darauf hin, daß hier der gesamte Kohlenstoff an der Umsetzung teilnimmt.

Eine mengenmäßige Berechnung der in den verschiedenen Anlaßstufen erfolgenden Umsetzungen führt zu der Feststellung, daß der größere Teil der bei der Umwandlung von Austenit in Perlit frei werdenden Wärme bereits beim Abschrecken abgegeben wird. Sie bestätigt noch einmal, daß die Zementitbildung erst von etwa 220 bis 240° ab merklich wird.

Gerhard Naeser.

Zur Kenntnis des Hochfrequenz-Induktionsofens.

VII. Die Entphosphorung und Entschwefelung im kernlosen Induktionsofen.

Diejenigen Stahlwerke, die den kernlosen Induktionsofen zur Ablösung des alten Tiegelschmelzverfahrens in Betrieb genommen haben, beschränken sich fast ausschließlich auf das Erschmelzen von hochwertigen Stählen aus reinen Einsatzstoffen, ohne von den Möglichkeiten der Verarbeitung billiger Einsätze Gebrauch zu machen. P. Bardenheuer und W. Bottenberg<sup>2)</sup> untersuchten die Eignung des kernlosen Induktionsofens für Entphosphorungs- und Entschwefelungsarbeiten und konnten durch verschiedene Versuchsreihen in einem Laboratoriumsofen von 15 kg und einem Betriebsofen von 300 kg Fassungsvermögen zeigen, daß die große metallurgische Arbeitsgeschwindigkeit des kernlosen Induktionsofens auch bei verhältnismäßig träge verlaufenden Schlackenarbeiten, zu denen die Entphosphorung und Entschwefelung gehören, diese Arbeiten mit gutem Erfolg in diesem Ofen durchzuführen gestattet. Die Versuche beweisen erneut die große Bedeutung der elektrodynamischen Badbewegung des kernlosen Induktionsofens, durch die ein schneller Konzentrationsausgleich zwischen Metall und Schlacke hervorgerufen wird, so daß eine wesentliche Temperatursteigerung für die Erhöhung der Geschwindigkeit der chemischen Umsetzungen und vor allem auch der Diffusionsgeschwindigkeit nicht erforderlich ist.

VIII. Bau und Betrieb eines kernlosen Vakuum-Induktionsofens.

Die Untersuchung des Einflusses der Gase auf die Eigenschaften der erschmolzenen Metalle wird dadurch außerordentlich

erschwert, daß es bei den üblichen Schmelzeinrichtungen nicht möglich ist, die Gasatmosphäre in beliebiger Weise zu ändern oder ihren Einfluß ganz auszuschalten. In Anbetracht der Wichtigkeit dieser Frage wurde im Kaiser-Wilhelm-Institut für Eisenforschung ein Vakuumofen mit Hochfrequenzbeheizung entwickelt, mit dessen Hilfe der Einfluß der verschiedenen Gase auf das Schmelzgut untersucht werden soll. Der von W. Bottenberg<sup>1)</sup> in obiger Arbeit beschriebene Vakuumofen besteht im wesentlichen aus einer Ofenspule, die den zylindrischen Herdraum umschließt und die innerhalb des Vakuumgefäßes — eines wassergekühlten Stahlzylinders von etwa 35 mm Wandstärke — angeordnet ist. Der Ofen faßt 10 kg Stahl. Es kann sowohl im Vakuum als auch unter Druck bis etwa 50 at geschmolzen und gegossen werden. Das Evakuieren erfolgt durch drei parallel arbeitende Ölvorpumpen und durch eine vierstufige Quecksilber-Diffusionspumpe. Zwischen Vorpumpen und Diffusionspumpe eingeschaltete Stahlflaschen verhindern bei stoßweiser Gasabgabe schmelzender Metalle ein zu starkes Absinken des für die Quecksilber-Diffusionspumpe erforderlichen Vorvakuums. Für Schmelztemperaturen von 1500 bis 1700° liegt das erreichbare Vakuum bei 0,08 bis 0,1 mm QS. Besondere Einrichtungen gestatten laufende Druck- und Temperaturmessungen; ebenso besteht die Möglichkeit, in das flüssige Schmelzbad nachträglich Legierungsstoffe einzubringen.

Werner Bottenberg.

Archiv für das Eisenhüttenwesen.

Zur Entphosphorung des Stahlbades.

Auf Grund der Erhitzungskurven fester Gemenge von Eisenphosphid mit verschiedenen Oxyden können, wie Hans-Otto v. Samson-Himmelstjerna<sup>2)</sup> in der obigen Arbeit ausführt, thermochemische Angaben über die Bildungswärme des Eisenphosphids und der Phosphate jener Oxyde nachgeprüft und die Richtung der Reaktion in flüssigem Zustand vorausgesagt werden.

Aus den Erhitzungskurven fester Gemenge verschiedener Oxyde mit Phosphaten wurde folgende Reihe der Oxyde entnommen, in der die Fähigkeit, Phosphorsäure zu binden und entphosphornd auf das Stahlbad zu wirken, von links nach rechts zunimmt: Eisenoxyd, Aluminiumoxyd, Eisenoxydul, Zinkoxyd, Manganoxydul, Magnesiumoxyd, Kalk.

Quantitativ wurde ferner das Gleichgewicht von eisenphosphathaltigen Schlacken mit phosphorhaltigem Eisen bei 1550° bestimmt.

Reibungsverluste in gemauerten engen Kanälen und ihre Bedeutung für die Zusammenhänge zwischen Wärmeübergang und Druckverlust in Winderhitzern.

Gerhard Schefels<sup>3)</sup> untersuchte den Reibungsverlust in gemauerten engen Kanälen und bestimmte versuchsmäßig seine Abhängigkeit von Geschwindigkeit, Kanalweite und Temperatur unter besonderer Berücksichtigung der Rauheit. Der Einfluß der Rauheit wurde durch Versuche an glatt gemauerten Kanälen und solchen mit vorspringenden scharfen und abgerundeten Kanten geklärt. Es wurde folgende Gesetzmäßigkeit des Reibungsverlustes gefunden:

$$h_r = C \frac{w_0^{1,75}}{d_h^{1,25}} \cdot \frac{T}{B + h} \cdot l.$$

Die Rauheit äußert sich hierbei in der Konstanten C. Aus dem Vergleich der einzelnen Formeln geht hervor, daß der Reibungsverlust durch Erhöhung der vorspringenden Zacken und Verkleinerung des Zackenabstandes zunimmt. Für die Strömungsrichtung ergaben sich bei einer Zackenhöhe von 5 mm, Zackenentfernung von 120 mm und einer Kanalweite von 44,2 mm geringe, bei 3 mm Zackenhöhe, einer Zackenentfernung von 240 mm und fast gleicher Kanalweite keine merklichen Unterschiede des Druckverlustes.

<sup>1)</sup> T. Matsushita u. K. Nagasawa: J. Iron Steel Inst. 116 (1927) II, S. 311.

<sup>2)</sup> Mitt. Kais.-Wilh.-Inst. Eisenforsch., Düsseld., 15 (1933)

Lfg. 5, Abhandlg. 222, S. 49/53.

<sup>1)</sup> A. a. O., Abhandlg. 223, S. 55/58.

<sup>2)</sup> Vgl. Arch. Eisenhüttenwes. 6 (1932/33) S. 471/75.

<sup>3)</sup> Arch. Eisenhüttenwes. 6 (1932/33) S. 477/86 (Wärme-stelle 182).

Ein Einfluß der Rauheit auf die Exponenten der Geschwindigkeit und des Durchmessers wurde nicht gefunden. Die Abhängigkeit des Widerstandskoeffizienten von der Reynoldsschen Zahl zeigt eine fallende Richtung, unter Bezugnahme auf die Arbeiten von Hopf und Fromm sind die untersuchten Rauigkeiten in den Typ der „Wandwelligkeit“ einzureihen.

Mit Hilfe der gefundenen Gleichungen ist es möglich, den Reibungsverlust im Gitterwerk von Winderhitzern zu berechnen.

Im zweiten Teil der Arbeit werden die wirtschaftlichen Zusammenhänge zwischen Wärmeübergang und Druckverlust abgeleitet und ihre Bedeutung für den Bau und Betrieb von Winderhitzern an einem Beispiel gezeigt.

#### Beiträge zur technischen Spektralanalyse im Eisenhüttenlaboratorium.

Paul Klinger, Otto Schließmann und Karl Zänker<sup>1)</sup> unterzogen die quantitative funkspektralanalytische Bestimmung von Silizium durch Erregung fester Probestücke einer eingehenden Nachprüfung. Es wurde dabei festgestellt, daß der gegenwärtige Stand der Emissionsspektralanalyse für eine betriebsmäßige Anwendung noch nicht geeignet ist und erst noch eine weitere Entwicklung erfordert. Die Genauigkeit der Lösungsspektralanalyse wird kurz besprochen und die Anwendung einer Dreielektrode vorgeschlagen. Weiterhin wird über die Anwendung der qualitativen Spektralanalyse als Hilfsmittel für technisch-analytische Untersuchungen berichtet.

#### Das System Eisen-Eisensulfid-Mangansulfid-Mangan.

An Eisenlegierungen mit Gehalten bis zu 30 % S und 35 % Mn untersuchten Rudolf Vogel und Hermann Baur<sup>2)</sup> die Gleichgewichtsverhältnisse in dem Teilgebiet Eisen-Eisensulfid-Mangansulfid-Mangan. Im flüssigen Zustande erstreckt sich eine Mischungslücke vom Randsystem Mangan-Mangansulfid bis zu hohen Eisengehalten. In der Eisenecke treten sekundäre Entmischungserscheinungen auf. Es bestehen folgende Vierphasengleichgewichte: Bei 1405° setzt sich eine Schmelze mit 9,6 % Mn und 5 % S mit einem 0,4 % Mn enthaltenden  $\delta$  ( $\alpha$ )-Eisen zu einer Schmelze mit 2 % Mn und 9 % S sowie zu  $\gamma$ -Eisen mit 0,8 % Mn um. Bei mangan- und schwefelreicheren Legierungen tritt ein Gleichgewicht zwischen einem Mangansulfid-Eisensulfid-Mischkristall mit 42,8 % Mn und 36,8 % S, einem Eisen-Mangan-Mischkristall mit 29 % Mn und zwei Schmelzen mit 28 % Mn und 5 % S bzw. 6 % Mn und 22 % S ein.

Bei 985°, der Temperatur des Eutektikums des Zweistoffsystems Eisen-Eisensulfid, befinden sich reines Eisen, Eisensulfid, ein Eisensulfid-Mangansulfid-Mischkristall mit 29,3 % Mn und 36,7 % S sowie das praktisch manganfreie Eutektikum mit 31,5 % S im Gleichgewicht.

Aus dem Zustandsschaubild geht hervor, daß in Schwefel und Mangan enthaltenden Stählen der Schwefel zum großen Teil an Mangan gebunden ist, und die Gefügeuntersuchung zeigt, daß der Mangansulfidmischkristall im Gegensatz zum Eisensulfid nicht spröde ist. Seine emulsionsartige Verteilung innerhalb der eisenreichen Mischkristalle in solchen Legierungen, die im Gebiet der sekundären Entmischung liegen, muß verbessernd auf die Festigkeitseigenschaften wirken.

#### Untersuchungen an Gußeisen auf einer neuen Verschleißprüfmaschine.

Um verschiedenartige im Betriebe vorkommende Verschleißbeanspruchungen bei der Werkstoffprüfung nachahmen zu können, bildeten Friedrich Heimes und Eugen Piwowsky<sup>3)</sup> eine Maschine durch, bei der die Proben unter rollender Reibung mit und ohne Schlupf in einem Verschleißwalzwerk, bei gleitender Reibung mit und ohne Schmierung, mit der Spindel-Säge und auf Abnutzung im Sand untersucht werden können. Bei der Prüfung verschiedener Gußeisensorten zeigte sich, daß bei allen vier Verschleißarten mit zunehmender Graphitverfeinerung höhere, mit größerer Härte geringere Abnutzungswerte erhalten werden. Perlitisches Gußeisen verhielt sich bedeutend besser als ferritisches; lediglich bei der rollenden Reibung können ferritische Gußeisensorten, wenn sie mit Nickel, Chrom oder Silizium legiert sind, ebenfalls erhöhten Verschleißwiderstand aufweisen.

Bei gleitender Reibung wirkt Graphit als Schmiermittel, das die Abnutzung herabzusetzen vermag. Da andererseits durch den Graphit das Gefüge aufgelockert wird, so gibt es für das Verhalten eines Gußeisens gegen gleitende Reibung einen günstigsten Graphitgehalt, sonst gleiche Gefügeausbildung vorausgesetzt. Ob Silizium, Chrom und Nickel über ihren Einfluß auf die Härte, Kohlenstoff und Kohlenstofflöslichkeit im Eisen hinaus noch eine besondere Wirkung für das Abnutzungsverhalten haben, konnte nicht eindeutig festgestellt werden. Phosphid und freier Zementit erhöhen den Verschleißwiderstand bei gleitender Reibung auf Stahlscheibe und bei der Spindel-Säge. Auf Gußeisenscheiben gleichen Gusses erhöht sie die Abnutzung, weil ihre Abnutzungs-teilen wie Schmirgel wirken.

#### Abhängigkeit der Elastizität und Zugfestigkeit des Gußeisens vom Gefüge.

An einigen Proben aus einem Gußeisen, in denen durch Glühung die Ausbildung des Graphits und Ferrits geändert worden war, untersuchte Hans Schlechtweg<sup>1)</sup> deren Einfluß auf den Elastizitätsmodul E und den Werkstoffkennwert  $(B + C \sqrt{\frac{E}{\sigma}})$ , durch die entsprechend einem neu entwickelten Elastizitätsgesetz das Verhalten von spröden Stoffen wie Gußeisen beim Zerreißversuch bestimmt wird. Dabei ergab sich, daß der Elastizitätsmodul praktisch nur vom Graphitgehalt abhängt, und zwar mit steigendem Graphitgehalt oder zunehmender Größe der Graphitblättchen sinkt, während der Wert  $(B + C \sqrt{\frac{E}{\sigma}})$  mit dem Gehalt an Ferrit, besonders an feineren Ferritinseln, größer wird. Da die Zugfestigkeit, wie aus der Ableitung des neuen Elastizitätsgesetzes für spröde Körper hervorgeht, in den untersuchten Bereich nur von  $(B + C \sqrt{\frac{E}{\sigma}})$ , nicht aber vom Elastizitätsmodul abhängt, so bestimmen sie praktisch die feineren ferritischen Gefügebestandteile, während der Einfluß der groben Graphitbestandteile vernachlässigbar ist. Es ist zu wünschen, daß weitere planmäßige Untersuchungen an Gußeisen mit größeren Unterschieden in der Gefügeausbildung über deren Einfluß auf die elastischen Konstanten und die Festigkeitseigenschaften gemacht werden.

#### Ueber die Umwandlung des Austenits.

Durch geeignete Wärmebehandlung gelang es Maximilian v. Schwarz und Herbert Müller<sup>2)</sup>, im Kern von Zylindern aus unlegiertem Stahl mit 1 % C reinen Austenit zu erzeugen, der auch bei Raumtemperatur beständig war. Zur Erklärung wird angenommen, daß der Austenit in der Mitte der Probe sich weitgehend an den üblichen Begleitelementen angereichert hatte und dadurch seine Beständigkeit bei niedriger Temperatur veranlaßt war.

Die von F. Wever<sup>3)</sup> festgestellten drei Stufen bei der Austenitumwandlung konnten durch Gefügeuntersuchung verschiedener Kohlenstoffstähle grundsätzlich bestätigt werden. Bei der Martensitbildung scheinen feine Ferritausscheidungen neben den Erhitzungs- und Abkühlungsverhältnissen eine entscheidende Rolle zu spielen.

Zu erwähnen ist noch, daß in abgeschreckten untereutektoidischen Kohlenstoffstählen Zwillingsbildung im Martensit beobachtet wurde, der wohl schon im Austenitkorn vorhanden war, aber nicht auf Spannungen bei der Entstehung des Martensits zurückzuführen ist.

#### Beeinflussung des hüttenmännischen Rechnungswesens durch die neuere Gesetzgebung.

Ausgehend von der geschichtlichen Entwicklung und nach kurzen Bemerkungen zu früheren Schematisierungsversuchen und neueren Vorschlägen der Betriebswirtschaftler erläutert J. Eber<sup>4)</sup> die Vorschriften für die Bilanz und die Gewinn- und Verlustrechnung, wie sie sich auf Grund der neueren Gesetzgebung, besonders der Aktienrechtsreform vom 19. September 1931, darstellen; die Arbeit zeigt sodann die Schwierigkeiten einer Eingliederung des Stoffes in die einzelnen Posten der Vorschrift und berührt besonders die Fragen, die sich bei der praktischen Durchführung der Gliederungsvorschriften für die Gewinn- und Verlustrechnung in Eisenhüttenwerken und vor allem in vertikal gegliederten Gemischtbetrieben ergeben. An Hand eines ausführlich erläuterten Schemas für die Bilanz und Gewinn- und Verlustrechnung nach der Aktienrechtsnovelle (§ 261a und c) werden praktische Lösungsmöglichkeiten gezeigt und auf die hierdurch bedingten Änderungen und Erweiterungen im Rechnungswesen hingewiesen.

<sup>1)</sup> Arch. Eisenhüttenwes. 6 (1932/33) S. 487/94 (Chem.-Aussch. 92).

<sup>2)</sup> Arch. Eisenhüttenwes. 6 (1932/33) S. 495/500 (Werkstoff.-aussch. 209).

<sup>3)</sup> Arch. Eisenhüttenwes. 6 (1932/33) S. 501/05 (Werkstoff.-aussch. 210).

<sup>1)</sup> Arch. Eisenhüttenwes. 6 (1932/33) S. 507/10.

<sup>2)</sup> Arch. Eisenhüttenwes. 6 (1932/33) S. 511/14.

<sup>3)</sup> Vgl. Arch. Eisenhüttenwes. 5 (1931/32) S. 367/76.

<sup>4)</sup> Arch. Eisenhüttenwes. 6 (1932/33) S. 515/22 (Betriebsw.-Aussch. 69).

## Patentbericht.

### Deutsche Patentanmeldungen<sup>1)</sup>.

(Patentblatt Nr. 18 vom 4. Mai 1933.)

Kl. 7 c, Gr. 1, M 119 966. Rollenrichtmaschine. Maschinenbau-A.-G. vormals Ehrhardt & Sehmer, Saarbrücken.

Kl. 10 a, Gr. 36/10, N 31 142. Verfahren zum Verkoken von Kohle. National Fuels Corporation, New York.

Kl. 12 e, Gr. 5, S 103 660. Verfahren zur elektrischen Reinigung von Gasen, die insbesondere schlechtleitenden Staub führen. Siemens-Lurgi-Cottrell Elektrofilter G. m. b. H. für Forschung und Patentverwertung, Berlin-Siemensstadt.

Kl. 18 a, Gr. 11, K 26 668. Ausmauerung des Kuppelgewölbes von Cowpern mit Blechmantel. Dr.-Ing. Robert Kahlenberg, Magdeburg.

Kl. 18 d, Gr. 2/40, V 25.30. Verfahren zur Herstellung von rostfreien Formgußstücken. Bernhard Vervoort, Düsseldorf.

Kl. 18 d, Gr. 2/50, G 61.30. Verwendung von Chrom-Aluminium-Stählen zur Herstellung von Gegenständen, die hohen Temperaturen ausgesetzt sind. Helmuth Gonschewski, Berlin-Südende.

Kl. 24 c, Gr. 5/01, K 108 121. Liegender Regenerator. Koksofenbau und Gasverwertung A.-G., Essen a. d. Ruhr.

Kl. 24 c, Gr. 5/01, St 42 412. Füllstein für Regeneratoren und Reaktionsräume. Stellawerk A.-G. vormals Wilisch & Co., Berlin-Wilmersdorf.

Kl. 24 e, Gr. 9, D 64 066. Füllkopf für Gaserzeuger. Deutsche Kollergeneratoren- und Ofenbau-Gesellschaft m. b. H., Berlin.

Kl. 24 e, Gr. 9, H 130 976. Druckgaserzeuger. Humboldt-Deutzmotoren A.-G., Köln-Deutz.

Kl. 31 a, Gr. 1/70, G 80 498. Kupolofen. William George Gass, Bolton, Lancaster (England).

Kl. 31 c, Gr. 15, D 27 191. Anwendung des an sich bekannten Rüttel- oder Schleudergußverfahrens zur Herstellung von gegossenen Gegenständen aus hochlegierten Stählen. Deutsche Edelstahlwerke A.-G., Krefeld.

Kl. 31 c, Gr. 18/02, H 131 404. Verfahren und Vorrichtung zum Herstellen von Hohlkörpern oder von Vollkörpern in um die senkrechte Achse umlaufenden Schleudergußformen. Hundt & Weber G. m. b. H., Geisweid (Kr. Siegen i. W.).

Kl. 31 c, Gr. 27/02, O 19 788. Stopfenstange für Gießpfannen. Dr. C. Otto & Comp., G. m. b. H., Bochum.

Kl. 49 c, Gr. 13/01, S 97 094. Fliegende Schere zum Schneiden von laufendem Walzgut. Siegerer Maschinenbau A.-G., Siegen i. W., und Heinrich Flender, Dahlbruch i. W.

Kl. 49 i, Gr. 8, V 27 926. Herstellung von Scheibenrädern mit Felge. Vereinigte Stahlwerke A.-G., Düsseldorf.

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

Kl. 80 b, Gr. 8, K 118 621. Verfahren zur Herstellung von Chromitsteinen. Heinrich Koppers A.-G., Essen.

Kl. 80 b, Gr. 8/17, S 93 013; Zus. z. Anm. S 91 673. Hochfeuerfeste Masse. Arthur Sprenger, Berlin.

### Deutsche Gebrauchsmuster-Eintragungen.

(Patentblatt Nr. 18 vom 4. Mai 1933.)

Kl. 18 b, Nr. 1 261 109. Vorrichtung zum Ausbessern von Stich- und Schlackenlöchern an Schmelzöfen. Dango & Dienenthal, Siegen i. W.

Kl. 18 c, Nr. 1 261 096 und 1 261 097. Durchgangsofen. Siemens-Schuckertwerke A.-G., Berlin-Siemensstadt.

Kl. 18 c, Nr. 1 261 112. Fördereinrichtung für Glühöfen. Gebr. Ruhstrat A.-G., Göttingen.

Kl. 47 d, Nr. 1 261 242. Elektrisch mittels Abschmelzschweißung hergestellte Kette aus kohlenstoffarmem, schwach legiertem, insbesondere Chrom-Kupfer-Stahl. Vereinigte Stahlwerke A.-G., Düsseldorf, Breite Str. 69.

### Deutsche Reichspatente.

**Kl. 7 a, Gr. 5<sub>01</sub>, Nr. 569 719**, vom 16. Dezember 1930; ausgegeben am 7. Februar 1933. Heraeus Vacuumschmelze Akt.-Ges. und Dr. Wilhelm Rohn in Hanau a. M. *Kontinuierliche Walzenstraße*.

Jeder Walzensatz wird elektrisch angetrieben und die Walzen sind fliegend angeordnet. Der Durchmesser der Walzringe ist so klein, daß zum Auswalzen bestimmter Walzgutstärken nur ein einfaches Vorgelege ausreicht, auf dessen freie Achse die Walzringe unmittelbar aufgesetzt sind; der Motor bildet mit dem Vorgelege eine geschlossene Einheit.

**Kl. 48 d, Gr. 2<sub>01</sub>, Nr. 569 930**, vom 10. Juli 1929; ausgegeben am 9. Februar 1933. Amerikanische Priorität vom 12. Februar 1929. James H. Gravell in Elkins Park, Penns, V. St. A. *Verfahren zur Reinigung von Metalloberflächen*.

Für die Aufnahme eines Ueberzuges von Farbe, Lack od. dgl. wird auf die zu reinigende Oberfläche die Lösung einer oxydlösenden Säure, z. B. Phosphorsäure, gegebenenfalls unter Zusatz von Oellösungsmitteln, Verdickungsmitteln, Beizreglern, u. dgl. aufgebracht; vor dem völligen Antrocknen der Lösung wird ein solcher fein verteilter absorbierender Stoff, wie z. B. Ton, Umbra, Rohstärke usw., aufgebracht, und zwar in solchen Mengen, daß nach dem Trocknen, gegebenenfalls bei höherer Temperatur, eine lockere, pulverige Schicht aus Absorptionsmittel und aufgesaugter Säure entsteht, die ohne Anwendung von Wasser durch mechanische Mittel, z. B. durch Abbürsten, Abblasen oder Absaugen, zweckmäßig mit Saugluft entfernt wird.

## Statistisches.

Die Roheisenerzeugung des Deutschen Reiches im April 1933<sup>1)</sup>. — In Tonnen zu 1000 kg.

Bezirke	Pflamtit-eisen	Gießerei-Roheisen	Gußwaren-erster Schmelzung	Bessemer-Roheisen (saurer Verfahren)	Thomas-Roheisen (basisches Verfahren)	Stahleisen, Spiegel-eisen, Ferro-mangan und Ferro-silizium	Puddel-Roheisen (ohne Spiegel-eisen) und sonstiges Eisen	Insgesamt				
								1933	1932			
<b>April 1933: 30 Arbeitstage, 1932: 30 Arbeitstage</b>												
Rheinland Westfalen . . . . .	17 472	21 914	}	}	}	}	}	308 171	288 061			
Sieg-, Lahn-, Dillgebiet und Oberhessen . . . . .	—	8 271						192 414	76 371	12 951	8 037	
Schlesien . . . . .	8 412	11 496						—	—	—	—	3 861
Nord-, Ost- und Mitteldeutschland . . . . .								—	—	28 092	4 919	37 560
Süddeutschland . . . . .	—	—	—	—	15 359	11 190	—	—				
Insgesamt: April 1933	25 884	41 681	—	—	220 506	85 970	—	374 041	—			
Insgesamt: April 1932	14 827	20 203	—	—	232 406	66 319	2 044	—	335 799			
<b>Durchschnittliche arbeitstägliche Gewinnung</b>												
<b>Januar bis April 1933: 120 Arbeitstage, 1932: 121 Arbeitstage</b>												
Rheinland-Westfalen . . . . .	91 843	64 693	}	}	}	}	}	1 290 593	1 139 053			
Sieg-, Lahn-, Dillgebiet und Oberhessen . . . . .	—	31 912						865 613	278 544	59 485	41 934	
Schlesien . . . . .	17 182	4 122						—	—	16 078	4 879	
Nord-, Ost- und Mitteldeutschland . . . . .								—	—	98 962	21 007	121 870
Süddeutschland . . . . .	—	42 304	—	—	54 872	51 824	—	—				
Insgesamt: Januar/April 1933	109 025	143 031	—	—	954 475	325 583	10 784	1 542 898	—			
Insgesamt: Januar/April 1932	73 344	61 321	—	—	893 235	307 514	2 895	—	1 338 309			
<b>Durchschnittliche arbeitstägliche Gewinnung</b>												
								12 468	11 193			
								12 857	11 060			

<sup>1)</sup> Nach den Ermittlungen des Vereins Deutscher Eisen- und Stahl-Industrieller.

**Stand der Hochöfen im Deutschen Reiche<sup>1)</sup>.**

	Hochöfen					
	vorhandene	in Betrieb befindliche	ge-dämpfte	zum Anblasen fertig-stehende	in Ausbesserung und Neuzustellung befindliche	still-liegende
Januar 1933	156 <sup>2)</sup>	46	37	27	16 <sup>2)</sup>	30 <sup>2)</sup>
Februar	156 <sup>2)</sup>	45	39	27	16 <sup>2)</sup>	29 <sup>2)</sup>
März	156 <sup>2)</sup>	46	38	27	17 <sup>2)</sup>	28 <sup>2)</sup>
April	156	43	39	27	19	28

<sup>1)</sup> Nach den Ermittlungen des Vereins Deutscher Eisen- und Stahl-Industrieller. — <sup>2)</sup> Berichtigte Zahlen.

**Die Saarkohlenförderung im März 1933.**

Nach der Statistik der französischen Bergwerksverwaltung betrug die Kohlenförderung des Saargebietes im März 1933 insgesamt 861 756 t; davon entfallen auf die staatlichen Gruben 830 331 t und auf die Grube Frankenholz 31 425 t. Die durchschnittliche Tagesleistung betrug bei 18,44 Arbeitstagen 46 739 t. Von der Kohlenförderung wurden 77 569 t in den eigenen Werken verbraucht, 14 978 t an die Bergarbeiter geliefert, 31 886 t den Kokereien, 741 t den Brikettfabriken zugeführt sowie 732 541 t zum Verkauf und Versand gebracht. Die Haldenbestände vermehrten sich um 4 041 t. Insgesamt waren am Ende des Berichtsmonats 429 303 t Kohle, 2649 t Koks und 3086 t Briketts auf Halde gestürzt. In den eigenen angegliederten Betrieben wurden im März 1933 22 186 t Koks und 756 t Briketts hergestellt. Die Belegschaft betrug einschließlich der Beamten 48 925 Mann. Die durchschnittliche Tagesleistung der Arbeiter unter und über Tage belief sich auf 1106 kg.

**Frankreichs Bergbau und Eisenindustrie im Jahre 1930.**

Nach amtlichen Ermittlungen<sup>1)</sup> wurden im Jahre 1930, verglichen mit dem Vorjahre und dem Jahre 1913, in Frankreich gefördert bzw. erzeugt:

	1913 t	1929 t	1930 t
Kohle . . . . .	44 640 000 <sup>2)</sup>	54 977 000	55 057 000
Koks . . . . .	4 198 000	9 085 000	9 271 000
Eisenerz . . . . .	21 918 000	50 731 000	48 571 000
Phosphorreiches Roheisen (Gießerei-, Thomas-, O. M.-Roheisen)	5 123 981	9 250 761	8 971 110
Phosphorarmes Roheisen . . . . .		163 883	144 390
Hämatit-Roheisen (Gießerei-, Bessemer-, Puddel-Roheisen) . . . . .	81 216	720 703	734 480
Sonderroheisen . . . . .		225 075	222 000
Bessemerstahl . . . . .	128 391	89 966	111 320
Thomasstahl . . . . .	2 930 788	6 719 261	6 568 350
Saurer Siemens-Martin-Stahl . . . . .	1 582 478	21 526	29 020
Basischer Siemens-Martin-Stahl . . . . .		2 720 726	2 571 840
Tiegelstahl . . . . .	24 085	16 610	11 270
Elektrostahl . . . . .	21 124	147 985	152 250
Schweißstahl . . . . .	405 972	51 128	.

An wichtigen Fertigerzeugnissen wurden im Jahre 1930 hergestellt: 86 260 t Radreifen und Radscheiben, 582 210 t

<sup>1)</sup> Ministère des travaux publics; direction des mines: Statistique de l'industrie minière et des appareils à vapeur en France etc. pour l'année 1930. (Paris: Imprimerie nationale.)  
<sup>2)</sup> Einschließlich Moselbezirk; ohne Moselbezirk 40 844 000 t.

**Frankreichs Roheisen- und Flußstahlerzeugung im März 1933.**

	Hochöfen am 1. des Monats						Flußstahl 1000 t zu 1000 kg					Davon Stahlguß			
	Bessemer- und Puddel-	Gießerei-	Thomas-	Ver-schiedenes	Ins-gesamt	im Feuer	außer Be-trieb, im Bau oder in Aus-besserung	ins-gesamt	Bessemer-	Tho-mas-	Siemens-Martin-		Tiegel-guß-	Elektro-	Ins-gesamt
Januar 1933 . . . . .	19	57	390	22	488	82	129	211	5	339	146	—	15	505	12
Februar . . . . .	11	55	368	18	452	82	129	211	4	330	146 <sup>1)</sup>	—	15	495 <sup>1)</sup>	12
März . . . . .	9	67	422	27	525	85	126	211	5	388	177	—	16	586	14

<sup>1)</sup> Berichtigte Zahlen.

**Wirtschaftliche Rundschau.**

**Stärkere Verhüttung einheimischer Erze.**

Die großen gemischten Hüttenwerke an Rhein und Ruhr haben sich in einer Besprechung im Reichswirtschaftsministerium am 5. Mai 1933 verpflichtet, je t Rohstahlerzeugung 135 kg Rostspat abzunehmen, wobei vorbehalten ist, anstatt 2 t Rostspat 1 t Dr. Geyer-Erz nehmen zu können. Wegen der Erze aus dem Gebiet von Lahn, Dill und Oberhessen haben sich die Rhein- und Ruhrwerke bereit erklärt, einschließlich ihrer Konzernwerke im Siegerland jährlich 250 000 t an Erzen aus den genannten Gebieten nach ihrer Wahl zu verhütten, auf der Grundlage einer jährlichen Rohstahlerzeugung von 4,8 Mill. t und entsprechend ihrem Anteil an dieser Menge. Die Vereinbarung, die am 1. Juni

Schienen, 794 960 t Träger, U-Eisen von 80 mm und mehr, Zores- und Breiteisen, 493 130 t Universaleisen und Bleche von 5 mm und mehr, 209 410 t Röhren.

**Die Leistung der französischen Walzwerke im März 1933<sup>1)</sup>.**

	Februar 1933 <sup>2)</sup>	März 1933
	in 1000 t	
Halbzeug zum Verkauf . . . . .	79	91
Fertigerzeugnisse aus Fluß- und Schweißstahl . . . . .	354	412
davon:		
Radreifen . . . . .	2	3
Schmiedestücke . . . . .	3	4
Schienen . . . . .	26	36
Schwellen . . . . .	5	8
Laschen und Unterlagsplatten	1	2
Träger- und U-Eisen von 80 mm und mehr, Zores- und Spundwand-eisen . . . . .	36	38
Walzdraht . . . . .	21	21
Gezogener Draht . . . . .	12	12
Warmgewalztes Band-eisen und Röhrenstreifen . . . . .	19	23
Halbzeug zur Röhrenherstellung . . . . .	4	6
Röhren . . . . .	12	13
Sonderstahl . . . . .	10	11
Handelsstabeisen . . . . .	122	140
Weißbleche . . . . .	8	10
Andere Bleche unter 5 mm	51	59
Bleche von 5 mm und mehr . . . . .	20	23
Universaleisen . . . . .	2	3

<sup>1)</sup> Nach den Ermittlungen des Comité des Forges de France. — <sup>2)</sup> Teilweise berichtigte Zahlen.

**Belgiens Bergwerks- und Hüttenindustrie im Jahre 1931<sup>1)</sup>.**

Förderung oder Erzeugung	1930	1931
	t	t
Kohle . . . . .	27 414 730	27 042 440
Koks . . . . .	5 285 610	4 876 850
Briketts . . . . .	1 875 210	1 850 360
Eisenerz . . . . .	123 030	118 980
Roheisen . . . . .	3 365 240	3 197 790
Flußstahl . . . . .	3 269 430	3 054 460
Stahlguß . . . . .	84 740	50 630
Schweißstahl . . . . .	10 470	4 500
Halbzeug . . . . .	538 360	746 810
Walzwerkfertigerzeugnisse . . . . .	2 600 760	2 224 450
darunter:		
Handelsstabeisen . . . . .	695 770	668 700
Formeisen . . . . .	326 620	229 830
Träger und U-Eisen . . . . .	183 790	148 290
Schienen . . . . .	130 570	81 240
Schienezubehör . . . . .	26 350	14 940
Schwellen . . . . .	78 320	38 150
Radreifen und Achsen . . . . .	26 510	19 050
Walzdraht . . . . .	207 850	191 470
Band-eisen . . . . .	43 660	31 790
Rund- und Vierkanteisen . . . . .	92 780	109 270
Universaleisen . . . . .	52 750	39 710
Grobbleche . . . . .	376 890	339 580
Mittelbleche . . . . .	141 560	113 090
Feinbleche . . . . .	216 320	198 720
Stahlschmiedestücke . . . . .	1 020	620
Schweißstahlfertigerzeugnisse . . . . .	122 730	61 070
darunter:		
Handelsstabeisen . . . . .	111 730	55 540
Formeisen . . . . .	1 370	1 340
Grobbleche . . . . .	—	—
Mittelbleche . . . . .	—	410
Feinbleche . . . . .	9 630	3 780

<sup>1)</sup> Nach Comité des Forges de France, Bull. 4215 (1933).

in Kraft tritt, soll vorläufig für ein Jahr Geltung haben. Die Festsetzung der Preise für die Siegerländer Erze wird den Konzernen überlassen. Wegen der Preise für Lahn-, Dill- und oberhessische Erze wurde von den Hütten ein Angebot auf 0,25 RM je Einheit Eisen im Feuchten frei Hütte gemacht, das die Gruben aber als ungenügend ablehnten. Es sollen neue Preisverhandlungen unter Führung des Reichskommissars Schleifenbaum stattfinden. Das Reichswirtschaftsministerium hat die Absicht bekundet, auch auf die reinen Stahlwerke einzuwirken, daß diese mehr Stahl- und Spiegeleisen an Stelle von Schrott verwenden, wovon es sich eine weitere Steigerung des Spatverbrauchs verspricht.

### Die Lage des französischen Eisenmarktes im April 1933.

Der günstige Ausgang der Besprechungen in Paris gestaltete den französischen Eisenmarkt zu Anfang des Berichtsmonats zuversichtlich. Die Preissteigerung auf dem Ausfuhrmarkt war von einer zunehmenden Nachfrage begleitet; besonders beachtenswert war sie aus Rußland und dem Fernen Osten. Südamerika war hauptsächlich mit Preisnachfragen am Markte, doch beobachteten die Werke diesen Ländern gegenüber mit Rücksicht auf die dort vorherrschenden wirtschaftlichen und geldlichen Verhältnisse sehr große Vorsicht. Auch auf dem Inlandsmarkt machte sich eine Wiederbelebung der Nachfrage bemerkbar. Zahlreiche Verbraucher deckten sich ein in Voraussetzung einer Preissteigerung, die dem endgültigen Zustandekommen der internationalen Verkaufsverbände folgen dürfte. Die Preise sind natürlich noch im Verhältnis zu den Gestehtungskosten sehr niedrig. Die Unternehmer führen noch fortgesetzt die lebhaftesten Klagen über das Fehlen großer Aufträge innerhalb eines nationalen Arbeitsbeschaffungsplanes. Ende April kehrte das Vertrauen mit Rücksicht auf den bevorstehenden Abschluß der Verhandlungen über die internationalen Verbände zurück. Wenn auch der Geschäftsumfang nicht zunahm, so zeigten sich doch die Preise sehr fest. Der Dollarsturz übte dabei auf die französische Eisenindustrie nur wenig Einfluß aus; man sieht darin nur eine gewisse Gefahr für die zukünftigen Beziehungen zu den südamerikanischen Ländern. Andererseits glaubt man, daß eine etwaige Wiedereinführung der Silberwährung den chinesischen Markt öffnen könnte. Im Inlande befestigte sich die Erholung; der Umfang der Geschäfte nahm zu.

Der Roheisenmarkt war zu Monatsanfang schwach. Der Umstand, daß die Werke sich bis Ende Mai für eine Verständigung Zeit gelassen hatten, war nicht dazu angetan, die Käufer anzuregen. In Thomasroheisen blieben die Preise auf ungefähr 160 bis 170 Fr stehen je nach der Menge und Bestimmung. Gießereiroheisen Nr. 3 kostete ab Longwy 180 Fr, Hämatitroheisen im Osten 325 Fr. Trotz den niedrigen Ausfuhrpreisen der französischen Werke gestaltete sich der Ausfuhrmarkt sehr schwer, hauptsächlich infolge des holländischen und englischen Wettbewerbs. Im Verlauf des Monats blieb der Geschäftsumfang beschränkt. Erzeuger und Verbraucher legten wegen der für den 25. April vorgesehenen Verhandlungen zwischen den Herstellern von Hämatitroheisen eine gewisse Zurückhaltung an den Tag. Ende April war das Ausfuhrgeschäft ziemlich bedeutungslos. Der Preis für Thomasroheisen betrug 40/- sh fob Antwerpen und für Gießereiroheisen Nr. 3 47/6 bis 50/- sh, je nach Ursprung und Güte. Greifbare Ergebnisse der Besprechungen zwischen den Mitgliedern der O.S.P.M. lagen noch nicht vor. Die Preise blieben unverändert. In Hämatitroheisen bemerkte man eine gewisse Belebung, und der Durchschnittspreis stellte sich auf 360 Fr frei Werk Osten.

Im Inlande ging der Verbrauch von Halbzeug zu Monatsanfang infolge der eingetretenen Preissteigerung etwas zurück. Die neuen Preise, Frachtgrundlage Diedenhofen, lauteten in Thomasgüte wie folgt: Vorgewalzte Blöcke 355 Fr, Brammen 360 Fr, Knüppel 385 Fr, Universaleisen 405 Fr, Aufschlag für Siemens-Martin-Güte 60 Fr; in Schmiedestahlgüte: Vorgewalzte Blöcke 365 Fr, Brammen 368 Fr, Knüppel 395 Fr, Universaleisen 415 Fr. Im Verlauf des Monats wurde der Markt durch den Tiefstand der Wasserfrachten ziemlich günstig beeinflusst. Der Ausfuhrmarkt erwachte zu einer gewissen Lebhaftigkeit, trotz dem Nachlassen der Geschäfte mit dem Fernen Osten. Bis Ende des Monats traten nur wenig Änderungen ein. Die Werke verfügten über ausreichende Aufträge. Es kosteten in Fr oder in £ je t:

Inland <sup>1)</sup> :	1. 4.	28. 4.
Vorgewalzte Blöcke . . . . .	355	355
Brammen . . . . .	360	360
Vierkantknüppel . . . . .	385	385
Flachknüppel . . . . .	415	415
Platinen . . . . .	405	405
Ausfuhr <sup>1)</sup> :	Goldpfund	Goldpfund
Vorgewalzte Blöcke, 140 mm und mehr . . . . .	2.1.- bis 2.1.6	2.2.- bis 2.2.6
2½- bis 4zöllige Knüppel . . . . .	2.2.6	2.3.6 bis 2.4.6
Platinen, 20 lbs und mehr . . . . .	2.2.- bis 2.3.-	2.4.6 bis 2.5.6
Platinen, Durchschnittsgewicht von 15 lbs . . . . .	2.3.- bis 2.4.6	2.6.- bis 2.7.-

Der Trägermarkt war zu Anfang April fest. Es kamen große Ausfuhraufträge zustande, und auch das Inland zeigte ziemlich große Aufmerksamkeit. Die Nachfrage nach Handelseisen nahm zu, und nicht selten verlangten die Werke vier bis sechs Wochen Lieferzeit. Zur Ausführung der Schienenbestellungen für die Eisenbahnen arbeiteten sie sogar weiterhin mit allen Kräften. Das Ausland zeigte sich von neuem auf dem Schienenmarkt. Preisnachfragen waren sichtlich zahlreicher als in den vorhergehenden

<sup>1)</sup> Die Inlandspreise verstehen sich ab Werk Osten, die Ausfuhrpreise fob Antwerpen für die Tonne zu 1016 kg.

Wochen. Der Trägermarkt behauptete sich im Verlauf des Monats; die erteilten Aufträge wurden als zufriedenstellend angesehen. Die Preise für Handelseisen blieben fest. Der Inlandsmarkt belebte sich, und zahlreiche Verbraucher deckten sich über ihren gewohnten Bedarf hinaus ein. Ende April war der Markt im Zusammenhang mit den Brüsseler Verhandlungen ziemlich unübersichtlich. Die Preise waren sehr fest. Am Auslandsgeschäft beteiligten sich die französischen Werke nur in geringem Umfange. Der Inlandsmarkt behauptete sich. Nach Formeisen war die Nachfrage lebhafter, ebenso nach Handelseisen, wo die Lieferfristen mindestens drei Wochen betragen. Feineisen wurde stark gefragt, und die Werke hatten hierin viel zu tun. Es kosteten in Fr oder in £ je t:

Inland <sup>1)</sup> :	1. 4.	28. 4.
Betoneisen . . . . .	530	550
Röhrenstreifen . . . . .	625	625
Große Winkel . . . . .	530	530
Träger, Normalprofile . . . . .	560	550
Handelstabeisen . . . . .	530	530
Bandeisen . . . . .	580	580
Schwere Schienen . . . . .	697	697
Schwere Schwellen . . . . .	640	640
Grubenschienen, 1. Wahl . . . . .	450	450
Ausfuhr <sup>1)</sup> :	Goldpfund	Goldpfund
Betoneisen . . . . .	2.7.6 bis 2.8.-	2.14.- bis 2.14.6
Handelstabeisen . . . . .	2.6.6 bis 2.7.6	2.13.6 bis 2.14.-
Große Winkel . . . . .	2.6.6 bis 2.7.-	2.9.- bis 2.10.-
Träger, Normalprofile . . . . .	2.1.6 bis 2.2.-	2.7.6 bis 2.8.6

In Grobblechen kamen beachtliche Geschäfte zustande. Auch nach Kraftwagen blechen bestand recht beträchtlich Nachfrage. Der Abschluß einer Verständigung unter den Werken ließ den Markt für verzinkte Bleche wieder aufleben. Das Ausfuhrgeschäft war nicht sehr glänzend. Die günstigste Lage hielt bis zum Schluß des Monats an. Japan erteilte große Aufträge in Feinblechen. Im Inlande blieb das Geschäft gleichermaßen zufriedenstellend. Die Lieferfristen betragen drei bis fünf Wochen in Grob- und Mittelblechen und fünf bis sechs Wochen für Feinbleche. Es kosteten in Fr oder in £ je t:

Inland <sup>1)</sup> :	1. 4.	28. 4.
Grobbleche, 5 mm und mehr:		
Weiche Thomasbleche . . . . .	680	680
Weiche Siemens-Martin-Bleche . . . . .	750	750
Weiche Kessebleche, Siemens-Martin-Güte . . . . .	795	795
Mittelbleche, 2 bis 4,99 mm:		
Thomasbleche: 4 bis unter 5 mm . . . . .	720	720
3 bis unter 4 mm . . . . .	770	770
Feinbleche, 1,75 bis 1,99 mm . . . . .	850	850
Universaleisen, Thomasgüte, Grundpreis . . . . .	600	600
Universaleisen, Siemens-Martin-Güte, Grundpreis . . . . .	700	700
Ausfuhr <sup>1)</sup> :	Goldpfund	Goldpfund
Bleche: 4,76 mm . . . . .	3.6.- bis 3.7.-	3.12.- bis 3.12.6
3,18 mm . . . . .	3.13.- bis 3.13.6	3.19.6 bis 4.-
2,4 mm . . . . .	3.16.6 bis 3.17.6	4.3.6 bis 4.4.6
1,6 mm . . . . .	4.- bis 4.1.-	4.8.- bis 4.9.-
1,0 mm (geglüht) . . . . .	4.16.- bis 4.17.6	4.18.6 bis 5.-
0,5 mm (geglüht) . . . . .	5.17.- bis 5.18.6	5.19.6 bis 6.1.-
Riffelbleche . . . . .	3.10.	3.17.6
Universaleisen, Thomasgüte . . . . .	3.6.6	3.12.6

Die Nachfrage nach Draht und Drahterzeugnissen belebte sich der Zeit entsprechend. Besonders gesucht waren Drahtgeflechte, Stacheldraht und Stifte. Die Preise waren fest. Bis zum Ende des Monats blieb die Lage günstig. Offensichtlich war ein großer Teil der Kundschaft vollkommen von Vorräten entblößt. Es kosteten in Fr je t:

Blanker Draht . . . . .	1130
Anglassener Draht . . . . .	1200
Verzinkter Draht . . . . .	1380
Drahtstifte T. L. Nr. 20, Grundpreis . . . . .	1280

Für verschiedene Schrottsorten, besonders für Siemens-Martin-Schrott, war der Markt zu Monatsanfang sehr fest. Der Ausfuhrmarkt ließ noch zu wünschen übrig, doch war Italien immer noch mit beachtlichen Aufträgen am Markte. Im Verlauf des Monats gaben die Ausfuhrpreise etwas nach. Der amerikanische Wettbewerb verdoppelte seine Tätigkeit auf dem italienischen Markt infolge des Dollarsturzes. Auf dem Inlandsmarkt blieben die Preise fest. Hier bestand sogar deutliche Neigung zur Preissteigerung und zur Vermehrung der Erzeugung.

### Die Lage des belgischen Eisenmarktes im April 1933.

Die beachtlichen Ergebnisse der Pariser Verhandlungen am 30. und 31. März über die Gründung der internationalen Verkaufsverbände stimmten den Markt in den ersten Monatstagen günstig. Zahlreiche Werke lehnten Preisangaben ab in der Hoffnung auf eine demnächstige allgemeine Preissteigerung. Der Auftragsbestand war ziemlich gut, obwohl zahlreiche Bestellungen wieder zu-

<sup>1)</sup> Die Inlandspreise verstehen sich ab Werk Osten, die Ausfuhrpreise fob Antwerpen für die Tonne zu 1016 kg.



rückgenommen wurden. Im Verlauf des Monats bewahrten die Verkäufer ihre Zurückhaltung. Geschäftsabschlüsse waren im allgemeinen wenig zahlreich. Die Preise behaupteten sich ziemlich leicht, abgesehen von Grobblechen, wo sich ein lebhafter französischer Wettbewerb bemerkbar machte. Der Markt fand offensichtlich eine Stütze in dem günstigen Verlauf der Verbandsverhandlungen. Die beteiligten belgischen Kreise sind im allgemeinen mit dem Ergebnis der Verhandlungen zufrieden. In den letzten Apriltagen machten sich weitere Anzeichen einer Befestigung des Marktes bemerkbar. Wenn diese Befestigung noch nicht besonders stark in den Preisen zum Ausdruck kam, so kündigte sie sich doch in den Aufträgen der Käufer und der Zurückhaltung der Verkäufer an. In allen Marktzeigen, ganz besonders bei Grobblechen, Stabeisen und Trägern, konnte man fühlbare Preisbefestigungen beobachten.

Zu Monatsanfang waren Geschäftsabschlüsse in Roheisen, hauptsächlich wegen des ausländischen Wettbewerbs, schwierig. In der Folgezeit änderte sich hieran nichts. Ende April war die Nachfrage nach Gießereiroheisen gering, ebenso war das Geschäft in Thomasroheisen unbedeutend. Gießereiroheisen Nr. 3 kostete Ende des Monats im Inlande 285 bis 290 Fr ab Werk, phosphorarmes Roheisen 292,50 bis 297,50 Fr, Hämatit für Gießereien und Stahlerzeugung 350 Fr, Thomasroheisen 220 bis 225 Fr.

Der Halbzeugmarkt blieb sehr eingeengt infolge Fehlens greifbarer Mengen und Ausfalls der englischen Käufe. Einige Geschäftsabschlüsse in Sondergütern kamen jedoch mit Italien und Japan zustande. Die Lage blieb im Verlauf des Monats ohne merkbare Aenderung, zu Monatschluß herrschte allgemeine Ruhe. Die Werke verharren in ihrer völligen Zurückhaltung mit Rücksicht auf die bevorstehenden internationalen Vereinbarungen. Es kosteten in Fr oder in £ je t:

Inland <sup>1)</sup> :	1. 4.	28. 4.
Vorgewalzte Blöcke, 140 mm und mehr . . . . .	360	390
Knüppel, 60 mm und mehr . . . . .	375	410
Platinen, 30 kg und mehr . . . . .	380	420
Ausfuhr <sup>1)</sup> :	Goldpfund	Goldpfund
Vorgewalzte Blöcke, 140 mm und mehr . . . . .	2.1.-	2.2.-
Knüppel, 63 bis 102 mm . . . . .	2.2.-	2.3.6
Knüppel, 51 bis 57 mm . . . . .	2.1.6	2.3.-
Platinen, 30 kg und mehr . . . . .	2.2.6	2.5.-
Platinen, unter 30 kg . . . . .	2.3.6	2.6.-
Röhrenstreifen, Grundpreis . . . . .	3.10.6	3.10.6

In Fertigerzeugnissen war die Geschäftstätigkeit wie gewöhnlich beim Herannahen des Osterfestes sehr gering. Auch im Verlauf des Monats war der Markt wenig lebhaft, doch behaupteten sich die Preise gut. Nach Stabeisen bestand wenig Nachfrage; Träger stießen auf lebhaften französischen Wettbewerb; Winkel sowie Rund- und Vierkanteisen waren schwach, wogegen in Band-eisen starke Nachfrage auftrat. Ende April zeigten die Preise infolge der Verbandsverhandlungen große Festigkeit. Das Fehlen größerer Geschäftsabschlüsse gestattete jedoch nicht, irgendeine Preiserhöhung vorzunehmen. Die am Markt befindlichen Werke übernahmen nur mehr Aufträge auf feste Rechnung. Auf dem Inlandsmarkt nahm die Geschäftstätigkeit fühlbar zu; die Verbraucher deckten sich eilig ein. Es kosteten in Fr oder in £ je t:

Inland <sup>1)</sup> :	1. 4.	28. 4.
Handelstabeisen . . . . .	470	500
Träger, Normalprofile . . . . .	465	500
Breitflanschträger . . . . .	490	510
Winkel, Grundpreis . . . . .	470	500
Warmgewalztes Band-eisen, Grundpreis . . . . .	675	675
Gezogenes Rundeisen . . . . .	975	925
Gezogenes Vierkanteisen . . . . .	975	1050
Gezogenes Sechskanteisen . . . . .	1150	1200
Ausfuhr <sup>1)</sup> :	Goldpfund	Goldpfund
Handelstabeisen . . . . .	2.6.6	2.13.6
Träger, Normalprofile . . . . .	2.3.6	2.7.-
Breitflanschträger . . . . .	2.3.6	2.8.6
Große Winkel . . . . .	2.5.6	2.9.-
Mittlere Winkel . . . . .	2.6.6	2.10.-
Kleine Winkel . . . . .	2.7.6	2.11.-
Rund- und Vierkanteisen . . . . .	2.13.6	2.15.-
Warmgewalztes Band-eisen . . . . .	3.10.-	3.12.6
Kaltgewalztes Band-eisen, 22 B. G. . . . .	5.17.-	5.17.6
Gezogenes Rundeisen . . . . .	4.18.6	4.-
Gezogenes Vierkanteisen . . . . .	5.15.6	5.17.6
Gezogenes Sechskanteisen . . . . .	6.12.-	6.17.6

Der Schweißstahlmarkt war zu Beginn des Monats wenig belebt. Die Erzeugungskosten stiegen infolge der hohen Schrott-preise an. Die Belastungen sind andererseits so schwer, daß die Zahl der Werke fortgesetzt abnimmt. Die Société Métallurgique de Saint Eloy, die ihren Betrieb bisher hatte aufrechterhalten können, beschloß völlige Stilllegung. Die Preise waren umstritten, doch gestatteten die hohen Gestehungskosten keine Zugeständnisse. Im Verlauf des Monats trat keine Aenderung ein, und Ende April ließ der Markt vieles zu wünschen übrig. Es kosteten in Fr oder in £ je t:

<sup>1)</sup> Die Inlandspreise verstehen sich ab Werk, die Ausfuhrpreise fob Antwerpen für die Tonne zu 1016 kg.

Inland <sup>1)</sup> :	1. 4.	28. 4.
Schweißstahl Nr. 3, gewöhnliche Güte . . . . .	525	525
Schweißstahl Nr. 4 . . . . .	1100	1100
Schweißstahl Nr. 5 . . . . .	1250	1250
Ausfuhr <sup>1)</sup> :	Goldpfund	Goldpfund
Schweißstahl Nr. 3, gewöhnliche Güte . . . . .	2.13.6	2.15.-

Auf dem Blechmarkt bewahrte die Mehrzahl der Werke Zurückhaltung. Einige setzten ihre Preise fühlbar herauf, namentlich bei Grob- und Mittelblechen. In verzinkten Blechen war der Geschäftsumfang beschränkt. Im Verlauf des Monats bemerkte man eine gewisse Abschwächung, die auf den französischen Wettbewerb, besonders in Grobblechen, zurückzuführen ist. Mittel- und Feinbleche behaupteten sich leicht. Bis zum Monatsende traten keine fühlbaren Aenderungen ein. Der Geschäftsgang war ruhig, aber die Preise vermochten sich sehr leicht zu halten, ja es bestand sogar eine deutliche Neigung zum Steigen. Es kosteten in Fr oder in £ je t:

Inland <sup>1)</sup> :	1. 4.	28. 4.
Gewöhnliche Thomasbleche:		
5 mm und mehr . . . . .	600	635
3 und 4 mm . . . . .	625-650	660-685
Ausfuhr <sup>1)</sup> :	Goldpfund	Goldpfund
Gewöhnliche Thomasbleche:		
4,76 mm und mehr . . . . .	3.6.6	3.12.6
3,18 mm . . . . .	3.12.6	4.-
2,4 mm . . . . .	3.17.6	4.4.-
1,6 mm . . . . .	4.- bis 4.1.-	4.8.6
1,0 mm (geglüht) . . . . .	4.15.- bis 4.17.6	4.17.6 bis 5.-
0,5 mm (geglüht) . . . . .	5.17.6	5.17.6 bis 6.-
Verzinkte Bleche, 0,63 mm . . . . .	Belg. Fr 1250	Belg. Fr 1300
Verzinkte Bleche, 0,5 mm . . . . .	1400	1450

Der zeitbedingte Bedarf rief in Draht und Drahterzeugnissen auf dem Inlandsmarkt zu Anfang April gute Nachfrage hervor. Dagegen war von einem Ausfuhrgeschäft kaum die Rede; doch besserte sich dies im Verlauf des Monats etwas durch ein Wiederaufleben der Nachfrage aus dem Fernen Osten. Bis zum Monatsende trat keine Aenderung der Lage ein. Es kosteten in Fr je t:

	1. 4.	28. 4.
Drahtstifte . . . . .	1550	1550
Blanker Draht . . . . .	1300	1300
Angelassener Draht . . . . .	1400	1400
Verzinkter Draht . . . . .	1850	1850
Stacheldraht . . . . .	1950	2000
Verzinnter Draht . . . . .	2950	2950

Der Schrottmarkt war während des ganzen Monats schwach, hauptsächlich wegen der Zurückhaltung verschiedener Großverbraucher und der Einstellung des Ausfuhrgeschäftes. Lediglich Siemens-Martin-Schrott behauptete sich gut. Es kosteten in Fr je t:

	1. 4.	28. 4.
Sonderschrott . . . . .	205-210	190-195
Hochofenschrott . . . . .	195-200	180-185
Siemens-Martin-Schrott . . . . .	200-210	200-210
Drehspäne . . . . .	165-170	160-170
Maschinenguß, 1. Wahl . . . . .	290-300	280-290
Brandguß . . . . .	215-220	200-210

### Die Lage des englischen Eisenmarktes im April 1933.

Der Eisen- und Stahlmarkt schwankte im Verlauf des Berichtsmonats unter äußeren Einflüssen aller Art, die die sich zu Ende März bietenden geschäftlichen Möglichkeiten durchkreuzten. Das Osterfest unterbrach wie gewöhnlich den Geschäftsgang, aber der größte Stimmungsumschlag ist auf die amerikanische Wirtschaftskrise zurückzuführen, die sich Mitte des Monats entwickelte. Dies spiegelte sich in dem zeitweise völligen Aufhören von Ausfuhraufträgen wider, da manche Käufer aus Uebersee anscheinend von den amerikanischen Stahlwerken eine sofortige Herabsetzung der Preise für Uebersee-geschäfte erwarteten. Diese Meinung läßt aber außer Betracht, daß die amerikanischen Werke in der Beurteilung ihrer eigenen Stellung unsicher sind und über die Senkung der Ausfuhrpreise keine endgültigen Maßnahmen treffen können. Auch die britischen Stahlwerke schlossen sich in ihrer Vierteljahresversammlung dieser Auffassung an und bestätigten die in den letzten drei Jahren gültigen Preise. Selbstverständlich wurde eine Preiserabsetzung lebhaft erörtert, meist sprach man sich aber dagegen aus mit der Begründung, daß dadurch das Geschäft nicht angeregt werden würde. Von der Handelssperre nach Rußland erwartet man einige Rückwirkung auf den Geschäftsgang, die man aber in manchen Kreisen aus Mißtrauen gegen das Kreditabkommen mit den Russen nicht ungern sieht. Die Verhandlungen der Internationalen Rohstahlgemeinschaft haben ferner dazu beigetragen, den normalen Fluß der Geschäfte zu erschweren, seitdem die an den Verhandlungen beteiligten Festlandswerke seit beträchtlicher Zeit keine Angebote abgeben. Dies machte sich besonders in Halbzeug bemerkbar. Schließlich wurde zu

## Die Preisentwicklung am englischen Eisenmarkt im April 1933.

	7. April		14. April		21. April		28. April	
	Britischer Preis £ sh d	Festlandspreis £ sh d	Britischer Preis £ sh d	Festlandspreis £ sh d	Britischer Preis £ sh d	Festlandspreis £ sh d	Britischer Preis £ sh d	Festlandspreis £ sh d
Gießereirohisen Nr. 3 . . . . .	2 18 6	2 7 0	2 18 6	2 7 0	2 18 6	2 7 0	2 18 6	2 7 0
Basisches Roheisen . . . . .	2 14 0	2 0 0	2 14 0	2 0 0	2 14 0	2 0 0	2 14 0	2 0 0
Knüppel . . . . .	4 17 6	—	4 17 6	—	4 17 6	2 5 6G 3 3 6P	4 17 6	2 6 6G 3 6 6P
Platinen . . . . .	4 15 0	—	4 15 0	—	4 15 0	2 5 6G 3 3 6P	4 15 0	2 6 0G 3 6 0P
Stabeisen . . . . .	6 0 0	2 12 6G 3 15 0P	6 0 0	2 12 6G 3 15 0P	6 0 0	2 12 0G 3 14 6P	6 0 0	2 12 6G 3 15 0P
<sup>3</sup> / <sub>16</sub> zölliges Grobblech . . . . .	8 0 0	3 7 6G 4 16 0P	8 0 0	3 11 0G 5 1 6P	8 0 0	3 11 0G 5 1 6P	8 0 0	3 12 6G 5 3 6P

G = Gold, P = Papier.

Ende des Monats die Mitteilung über die Handelsverträge kühl aufgenommen, da man der Ansicht war, daß die britische Regierung dabei nicht besonders gut abgeschnitten habe. Unter allen diesen Umständen kann es kaum überraschen, daß das Geschäft im allgemeinen schwankte.

Das Ausfuhrgeschäft war ausgesprochen lustlos, wogegen sich die Lage im Inneren besserte infolge von Aufträgen, die von den Eisenbahngesellschaften und den Schiffswerften erteilt wurden. Während, wie gesagt, die Ausfuhrleistung ungleichmäßig war, wurde eine Anzahl lohnender Aufträge an die weiterverarbeitenden Werke erteilt, wie der auf die Storstrombrücke in Dänemark, der nach langen Verhandlungen an Dorman, Long & Co., Ltd., fiel. Es werden ungefähr 30 000 t Stahl benötigt, und die Kosten belaufen sich auf £ 1 500 000. Ein anderer bemerkenswerter Auftrag auf 56 Lokomotivkessel und einige Sätze Zylinder kam aus Indien. Eine Newcastleer Firma sicherte sich eine Bestellung für elektrische Anlagen in Südafrika, und China erteilte einen Auftrag auf sechs Lokomotiven. Ferner erhielt eine englische Firma einen Auftrag auf zwei Brücken in Indien.

Der Erzmarkt fand im April wenig Beachtung. Der Geschäftsumfang war gering und beschränkte sich auf Sondererze zu Preisen, welche jedesmal ausgehandelt wurden. Der Preis für bestes Bilbao-Rubio-Erz blieb unverändert auf 15/3 sh cif Tees für sofortige Lieferung. Nordafrikanischer Roteisenstein wurde zu ähnlichen Preisen angeboten. Die Fracht Bilbao-Middlesbrough betrug unverändert 4/6 sh. In Cumberland besserten sich die Verhältnisse im Verlaufe des Monats infolge wachsender Nachfrage. Die Preise behaupteten sich unverändert auf 15/6 bis 20/- sh.

Der Roheisenmarkt begann den April etwas zufriedener als die vorhergehenden Monate. Die Verhandlungen über die Erneuerung einiger in den ersten Apriltagen ablaufenden Verträge gaben dem Markt ein freundlicheres Aussehen. In der Hauptsache bezog sich dies auf Gießereirohisen, und die mittelenglischen Werke, besonders die in Northamptonshire, buchten einige gute Aufträge. Der Ablauf der Verträge fiel mit einer leichten Besserung des Gießereigeschäftes im allgemeinen zusammen. Die Bemühungen, Aufträge von den schottischen Gießereien einschließlich der mit der Herstellung von leichtem Guß im Falkirk-Bezirk beschäftigten zu erreichen, wurden durch das Abkommen zwischen den englischen, schottischen und indischen Werken beeinträchtigt; nichtsdestoweniger bemühte man sich lebhaft um diese Aufträge, und die von den englischen Werken an der Nordostküste und in Mittelengland geforderten Preise stellten sich wesentlich niedriger als die, welche die in ihren eigenen Bezirken gelegenen Gießereien bezahlen mußten. Die Ostertage brachten wie gewöhnlich eine Unterbrechung der Nachfrage, was eine Zunahme der Lagerbestände auf den Werken zur Folge hatte. Die meisten Verbraucherindustrien schlossen für den größten Teil der Woche, aber auf den Hochöfen ging die Erzeugung weiter. Es geschah auch häufig, daß die Verbraucher unmittelbar vor und nach den Feiertagen die Lieferungen auf Verträge hinausschoben, so daß die Vorräte notwendigerweise anwachsen mußten. Das Geschäft belebte sich jedoch nach den Festtagen, und Mitte April konnte man feststellen, daß die Vorräte im Clevelandgebiet seit Ende 1932 um 20 000 t zurückgegangen waren. Dies wurde als Anzeichen für eine bessere Lage angesehen, als der Markt erwartet hatte. Die Erzeugung im Clevelandbezirk liegt jedoch recht beträchtlich unter der Leistungsfähigkeit; von 18 unter Feuer stehenden Hochöfen gehen nur drei auf Gießereirohisen. Von den übrigbleibenden erzeugen sieben Hämatit und acht andere Sorten. Die Lage in Schottland enttäuschte, obwohl sie sich leicht gebessert hatte. Sieben Hochöfen standen hier unter Feuer, und ihre Erzeugung reicht zusammen mit den Vorräten der Werke zur Befriedigung des Bedarfes aus. Der Markt für Hämatit war zu Anfang April lebhaft; späterhin ging das Geschäft aber zurück. Beträchtliche

Vorräte sind vorhanden, und die Lage wird durch den Umstand verwickelt, daß die Händler, die im Besitz von Verträgen sind, die Werkspreise unterbieten können. Die Preise für Hämatit gaben daher im Verlauf des Monats nach von 59/6 auf 59/- sh, und zu Monatschluß sollen sogar bei größeren Bestellungen die letztgenannten Preise unterschritten worden sein. Für die übrigen Roheisensorten blieben die Preise unverändert; Cleveland-Gießereirohisen Nr. 3 kostete 62/6 sh frei Tees-Bezirk und 58/6 sh für die Ausfuhr, Derbyshire-Gießereirohisen Nr. 3 66/- sh und Northamptonshire-Gießereirohisen Nr. 3 62/6 sh, beides frei Black-Country-Stationen. Ende des Monats berichtigten die mittelenglischen Werke einige ihrer Zonenpreise, ließen aber die Grundpreise unverändert.

Auf dem Halbzeugmarkt traten kaum Änderungen ein. Abgesehen von einigen vergleichsweise kleinen Geschäften schienen die Festlandswerke diesen Markt zu vernachlässigen, und die Verbraucher waren zufrieden, wenn sie ihren Bedarf von den britischen Werken erhalten konnten. Außerdem verbrauchten sie ihre eigenen beträchtlichen Vorräte. Der Einfluß der Kartellverhandlungen auf dem Festlande dürfte zum Teil für die Gleichgültigkeit der Festlandswerke verantwortlich sein. Die britischen Preise für weiche Stahlknüppel behaupteten sich auf £ 5.- bis 5.7.6 frei Werk je nach Menge. Platinen kosteten £ 4.12.6 frei Werk und kamen in einigen Fällen bis auf £ 5.-. In Wales sicherten sich die Weißblechhersteller ihren Bedarf an Weißblechplatinen zu £ 4.15.-. Um Knüppelaufträge wurde heftig gekämpft, und ein Werk, das dem neuen in Verbindung mit dem Umbildungsplan der Eisenindustrie stehenden Verband der Knüppelhersteller noch nicht beigetreten war, erlangte beträchtliche Aufträge unter den offiziellen Preisen. Die Goldpreise für Festlandserzeugnisse schwankten, allerdings nur gering; größtenteils standen sie nur auf dem Papier, da es an Verkäufern fehlte. In der letzten Aprilwoche erschienen die Festlandswerke wieder auf dem Markte zu Preisen, welche die britischen Verbraucher nicht zu Käufen veranlassen konnten. Die Preise lauteten wie folgt: Acht- und mehrzöllige vorgewalzte Blöcke 2.2.- bis 2.3.- Goldpfund, 3.- bis 3.2.- Papierpfund, sechs- bis siebenzöllige 2.3.- bis 2.4.- Goldpfund, 3.2.- bis 3.3.- Papierpfund, zwei- und zweieinviertelzöllige Knüppel 2.6.- bis 2.7.- Goldpfund, 3.6.- bis 3.7.- Papierpfund, zweieinhalb- bis vierzöllige Knüppel 2.4.- bis 2.5.6 Goldpfund, 3.3.- bis 3.5.- Papierpfund, Platinen 2.6.- bis 2.7.6 Goldpfund, 3.6.- bis 3.7.6 Papierpfund. Aus der Meldung, daß die Whitehead Iron and Steel Co. Ltd. ein Abkommen mit der Richard Thomas and Co. Ltd. getroffen hat, geht die Haltung früherer Verbraucher von Festlandware unter dem Einfluß der Umbildungspläne in der Eisenindustrie und der Einfuhrzölle hervor. Die Whitehead-Werke waren die größten Verbraucher festländischer, hauptsächlich französischer Knüppel. Nach dem neuen Abkommen werden die Redburn Steelworks wieder in Betrieb gesetzt, nachdem sie zwei Jahre lang stillgelegen hatten, und die Whitehead Co. muß eines ihrer Walzwerke von Newport in Wales tatsächlich durch ganz England nach den Redburn-Werken in Lincolnshire verlegen, wo Band- und Stabeisen hergestellt werden. Die Redburn-Werke werden ferner die übrigen Walzwerke der Whitehead Co. in Wales mit Halbzeug versorgen. Nach diesem Abkommen werden die Whitehead-Werke verschiedene ihrer Rohstoffe unter Schutzzoll herstellen, und die Redburn-Werke werden einen Abnehmer für ihre Erzeugung haben, die sonst nach Mittelengland zum Verkauf gebracht werden müßte.

Das Geschäft in Fertigerzeugnissen, das zu Anfang April einige Lebhaftigkeit aufwies, ging später zurück, lebte aber in der letzten Woche wieder auf. Die Nachfrage aus dem Auslande war, wie meistens in diesem Jahr, ungleichmäßig, die heimische Nachfrage war demgegenüber stetig und zeitweise sogar lebhaft, hauptsächlich infolge von Händlerkäufen. In Mittelengland und Schottland bereiteten die Festlandswerke

Wettbewerb; aber ihre Angebote schwankten mengenmäßig, und zeitweise hielten sich die Werke gänzlich zurück, was angeblich mit den Kartellverhandlungen in Zusammenhang stand. Im April konnte größtenteils festländisches Stabeisen zu £. 6.— frei Mittelengland gekauft werden; einige Geschäfte sollen auch unter diesen Preisen zustande gekommen sein. Winkel wurden zu £ 6.2.6 und Träger zu £ 5.15.— angeboten, beide frei Mittelengland. Um dem Wettbewerb zu begegnen, nahmen die britischen Werke Aufträge auf solche Erzeugnisse, die nicht von dem Verband kontrolliert werden, zu niedrigeren Preisen an. Den schärfsten Wettbewerb bereitete eins der britischen reinen Walzwerke, das dünnes Stabeisen zu £ 6.8.— frei Verbraucher verkaufte. Der Unterschied im Preise zugunsten des Festlandes ist nicht mehr so bedeutend wie früher, so daß die Gemeinden jetzt den Verbrauch britischer Erzeugnisse verlangen. In Trägern war das Geschäft gering, da durch das Rabattschema der Verkauf ausländischer Ware erfolgreich bekämpft wurde. Eine Anzahl beachtlicher Verträge wurde abgeschlossen. Auch die teilweise Wiederbelebung des Schiffbaues trug dazu bei, die Lage der britischen Werke zu verbessern, obwohl trotz aller Vorstellungen bei der Regierung die Arbeit an dem riesigen Cunard-Dampfer am Clyde noch nicht wieder aufgenommen worden ist.

Der Markt für verzinkte Bleche litt noch unter der schlechten Wirtschaftslage. Das Abkommen mit der Tata hat sich nicht bewährt; während die britischen Werke an dem abgemachten Preis für Indien von £ 16.7.6 cif einschließlich Zölle festhielten, verkauften die Festlandwerke zu £ 10.— c und f und darunter. Gegen Ende des Monats wurde der Markt durch Gerüchte beunruhigt, daß die indischen Werke die Preise in Indien herabsetzten. Für andere Märkte als den indischen forderten die britischen Werke £ 10.10.— fob. Obwohl das Geschäft in Weißblechen nicht so gut war wie im März, hielt es sich doch auf einer Höhe, welche eine Beschäftigung zu ungefähr 64 % der Leistungsfähigkeit gestattete. Auch die Preise blieben unverändert auf 15/9 bis 16/— sh fob für die Normalkiste 20 × 14.

**Die Saarwirtschaft in Zahlen.** — Zum sechsten Male erscheint die vom Saarwirtschaftsarchiv im Auftrage der Handelskammer zu Saarbrücken und der wirtschaftlichen Körperschaften des Saargebietes herausgegebene „Saarwirtschaftsstatistik“<sup>1)</sup>, die neben der Fortführung der bisherigen umfassenden Zahlungen über die Wirtschaft des Saargebietes, vom Bergbau angefangen bis zum Verkehrs-, Geldwesen usw., im abgelaufenen

<sup>1)</sup> Saarbrücken 1933. Preis 15 Fr oder 2,50 R.M. — Vgl. Stahl u. Eisen 52 (1932) S. 380.

## Buchbesprechungen<sup>1)</sup>.

**Krämer, Wolfgang, Dr.:** Geschichte des Eisenwerkes zu St. Ingbert mit besonderer Berücksichtigung der Frühzeit. Ein Beitrag zur Geschichte der pfälzisch-saarländischen Eisenverhüttung nach archivalischen Quellen. Mit einem Urkundenanhang und 44 Bildbeigaben. Speyer an Rhein: Pfälzische Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften 1933. (Für den Buchhandel: Dr. E. Jaegersche Buchhandlung, Speyer.) (188 S.) 8°. 4,50 R.M., geb. 6 R.M.

(Veröffentlichungen der Pfälzischen Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften. Hrsg. von Dr. Albert Pfeiffer. Bd. 22.)

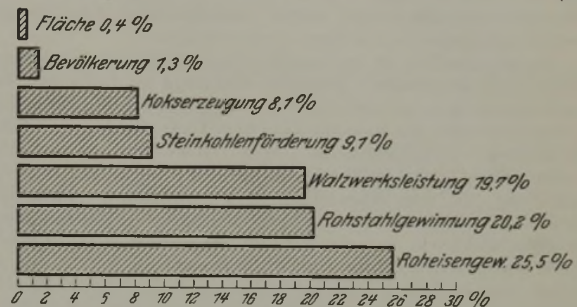
Der Inhalt des Buches spiegelt die wechselvolle Geschichte des St.-Ingberter Eisenwerkes wider, wobei die orts- und familien-geschichtlichen Vorgänge sowie die wirtschaftlichen Fragen (wie Erzbezug, Holzversorgung, Auseinandersetzungen mit Behörden aller Art, Zollfragen usw.) einen breiten Raum einnehmen. Für die Geschichte des Eisens wertvoll sind die Abschnitte über die St.-Ingberter Ofenplatten und über die Schmelzversuche mit Koks, die neben den Sulzbacher Versuchen sicherlich zu den frühesten auf deutschem Boden gehören.

Zeigen die ersten fünf Jahrzehnte der Werksgeschichte, die 1733 mit der Eröffnung der Hütte beginnt, ein durch verschiedene Umstände bedingtes Hin und Her, so beginnt mit der Uebernahme durch Philipp Heinrich Krämer im Jahre 1788 eine klare und eindeutige Zielsetzung. Vor allem ist es die Persönlichkeit Philipp Heinrichs, die aus dem von der französischen Revolution und ihren Folgeerscheinungen umdüsterten Hintergrunde scharf umrissen hervortritt. Er war es, der durch zähes Ausharren und mit großem Geschick das Werk durch die Gefahren jener Zeit wohlhalten hindurchbrachte. Mehr als einmal lag St. Ingbert in der Kampfzone. Bald donnerten französische, bald preußische oder öster-

<sup>1)</sup> Wer die Bücher zu kaufen wünscht, wende sich an den Verlag Stahleisen m. b. H., Düsseldorf, Postschließfach 664.

Jahr wiederum einige Erweiterungen, jedoch bei tunlicher Raum-beschränkung, bringt. Ueber den Anteil des Saargebietes an der deutschen Volkswirtschaft unterrichtet nachstehende Ab-bildung (nach dem Stande von 1931/32).

Die Zahlen der industriellen Erzeugung des Saargebietes im Jahre 1932 zeigen auf der ganzen Linie eine weitere Abwärts-bewegung. Die Förderung der Saargruben betrug 10,4 Mill. t gegenüber 11,4 Mill. t 1931 = 8,8 % weniger. Von dem Absatz der Saargruben entfielen 3,2 (3,8 i. V.) Mill. t auf das Saargebiet, 0,9 (0,9) Mill. t auf das übrige Deutschland, 4,0 (3,8) Mill. t auf Frankreich einschließlich Elsaß-Lothringen und 0,9 (0,9) Mill. t auf andere Länder. Der Absatz im Reich verteilte sich auf die einzelnen Länder wie folgt (in 1000 t): Preußen 116 (i. V. 116), Bayern rechtsrheinisch 102 (94), Pfalz 300 (325), Baden 212 (160), Württemberg 128 (104), Hessen 21 (29) und Birkenfeld 36 (39).



Der Anteil des Saargebietes an der deutschen Volkswirtschaft.

Die saarländische Eisenindustrie verzeichnet für 1932 eine Roheisenerzeugung von 1 349 493 t, eine Rohstahlgewinnung von 1 463 429 t und eine Leistung der Walzwerke von 1 118 779 t. An Koks wurden 1,5 (1,7) Mill. t erzeugt, zu denen 0,2 (0,2) Mill. t der fiskalischen Kokerei Heinitz kommen. Der Bezug an Eisen- und Manganerzen erreichte 2,8 (3,6) Mill. t, davon 91,3 % aus Frankreich. Die Gesamtlohnsummen in der Eisenhüttenindustrie verringerten sich nach der Statistik des Arbeitgeberverbandes der Saarindustrie von 24,7 Mill. Fr im Monatsdurchschnitt 1931 auf 17,1 Mill. Fr, so daß in diesem Industriezweig allein ein monatlicher Lohnausfall von fast 7,6 Mill. Fr zu verzeichnen ist.

**United States Steel Corporation.** — Der Auftragsbestand des Stahltrustes nahm im März gegenüber dem Vormonat um 13 409 t ab und erreichte damit einen neuen Tiefstand. Am Monats-schlusse standen 1 870 458 t unerledigte Aufträge zu Buch gegen 1 883 867 t Ende Februar und 2 511 972 t Ende März 1932.

reichliche Geschütze in der Umgebung des Werkes. Und als Philipp Heinrich im Herbst 1803 allzu früh verschied, ergriff seine Witwe Katharina Sophie, die ihm schon immer helfend zur Seite gestanden hatte, die Leitung des Unternehmens mit sicherer Hand. Nachdem ihr sogar — was der Pächter Philipp Heinrich Krämer nicht vermocht hatte — der käufliche Erwerb des St.-Ingberter Eisenwerkes und später auch des Rentrischen Hammers gelungen war, begann sie nach Rückkehr ruhigerer politischer Verhältnisse mit dem planmäßigen Ausbau des Werkes, der nach ihrem Tode (1833) von ihren Söhnen fortgesetzt wurde. Ohne den Wert der Darstellung der Frühzeit und der Folgezeit bis auf unsere Tage schmälern zu wollen, muß doch gesagt werden, daß die Schilderung der Zeit von 1788 bis 1833, in der Philipp Heinrich und Katharina Sophie Krämer die Leitung des Werkes innehatten, wohl den besten Teil des Buches bildet.

Das Buch ist ein wertvoller Beitrag zur pfälzisch-saar-ländischen Geschichte des Eisens. Sein besonderer Wert liegt in der Verwendung und Bearbeitung der Akten des Fürstlich von der Leyenschen Archivs in Waal. Für die große Arbeit, nicht zuletzt aber für die verständnisvolle und liebevolle Bearbeitung des Stoffes sowie die glänzende Darstellung muß dem Verfasser uneingeschränktes Lob zuteil werden, das ihm alle Geschichts-freunde sicherlich gern zollen werden. *Herbert Dickmann.*

**Müller, Erich, Dr.,** ord. Professor und Direktor des Laboratoriums für Elektrochemie und physikalische Chemie an der Technischen Hochschule Dresden: Die elektrometrische (potentiometrische) Maßanalyse. 5., verb. u. verm. Aufl. Mit 92 Fig. im Text. Dresden u. Leipzig: Theodor Steinkopff 1932. (XX, 276 S.) 8°. 14,50 R.M.

Die grundsätzliche Anordnung der fünften Auflage ist die gleiche wie die der früheren Ausgaben<sup>1)</sup>. Sie gliedert sich in drei Abteilungen, den „Theoretischen Teil“, in die „Methoden der

<sup>1)</sup> Vgl. Stahl u. Eisen 44 (1924) S. 582; 46 (1926) S. 1368.

praktischen Ausführung“ und in eine „Zusammenstellung der Reaktionen, die auf ihre Verwendung zur potentiometrischen Titration untersucht wurden“. Alle Teile haben eine außerordentliche Erweiterung erfahren, die den in den letzten Jahren erzielten Fortschritten der Potentiometrie Rechnung trägt. Dabei hat der Verfasser die Arbeiten theoretischen Inhalts zugunsten praktischer Arbeitsweisen weniger berücksichtigt, um auf diese Weise der immer noch viel zu wenig beachteten potentiometrischen Maßanalyse schnelleren Eingang in die Laboratorien zu verschaffen. Vom Standpunkte des Praktikers, der nach einfacheren, genaueren und in kürzerer Zeit auszuführenden Verfahren strebt, ist diese Einstellung besonders zu begrüßen.

In den theoretischen Teil sind neben der exakten Darstellung der Potentialtitrationskurven die mit der Entwicklung der Radioindustrie auch in der Potentiometrie immer häufiger benutzten Röhrenpotentiometer unter näherer Beschreibung ihrer theoretischen Grundlagen neu aufgenommen worden.

Im zweiten Teil ist das Verfahren zur Aufnahme der Potentialkurve an polarisierter Indikator-Elektrode als bedeutungslos gestrichen worden, während die neueren Verfahren mit gebremsten Elektroden sowie mit monometallicchem Elektrodenpaar und die „Dead-Stop“-Arbeitsweise in ihren Grundzügen dargestellt werden. Diese beiden letzten Verfahren sind jedoch von geringerer Bedeutung, da ihre Anwendbarkeit auf bestimmte Fälle beschränkt ist. Von den verschiedenen Verfahren ist das mit einer Umschlagselektrode und Stromzeiger das einfachste und gerade in der heutigen Zeit für die Praxis von besonderer Bedeutung, da es mit den in fast jedem Laboratorium vorhandenen Mitteln durchgeführt werden kann und die Anschaffung einer kostspieligen Apparatur erübrigt. Der dieses Verfahren behandelnde Abschnitt enthält für eine Anzahl von Reaktionen eine wertvolle Zusammenstellung verschiedener Umschlagselektroden.

Der dritte Teil ist wieder in drei Gruppen unterteilt, und zwar in Fällungs- und Komplexbildungs-Reaktionen, in Oxydations-

Reduktions-Reaktionen und in Reaktionen zwischen Säuren und Basen. Die fällungsanalytische Gruppe enthält als Neuerung mehrere Angaben über die Nebeneinanderbestimmung von zwei oder drei Elementen und die Bestimmungsmöglichkeiten der seltenen Erden. Die oxydimetrisch-reduktometrischen Reaktionen sind neben vielen Einzelbestimmungen um größere Abschnitte über Zerimetrie, Stannometrie und Chromometrie bereichert worden, während die Darstellung der Reaktionen zwischen Säuren und Basen unverändert geblieben ist.

Da die vom Verfasser gewählte Anordnung es erschwert, eine gesuchte Reaktion aufzufinden, hat er gegenüber den bisherigen Ausgaben eine Neuerung geschaffen, die nach kurzer Uebung die Benutzung des Werkes erleichtert: Er hat an Stelle eines Sachverzeichnisses dem Buche fünf Tafeln vorangestellt; in den beiden ersten sind für die Fällungsreaktionen die Kationen und Anionen und für die Oxydations-Reduktions-Reaktionen das reduzierende und oxydierende Agens aufgeführt, während man aus der 3. und 4. Tafel die Möglichkeit der gemeinsamen Bestimmung von zwei Anionen oder zwei Metallen und aus der 5. die gleichzeitige Bestimmung von drei Metallen sofort entnehmen kann. Trotzdem vermißt man ein alphabetisches Sachverzeichnis, in dem man andere Angaben als die nach einer bestimmten Reaktion aufsuchen kann.

Die in den einzelnen Gruppen angegebenen Bestimmungsverfahren sind fast ausschließlich in reinen Lösungen durchgeführt worden. Da sich solche Bestimmungen nicht immer ohne weiteres auf technische Untersuchungen, beispielsweise auf die Analyse eines Stahles, übertragen lassen, ist für eine spätere Auflage ein Hinweis auf eine etwaige praktische Durchführbarkeit bei den einzelnen Reaktionen zu empfehlen.

Für jeden Chemiker, der sich mit der potentiometrischen Maßanalyse befaßt, ist das vorliegende Werk ein unentbehrliches Hilfsmittel, dessen Anschaffung dringend anzuraten ist.

Peter Dickens.

## Vereins-Nachrichten.

### Verein deutscher Eisenhüttenleute.

#### Paul Lueg †.

Am Abend des 26. März 1933 verschied in Düsseldorf an den Folgen einer Lungenentzündung das langjährige Mitglied unseres Vereins Hüttenleutendirektor i. R. Dr. Paul Lueg.

Der nun Heimgegangene wurde geboren am 24. Juni 1863 in Oberhausen (Rheinland) als Sohn des Geh. Kommerzienrates Dr.-Ing. C. h. Carl Lueg, des langjährigen Generaldirektors der Gutehoffnungshütte und hochverdienten früheren Vorsitzenden des Vereins deutscher Eisenhüttenleute. Die enge Fühlung, die Paul Lueg von frühester Jugend an mit der Eisenhüttenindustrie hatte, war bestimmend für seinen Beruf. Nach Abschluß des Gymnasiums in Mülheim a. d. Ruhr studierte er im Sommersemester 1885 an der Universität Heidelberg und anschließend bis zum Frühjahr 1888 an der Technischen Hochschule zu Charlottenburg und an der Bergakademie zu Berlin und promovierte im Sommer 1888 an der Universität Heidelberg zum Dr. phil. Die Ferienzeit benutzte er zu seiner praktischen hüttenmännischen Ausbildung auf der Gutehoffnungshütte und in einigen anderen Hüttenwerken des rheinisch-westfälischen Industriebezirkes.

In den Jahren 1889 bis 1891 war Paul Lueg in seiner ersten Stellung als Betriebsassistent in den Stahlwerken, besonders im Thomasbetriebe, der Dortmunder Union tätig. In diese Zeit fällt auch eine Reise nach Amerika, wo er sich zum Studium der dortigen aufstrebenden Eisenhüttenindustrie längere Zeit aufhielt.

Auf diese Weise wissenschaftlich und praktisch gut vorbereitet, übernahm der Verstorbene am 1. Dezember 1891 als Betriebsführer die Leitung des Siemens-Martin-Stahlwerkes der Gutehoffnungshütte zu Oberhausen. Am 1. Februar 1894 wurde ihm unter Ernennung zum Oberingenieur auch der Betrieb des Thomasstahlwerkes unterstellt. Vom 1. Oktober 1903 an leitete er als Betriebsdirektor die Stahl- und Walzwerke der Abteilung „Walzwerk Neu-Oberhausen“. Am 28. Februar 1908 trat er als stellvertretendes Vorstandsmitglied in den Vorstand der Gutehoffnungshütte ein. Unter seiner Leitung wurde das alte Thomasstahlwerk umgebaut und erneuert, dazu ein

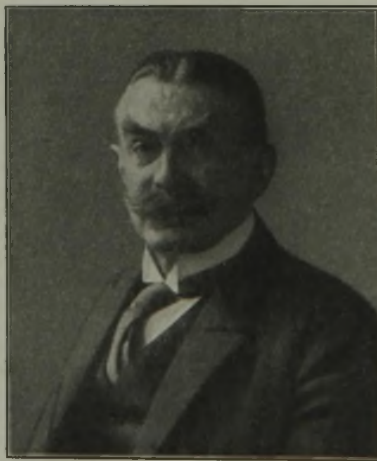
neues großes Siemens-Martin-Stahlwerk errichtet, womit eine starke Steigerung der Rohstahlerzeugung verbunden war.

Am 1. Juli 1919 verlegte Paul Lueg seinen Wohnsitz von Oberhausen nach Düsseldorf, um in besonderen Aufträgen für die Gutehoffnungshütte tätig zu sein. Nach vierzigjähriger Tätigkeit in den Diensten der Gutehoffnungshütte trat er am 1. Oktober 1931 in den Ruhestand.

Paul Lueg war ein Hüttenmann vom alten Schlage. Von seiner Geburt an eng mit der Gutehoffnungshütte verbunden, hing er mit großer Liebe an seinen Betrieben, denen er auch nach seinem Ausscheiden aus seiner betrieblichen Tätigkeit seine ganze Aufmerksamkeit schenkt. So trieb ihn diese Verbundenheit immer wieder nach Oberhausen, an den Ort seines langjährigen Schaffens, wo er seine früheren Mitarbeiter aufsuchte, um sich mit diesen über die Geschicke seiner alten Arbeitsstätte zu unterhalten. Insbesondere beschäftigte er sich gern mit naturwissenschaftlichen Fragen, auch mit der Thomasschlacke und ihrer Verwertung als Düngemittel.

Paul Lueg war eine Frohnatur und ein Freund der Geselligkeit, ein kerndeutscher Mann, der, begabt mit gesundem Mutterwitz, eine stets gern gesehene Persönlichkeit im Kreise seiner zahlreichen Freunde war. Als alter weidgerechter Jäger liebte er den Wald; ihm und der Jagd galt in seiner freien Zeit seine besondere Zuneigung. Vorbildlich war er als Gatte und Vater, nie ermüdend in seiner Sorge um seine Gattin und seine sechs Kinder. Sein Tod bedeutet für diese einen nicht zu ersetzenden Verlust.

Am 29. März 1933 wurde Paul Lueg in der Familiengruft zu Oberhausen-Sterkrade an der Seite seiner Eltern und Großeltern bestattet. Sein Ruheplatz ist umgeben von vielen Betriebsstätten der Gutehoffnungshütte, mit denen der Verbliebene in seinem ganzen Leben so stark verbunden war. Neben seinen Angehörigen gaben ihm zahlreiche alte Freunde und ehemalige Mitarbeiter das letzte Geleit. Alle, die ihn kannten, werden ihm ein treues Andenken bewahren.



*P. Lueg*