

# STAHL UND EISEN

## ZEITSCHRIFT FÜR DAS DEUTSCHE EISENHÜTTENWESEN

Herausgegeben vom Verein Deutscher Eisenhüttenleute im NS.-Bund Deutscher Technik

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

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

HEFT 43

23. OKTOBER 1941

61. JAHRGANG

### Formgebung und Werkstoffausnutzung.

Von Dr.-Ing. habil. Ernst Lehr in Augsburg\*).

*(Notwendigkeit der Festigkeits-Meßtechnik zur Ergänzung der Konstruktionsarbeit. Grundsätzliches über dynamische Dehnungsmessungen, statische Dehnungsmessungen. Dauerversuche. Beispiele für die Wechselbeziehungen zwischen Formgebung und Werkstoffausnutzung: a) im Brückenbau — Dauerfestigkeit von Nietverbindungen, Schweißverbindungen. Augenstäben, Beanspruchungsart einer Eisenbahnbrücke: b) im Maschinenbau — Dauerfestigkeit bei idealer Oberfläche und kerbfreier Form, Einfluß einer Mittelspannung, Einfluß der Oberfläche, Dauerfestigkeit bei konstruktiv bedingten Kerben, Einfluß des Werkstückdurchmessers auf die Dauerfestigkeit, Nabensitze besonders bei Eisenbahnradachsen, Kurbelwellen, Kolbenstangen, Zugstangen, Stabfedern, Wirkung des Abblasens der Oberfläche mit Stahlsand; c) im Flugzeugbau — das Problem der Zeitfestigkeit, Ermittlung der Häufigkeitskurve für die betriebsmäßige Wechselbeanspruchung bei Flugzeugtraggestellen. — Ausblick.)*

Es ist ein altes Ziel der Konstruktionskunst, den Werkstoff so weit auszunutzen, als es mit Rücksicht auf eine gerade noch ausreichende Betriebssicherheit angängig erscheint. In Verfolg der entsprechenden Aufgaben befaßt sich seit etwa zwanzig Jahren ein wesentlicher Teil der Werkstoffforschung mit der Frage, welche Beziehungen zwischen der Formgebung der Konstruktionsteile und ihrer Tragfähigkeit unter Betriebsbedingungen bestehen. Es ist eine allgemein bekannte Erfahrung, daß zu kleine Hohlkehlen, Gewinde, Querbohrungen, Nabensitze, Einspannstellen aller Art und andere „Kerbstellen“ bei Maschinenteilen Dauerbrüche hervorrufen können, und zwar bei rechnerischen Beanspruchungen, die nur einem Bruchteil der Streckgrenze entsprechen. Mit der Weiterentwicklung der Werkstoffe ergab sich ferner die überraschende Tatsache, daß diese Kerbstellen um so gefährlicher sind, je höher die Zerreißfestigkeit des Werkstoffes ist. Man machte sogar teilweise die Erfahrung, daß der betreffende Konstruktionsteil bei unveränderter Form noch früher brach, wenn er aus einem legierten Stahl hoher Festigkeit statt aus einfachem unlegiertem Stahl hergestellt wurde. Durch Vergleich mit den Erfahrungen auf anderen Gebieten, z. B. im Stahlbau, ergab sich die Tatsache, daß die Formgebung nur dann diesen unerwartet großen Einfluß hat, wenn die Konstruktionsteile Wechselbeanspruchungen unterliegen, daß dagegen dieser Einfluß verschwindet, wenn es sich um vorwiegend ruhende Belastungen handelt. Zerreißversuche mit gekerbten Probestäben zeigen, daß, bezogen auf den eingeschnürten Querschnitt, die statische Festigkeit infolge Behinderung der Querdehnung sogar erhöht wird, wenn Kerben angebracht werden.

Diese Erfahrungen gaben den Anlaß zu den umfangreichen Arbeiten, die sich mit der Erforschung der Wechselfestigkeit (Dauerfestigkeit) an Probestäben, Formelementen und ganzen Konstruktionsteilen befassen. Wir stehen noch mitten in dieser Entwicklung. Während die Arbeiten etwa bis zum Jahre 1930 im wesentlichen darauf abzielten, durch

Untersuchungen an Probestäben festzustellen, welche Haupteinflüsse für die Wechselfestigkeit in Betracht kommen und wie sie sich zahlenmäßig bei den verschiedensten Werkstoffen auswirken, hat sich die Forschung im letzten Jahrzehnt immer mehr der Aufgabe zugewandt, die Bauteile so zu gestalten, daß mit einem Mindestaufwand an Werkstoff ein Höchstmaß an Tragfähigkeit erzielt werden kann. Diese Aufgabe gewann neuerdings um so mehr Bedeutung, als es galt, die gleichen Tragfähigkeiten mit Stählen zu erreichen, für die im wesentlichen nur noch Chrom, Mangan und Silizium als Legierungsbestandteile in Betracht kommen, während bei den früher verwendeten Stählen auch andere Zusätze wie Nickel, Molybdän usw. in ausreichendem Maße zur Verfügung standen. Gleichzeitig wurden die Anforderungen des Leichtbaues immer schärfer. Während z. B. im Flugmotorenbau noch vor fünf Jahren ein Gewicht von 0,5 kg je PS als günstig angesehen wurde, gehen die Spitzenleistungen heute schon unter 0,2 kg je PS. Auch beim Bau von Schiffsmotoren geht die Entwicklung dahin, immer mehr an Gewicht und Raum zu sparen.

Der Konstrukteur kann die so gestellte Aufgabe nicht allein durch Berechnung und gefühlsmäßige Formgebung meistern. Allerdings soll auch nicht verkannt werden, daß bereits am Reißbrett sehr Wesentliches in dieser Hinsicht geschehen kann. Vor allem kann schon hier der Grundsatz befolgt werden, daß der Kraftfluß ohne Umwege, also möglichst geradlinig, von einer Kraftangriffsstelle zur anderen geführt wird, damit Biegebeanspruchungen weitgehend vermieden werden. Weiterhin ist es möglich, von vorneherein die Konstruktion darauf abzustellen, daß alle Kerben beseitigt werden und alle Uebergänge mit möglichst großen Halbmessern ausgerundet sind; daß ferner, sobald die Aufnahme von Biegemomenten und Drehmomenten in Betracht kommt, steife rohrförmige Querschnitte Verwendung finden. Sehr viel kann auch in der Hinsicht geschehen, daß zusätzliche Schwingungsbeanspruchungen durch Einschalten elastischer Zwischenglieder von den starren Hauptgliedern ferngehalten werden.

Zur Ergänzung dieser Konstruktionsarbeit wurde jedoch eine leistungsfähige Festigkeitsmeßtechnik immer unent-

\*) Vortrag bei der Technischen Tagung des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute im NSBDT. am 28. Juni 1941 in Düsseldorf. — Sonderabdrucke sind vom Verlag Stahleisen m. b. H., Düsseldorf, Postschließfach 664, zu beziehen.



behrlicher. Sie hat die Aufgabe, festzustellen, ob die gewählten Formen dem erzielbaren Bestwert entsprechen, oder in welcher Weise sie noch verbessert werden können und wie sich die bei Wechselbeanspruchung im Dauerbetrieb erzielbare Tragfähigkeit der Konstruktionsteile zu den im Betrieb aufzunehmenden Wechselkräften verhält. Auf Grund hiervon läßt sich dann die wirkliche Betriebssicherheit angeben.

Es haben sich im wesentlichen drei Gebiete der Festigkeitsmeßtechnik herausgebildet, die sich gegenseitig ergänzen, nämlich:

1. Dynamische Dehnungsmessungen.

Diese Messungen haben die Aufgabe, festzustellen, welche schwingenden Kräfte und Momente der Konstruktionsteil im Betrieb aufzunehmen hat. Die Meßgeräte sind durch Anwendung elektrischer Verfahren in den letzten Jahren so weitgehend vervollkommen worden, daß auch die schwierigsten Aufgaben gelöst werden können<sup>1)</sup>.

Zur Erläuterung mögen hier einige kurze Hinweise genügen. Bild 1 zeigt das Schaltschema des dynamischen Dehnungsmessers von E. Lehr. Die Anordnung arbeitet

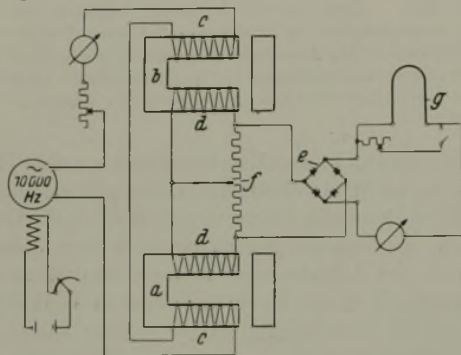


Bild 1. Schaltschema des induktiven dynamischen Dehnungsmessers von E. Lehr.

- a = Gebermagnet
- b = Vergleichsmagnet, regelbar
- c = Primärwicklungen
- d = Sekundärwicklungen
- e = Trockengleichrichter
- f = Abgleichwiderstand
- g = Oszillographenschleife.

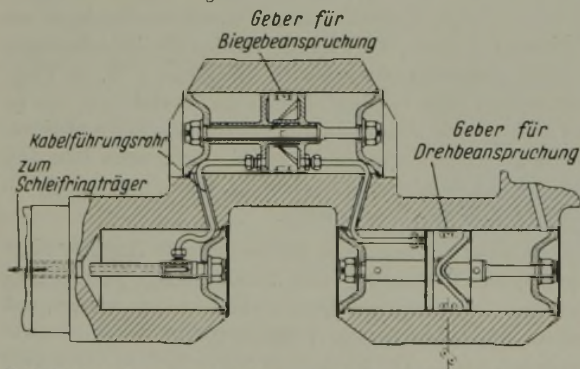


Bild 2. Anordnung von Gebern mit 20 mm Meßstrecke zur Ermittlung der Verdrehbeanspruchung und der Biegebeanspruchung in der Kurbelwelle eines MAN.-Dieselmotors. Die Stromzuführung erfolgt über Schleifringe (nicht gezeichnet).

ohne Anwendung von Verstärkerröhren. Als Stromquelle dient ein besonders hierfür entwickelter Maschinengenerator, der Einphasenwechselstrom von 10 000 Hz liefert. Die Aufzeichnung wird mit dem Schleifenoszillographen vorgenommen. Das Schaltschema ist äußerst einfach. Die Geber werden an den zu messenden Teilen auf Kegelstiften befestigt, die mit Zink-Kadmium (Löttemperatur rd. 300°) aufgelötet sind. Dadurch werden alle Aufspannvorrichtungen entbehrlich.

<sup>1)</sup> Zusammenfassende Darstellung siehe Lehr, E.: Handbuch der Werkstoffprüfung, Bd. 1, hrsg. von E. Siebel, Berlin 1940. S. 463/571.

Mit dieser Meßanlage ist es z. B. gelungen, die Kräfte in den Treibstangen von Lokomotiven und Automobilmotoren, sowie an den Kolbenstangen und Treibstangen von doppeltwirkenden Zweitakt-MAN.-Motoren während des Betriebes zu messen. Dabei bildete die betriebssichere Gestaltung der Zuleitung zu den raschbewegten Teilen eine besondere Aufgabe, die heute befriedigend gelöst ist.

Ebenso gelang die Messung der Biege- und Drehbeanspruchungen in der Kurbelwelle eines MAN.-Motors während des Betriebs. Bild 2 zeigt die Anordnung der Meßgeräte in diesem Fall. Auch die Stromzuführung über Schleifringe wurde einwandfrei gelöst. Die Messung der Beanspruchungen

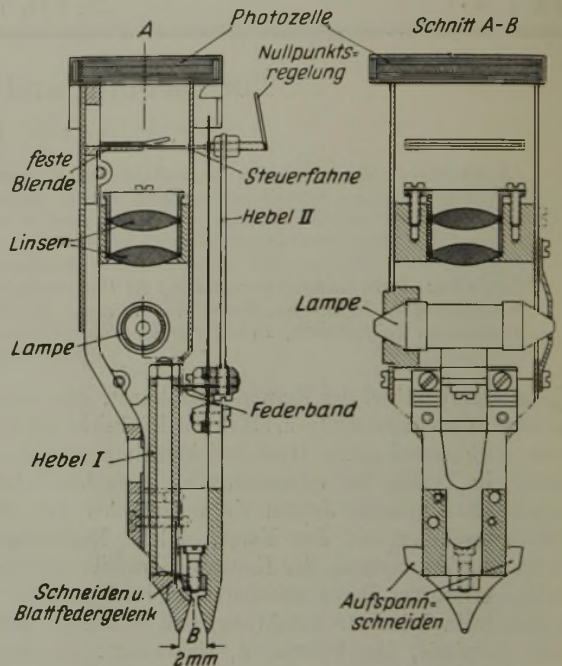


Bild 3. Elektrischer Feindehnungsmesser von E. Lehr mit Anzeige durch eine Sperrschicht-Photozelle. Normalausführung für 2 mm Meßstrecke.

(Das Bild entspricht im wesentlichen Bild 81 im Handbuch der Werkstoffprüfung<sup>1)</sup>.)

in Eisenbahnradachsen von D-Zug-Wagen während der betriebsmäßigen Fahrt bis zu 140 km/h brachte Aufschluß über die tatsächliche Höhe der Beanspruchungen und die Ursachen der Zusatzbeanspruchungen. Es zeigte sich z. B., daß die Zusatzbeanspruchungen, die in den Radachsen durch die Schienenstöße hervorgerufen werden, nur geringfügig sind. Ausschlaggebend sind dagegen die durch das seitliche Anlaufen der Spurkränze (den sogenannten „Sinuslauf“) bedingten zusätzlichen Wechselbiegebeanspruchungen, die mit wachsender Fahrgeschwindigkeit stark zunehmen.

2. Statische Dehnungsmessungen.

Die Durchführung statischer Dehnungsmessungen gestattet die Ermittlung der Spannungsverteilung in den Konstruktionsteilen. Ihre besondere Aufgabe besteht darin, die Spannungsspitzen aufzudecken und durch Aenderung der Formgebung zu beseitigen. Die Meßtechnik auf diesem Gebiet ist heute so weit entwickelt, daß es keine Schwierigkeiten mehr bereitet, die verwickeltsten Maschinenteile bis in die letzten Einzelheiten durchzumessen und je Konstruktionsteil 500 bis 1000 Meßpunkte mit einem erträglichen Zeitaufwand zu untersuchen. Die hierbei verwendeten elektrischen Meßgeräte haben Meßstrecken von 1 und 2 mm und arbeiten mit 50 000- bis 100 000facher Vergrößerung. Zur Beurteilung der Schwierigkeiten, die bei Schaffung derartiger



Meßgeräte zu überwinden waren, sei darauf hingewiesen, daß bei einer Meßstrecke von 2 mm auf Stahl eine Beanspruchung von  $1 \text{ kg/mm}^2$  einer Dehnung von  $\frac{1}{100000}$  mm entspricht. Als Beispiel zeigt *Bild 3* den lichtelektrischen Feindehnungsmesser von E. Lehr, der heute bereits an vielen Stellen laufend benutzt wird und mit dem viele Tausende von Messungen durchgeführt wurden. Bei diesen Messungen wird ferner das Dehnungslinienverfahren der Maybach-Motorenwerke verwendet, bei dem der zu untersuchende Teil mit einem Ueberzug aus einer Mischung von Kolophonium und Dammarharz versehen wird. Bei Beanspruchung treten in dem Ueberzug Sprünge auf, die den Verlauf der einen Schar der Hauptspannungslinien angeben und zeigen, in welchen Richtungen der Dehnungsmesser angesetzt werden muß, um die beiden Hauptspannungen direkt zu ermitteln.

Die Auswertung wird an Modellen veranschaulicht, bei denen in den Meßpunkten Stifte eingesetzt sind, deren Länge in einem bestimmten Maßstab der dort herrschenden zusammengesetzten Beanspruchung entspricht. Außerdem sind zur Kennzeichnung des Spannungsflusses die Hauptspannungslinien aufgetragen (*Bild 4*).



Bild 4. Modell zur Veranschaulichung der Spannungsverteilung in dem Gabelkopf der Pleuelstange eines doppelt wirkenden MAN.-Dieselmotors.

Aufgetragen ist der Verlauf der Hauptspannungslinien. Die eingesetzten Stifte geben in einem bestimmten Maßstab die zusammengesetzte Beanspruchung bei betriebsmäßiger Belastung an und zwar links bei Zugbelastung, rechts bei Druckbelastung.

### 3. Dauerversuche.

Den Schlußstein der Untersuchungen muß jedoch die Durchführung von Dauerversuchen an den naturgroßen betriebsfertigen Konstruktionsteilen bilden. Denn nur hierdurch kann in zuverlässiger und überzeugender Weise festgestellt werden, wie groß die Tragfähigkeit der Konstruktionsteile unter Bedingungen ist, die denen des Betriebs weitgehend nahekommen. Diese Versuche nehmen sozusagen die Bewährungsprüfung der Konstruktionsteile in der betriebsfertigen Anlage im wesentlichen vorweg. Sie decken eindeutig die schwachen Stellen auf, gestatten also eine planmäßige und zielsichere Züchtung günstigster Formen und höchster Tragfähigkeit.

Der Vergleich der beim Dauerversuch erzielten Grenzbelastung, die gerade noch beliebig lange, z. B. während einiger 100 Millionen Lastspiele, ertragen wird, mit der durch

die dynamischen Dehnungsmessungen festgestellten höchsten Betriebsbelastung gibt die wirkliche Betriebssicherheit an. Diese wird beim Leichtmaschinenbau oft nur wenige Prozent betragen können. Als Beispiel für die Durchführung von Dauerversuchen an Großbauteilen sei mitgeteilt, daß in der Forschungsanstalt für Mechanik und Gestaltung der MAN., Augsburg, u. a. eine Einrichtung zur Ermittlung der Dreh- schwingungsfestigkeit von Kurbelwellen mit 250 mm Wellendurchmesser aufgestellt ist. Bemerkenswert ist, daß bei dieser Anordnung durch einen besonderen Regler die eingestellte Schwingungsbeanspruchung mit einer Genauigkeit von  $\pm 2\%$  dauernd gleichgehalten wird. Die Versuche müssen bis zu 100 Millionen Lastspielen durchgeführt werden, wenn zutreffende Ergebnisse erhalten werden sollen. Dies entspricht im vorliegenden Fall einem ununterbrochenen Dauerbetrieb von rd. 10 Wochen. Im Bau ist eine weitere Großprüfmaschine, die Zug-Druck-Wechselkräfte bis zu  $\pm 300 \text{ t}$  bei  $n = 3000/\text{min}$  zu erzeugen gestattet.

Durch zielbewußte Anwendung der genannten drei Meßverfahren ist die Möglichkeit gegeben, aus dem Werkstoff das Letzte herauszuholen und günstigste Formen zu entwickeln. Freilich darf man sich nicht darüber täuschen, daß von Fall zu Fall eine sehr umfangreiche und mit hohen Kosten verbundene Kleinarbeit geleistet werden muß, um das gesteckte Ziel zu erreichen. Jedoch wird bereits in wenigen Jahren der gesammelte Erfahrungsschatz so groß sein, daß schon beim Entwurf neuer Konstruktionsteile die wichtigsten Gesichtspunkte beachtet sind und die Messungen sich mehr darauf beschränken, die Feinheiten herauszuarbeiten.

Bereits heute liegen nicht unbeträchtliche Erfahrungen vor. Die vorstehend gemachten allgemeinen Angaben sollen daher an einigen Beispielen näher erläutert werden.

#### A. Brückenbau.

Die Stahlbauten, besonders die Brücken, sind überzeugende und weithin sichtbare Beispiele einer Gestaltungskunst, die es sich zum Ziel gesetzt hat, den Werkstoff so weit auszunutzen, als es mit Rücksicht auf die Betriebssicherheit irgend möglich ist. Die Bauglieder der Brücken werden jedoch zum überwiegenden Teil durch ruhende Lasten beansprucht, da das Eigengewicht in der Regel einen größeren Anteil der Gesamtbeanspruchung ausmacht als die über die Brücke wandernde Last.

Bei Beurteilung der Frage, wieweit der Werkstoff ausgenutzt werden kann, ist der Abstand zwischen der höchsten und der niedrigsten Beanspruchung maßgebend, die das in Betracht gezogene Bauglied erfährt. Zur Klärung genügt es nicht, die Beanspruchung durch das Eigengewicht der wandernden Last z. B. durch einen Eisenbahnzug in Betracht zu ziehen, sondern man muß auch noch die dabei auftretenden dynamischen Wirkungen berücksichtigen. Diese haben eine oft recht beträchtliche Erhöhung der Beanspruchung zur Folge. Zu diesem Zweck wird der sogenannte „Stoßzuschlag“ eingeführt, mit dem die durch das Eigengewicht der wandernden Last hervorgerufene Beanspruchung zu multiplizieren ist. Seine Größe konnte zunächst nur geschätzt werden.

Es ist in diesem Fall Aufgabe der dynamischen Dehnungsmessungen, festzustellen, wie groß der Stoßzuschlag wirklich ist. Die Deutsche Reichsbahn hat sich um die Klärung dieser Frage sehr bemüht. Zunächst wurde versucht, dadurch Klarheit zu schaffen, daß dynamische Dehnungsmessungen an den Hauptgliedern der Brücke, wie z. B. am Ober- und Untergurt, vorgenommen und der Verlauf der Beanspruchungen beim Ueberfahren der Last mit verschiedenen Geschwindigkeiten festgestellt wurden. Trotz vielen Bemühungen führte dieses Verfahren jedoch nicht zu



klaren und eindeutigen Ergebnissen. Erfolgreicher war eine andere Art der Messung. Sie wurde in der Weise vorgenommen, daß der Verlauf der Durchbiegung an den wichtigsten Knotenpunkten der Brücke während des Ueberfahrens der Last gemessen wurde. Aus den durch Auswertung dieser Aufzeichnungen erhaltenen Durchbiegungszuständen der Brücke kann mit Hilfe der üblichen statischen Berechnung die zugehörige Beanspruchung in den einzelnen Baugliedern festgelegt werden. Auch kann auf Grund dieser Beobachtungen der ungünstigste Durchbiegungszustand ausgewählt und die dabei auftretende Höchstbeanspruchung für die Beurteilung der Betriebssicherheit herangezogen werden<sup>2)</sup>.

Diese Messungen ergaben, daß der Stoßfaktor bisher fast durchweg um etwa 10 bis 20 % zu hoch angenommen worden war, so daß, wenn diese Messungen auf noch breiterer Grundlage durchgeführt sind, bei Neubauten eine gewisse Ersparnis an Werkstoff gewagt werden kann.

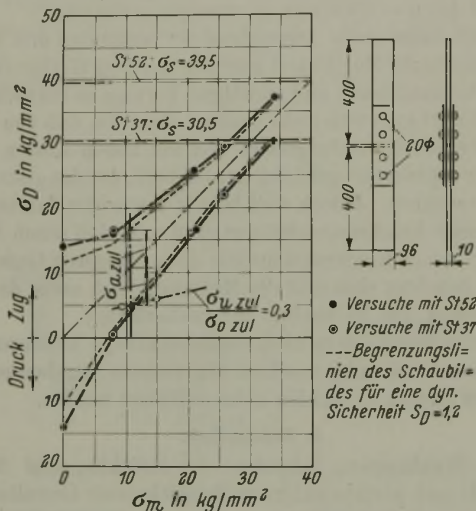


Bild 5. Von O. Graf ermitteltes Dauerfestigkeitsschaubild für zweireihige Laschenverbindungen aus St 37 und St 52; Grenzlastspielzahl 2 Millionen.

Die Messung der Spannungsverteilung in Brücken ist vielfach zur Nachprüfung der statischen Berechnung durchgeführt worden. Sie bietet insofern keine besonderen Schwierigkeiten, als Meßgeräte mit großer Meßstrecke wie der Huggenberger-Tensometer benutzt werden können und ihre Aufspannung bequem möglich ist. Auch die Ermittlung der Spannungsverteilung in Knotenpunkten, Laschenverbindungen und Augenstäben bildete wiederholt den Gegenstand eingehender Untersuchungen.

Dauerbrüche treten an Brücken erfahrungsgemäß sehr selten auf. Daher befassen sich die Festigkeitsversuche hauptsächlich mit Zugversuchen und Knickversuchen unter statischer Belastung. Durch Dauerbrüche gefährdet sind vor allem die Niet- und Schweißverbindungen. Demgemäß wurden der Dauerfestigkeit dieser Verbindungen eingehende Untersuchungen gewidmet. Bild 5 zeigt das Ergebnis der von O. Graf in Stuttgart durchgeführten Zugversuche mit zweireihigen Nietverbindungen<sup>3)</sup>. Man erkennt, daß hinsichtlich des ertragenen Spannungsauschlages, d. h. des Abstandes von der unteren bis zur oberen Grenze der Schwingungsbeanspruchung zwischen St 37 und St 52 kein nennenswerter Unterschied besteht. Dieser Spannungsausschlag ist im vorliegenden Fall recht niedrig; er beträgt an der Streckgrenze etwa  $\pm 3,5$  kg/mm<sup>2</sup>, bei Ursprungsb-

<sup>2)</sup> Krabbe: Stahlbau 10 (1937) S. 204/06.

<sup>3)</sup> Bericht siehe Lehr, E.: Z. VDI 80 (1936) S. 920/22. Ferner: Graf, O.: Berichte des Deutschen Ausschusses für Stahlbau, Ausg. B, Heft 12. Versuche mit Nietverbindungen. Berlin 1941.

lastung etwa  $\pm 7$  kg/mm<sup>2</sup> bezogen auf den Restquerschnitt durch Mitte Nietloch. Wenn also z. B. bei einer Brücke eine Spitzenbelastung von 2500 kg/cm<sup>2</sup> zugelassen ist, so kann in der Nietverbindung die Beanspruchung nur zwischen 1800 und 2500 kg/cm<sup>2</sup> beim Ueberfahren der Last schwanken, ohne daß im Dauerbetrieb ein Bruch befürchtet zu werden braucht. Wird eine Höchstbeanspruchung von 1700 kg/cm<sup>2</sup> zugelassen, so kann die Belastung um einen erheblich größeren Betrag, nämlich zwischen 400 und 1700 kg/cm<sup>2</sup>, schwanken, ohne daß ein Dauerbruch auftritt. Die so geschaffenen Unterlagen haben jedenfalls bereits weitgehende Klarheit gebracht und ermöglichen eine volle Ausnutzung des Werkstoffes.

Sehr zahlreich sind die Dauerversuche mit Schweißverbindungen. Sie führten zu dem Ergebnis, daß eine gute Werkstoffausnutzung nur dann erzielt werden kann, wenn die Verbindungen stumpf aneinandergeschweißt, also Flankennähte und aufgesetzte Laschen grundsätzlich vermieden werden. Bild 6 gibt einen Ueberblick über die Zug-

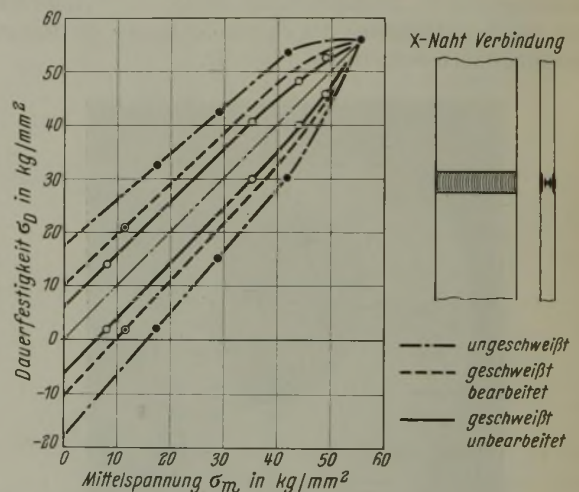


Bild 6. Dauerfestigkeitsschaubild für geschweißte Stumpfnahverbindungen aus St 52 nach G. Bierett.

Druck-Dauerfestigkeit von geschweißten Stumpfnahverbindungen aus St 52. Man erkennt, daß eine Bearbeitung der Schweißnaht eine Erhöhung des Spannungsauschlages der Dauerfestigkeit von  $\pm 6$  auf  $\pm 10$  kg/mm<sup>2</sup> bringt und daß der Spannungsausschlag der Dauerfestigkeit des ungeschweißten Werkstoffes mit  $\pm 18$  kg/mm<sup>2</sup> fast dreimal so hoch liegt als derjenige einer Schweißverbindung mit un bearbeiteter Schweißnaht. Immerhin liegen bei einer Höchstbeanspruchung von etwa 2000 kg/cm<sup>2</sup> die mit einer Schweißverbindung bei un bearbeiteter Schweißnaht erzielten Dauerfestigkeiten etwa ebenso hoch wie bei den Nietverbindungen. Allerdings muß auch hier festgestellt werden, daß der Spannungsausschlag bei Konstruktionsteilen aus St 52 nicht höher ist als bei solchen aus St 37, und daß man ihn im Mittel mit  $\pm 6$  kg/mm<sup>2</sup> annehmen kann, wenn die Schweißnaht nicht bearbeitet wird, während durch Bearbeitung der Schweißnaht eine Erhöhung auf etwa  $\pm 10$  kg/mm<sup>2</sup> eintritt.

Eine besondere Gefahr bildet bei geschweißten Brücken aus St 52 die Schweißrissigkeit, die zu einigen unerwarteten Brüchen Anlaß gegeben hat. Die Aufdeckung ihrer Gründe und die Bekämpfung ihrer Ursachen hat die Fachwelt in den letzten Jahren stark beschäftigt<sup>4)</sup>.

<sup>4)</sup> Schaper, G.: Elektroschweißg. 8 (1937) S. 1/4; Kommerell, O.: Bautechn. 17 (1939) S. 161/63 u. 218/21; Wasmuth, R.: Bautechn. 17 (1939) S. 85/90; Hautmann, H.: Mitt. Forsch.-Anst. Gutehoffn. 7 (1939) S. 41/47; Kühnel, R.: Stahl u. Eisen 60 (1940) S. 381/90 u. 405/12 (Werkstoffaussch. 496); Grosse, W.: Stahl u. Eisen 60 (1940) S. 441/53 (Werkstoffaussch. 499).



Ein weiteres wichtiges Element des Brückenbaues ist der Augenstab. Grundsätzliche Klarheit über die hier zulässigen Dauerbeanspruchungen bringen die in *Bild 7* wiedergegebenen Versuche<sup>6)</sup>. Diese sind zwar mit Probekörpern aus St 60.11 vorgenommen, doch werden sich bei St 52 praktisch die gleichen Ergebnisse herausstellen. Die erste Versuchsreihe wurde mit einem kreisringförmigen Stabkopf durchgeführt. Dabei ergab sich bei spielfrei eingesetztem

brüche nicht sehr groß sein kann. Bei Eisenbahnbrücken kann eine Zugüberfahrt etwa mit einem Lastspiel gleichgesetzt werden. Die dabei auftretenden Oberschwingungen sind, wie aus *Bild 8* zu ersehen, gegenüber der Hauptlast verhältnismäßig gering<sup>7)</sup>. Es dürfte genügen, wenn man den durch die Oberschwingungen bedingten Spitzenwert als Höchstbeanspruchung annimmt. Wird nun eine Brücke z. B. je Tag hundertmal überfahren, so muß sie etwa 30 Jahre in Betrieb sein, bis eine Million Lastspiele zurückgelegt sind. Dieser Hinweis allein schon genügt, um zu kennzeichnen, daß es der Brückenbauer hinsichtlich Berücksichtigung der Wechselbeanspruchungen sehr viel leichter hat als der Maschinenbauer, dessen Konstruktionsteile zum überwiegenden Teil einer reinen Wechselbeanspruchung unterworfen sind.

Werkstoff: St 60.11  
 Analyse: C = 0,48 %, Si = 0,32 %, Mn = 0,63 %, P = 0,011 %, S = 0,032 %  
 Zugversuch:  $\sigma_R = 69,5 \text{ kg/mm}^2$ ,  $\sigma_S = 41,2 \text{ kg/mm}^2$ ,  $\delta_{10} = 17 \%$ ,  $\psi = 43 \%$   
 Dauerfestigkeit:  $\sigma_{D10} = 18 \pm 16 \text{ kg/mm}^2$

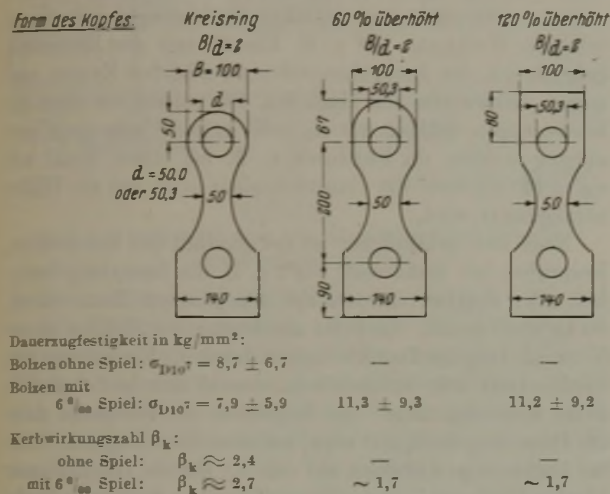


Bild 7. Ermittlung der Dauerzugfestigkeit an Augenstäben nach E. Lehr und K. Busmann.

Bolzen ein Spannungsausgleich von  $\pm 6,7 \text{ kg/mm}^2$ . Wurde dem Bolzen wie üblich ein Spiel von 0,6 % gegeben, so sank der Spannungsausgleich auf  $\pm 5,9 \text{ kg/mm}^2$ , also um rd. 10 %. Bei der zweiten Versuchsreihe wurde der Scheitel des Kopfes um 60 % überhöht. Hierdurch stieg der Spannungsausgleich der Dauerfestigkeit von  $\pm 5,9$  auf  $\pm 9,3 \text{ kg/mm}^2$ , also um mehr als 50 %. Diese Maßnahme ermöglicht es also, die Tragfähigkeit nahezu ohne Gewichtsvermehrung um mehr als 50 % zu steigern, stellt also ein sehr beachtliches Mittel zur Erhöhung der Werkstoffausnutzung durch die Formgebung dar.

Bei einer dritten Versuchsreihe wurde der Scheitel um 120 % überhöht; eine weitere Besserung der Dauerfestigkeit ergab sich jedoch nicht, so daß die 60prozentige Ueberhöhung etwa als Bestwert angenommen werden kann.

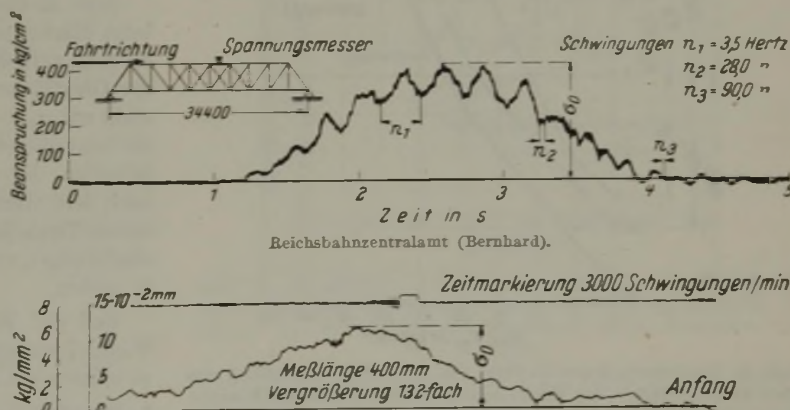
Diese Beispiele mögen genügen, um zu zeigen, daß auf dem Gebiet des Brückenbaues bereits die wichtigsten Grundlagen vorliegen, um die eingangs verlangte äußerste Werkstoffausnutzung zu erzielen. Eine weitere Ausdehnung der Durchbiegungsmessungen bei Ueberfahren der Last wird besonders berufen sein, die möglichen Grenzen noch besser festzulegen.

Da Dauerbrüche erst einzutreten pflegen, wenn mehrere Millionen Lastspiele zurückgelegt sind, ist ohne weiteres verständlich, daß die Gefährdung der Brücken durch Dauer-

B. Maschinenbau.

Im Maschinenbau spielen ruhende Beanspruchungen nur eine untergeordnete Rolle. Die Bauteile sind vorwiegend periodischen Belastungen ausgesetzt, die in raschem Wechsel verlaufen. Dabei entspricht ein Lastspiel meist einer Umdrehung der Maschinenwelle. Man denke z. B. an Kurbelwellen, Pleuelstangen und Kolbenstangen von Motoren oder auch an Eisenbahnradachsen. In diesem Fall gelten also die durch die Dauerversuche gewonnenen Ergebnisse uneingeschränkt; auch sind in der Regel nach kurzer Betriebszeit, etwa der Dauer eines Jahres, bereits mehrere hundert Millionen Lastspiele je Bauteil zurückgelegt. Bevor einzelne Beispiele betrachtet werden, erscheint es daher zweckmäßig, einen kurzen Ueberblick über die wichtigsten auf dem Gebiet der Dauerfestigkeit bisher gewonnenen Erkenntnisse zu bringen.

Der weitaus überwiegende Teil der Untersuchungen wurde an kleinen Probestäben mit einem Schaftdurchmesser von 7,5 bis 15 mm durchgeführt. Hierbei wurde im wesentlichen folgendes festgestellt<sup>7)</sup>:



sich kreuzende Züge auf der Harburger Elbbrücke (Geiger).

Bild 8. Verlauf der Spannungen in dem Obergurt einer Eisenbahnbrücke bei einer Zugüberfahrt.

1. Dauerfestigkeit bei idealer Oberfläche und kerbfreier Form.

Die Ermittlung der Dauerfestigkeit wird bekanntlich durch Aufnahme von Wöhlerkurven mit mindestens je sechs gleichen Probestäben vorgenommen. Dabei zeigte sich, daß die unbegrenzt ertragbare Belastung bei Probestäben aus Stahl bereits bei einer Wechselbeanspruchung erreicht ist,

<sup>6)</sup> Lehr, E., und K. H. Bußmann: Z. VDI 83 (1939) S. 513/14.

<sup>7)</sup> Bernhard, R.: Masch.-Bau Betrieb 10 (1931) S. 727/28.  
 Siehe auch: Mailänder, R.: Techn. Mitt. Krupp, A.: Forsch.-Ber., 2 (1939) Anhang S. 8/15; Lehr, E.: Metallwirtsch. 18 (1939) S. 595/99 u. 617/23.



welche die Probe während 10 Millionen Lastspielen gerade noch zu ertragen vermag, ohne zu brechen. Bei Leichtmetallen liegt diese Gesetzmäßigkeit nicht vor, sondern die Dauerfestigkeit sinkt mit der Grenzspielzahl immer weiter ab. Man kann jedoch das Absinken je Zehnerpotenz der Lastspiele ziemlich genau festlegen. So ergibt sich z. B., daß Duralumin bei einer Grenzspielzahl von 10 Millionen eine Dauerbiegefestigkeit von  $\pm 14 \text{ kg/mm}^2$ , bei 100 Millionen eine solche von  $\pm 12 \text{ kg/mm}^2$ , bei einer Milliarde eine solche von  $\pm 10 \text{ kg/mm}^2$  hat, daß es also seine Dauerfestigkeit je Zehnerpotenz der Lastspielzahl um rd.  $2 \text{ kg/mm}^2$  erniedrigt. Im übrigen besteht mit einer Streuung von etwa  $\pm 20 \%$  ein linearer Zusammenhang zwischen der Zerreißfestigkeit  $\sigma_B$  und der Dauerfestigkeit bei idealer Oberfläche und Form.

Die Dauerbiegefestigkeit der Sthle liegt zwischen etwa  $\pm 20 \text{ kg/mm}^2$  bei St 37 und  $\pm 70 \text{ kg/mm}^2$  bei hochwertigem Federstahl. Für die Zug-Druck-Dauerfestigkeit wurden nur 80 bis 90 % der Dauerbiegefestigkeit gemessen; worauf diese Erscheinung zurückzuführen ist, blieb bisher ungeklärt. Die Drehschwingungsfestigkeit liegt etwa zwischen 45 und 55 % der Dauerbiegefestigkeit.

Werkstoff: St 60.11.  
 Mittlere statische Festigkeitswerte:  
 $\sigma_{11} = 65 \text{ kg/mm}^2$ ;  $\sigma_S = 36 \text{ kg/mm}^2$ ;  $\delta_{10} = 14 \%$ .  
 Mittlere Analyse: C  $\approx 0,45 \%$ ; Si  $\approx 0,3 \%$ ; Mn  $\approx 0,7 \%$ .

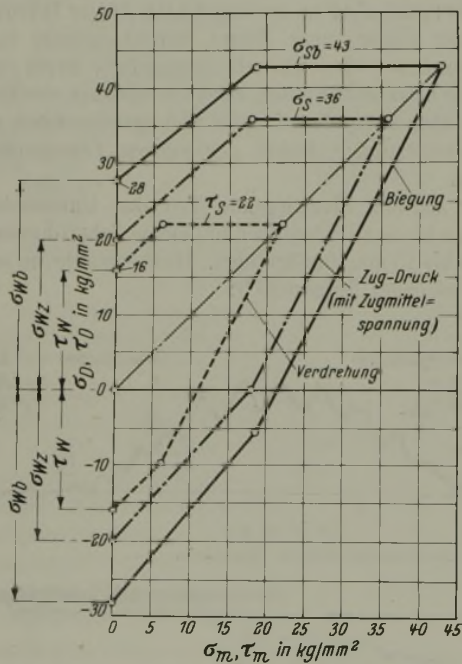


Bild 9. Dauerfestigkeitsschaubild von St 60.11; entnommen aus den Arbeitsblättern des Fachausschusses für Maschinenelemente beim VDI.

2. Einfluß einer Mittelspannung.

Wird die Wechselbeanspruchung einer ruhenden Mittelspannung überlagert, so nimmt der Spannungsaus­schlag der Dauerfestigkeit verhältnismäßig wenig ab. Bei Drehschwingungsbeanspruchung ist die Abnahme, solange die Oberspannung unterhalb der Streckgrenze bleibt, bei fast allen Stahlsorten praktisch belanglos. Bei Dauerbiegebeanspruchung beträgt die Abnahme im Höchstfall 25 %. Bei Zug-Druck-Bbeanspruchung wurde festgestellt, daß mit zunehmender Druckmittelspannung teilweise eine wesentliche Erhöhung des Spannungsaus­chlages der Dauerfestigkeit auftritt.

Das Ergebnis der Untersuchungen wurde in Dauerfestigkeitsschaubildern festgelegt, wie sie für die wichtigsten ge-

normten Stahlsorten in den Jahren 1934/35 vom Fachausschuß für Maschinenelemente des Vereines Deutscher Ingenieure herausgegeben worden sind. Bild 9 zeigt als Beispiel das Dauerfestigkeitsschaubild von St 60.11. Es wäre zu begrüßen, wenn diese Sammlung auf Grund der neueren Ergebnisse weiter ergänzt würde.

3. Einfluß der Oberfläche.

Sehr wesentlich ist der Einfluß der Oberflächenbeschaffenheit. Wird z. B. die Oberfläche nur geschruppt, so sinkt die Dauerbiegefestigkeit gegenüber dem poliertem Zustand bei St 50.11 um 10 bis 15 %, bei einem Konstruktionsstahl mit  $\sigma_B = 120 \text{ kg/mm}^2$  um 25 bis 30 %, und bei einem Federstahl mit  $\sigma_B = 170 \text{ kg/mm}^2$  um 35 bis 40 %.

Sehr gefährlich sind zufällige Verletzungen mit einem scharfen Werkzeug, wie z. B. Kratzer mit der Reißnadel, Schrammen, die durch Anstreifen an scharfen Kanten entstehen, Schleifrisse und ähnliches. Sie müssen vor allem bei hochwertigen Stählen mit  $\sigma_B > 80 \text{ kg/mm}^2$  unbedingt vermieden werden, da hierdurch z. B. bei einem Stahl mit  $\sigma_B = 140 \text{ kg/mm}^2$  die Dauerfestigkeit etwa auf die Hälfte herabgesetzt wird.

Noch weit gefährlicher ist der Einfluß der Korrosion. Besprühen mit Süßwasser wirkt z. B. die Dauerbiegefestigkeit aller Stahlsorten etwa auf den gleichen Wert von rd.  $40 \text{ kg/mm}^2$  herab. Auch bei nichtrostenden Stählen ist die Verminderung der Dauerfestigkeit durch die Einwirkung von Sprühwasser sehr beträchtlich, obwohl sich hier äußerlich keine Korrosion zeigt. Bei Korrosion mit Seewasser sinkt die Dauerbiegefestigkeit sogar auf etwa 4 bis 5  $\text{kg/mm}^2$ , also bei hochwertigen Stählen auf den 10. bis 15. Teil des unter idealen Bedingungen erreichbaren Wertes. Auch galvanische Ueberzüge, z. B. Verchromen, bringen keine Abhilfe, sondern setzen schon von sich aus, offenbar infolge Wasserstoffaufnahme der Oberfläche, die Dauerfestigkeit bis zu etwa 30 % herab.

Sehr nachteilig ist ferner der Einfluß der Oxydhaut, die beim Härten entsteht, auch wenn ihre Bildung infolge Benutzung aufkohlender Salzbäder nicht mit einer Entkhlung der Oberfläche verbunden ist. Bei Chrom-Vanadin-Federstahl mit  $\sigma_B = 150 \text{ kg/mm}^2$  wird z. B. durch die Oxydhaut die Dauerbiegefestigkeit auf rd. ein Drittel des Wertes herabgeworfen, der erreicht werden kann, wenn die Oberfläche nach dem Härten um rd. 0,5 mm abgeschliffen wird. Aus diesen Tatsachen, die noch um eine große Zahl weiterer Beobachtungen vermehrt werden könnten, ist folgender Schluß zu ziehen.

Soll der Werkstoff bei Konstruktionsteilen, die einer Wechselbeanspruchung unterliegen, voll ausgenutzt werden, so müssen vor allem folgende Bedingungen erfüllt sein:

1. Die Oberfläche muß fein bearbeitet, mindestens riefenfrei geschliffet sein, und zwar um so besser, je höher die Festigkeit des Werkstoffes ist.
2. Die beim Härten entstehende Oxydhaut muß durch Abschleifen einer Schicht von etwa 0,3 mm Stärke beseitigt werden.
3. Galvanische Ueberzüge sind zu vermeiden.
4. Es ist für sorgfältigsten Korrosionsschutz zu sorgen. Wenn nicht anders möglich, hat sich ein Anstrich mit zhbleibenden Asphaltlacken gut bewährt.
5. Die Konstruktionsteile sind bei der Bearbeitung und beim Transport gegen Kratzer, Schrammen und alle Arten von Oberflächenbeschädigungen unbedingt zu schtzen.

Die sorgfältigste Formgebung und der beste Stahl nützen nichts, wenn diese Voraussetzungen nicht erfüllt sind.



**Konstruktiv bedingte Kerben.**

Unter konstruktiv bedingten Kerben sollen vor allem die Hohlkehlen an Wellenabsätzen, in Winkelecken und bei allen Arten von Querschnittsübergängen, ferner Querbohrungen sowie Halbrund- und Spitzkerben verstanden werden. Bild 10 zeigt als Beispiel eine Uebersicht über die bei Wellen vorkommenden konstruktiven Kerben, die man auch als Formelemente bezeichnet hat. Bei Untersuchung des Einflusses, den die Kerbform auf die Dauerfestigkeit ausübt,

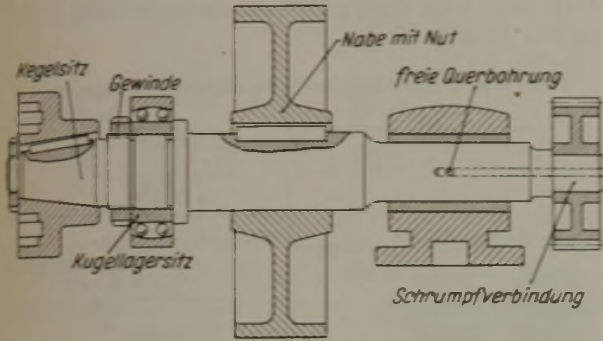


Bild 10. Uebersicht über die bei Wellen vorkommenden konstruktiven Kerben.

erhält man den besten Ueberblick durch Angabe der sogenannten Kerbwirkungszahl  $\beta_k$ . Man versteht darunter z. B. bei dauerbiegebeanspruchten Wellen das Verhältnis des Wechsel-Biegemomentes, das von einem kerbfreien Probestab ertragen wird, zu demjenigen, das der mit einer Kerbe, z. B. Hohlkehle, versehene Probestab bei gleichem Schaftdurchmesser aushält. Die Kerbwirkungszahl kann nur durch Dauerversuche festgestellt werden. Bild 11 zeigt

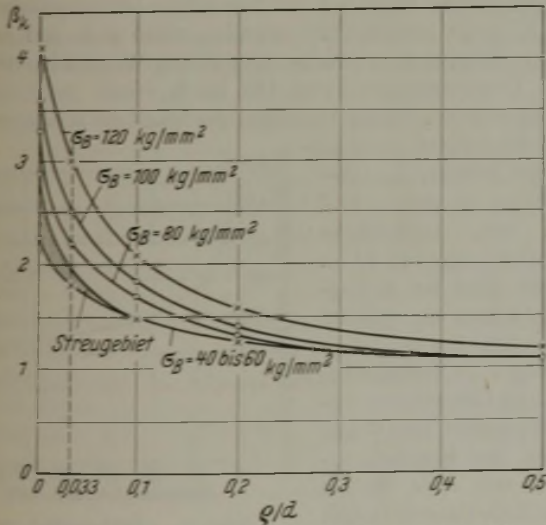


Bild 11. Kerbwirkungszahlen  $\beta_k$  für abgesetzte auf Biegung beanspruchte Wellen mit Hohlkehlenübergang bei  $D/d = 2$ , ermittelt von E. Lehr.

z. B. die Kerbwirkungszahlen für dauerbiegebeanspruchte Wellen mit Hohlkehlenübergang, bei denen die Durchmesser der Wellenstücke  $D$  bzw.  $d$  sich wie 1 : 2 verhalten. Man erkennt, daß eine sehr starke Herabsetzung der Dauerbiegefestigkeit eintritt, wenn der Kehlhalbmesser  $\rho$  kleiner wird als ein Zehntel des kleineren Schaftdurchmessers  $d$ . Bei ganz scharfem Absatz wird z. B. bei einem Werkstoff mit  $\sigma_B = 120 \text{ kg/mm}^2$   $\beta_k = \text{rd. } 4$ , während bei  $\rho/d = 0,1$   $\beta_k$  bereits auf rd. 2 zurückgegangen ist. Gerade dieses Bild zeigt anschaulich, wie außerordentlich wichtig es ist, alle Querschnittsübergänge mit großen Hohlkehlen auszurunden, da anderenfalls die Tragfähigkeit des Werkstückes bei Wechselbeanspruchung auf den dritten oder vierten Teil

des bei großer Ausrundung zulässigen Wertes zurückgeht, also infolge dieser Unvorsichtigkeit unter Umständen der Konstruktionsteil mit dem drei- bis vierfachen Werkstoffaufwand hergestellt werden muß. Bild 12 zeigt die entsprechenden Kurven für die Kerbwirkungszahlen bei Dreh-schwingungsbeanspruchung von abgesetzten Wellen. Man erkennt, daß sie ähnlich verlaufen, wobei allerdings die  $\beta_k$ -Werte hier nicht ganz so hoch ansteigen. Auch in diesem Fall gilt die

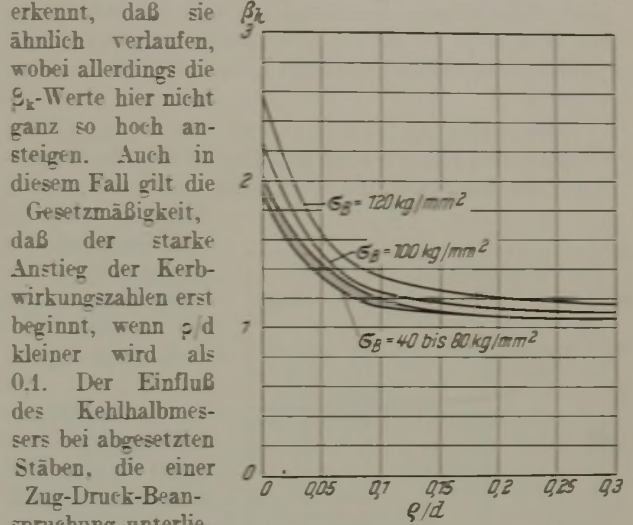


Bild 12. Kerbwirkungszahlen  $\beta_k$  für drehbeanspruchte abgesetzte Wellen mit Hohlkehlenübergang bei  $D/d = 1,4$  nach Versuchen von W. Herold.

Gesetzmäßigkeit, daß der starke Anstieg der Kerbwirkungszahlen erst beginnt, wenn  $\rho/d$  kleiner wird als 0,1. Der Einfluß des Kehlhalbmessers bei abgesetzten Stäben, die einer Zug-Druck-Beanspruchung unterliegen, ist noch wenig erforscht. Jedoch scheinen hier bei scharfen Absätzen mit  $\rho/d < 0,1$  die Kerbwirkungszahlen noch viel höher zu liegen als bei Biegebeanspruchung und Werte bis  $\beta_k = 10$  zu erreichen, so daß in solchen Fällen vor kleinen Abrundungen nicht nachdrücklich genug gewarnt werden kann.

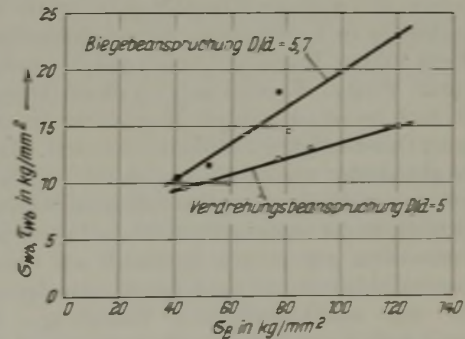


Bild 13. Dauerbiege- und Dauerdrehfestigkeit von Wellen mit Querbohrungen, bezogen auf den vollen Wellenquerschnitt, ermittelt an 30 mm Schaftdurchmesser (Nach Versuchen von E. Lehr.)

Die Kerbwirkungszahl von Querbohrungen kann bei Biegewechselbeanspruchung und Zug-Druck-Beanspruchung mit etwa 1,8 bis 2,4 angenommen werden. Bild 13 zeigt einen Ueberblick über die bei Verdrehungsbeanspruchung und Biegebeanspruchung bei 30 mm Wellendurchmesser erzielten Werte. Sie ist im wesentlichen vom Verhältnis des Bohrlochdurchmessers zum Schaftdurchmesser unabhängig, wenn man die Dauerfestigkeit auf den Restquerschnitt bezieht.

Bei Ringkerben mit Halbkreisquerschnitt liegt  $\beta_k$  in der Größenordnung von 2. Spitzkerben sollten grundsätzlich vermieden werden, da hier  $\beta_k$  bis zu 6 ansteigen kann.

**Der Größeneinfluß.**

Dauerversuche mit Probestäben verschiedenen Durchmessers haben gezeigt, daß z. B. die Dauerbiegefestigkeit und die Dreh-schwingungsfestigkeit sehr wesentlich mit steigen-



dem Durchmesser abnehmen. Z. B. ergab sich bei Dauerbiegeversuchen, daß die Dauerfestigkeit von Probestäben mit 30 mm Schaftdurchmesser nur etwa 85 % derjenigen von Stäben mit 7,5 mm Schaftdurchmesser war<sup>8)</sup>. Zur Zeit laufen bei der MAN. Dauerbiegeversuche mit Probestäben von 165 mm Schaftdurchmesser aus St C 35.61. Sie sind noch nicht abgeschlossen. Voraussichtlich wird die Dauerfestigkeit etwa 75 % der aus der Mantelfläche der großen Stäbe entnommenen kleinen Proben mit 7,5 mm Schaftdurchmesser betragen.

Schon heute läßt sich nicht mehr abstreiten, daß der Größeneinfluß sehr erheblich ist. Bild 14 zeigt die vermutliche Gesetzmäßigkeit, die durch zahlreiche Versuche noch festgelegt werden muß und bis zur Beendigung dieser Versuche nur ganz roh die zu erwartende Größenordnung andeuten soll. Bei Wellen von 500 mm Durchmesser wird damit gerechnet werden müssen, daß die Dauerbiegefestigkeit und die Drehschwingungsfestigkeit nur etwa 50 bis 60 % der an kleinen Probestäben ermittelten Werte betragen. Worauf

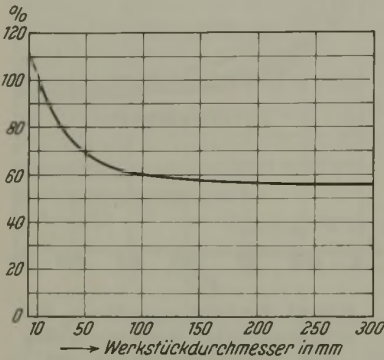


Bild 14. In erster Annäherung angenommener Verlauf für den Einfluß des Wellendurchmessers bei Dauerbiegebeanspruchung und Dauerdrehschwingungsbeanspruchung.

der Größeneinfluß beruht, ist bisher noch nicht stichhaltig geklärt worden. Zur weiteren Klarstellung ist bei der MAN. eine Versuchsreihe in Vorbereitung, bei der Hohlstäbe aus St C 35.61 mit 165 mm Außendurchmesser und 10 mm Wandstärke geprüft werden. Es wird sich bei diesen Versuchen zeigen, ob auch bei dieser geringen Wandstärke der starke Rückgang der Dauerfestigkeit stattfindet oder nicht. Hieraus wird dann geschlossen werden können, ob die Ursache des Größeneinflusses in der Spannungsverteilung im Stabinnern liegt. Jedenfalls ist der Größeneinfluß bei der Uebertragung der an Probestäben gewonnenen Ergebnisse auf betriebsfertige Konstruktionsteile und somit für die Ausnutzung des Werkstoffs von ausschlaggebender Bedeutung. Seine Klärung muß deshalb zur Zeit als eine der vordringlichsten Aufgaben der Werkstoffforschung bezeichnet werden.

Nabensitze.

Ein lehrreiches Beispiel für die richtige Werkstoffausnutzung durch entsprechende Formgebung bietet das Studium der Dauerfestigkeit von Wellen mit Nabensitzen. Die betreffenden Untersuchungen wurden vor allem im Hinblick auf die Ausbildung von Eisenbahnradachsen durchgeführt. Es war bis vor kurzem allgemein üblich, die Naben auf glatten Wellen aufzusetzen, entweder durch Aufpressen mit Festsitz, wie bei den Eisenbahnradachsen, oder durch eine Keilverbindung. Die Tatsache, daß immer wieder Dauerbrüche in den Nabensitzen auftraten, zeigte, daß diese Konstruktionsform für die Dauerfestigkeit sehr ungünstig sein mußte. Inzwischen sind eingehende Dauerversuche zur Klärung dieser Frage durchgeführt worden<sup>9)</sup>. Bild 15 zeigt eine Zusammenstellung von Ergebnissen, die mit Nabensitzen bei Wellen aus St 50.11 erhalten wurden, Bild 16 eine

Kurve, aus der die Aenderung der Dauerbiegefestigkeit von Wellen aus St 50.11 mit Nabensitzen, die glatt auf die Welle aufgedreht waren, in Abhängigkeit vom Wellendurchmesser zu erkennen ist. Es wurden folgende Dauerbiegefestigkeiten festgestellt:

- bei 10 mm Wellendurchmesser ± 16 kg/mm<sup>2</sup> <sup>10)</sup>
- 40 mm Wellendurchmesser ± 11 kg/mm<sup>2</sup> <sup>11)</sup>
- 160 mm Wellendurchmesser ± 8,2 kg/mm<sup>2</sup> <sup>12)</sup>
- 295 mm Wellendurchmesser ± 7 kg/mm<sup>2</sup> <sup>13)</sup>.

Auch diese Aufstellung gibt einen eindrucksvollen Beweis für den Größeneinfluß.

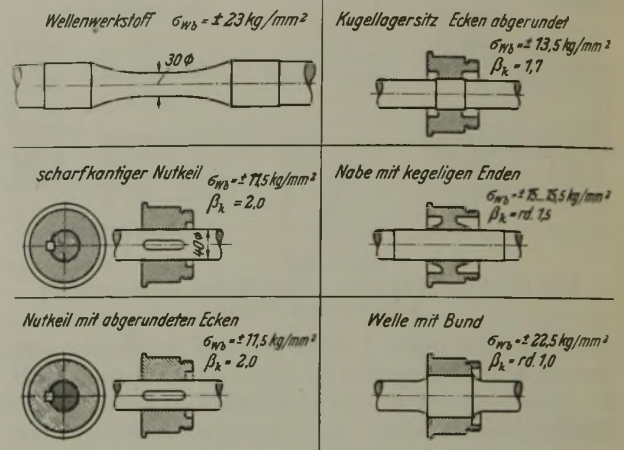


Bild 15. Zusammenstellung von Dauerbiegeversuchen an Wellen aus St 50.11 mit Nabensitzen.

Durch dynamische Dehnungsmessungen, die während der betriebsmäßigen Fahrt mit dem induktiven Dehnungsmesser von E. Lehr durchgeführt wurden, ergab sich, daß die höchste Biegebeanspruchung einer D-Zug-Wagenachse bei einer Geschwindigkeit von 140 km/h etwas mehr als ± 7 kg/mm<sup>2</sup> ist. Da die Dauerbiegefestigkeit der bisher verwendeten Achsen ± 8,2 kg je mm<sup>2</sup> beträgt, hat also die Achse in diesem Fall noch eine tatsächliche Sicherheit von etwa 15%. Brüche sind bei D-Zug-Wagenachsen nur äußerst selten aufgetreten. Dagegen liegen die Verhältnisse bei Groß-Güterwagen wesentlich anders. Hier wurde bereits bei Geschwindigkeiten von etwa 70 bis 75 km/h die Dauerfestigkeit der Achse überschritten, wodurch die verhältnismäßig vielen Brüche erklärt sind, die in diesem Fall auftraten. Es war nun zunächst die Frage zu untersuchen, ob die Dauerfestig-

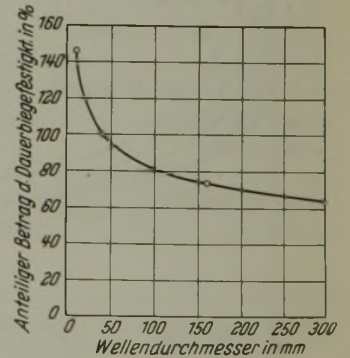


Bild 16. Abhängigkeit der Dauerbiegefestigkeit bei Wellen aus St 50.11 mit Nabensitzen vom Wellendurchmesser.

Die bei Wellen mit 40 mm Dmr. erzielte Dauerbiegefestigkeit ist gleich 100 % gesetzt.

<sup>8)</sup> Lehr, E., und R. Mailänder: Arch. Eisenhüttenw. 41 (1937/38) S. 563/68 (Werkstoffaussch. 420).

<sup>9)</sup> Lehr, E.: Techn. Zbl. prakt. Metallbearb. 51 (1941) S. 48 u. 50/52; S. 134 u. 136/37.

<sup>10)</sup> Messungen des Verfassers.

<sup>11)</sup> Lehr, E.: Techn. Zbl. prakt. Metallbearb. 47 (1937) S. 698 u. 700; S. 769/72.

<sup>12)</sup> Versuchsergebnis der Deutschen Reichsbahn an betriebsmäßigen Radachsen.

<sup>13)</sup> Nach amerikanischen Versuchen mit Lokomotivachsen; siehe Buckwalter, T. V., O. J. Horger und W. C. Sanders: Trans. Amer. Soc. Mech. Engrs. 60 (1938) S. 335/45.



keit der Achse durch Wahl eines höherwertigen Werkstoffes erhöht werden kann. Entsprechende Versuche wurden mit Wellen von 40 mm Schaftdurchmesser durchgeführt. Bei Achsen aus St 50.11 ergab sich eine Dauerbiegefestigkeit von  $\pm 11 \text{ kg/mm}^2$ , bei Herstellung der Achsen aus VCN 25 mit  $\sigma_B = 90 \text{ kg/mm}^2$  eine Dauerbiegefestigkeit von rd.  $13,5 \text{ kg/mm}^2$ . Eine nennenswerte Erhöhung der Dauerbiegefestigkeit wurde also durch Wahl eines höherwertigen Werkstoffes nicht erreicht. Weitere Versuche mit Naben, deren

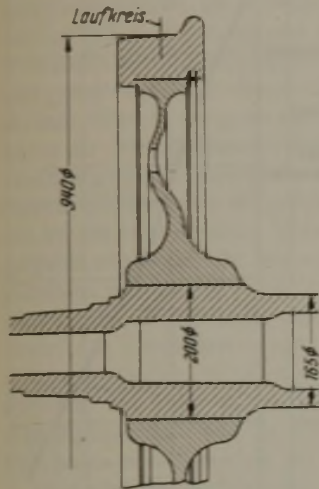


Bild 17. Beispiel für die Ausbildung einer Eisenbahnradachse mit Bund für den Nabensitz, bei der die volle Dauerfestigkeit des Werkstoffes ausgenutzt wird.

Enden nach einem Vorschlag von E. Kreissig<sup>14)</sup> kegelförmig spitz ausgezogen waren, führten ebenfalls nicht zum Ziel, sondern zeigten eine Erhöhung der Dauerfestigkeit von nur etwa 15%. Wurden dagegen die Naben auf einen Bund gesetzt (Bild 17), dessen Durchmesser so groß gewählt war, daß sein Widerstandsmoment doppelt so groß war wie dasjenige des Wellenschaftes, so konnte bei Achsen aus St 50.11 die Dauerbiegefestigkeit bezogen auf den Schaft auf  $\pm 22$  bis  $\pm 23 \text{ kg/mm}^2$  erhöht, also verdoppelt werden. Bei richtiger Konstruktion kann man also den Durchmesser des Achsschaftes gegenüber den bisherigen Abmessungen verringern, einen Teil des dort wegfallenden Werkstoffes in den Bund für den Nabensitz legen und trotzdem noch eine wesentliche Erhöhung der Dauerfestigkeit gegenüber der bisherigen Normalform erreichen.

Die Suche nach weiteren Maßnahmen, die es ermöglichen, Nabensitze auf glatt durchgehenden Wellen zu verwenden, führte zu probeweiser Anwendung nitrierter Wellen. Hier ergab sich ein voller Erfolg. Denn die glatte nitrierte Welle mit aufgeschumpfter Nabe zeigte eine Dauerbiegefestigkeit von  $\pm 45 \text{ kg/mm}^2$ , das ist rund doppelt soviel als die mit überhöhtem Nabensitz versehene Welle aus St 50.11. In Anbetracht des teuren Nitrierstahles wird man diesen Weg allerdings nur in Ausnahmefällen beschreiten. Versuche mit Wellen, die eine leuchtgasgehärtete Oberfläche haben, sind noch nicht abgeschlossen. Die bisherigen Ergebnisse lassen hoffen, daß auch durch diese Maßnahme ein wesentlicher Fortschritt erreicht werden kann.

### Kurbelwellen.

Ein weiteres anschauliches Beispiel für die stark verbesserte Ausnutzung des Werkstoffes durch Aenderung der Form bilden die von der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt durchgeführten Drehschwingungsversuche mit Kurbelwellen<sup>15)</sup>. Wie aus Bild 18 zu ersehen, betrug die Drehschwingungsfestigkeit einer Kurbelwelle mit zylindrischen Bohrungen der Zapfen rund  $\pm 8,5 \text{ kg/mm}^2$ . Wurden die Bohrungen dagegen nicht zylindrisch, sondern tonnenförmig ausgeführt und gleichzeitig die Wangen verbreitert, so konnte mit etwa dem gleichen Werkstoffaufwand die Dauerfestigkeit auf  $\pm 16 \text{ kg/mm}^2$  erhöht, also etwa verdoppelt

werden. Bei Kurbelwellen mit zylindrischen Bohrungen läßt sich eine Erhöhung der Drehschwingungsfestigkeit erreichen, wenn das Schmierloch nicht in die Kröpfungebene gelegt wird, sondern derart, daß seine Achse senkrecht auf der

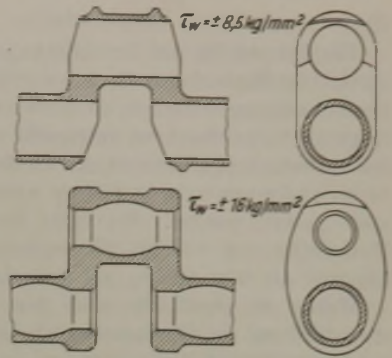


Bild 18. Erhöhung der Drehschwingungsfestigkeit von Flugmotorenkurbelwellen durch Anordnen einer tonnenförmigen Bohrung nach Versuchen der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt, Berlin-Adlershof.

Kröpfungebene steht. Gerade über Kurbelwellen ließe sich noch viel sagen, doch müssen wir uns hier auf diese wichtigsten Hinweise beschränken.

### Kolbenstangen.

Beim Bau von doppeltwirkenden Diesel-Motoren ist die Kolbenstange, besonders ihre Verschraubung mit dem Kreuzkopf, schwierig zu gestalten. Kolbenstangen aus St 50.11 haben, bezogen auf den Gewindekern, eine Dauerfestigkeit von  $\pm 6$  bis  $7 \text{ kg/mm}^2$ . Da dieser Wert z. B. beim Betrieb Diesel-Motoren mit Aufladegebläse überschritten wird und der Durchmesser der Kolbenstangen aus konstruktiven Gründen nicht vergrößert werden kann, mußte eine andere Lösung gefunden werden, die sich auf dem gleichen Platz unterbringen läßt. Sie gelang durch Verwendung von nitrierten Kolbenstangen. Dabei liegt die Zug-Druck-Dauerfestigkeit, bezogen auf den Gewindekern, bei etwa  $\pm 20 \text{ kg/mm}^2$ , ist also etwa dreimal so hoch wie bei St 50.11. Andere Vorschläge gehen dahin, die Dauerfestigkeit durch Drücken des Gewindegrundes zu erhöhen. Diesbezügliche Ergebnisse an naturgroßen Konstruktionsteilen liegen bisher noch nicht vor.

### Zugstangen.

Eine weitere von Dauerbrüchen bedrohte Anschlußstelle ist die Befestigung von Zugstangenköpfen an anderen Konstruktionsteilen. Bild 19 zeigt eine Form mit einer nach

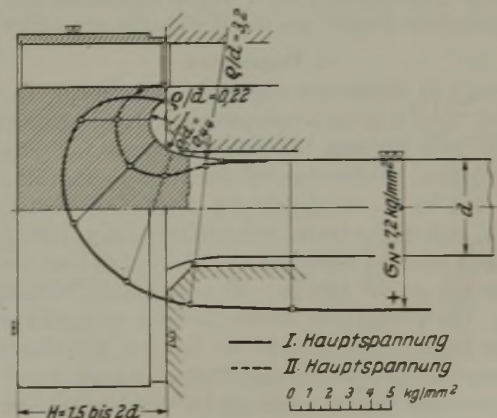


Bild 19. Kerbfreier Anschluß des Kopfes einer auf Zugdruck beanspruchten Zugstange unter Verwendung einer Exponentialkurve für die Hohlkehle.

einer Exponentialkurve verlaufenden Hohlkehle, bei der jede Kerbwirkung vermieden und somit die volle Ausnutzung der Dauerfestigkeit des Werkstoffes erreicht ist. Diese Form kann auch für die Ausbildung von Schraubenköpfen empfohlen werden.

<sup>14)</sup> U. a. Stahl u. Eisen 56 (1936) S. 33, 39; Metallwirtsch. 17 (1938) S. 1073/75.

<sup>15)</sup> Lürenbaum, K.: Jb. Lilienthal-Ges. Luftf.-Forsch. 1936, S. 348, 55.



Stabfedern.

Ein Beispiel für die Vervielfachung der Dauerfestigkeit durch Oberflächenbehandlung sind die Stabfedern. Ihre Drehschwingungsfestigkeit, die bei einer Mittelspannung von 35 kg/mm<sup>2</sup> sehr eingehend untersucht wurde, lag bei Beginn der Untersuchungsreihen in der Größenordnung von etwa 14 bis 18 kg/mm<sup>2</sup>. Diese Federn waren nach dem Härten noch poliert worden. Bei einer Festigkeit des Werkstoffes von 150 bis 170 kg/mm<sup>2</sup> ist dieses Ergebnis als sehr niedrig zu betrachten.

Wurde die Oberfläche nach dem Härten um etwa 0,5 mm im Durchmesser abgeschliffen und anschließend sorgfältig poliert, so gelang es, die Drehschwingungsfestigkeit auf 22 bis 26 kg/mm<sup>2</sup> zu heben. Wurde dagegen die Oberfläche nach dem Härten nicht abgeschliffen, sondern mit Stahlsand bestimmter Körnung unter besonderen Bedingungen abgeblasen, so stieg die Dauerfestigkeit auf ± 40 kg/mm<sup>2</sup> und höher, also bei dem gleichen Werkstoff, demselben Härteverfahren und der im übrigen gleichen Behandlung nahezu auf den dreifachen Wert des anfänglich vorliegenden Ergebnisses. Untersuchungen des Spannungszustandes in der Oberfläche der abgeblasenen Stäbe zeigten, daß dort zweiachsige Druckspannungen in einer Größe von etwa 30 kg/mm<sup>2</sup> herrschen und daß diese Druckspannungen etwa 0,3 mm tief in die Oberfläche eindringen. Von diesem erstaunlichen Ergebnis, das eine außerordentliche Erhöhung der Werkstoffausnutzung wechselbeanspruchter Konstruktionsteile ermöglicht, kann wohl auch in anderen Fällen mit Nutzen Gebrauch gemacht werden. Ähnlich günstige Ergebnisse lassen sich durch Drücken der Oberfläche erzielen.

Diese Beispiele, die sich noch durch Betrachtung weiterer Fälle stark vermehren ließen, zeigen, daß eine beträchtliche Steigerung der Dauerhaltbarkeit von Maschinenteilen oder bei gleichbleibender Betriebssicherheit eine entsprechende Erniedrigung des Werkstoffaufwandes durch richtige Formgebung erreicht werden kann. Zwar erfordert die Durcharbeitung jedes einzelnen Falles heute noch einen sehr beträchtlichen Arbeitsaufwand, doch wird nur auf diesem Weg eine volle Beherrschung der Festigkeitsprobleme und eine höchstmögliche Ausnutzung des Werkstoffes erreichbar sein.

C. Flugzeugbau.

Noch weit schwieriger liegen die Verhältnisse im Flugzeugbau. Hier muß die Konstruktion so abgestimmt werden, daß die Teile für eine beschränkte Anzahl von Flugkilometern halten. Wollte man bei den Flugzeugen in ähnlicher Weise wie im Maschinenbau die Bemessung derart vornehmen, daß eine nahezu unbeschränkt lange Haltbarkeit angestrebt wird, so würde das Gewicht viel zu hoch werden.

Man hat es also hier mit der sogenannten Zeitfestigkeit zu tun. Die Verhältnisse werden dadurch noch schwieriger, daß die Beanspruchung nicht wie bei den Maschinenteilen einen regelmäßigen periodischen Verlauf nimmt, derart, daß im wesentlichen einer Umdrehung der Maschine ein Lastspiel für die Wechselbeanspruchung gleichkommt, sondern die Beanspruchungen beim Flugzeug erfolgen unregelmäßig. Die hier geltende Gesetzmäßigkeit konnte nur durch langfristige Beobachtungen und planmäßige Großzahlforschung festgestellt werden. Die Deutsche Lufthansa hat an ihren Verkehrsflugzeugen jahrelang Messungen in der Weise vorgenommen, daß an den wichtigsten Stellen dynamische Dehnungsmesser angesetzt waren, die während der ganzen Flugreise arbeiteten. Die erhaltenen Aufzeichnungen wurden

nach den Grundsätzen der Statistik ausgewertet. In Bild 20 ist auf der Abszissenachse die Beanspruchung in Anteilen der im Flugzeugbau üblichen sogenannten sicheren Last aufgetragen, während in der Ordinatenachse, die bei den verschiedenen Spannungsausschlägen während einer Strecke von 35 000 Flugkilometer aufgetretenen Lastspiele in logarithmischem Maßstab dargestellt sind<sup>16)</sup>. Man erkennt,

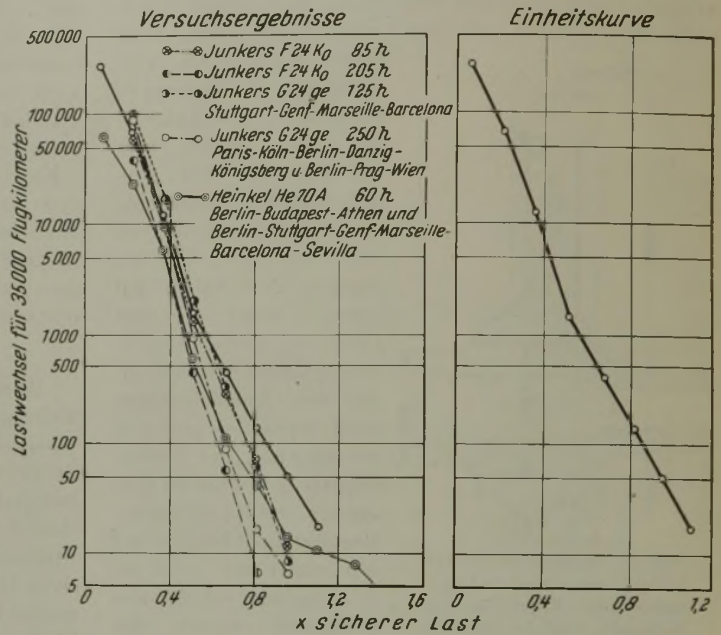


Bild 20. Häufigkeitskurve für die bei einer Strecke von 35 000 Flugkilometer auftretenden Wechselbeanspruchungen in dem Tragwerk von Verkehrsflugzeugen der Lufthansa. Rechts Einheitskurve, die bei der Durchführung von Prüfungen zugrunde zu legen ist.

daß die so erhaltenen Häufigkeitskurven, die für fünf verschiedene Flugzeuge beim Verkehr auf verschiedenen Strecken aufgestellt wurden, ziemlich gut zusammenfallen. Man kann aus diesen Häufigkeitskurven deshalb eine „Einheitskurve“ ableiten, die in Bild 20 ebenfalls dargestellt ist und sich einer Geraden weitgehend nähert. Nach dieser Kurve kommt z. B. eine Belastung, die der sicheren Last gleich ist, während 100 Betriebsstunden entsprechend 35 000 Flugkilometern rd. 40mal vor. Eine der halben sicheren Last entsprechende Beanspruchung tritt in der gleichen Zeit etwa 2000mal auf. Die kleinsten Schwingungsbeanspruchungen haben einen Spannungsausgleich von etwa 5 % der sicheren Last und treten während 100 Flugstunden etwa 300 000mal auf.

Durch diese Häufigkeitskurve ist also gewissermaßen das Programm der Beanspruchung gegeben, dem die Konstruktionsteile der Flugzeuge bei der Prüfung unterworfen werden müßten. Aufgabe dieser Prüfung muß es sein, festzustellen, welche Beanspruchung bei Durchlaufen dieses Programms gerade noch während 100 Stunden ertragen wird. Es ist klar, daß diese Beanspruchung ganz wesentlich höher liegen wird, als wenn man die Prüfung bei Wechselbeanspruchungen mit gleichbleibendem Spannungsausgleich etwa bis zur 10-Millionen-Grenze durchführt.

Die Durchführung der Prüfung nach dem durch die Häufigkeitskurve gegebenen Belastungsprogramm ist naturgemäß sehr mühsam. Man kann die Belastung z. B. in fünf oder zehn Gruppen unterteilen und die entsprechenden Belastungen nacheinander aufbringen. Die Anzahl der Lastspiele kann man z. B. entsprechend einer Flugdauer von 10 Stunden wählen. Bei der Prüfung ist festzustellen, wie oft dieses Programm wiederholt werden kann, bis der Bruch eintritt.

<sup>16)</sup> Kaul, H. W., und B. Filzek: Luftwissen 8 (1941) S. 20.



Ueber entsprechende Ergebnisse kann heute noch nicht berichtet werden. Es ist jedoch anzunehmen, daß es der Prüftechnik in den nächsten Jahren gelingen wird, Maschinen zu bauen, die auch diese Aufgabe selbsttätig erfüllen.

**Zusammenfassung.**

Die Ausführungen haben an einigen Beispielen gezeigt, daß es möglich ist, durch richtige Formgebung bei wechselbeanspruchten Konstruktionsteilen den Werkstoff weit besser auszunutzen, als es bisher üblich war. Dazu ist notwendig, daß Formgebung und Oberflächenbehandlung des Werkstoffes den Erkenntnissen der Werkstoffforschung gemäß gestaltet werden. Gerade die letzten Jahre haben uns in dieser Hinsicht ein gutes Stück weitergebracht. Die Verfahren der Festigkeitsmeßtechnik und die Ermittlung der Dauerfestigkeit an naturgroßen Konstruktionsteilen haben heute in der Industrie die gebührende Beachtung gefunden und werden in steigendem Maße zur Lösung der gestellten Aufgaben eingesetzt. Ja, wir sind heute bereits so weit vorgedrungen, daß mit Erfolg die Aufgabe in Angriff genommen werden kann, festzustellen, welche Zeitfestigkeit Konstruktionen des Leichtbaues unter den verwickelten Beanspruchungen haben, wie sie z. B. im Betrieb von Flugzeugen auftreten. Die ganze Entwicklung ist jedoch noch keineswegs abgeschlossen, und die Möglichkeiten, die sie bringen wird, lassen sich noch nicht übersehen.

Zwar sind die Bedingungen, die demnach für die Entwicklung einer Konstruktion gestellt werden müssen, gegen-

über den heute primitiv erscheinenden Richtlinien, die noch vor 15 Jahren allgemein gültig waren, sehr viel verwickelter geworden. Aber erst durch die ins Einzelne gehende Arbeit, die diesen Schwierigkeiten Rechnung trägt, gelingt es, den Werkstoff wirklich zu beherrschen und vollständig auszunutzen. Während man noch vor 15 Jahren gewisse Unsicherheiten in Kauf nehmen konnte und eine oft sehr reichliche Bemessung unerläßlich schien, sind wir heute zur Anwendung der besprochenen Arbeitsverfahren gezwungen, wenn die gestellten technischen Aufgaben überhaupt gelöst werden sollen. Es ist wahrscheinlich, daß in 20 bis 30 Jahren die Verfahren, an deren Entwicklung wir heute arbeiten, zur Selbstverständlichkeit geworden sind und jedem Studenten auf der Hochschule mitgegeben werden. Vielleicht wird die nächste Generation es gar nicht mehr begreifen können, daß man leistungsfähige Konstruktionen entwickeln konnte, bevor alle diese Fragen durchgearbeitet und geklärt waren.

Eines aber haben uns die letzten zwanzig Jahre der Werkstoffforschung immer deutlicher gezeigt, daß es nicht zum Ziel führt, wenn man den Werkstoff an sich betrachtet und untersucht, ja daß es nur wenig Wert hat, die Werkstofffestigkeit losgelöst von der Gestalt und der Oberflächenbeschaffenheit des Konstruktionsteils betrachten zu wollen, sondern daß auf allen Gebieten Konstrukteur, Werkstattmann und Werkstoffherzeuger aufs engste Hand in Hand arbeiten müssen, wenn die gestellten Aufgaben ihre erfolgreiche Lösung finden sollen. In diesem Sinne wird sich auch die weitere Arbeit gestalten.

**Umschau.**

**Schrott im Hochofenmöller.**

Der Einfluß von Schrott im Hochofenmöller auf das Roh-eisen ist schon vielfach erörtert worden. Daß aber auch große Schrottmengen ohne Schaden gesetzt werden können und es sogar möglich ist, einen Möller mit 100 % Schrott zu fahren, zeigt ein Versuch der Bethlehem Steel Co. in den Vereinigten Staaten von Nordamerika, über den C. L. T. Edwards<sup>1)</sup> be-

<sup>1)</sup> Amer. Inst. min. metallurg. Engrs., Techn. Publ. Nr. 1270, 6 S., Metals Techn. 8 (1941) Nr. 1.

richtet. Aus den dabei gewonnenen Erfahrungen ergibt sich, daß die Analysen sich in genau denselben Grenzen bewegen wie bei dem bis dahin aus einem Hochofenmischmöller erzeugten Roh-eisen, und daß sich bei der Weiterverarbeitung im Stahlwerk keine Anstände ergeben.

Anlaß zu einem Möller mit 100 % Schrott waren noch aus dem Weltkrieg herrührende Vorräte von nickelhaltigem, aber stark verrostetem Schrott. Der benutzte Hochofen hatte 4,60 m Gestelldurchmesser, 6,70 m Rastdurchmesser, 4,70 m Gichtdurchmesser, 3,50 m Glockendurchmesser. Innerhalb vier

Zahlentafel 1. Betriebszahlen beim Arbeiten mit 100prozentigem Schrottmöller.

Versuchstage . . . . .	25. Juli		29. Juli		4. August		9. August		17. August		24. August		30. Juli bis 25. August	
	t	%	t	%	t	%	t	%	t	%	t	%	t	%
Erz														
Daiquiri . . . . .	383	50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ontario . . . . .	230	30	104	80	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10,5
Charlotte . . . . .	154	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Walzkünder . . . . .	—	—	26	20	—	—	64,8	Sonder-eisen	32,8	Sonder-eisen	—	—	—	985
	t	kg/Ladung	t	kg/Ladung	t	kg/Ladung	t	kg/Ladung	t	kg/Ladung	t	kg/Ladung	t	
Schrott														
Drehspäne . . . . .	171		670		640		647		752		765		17 750	
Saurer Zuschlag . . . . .			76		85,5		139		153		136,5		3 500	
Kalkstein . . . . .	135	2320	104	2900	124	4000	130	3820	155	4000	154	4180	4 150	
		2500												
		2590												
Dolomit . . . . .	135	2730	104	3550	124	4000	130	3630	155	4180	154	4280	3 030	
Koks . . . . .	455		269		332		372		364		378		9 400	
	t	%	t	%	t	%	t	%	t	%	t	%	t	%
Roheisen . . . . .	750		748		772		720		730		728		18 500	
C . . . . .		4,61		4,74		4,38		4,58		4,79		4,60		4,58
Si . . . . .		1,22		0,71		1,09		1,24		1,35		1,11		1,08
Mn . . . . .		1,63		1,07		0,55		0,538		0,480		0,484		0,635
P . . . . .		0,108		0,061		0,061		0,050		0,061		0,073		0,061
S . . . . .		0,043		0,042		0,027		0,028		0,036		0,040		0,032
Ni . . . . .		0,827		1,91		2,21		2,00		1,85		2,19		2,106
Cr . . . . .				0,9										
Schlacke <sup>1)</sup>		%		%		%		%		%		%		%
SiO <sub>2</sub> . . . . .		34,50		34,3		35,4		35,0		36,5		34,7		36,2
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .		11,75		7,8		8,1		8,62		8,47		10,3		8,83
S . . . . .		2,03		0,96		0,98		1,30		1,12		1,23		1,22
Wind														
Druck kg/cm <sup>2</sup> . . . . .	0,95		0,73		1,25		1,16		1,1		1,4		—	
Menge m <sup>3</sup> /min . . . . .	1180		965		1150		1160		1110		1040		1060	
Temperatur ° C . . . . .	580		740		525		465		545		560		530	

<sup>1)</sup> CaO und MgO sind nicht angegeben.



Zahlentafel 2. Rohstoff- und Roheisenanalysen.

	SiO <sub>2</sub> %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	CaO %	MgO %	FeO %	Glühverlust %	Ni %				
Walzrund	13,2				77		1,6				
Saurer Zuschlag	64 bis 70	3,5 bis 4,6	7,3 bis 9,5	5,1 bis 6,1	1,7 bis 3,3	9,5 bis 13,8					
Kalkstein	2,5 bis 4,1	2,0 bis 4,8	51,4								
Dolomit	4,1 bis 7,6		29,5	20,3							
	Fe %	C %	Si %	Mn %	P %	S %	Ni %	Cr %	Asche %	Flüchtige Bestandteile %	Nässe %
Gußbruch		2,15 bis 4,75	0,30 bis 3,25	0,40 bis 0,85	0,06 bis 0,80	0,03 bis 0,25					
Stahlschrott		0,020 bis 1,200	0,002 bis 0,500	0,250 bis 2,000	0,010 bis 0,105	0,015 bis 0,065					
Drehspäne	93		0,11	0,5	0,02	0,03	2,1	1,0	12,8	0,74	5,8
Koks		86,6				0,91					
	C %	Si %	Mn %	P %	S %	Ni %	Cr %	SiO <sub>2</sub> %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %		
Roheisen	4,58	1,1	0,54	0,06	0,03	2,1	0,9				
Schlacke					1,22			36,2	8,8		

Tagen reicherte man vorsichtig den Erz-Schrott-Möller mit Schrott bis zu 100 % an und konnte ohne wesentliche Störungen weitere vier Wochen lang unter gleichzeitiger Steigerung der Tageserzeugung von 579 t auf 780 t arbeiten. Einzelheiten sind aus den *Zahlentafeln 1 und 2* ersichtlich. Wenn auch im Wiederholungsfalle im einzelnen in der Ofenführung und in der Auswahl der Zusätze eine Reihe von Verbesserungen getroffen werden müssen, so waren doch schon beim ersten Versuch die chemischen und physikalischen Eigenschaften des erzeugten Roheisens so zufriedenstellend, daß die Weiterverarbeitung zu hochwertigem Stahl keinerlei Schwierigkeiten machte und kein Unterschied zu nur aus Erz erblasenem Roheisen wahrnehmbar war. Bei heißgehendem Ofen und einem Schwefelgehalt von unter 0,04 % fand auch in der Gießhalle die übliche Graphitausscheidung statt.

Nicht ohne Einfluß auf das Roheisen ist die Art des verhütteten Schrotts. Gußbruch und Stahlschrott (*Zahlentafel 2*) wirken ihren chemischen Gehalten entsprechend verschieden. Es zeigte sich, daß das Umsetzen von einer Schrottsorte auf die andere stärker in Erscheinung trat als etwa ein Uebergang von Thomas- auf Gießereiroheisen. Falsch ist indessen die Ansicht, daß die Verarbeitung von 100 % Schrott nur eine Kupolofenschmelze darstelle. Im Hochofen kommt es vielmehr darauf an, eine Schlacke zu bilden, die vor allem den Schwefel, von dem allein 85 % aus dem Koks stammen, bindet. Der mit durchschnittlich 0,16 % im Gußbruch vorhandene Schwefel muß möglichst auf 0,025 % im Roheisen herabgedrückt werden. Bezeichnend für die Vorgänge im Ofen ist das Verhalten des Kohlenstoffes. Obwohl 100 % Stahlschrott gesetzt wurden, stieg der Kohlenstoffgehalt nach und nach bis auf 4,74 % an, was auf einem höheren Chromgehalt beruhen kann. Andererseits zeigt sich der Kohlenstoff abhängig von der Gestelltemperatur. Steigt diese bei sonst gleichen Verhältnissen an, so steigt auch der Kohlenstoffgehalt und mit ihm der Graphitanteil. Höherer Siliziumgehalt dagegen bedingt bei steigendem Graphitanteil einen Abfall des Gesamtkohlenstoffes. Da mit steigendem Schrottanteil die Schlackenmenge immer mehr sinkt, fällt der Siliziumgehalt, was aber dem Stahlwerk sehr zustatten kommt. Weniger angenehm ist es, wenn durch Steigerung des Gußbruchanteiles ein zu hoher Siliziumgehalt in Kauf genommen werden muß. Ist aber aus Mangel an Roheisen das Stahlwerk selbst gezwungen, zum Teil Gußbruch an Stelle von Stahleisen zusammen mit schlechtem Stahlschrott zu setzen, so kann diese Zwangsmaßnahme unliebsame Folgen haben. Verwertet man dagegen den Schrott durch Einschmelzen im Hochofen, wo Schwefel und etwaige Oxyde fast vollkommen ausgeschieden werden, so kann dem Stahlwerk ein vorzügliches Roheisen flüssig geliefert werden. Auch um den im Siemens-Martin-Ofen notwendigen Kohlenstoffgehalt zu erreichen, ist es weit richtiger, schlechte, verrottete Drehspäne im Hochofen mit Kohlenstoff und Silizium zu sättigen und in Form von gutem flüssigem Roheisen an das Stahlwerk abzugeben. In besonderen Fällen kann das Roheisen auch im Thomaswerk vorgeblasen und im Siemens-Martin-Ofen zu Sonderstahl umgewandelt werden. Spielen die Brennstoffkosten eine Rolle, so ist auch von diesem Standpunkt aus die Durchleitung des Guß- und Stahlschrotts durch den Hochofen zu empfehlen, da sich dadurch stellenweise Ersparnisse bis zu 50 % erzielen lassen.

Die rein technische Verhüttung von 100 % Schrott im Hochofen bot keine besonderen Schwierigkeiten. Das Umsetzen vom Erzmöller auf den Schrottmöller verlief reibungslos. Bei dem steigenden Schrottanteil machte sich ein erheblicher Temperaturabfall an der Gicht bemerkbar, der zeitweise so stark wurde, daß man, um nicht den Taupunkt zu unterschreiten, gezwungen war, den Ofen 2 bis 3 m tief gehen zu lassen, was

auch dem Winddruck zugute kam. Bis zu dem Wiederumsetzen auf den Erzmöller, wo der Ofen anfang zu hängen, zeigte sich jedoch keine übermäßige Drucksteigerung. Indessen trat nach dem Tiefhalten der Schmelzsäule eine starke Abkühlung des Ofens ein, der man mit einigen Koks Ladungen begegnen mußte. In künftigen Fällen wird man die Schmelzsäule beim Umsetzen von Schrott- auf Erzmöller mit Rücksicht auf die Gichttemperatur so tief wie möglich gehen lassen und eine beträchtliche Menge Sonderkoks setzen, um einem Nachlassen der Ofentemperatur zuvorzukommen.  
*Arno Wapenhensch.*

### Mikroanalytische Prüfverfahren zur Untersuchung von Eisen und Stahl.

Die Anwendung mikroanalytischer Prüfverfahren bei der Untersuchung von Fertigerzeugnissen und Einsatzstoffen der Eisen- und Stahlindustrie tritt in keiner Weise in Wettbewerb zu den üblichen Stahlanalysenverfahren. Da mikroanalytische Untersuchungen stets ein äußerstes Maß an Sorgfalt erfordern, sind sie zumeist zeitraubender als die üblichen makroanalytischen Verfahren, und schon aus diesem Grunde ist ihre Anwendung immer da unzweckmäßig, wo sie nicht erforderlich ist, d. h. wenn genügende Mengen des Probegutes zur Verfügung stehen. Den Aufgabenkreis und die Durchführung „mikroanalytischer Prüfverfahren zur Untersuchung von Eisen und Stahl“ behandelten P.Klinger, W.Koch und G. Blaschczyk<sup>1)</sup> eingehend in zusammenfassender Darstellung.

Häufig wird eine Analyse von einem bereits fertiggestellten Werkstück gewünscht, wobei das Werkstück möglichst unbeschädigt bleiben muß. Auch wird häufig die Forderung gestellt, Analysen von einzelnen, auffallend veränderten Stellen von in Betrieb befindlichen oder gewesenen Werkstücken durchzuführen, um den Vorgang, der zu diesen Veränderungen geführt hat, zu klären. Derartige Untersuchungen können bei der Beratung von Kunden und bei der Feststellung der Eignung bestimmter Stahlsorten zu besonderen Zwecken von Bedeutung sein. Es wird weiterhin auf die verschiedensten Arten von Zunderbildungen hingewiesen. Es gelingt mit Hilfe der Mikroanalyse in vielen Fällen, verschiedene Schichten eines Zunders bei Anwendung geeigneter Probenahme oder Ablöseverfahren getrennt zu analysieren und gegebenenfalls solche Stoffe festzustellen, die durch Nebenreaktion an der Zunderbildung beteiligt sind. Weiterhin besteht oft die Notwendigkeit, Sandstellen und einzelne grobe Einschlüsse, die aus feuerfesten Stoffen oder Schlacke bestehen oder auch durch Zusammenballung von Desoxydationsrückständen entstehen können, zu untersuchen. Auch zur Feststellung örtlich starker Seigerungen stehen meist nur geringe Mengen zur Verfügung. Außer den Seigerungen im üblichen Sinne wird hierbei auch auf die an den Uebergangsflächen der Schweißnähte mit dem Grundwerkstoff auftretenden Schichten verschiedener Zusammensetzung hingewiesen, deren Kenntnis für die Haltbarkeit der Schweißnaht von Bedeutung ist. Oberflächenuntersuchungen sind von Bedeutung, wenn Grundwerkstoff und Oberfläche verschiedene Zusammensetzung aufweisen wie beispielsweise bei Nitrierungen, Zementierungen usw. Der Begriff Oberfläche bezeichnet hierbei nicht nur die Außenhaut, sondern auch die darunterliegenden Schichten, soweit sie sich in ihrer Zusammensetzung noch vom Grundwerkstoff unterscheiden. Zu erwähnen sind weiterhin die Bestimmungen kleiner Oxydeinschlüsse, deren einwandfreie Untersuchung auf Zusammensetzung und Menge nach einer Isolierung nur auf mikroanalytischem Wege durchgeführt werden kann. Als weiteres Gebiet muß die Analyse isolierter

<sup>1)</sup> Auszug aus *Techn. Mitt. Krupp, A: Forsch.-Ber., 3 (1940) S. 255/73; s. a. Angew. Chem. 53 (1940) S. 537/49.*



Sulfide und Nitride sowie die Analyse isolierter Karbide in Stählen genannt werden.

Die Schwierigkeiten bei der Ausführung mikroanalytischer quantitativer Untersuchungen steigt mit abnehmender Menge des zu untersuchenden Probegutes erheblich an und wird bei einigen Stoffen, wie z. B. bei Kohlenstoff, mit 10 mg so groß, daß derartige Analysen nicht immer durchführbar sind. Die Bestimmung verschiedener Bestandteile nebeneinander ist beim heutigen Stand der Mikroanalyse mit einer Einwaage ebenfalls nicht in allen Fällen durchführbar.

Auf Grund vorliegender mehrjähriger Erfahrungen der Verfasser mit mikroanalytischen Prüfverfahren ist die Durchführung der Analyse mit etwa 10 bis 20 mg Probegut, die den meisten Anforderungen gerecht wird, anzustreben.

Die Probenahme stößt bei den Problemen, die eine Mikroanalyse bedingen, meist auf erhebliche Schwierigkeiten. Es gilt beispielsweise oftmals, einzelne kleine nichtmetallische oder fremdmetallische Einschlüsse aus einem Werkstück so zu entnehmen, daß von dem Grundmetall nichts mit in die Probe gelangt, oder aber es sind Oberflächen eines Werkstückes an bestimmten Stellen in vorgeschriebener Tiefe, oft sogar in mehreren Schichten, zu untersuchen. Zu diesen Zwecken haben sich einige Gerätschaften und Arbeitsweisen als zweckdienlich erwiesen.

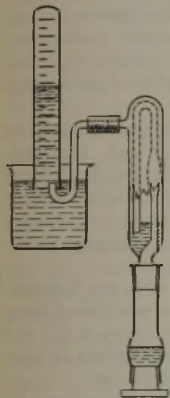


Bild 1.  
Ablösen von Oberflächen in verschiedenen Schichttiefen.

Handelt es sich um eine mechanische Entnahme kleiner Teilchen oder Beläge, so hilft in vielen Fällen eine elektrische Zahnbohrmaschine mit Fußregelung. Für sehr harte Stoffe werden vorteilhaft kleine Bohrer aus Hartmetall verwendet.

Zur Untersuchung von Oberflächenelementen in bestimmter Schichttiefe eignet sich, wenn eine mechanische Abnahme des Oberflächenelementes nicht möglich ist, das von P. Klinger und W. Koch<sup>2)</sup> angegebene Verfahren der unmittelbaren Ablösung der Oberfläche, wobei vorausgesetzt wird, daß die Oberfläche sich gleichmäßig ablöst. Die hierzu entworfene Vorrichtung ist gegenüber der früher beschriebenen etwas abgeändert und entspricht jetzt dem Bild 1.

Lassen sich kleinere nichtmetallische Einschlüsse, Größenordnung 0,1 mm, nicht mehr in der zuvor angegebenen Weise isolieren, so gelingt es in fast allen Fällen, durch elektrolytische Isolierung derartiger Einschlüsse zu erfassen. Als Isolierungsverfahren wird zweckmäßig das von P. Klinger und W. Koch<sup>3)</sup> zur Isolierung von Oxyd- und Sulfideinschlüssen im Stahl ausgearbeitete Verfahren angewendet.

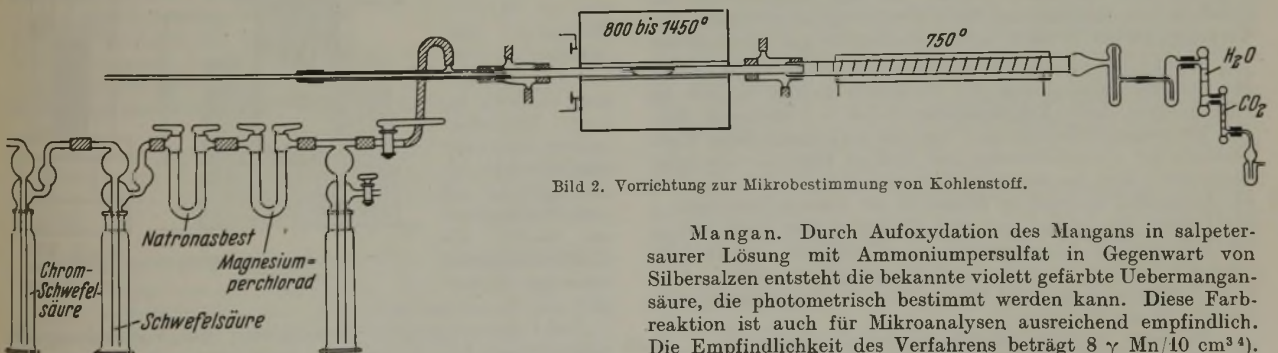


Bild 2. Vorrichtung zur Mikrobestimmung von Kohlenstoff.

Der Bericht enthält zunächst Arbeitsvorschriften für die quantitative Bestimmung der Elemente Kohlenstoff, Eisen, Silizium, Mangan, Phosphor, Schwefel, Aluminium, Chrom, Nickel, Molybdän, Wolfram, Titan und Vanadin im Stahl oder in ähnlich zusammengesetzten Stoffen nach Möglichkeit für eine Einwaage von 10 mg. Im Anschluß daran werden die Wege, die zur gleichzeitigen Bestimmung mehrerer Bestandteile aus einer Einwaage besprochen werden können, besprochen.

**Kohlenstoff.** Die entwickelte Apparatur zur Kohlenstoff-Mikrobestimmung ist in Bild 2 schematisch dargestellt. Die

Vorrichtung ist im Original eingehend beschrieben. Die Bestimmung gestattet die Durchführung der Kohlenstoffbestimmung je nach dem zu erwartenden Kohlenstoffgehalt mit 10 bis 500 mg fein zerkleinerten Probegutes.

**Eisen.** Die Bestimmung des Eisens erfolgt sowohl titrimetrisch als auch photometrisch, seltener gewichtsanalytisch. Die Verfahren sind mit 10 mg Probegut durchführbar.

a) **Titrimetrische Bestimmung:** Das im Kadmiumpulver reduzierte zweiwertige Eisen wird durch Zersulfat in dreiwertiges übergeführt. Der Endpunkt läßt sich durch Verwendung von o-Phenanthrolinferrosulfatlösung als Redox-Indikator sehr scharf bestimmen.

b) **Photometrische Bestimmung:** Zur photometrischen Bestimmung des Eisens sind zwei Verfahren zu empfehlen: die Bestimmung des dreiwertigen Eisens mit Rhodanid und die Bestimmung des zweiwertigen Eisens mit o-Phenanthrolinhydrochlorid. Beide Verfahren sind bekannt und erreichen die Empfindlichkeit von 3 oder 2  $\gamma$  Fe/10 cm<sup>3</sup><sup>4)</sup> und sind daher zur Bestimmung geringer Eisengehalte (unter 1 %) ausgezeichnet zu verwenden.

**Silizium.** Die Bestimmung wird zweckmäßig gewichtsanalytisch durchgeführt. Die früher verwendete kolorimetrische Siliziumbestimmung erreicht bedingt durch die Blindwerte der Chemikalien nicht die Empfindlichkeit des gewichtsanalytischen Verfahrens. Das erste Verfahren sei deshalb hier eingehender beschrieben.

Je nach dem zu erwartenden Gehalt und der zur Verfügung stehenden Menge werden 20 bis 50 mg des Probegutes in einer kleinen Platinschale oder einem Platintiegel (nicht über 15 cm<sup>3</sup> Inhalt) in 5 cm<sup>3</sup> Salzsäure (1 + 1) gelöst und darauf zur Trockne eingeraucht. Der verbleibende Rückstand wird 2 h lang bei 130° im Trockenschrank geröstet. Die erhaltenen Metallsalze und -oxyde werden mit 2 cm<sup>3</sup> Salzsäure (1 + 1) unter Erwärmen gelöst, wobei die Kieselsäure in unlöslicher Form zurückbleibt. Nach vollständiger Auflösung verdünnt man die Lösung auf 5 cm<sup>3</sup> und filtriert durch ein aschefreies 5-cm-Filter, wobei die Kieselsäure auf dem Filter verbleibt. Das Filter wird einige Male mit Salzsäure (1 + 6) ausgewaschen und daraufhin im Platinmikrotiegel verascht. Das Veraschen erfolgt nach einer besonderen Vorschrift.

Nach erfolgter Mikrowägung wird der Tiegel in ein Luftbad eingehängt und mit einigen Tropfen verdünnter Schwefelsäure (1 + 3) und mehreren Tropfen Flußsäure versetzt und bis zum leichten Abrauchen der Flußsäure erhitzt. Die Kieselsäure wird hierbei auf die bekannte Art als Kieselfluorwasserstoffsäure verflüchtigt. Es wird nochmals in einem Spezialöfchen gegläht.

Im Filtrat der Siliziumbestimmung kann man Eisen und die Legierungsmetalle, nachdem man den im Tiegel bei der Siliziumbestimmung verbliebenen Rückstand mit Kaliumbisulfat aufgeschlossen und dem Filtrat hinzugefügt hat, bestimmen, wobei man sich eines der von den Verfassern beschriebenen Trennverfahren bedient.

**Mangan.** Durch Aufoxydation des Mangans in salpetersaurer Lösung mit Ammoniumpersulfat in Gegenwart von Silbersalzen entsteht die bekannte violett gefärbte Uebermangansäure, die photometrisch bestimmt werden kann. Diese Farb-reaktion ist auch für Mikroanalysen ausreichend empfindlich. Die Empfindlichkeit des Verfahrens beträgt 8  $\gamma$  Mn/10 cm<sup>3</sup><sup>4)</sup>. Die Bestimmung ist mit 10 bis 20 mg der Probe durchführbar.

**Phosphor.** Die empfindlichste der bekannten Phosphorbestimmungen ist die nephelometrische oder photometrische Bestimmung des Phosphors als Strychninphosphormolybdat, die in Gegenwart vieler Metallsalze die Erfassung geringster Phosphormengen gestattet. Sie findet bei der Bestimmung im Stahl oder bei geringen Phosphatmengen Anwendung und kann auch als „10-mg-Analyse“ durchgeführt werden und erreicht eine Empfindlichkeit von 1  $\gamma$ /25 cm<sup>3</sup><sup>4)</sup>.

Die Phosphate reagieren in saurer Lösung mit Strychninmolybdänsäure unter Bildung von Strychninphosphormolybdat,

<sup>2)</sup> Techn. Mitt. Krupp 5 (1937) S. 61/67; Arch. Eisenhüttenw. 10 (1936/37) S. 463/68 (Chem.-Aussch. 119).

<sup>3)</sup> Techn. Mitt. Krupp, A. Forsch.-Ber., 1 (1938) S. 49/65; Arch. Eisenhüttenw. 11 (1937/38) S. 569/82 (Chem.-Aussch. 124).

<sup>4)</sup> Unter Empfindlichkeit wird diejenige geringste Menge eines zu bestimmenden Stoffes verstanden, die unter den gewählten Bedingungen so bestimmt werden kann, daß der analytische Fehler 10 % der bestimmten Menge nicht übersteigt.



das eine milchige Trübung liefert, die photometrisch gemessen werden kann.

Bei legierten Stählen müssen schwache Eigenfärbungen (Chrom- und Nickelsalze) kompensiert werden.

Schwefel. Die Empfindlichkeit des verbrennungsanalytischen Verfahrens nach C. Holthaus<sup>5)</sup> von 50 bis 100  $\gamma$  Schwefel<sup>4)</sup> ist bei der Bestimmung des Schwefels nach Ueberführung in Sulfat nur schwer zu verzehnfachen, da auch die nephelometrischen und gewichtsanalytischen Verfahren bei der Bestimmung als Bariumsulfat keine wesentlich höheren Empfindlichkeiten erreichen. Eine der empfindlichsten Reaktionen des Schwefels ist die Bildung des braungelben Bleisulfids, eine Bestimmung, bei der der Schwefel zuvor in Schwefelwasserstoff übergeführt werden muß. Da im Stahl zumeist der gesamte Schwefel als säurelösliches Sulfid vorliegt, läßt sich dieses Verfahren auch bei der Stahlanalyse für unlegierte Stähle anwenden. Das Verfahren zeigt jedoch häufig große Schwankungen in den Ergebnissen, deren Gründe noch unbekannt sind. Die Bestimmung des Schwefels kann weiterhin durch Fällung des erst entwickelten Schwefelwasserstoffs als Kadmiumsulfid und anschließender photometrischer oder titrimetrischer Auswertung erfolgen. Diese Verfahren sind für die Bestimmung im unlegierten Stahl sowie in Sulfidrückständen bisher die geeignetsten. Bei geringen Schwefelgehalten sind auch hier etwa 100 mg Stahl erforderlich. Es sei außerdem darauf hingewiesen, daß auch bei dem letzten Verfahren mit größeren Schwankungen ( $\pm 10\%$  vom Gehalt) gerechnet werden muß. Insgesamt gesehen sind die mikroanalytischen Bestimmungsverfahren für Schwefel im Stahl und ähnlich zusammengesetzten Stoffen noch unbefriedigend. Für die Bestimmung des Schwefels in isolierten Sulfiden sind die beschriebenen Verfahren jedoch gut geeignet.

Aluminium. Die empfindlichste Aluminiumbestimmung ist die photometrische Bestimmung mit Eriochromzyanin, die als Mikroanalyse zur Untersuchung von Stählen von W. Koch<sup>6)</sup> angewendet wurde. Daneben wird auch ein mikrogewichtsanalytisches Verfahren mit o-Oxychinolin vielfach angewandt.

a) Photometrische Bestimmung: Eriochromzyanin bildet in Lösungen von pH 6 mit Aluminium eine dunkelrot gefärbte Verbindung, die die Bestimmung geringster Aluminiummengen gestattet. Die Empfindlichkeit<sup>4)</sup> beträgt etwa 10  $\gamma$  Al/100 cm<sup>3</sup> Lösung. Die Bestimmung ist bei Gehalten zwischen 0,05 und 2,5 % Al mit 5 bis 20 mg Probegut durchführbar. Handelt es sich darum, Aluminiumgehalte von der Größenordnung 0,001 bis 0,05 % zu bestimmen, so wählt man entsprechend höhere Einwaagen von 0,1 bis 0,5 g. Handelt es sich um die Bestimmung von Aluminiumgehalten über 2,5 %, so ist das photometrische Verfahren nicht mehr zu empfehlen. Man verwendet dann zweckmäßig das gewichtsanalytische Verfahren mit o-Oxychinolin.

b) Gewichtsanalytische Bestimmung: Aluminiumsalze bilden in schwach sauren und ammoniakalischen Lösungen mit o-Oxychinolin ein gelbes Oxinat, das sich ausgezeichnet zur quantitativen Bestimmung durch Gewichtsanalyse eignet. Das Verfahren ist mit 20 bis 50 mg des Probegutes gut durchführbar.

Stickstoff (nur der säurelösliche oder alkalilösliche Anteil). Bei der Mikrobestimmung des Stickstoffs handelt es sich um eine Analyse, deren Empfindlichkeit<sup>4)</sup> bei 5  $\gamma$  Stickstoff liegt.

Zur Stickstoffbestimmung wird die hochempfindliche Farb-reaktion der Ammoniumsalze mit Nessler's Reagens verwendet. Nach dem Lösen des Stahles in Salzsäure befindet sich der zuvor als Eisenitrid gebundene Stickstoff als Ammoniumchlorid in der Lösung des Stahles und wird, nachdem diese stark natronalkalisch gemacht ist, als Ammoniak abdestilliert. Das Destillat wird mit Nessler's Reagens angefärbt und photometriert. Auch diese Bestimmung erfordert bei niedrigen Stickstoffgehalten Einwaagen bis zu 100 mg.

Bei sehr geringen Stickstoffgehalten versetzt man das Destillat mit 1 Tropfen Salzsäure (1 + 4) und engt daraufhin auf etwa 5 cm<sup>3</sup> ein. Man spült die Lösung in ein 10-cm<sup>3</sup>-Meßkölbchen, färbt mit 0,2 cm<sup>3</sup> Nessler's Reagens an und photometriert in einer 150-mm-Mikroküvette.

Chrom. Als Bestimmungsverfahren kommen die photometrischen Mikroverfahren für Chrom<sup>6)</sup> sowie das jodometrische Titrationsverfahren unter Mikrobedingungen in Betracht.

a) Photometrische Bestimmung: Bei Aufschluß eines chromhaltigen Stoffes mit Natriumperoxyd und Lösen der Schmelze in Wasser wird das Chrom in lösliches, gelb gefärbtes Chromat übergeführt, während Eisen und viele andere Metalle als wasserunlösliche Hydroxyde gefällt werden. Die gelbe

Chromatlösung kann nach Berichtigung verschiedener Blindwerte photometriert werden.

Noch empfindlicher ist die Bestimmung der von Chromat in schwefelsaurer Lösung mit Diphenylkarbazid gebildeten violetten Färbung. Diese Bestimmung wird nur zum Nachweis geringster Chrommengen angewendet.

Man erreicht eine Empfindlichkeit von 8  $\gamma$  Cr/50 cm<sup>3</sup><sup>4)</sup>. Das Verfahren ist jedoch nur bei Abwesenheit von Vanadin und größeren Mengen an Molybdän anwendbar, da diese mit Diphenylkarbazid ebenfalls färben.

b) Titrimetrische Bestimmung: Chromate reagieren mit Jodiden in saurer Lösung unter Abscheidung von Jod. Das Jod läßt sich mit Thiosulfat und Stärke sehr empfindlich titrieren. Mit einer üblichen Mikrobürette (10 cm<sup>3</sup> Fassungsvermögen) oder Wägebürette erreicht man bei titrimetrischer Auswertung der nach a) vorbereiteten Lösung etwa 10  $\gamma$  Empfindlichkeit<sup>4)</sup>.

Nickel. Die einfachste mikroanalytische Nickelbestimmung ist das photometrische Verfahren mit Dimethylglyoxim. Zur Mikrobestimmung sind außerdem noch elektrolytische und polarographische Verfahren sowie die bekannte gravimetrische Bestimmung mit Dimethylglyoxim geeignet. Da das gravimetrische Verfahren außer der Uebertragung auf Mikromengen keine großen Schwierigkeiten bietet, wird nur das photometrische, elektrolytische und polarographische Verfahren beschrieben, wobei die letzte Bestimmung vor allem bei gleichzeitiger Anwesenheit von Kobalt große Vorteile bietet und eine gleichzeitige Bestimmung beider Metalle gestattet.

a) Photometrische Bestimmung: Schwach ammoniakalische verdünnte dreiwertige Nickellösungen geben mit Dimethylglyoximlösung eine tiefrot gefärbte Lösung, die auf der Bildung von Nickeldimethylglyoxim beruht, das in oxydierter Lösung nicht ausfällt. Die Analyse ist mit 10 mg des zu untersuchenden Stoffes (bei Gehalten über 1 % entsprechend weniger) durchführbar.

Bei geringen Nickelgehalten empfiehlt es sich, zur Kompensation eine zweite, nicht mit Dimethylglyoxim versetzte Lösung zu verwenden. Größere Gehalte an Kupfer (über 1 %) und Mangan (über 1 %) stören die Bestimmung und geben zu hohe Werte. Die Empfindlichkeit<sup>4)</sup> beträgt 7  $\gamma$  Ni/25 cm<sup>3</sup>.

b) Elektrolytische Bestimmung: Die Mikroelektrolyse, die in ammoniakalischer Lösung durchgeführt wird, erreicht je nach der Wägenauigkeit höchstens eine Empfindlichkeit von 10 bis 20  $\gamma$ <sup>4)</sup>.

Folgende zwei Versuchseinrichtungen für Mikroelektrolysen werden empfohlen: Bild 3 eine für allergeringste Mengen und Bild 4 eine Einrichtung für etwas größere Mengen.

Die Einrichtung in Bild 3 ist den Arbeiten von W. Geilmann und O. Meyer-Hoissen<sup>7)</sup> entnommen.

Die Einrichtung in Bild 4 benutzt Mikroelektroden, und zwar eine Netzelektrode als Kathode und eine Platinspirale als Anode. Als Elektrolysengefäß dient ein Becherglas von 20 bis 50 cm<sup>3</sup>.

c) Polarographische Bestimmung: Als Vorbereitung des polarographischen Verfahrens dient das elektrolytische Verfahren. Beide Metalle werden mit etwas Salpetersäure von der Kathode abgelöst und die Lösung in einem 10-cm<sup>3</sup>-Meßkolben aufgefangen. Sie wird daraufhin mit festem Bariumkarbonat neutralisiert, mit Pyridin versetzt und auf 10 cm<sup>3</sup> aufgefüllt. Einige Kubikzentimeter dieser Lösung werden polarographiert. Das Polarogramm gibt zwei Wellen, die die quantitative Bestimmung von Nickel neben Kobalt zulassen.

Das polarographische in Verbindung mit dem elektrolytischen Verfahren eignet sich auch ausgezeichnet zur Bestimmung geringster Prozentgehalte an Nickel und Kobalt in Stahl oder Weicheisen, worauf schon M. v. Stackelberg, P. Klinger, W. Koch und E. Krath<sup>8)</sup> hinweisen und wobei die Anwendung

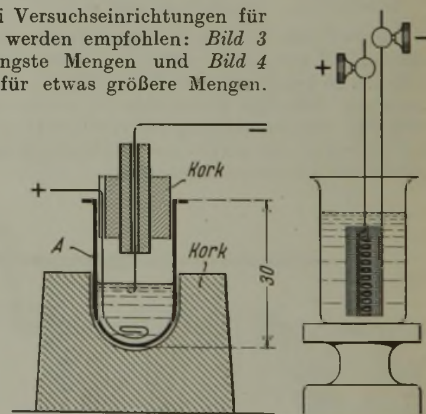


Bild 3. Mikroelektrolysen-einrichtung.

Bild 4. Mikroelektrolysen-einrichtung.

<sup>5)</sup> Stahl u. Eisen 44 (1924) S. 1514/19 (Chem.-Aussch. 41).

<sup>6)</sup> Techn. Mitt. Krupp, A: Forsch.-Ber., 1 (1938) S. 37/46; Arch. Eisenhüttenw. 12 (1938/39) S. 69/80 (Chem.-Aussch. 127).

<sup>7)</sup> Glastechn. Ber. 12 (1934) S. 302/07.

<sup>8)</sup> Techn. Mitt. Krupp, A: Forsch.-Ber., 2 (1939) S. 59/85; Arch. Eisenhüttenw. 13 (1939/40) S. 249/62 (Chem.-Aussch. 137).



einer höheren Einwaage empfehlenswert ist. Das Verfahren erreicht eine Empfindlichkeit von  $10 \gamma$  Nickel<sup>4)</sup>.

**Molybdän.** Das Verfahren beruht auf der bekannten Farbreaktion saurer Molybdatlösungen mit Zinnchlorür und Kaliumrhodanid, eine Reaktion, die zur Makroanalyse verschiedentlich verwandt wird und nach A. Eder<sup>9)</sup> auch in Gegenwart von Eisen durchgeführt werden kann. Das letzte Verfahren läßt sich nach einigen Aenderungen auch zur Mikroanalyse anwenden. Es ist mit 20 bis 50 mg des Probegutes durchführbar und erreicht eine Empfindlichkeit von  $15 \gamma$  Mo je  $50 \text{ cm}^2$ .

**Wolfram.** Eine mikrochemische Bestimmung des Wolframs auf photometrischem Wege wird von G. Bogatzki<sup>10)</sup> beschrieben, sie erreicht eine Empfindlichkeit<sup>4)</sup> von etwa  $100 \gamma$  W  $50 \text{ cm}^2$ .

In konzentrierter Schwefelsäure ruft Hydrochinon in Gegenwart von Wolframsäure eine rote Färbung hervor, die photometrisch gemessen werden kann.

**Titan.** Zur mikrochemischen Bestimmung des Titans läßt sich sowohl die Färbung mit Wasserstoffsperoxyd nach Abtrennung des Eisens durch Elektrolyse mit Quecksilberkathode als auch die von P. Klinger und W. Koch<sup>11)</sup> zur Makroanalyse angegebene rote Färbung mit Chromotropsäure anwenden. Beide Verfahren sind mit 10 bis 20 mg des Probegutes durchführbar. Die Empfindlichkeit<sup>4)</sup> des ersten Verfahrens beträgt  $30 \gamma$  Ti  $10 \text{ cm}^2$ , die des letzten Verfahrens  $7 \gamma$  Ti  $50 \text{ cm}^2$ .

**Vanadin.** Zur Bestimmung des Vanadins läßt sich gleichfalls die mit Wasserstoffsperoxyd gebildete Färbung der Vanadinsalze heranziehen. Weiterhin ist auch das im folgenden beschriebene polarographische Bestimmungsverfahren ausgezeichnet anwendbar.

a) Photometrische Bestimmung: Die Vorbereitung ist für das photometrische Verfahren die gleiche wie bei der Titanbestimmung mit Wasserstoffsperoxyd. Die Empfindlichkeit beträgt etwa  $50 \gamma$  V  $10 \text{ cm}^2$ <sup>4)</sup>.

Enthält die Lösung Titan neben Vanadin, so bestimmt man auf diese Weise die Summe von Titan und Vanadin. In einer Sonderprobe bestimmt man danach das Titan nach dem Chromotropsäureverfahren und kann dann den Vanadinhalt berechnen.

b) Polarographische Bestimmung: Vanadate geben in ammoniakalischer Lösung gut ausgebildete Polarogramme. Zur Vorbereitung wird die Stahlprobe in Salzsäure gelöst und das Eisen mit Natronlauge gefällt. Das Filtrat wird mit Salzsäure angesäuert, eingeeengt und mit Ammoniak unter Zusatz von Ammoniumchlorid auf  $10 \text{ cm}^2$  aufgefüllt. Die Bestimmung ist mit  $10 \text{ mg}$  Probegut durchführbar.

Am Schluß der Arbeit werden von den Verfassern noch zur gleichzeitigen Bestimmung mehrerer Bestandteile folgende Trennungsvorgänge empfohlen und beschrieben:

1. Die Aethertrennung.
2. Die Trennung durch Elektrolyse.
3. Die Trennung durch direkten Karbonataufschluß mit begrenzter Karbonatmenge.
4. Die Ammoniaktrennung unter Vermeidung von Ammonsalzen.

Die in der Arbeit zusammengestellten mikroanalytischen Verfahren haben bei einer Reihe von metallurgischen Forschungsarbeiten wie bei betrieblichen Untersuchungen wertvolle Hilfe geleistet.

Walter Koch.

#### Einführungslehrgang: „Elektrowärme im Industriebetrieb“.

In Gemeinschaft mit dem Elektrowärme-Institut der Vereinigten Institute für Wärmetechnik findet im Haus der Technik, Essen, vom 10. bis 14. November 1941 ein Lehrgang „Elektrowärme im Industriebetrieb“ statt. Einzelheiten sind vom Haus der Technik, Essen, Postfach 254, zu erfahren.

### Archiv für das Eisenhüttenwesen.

#### Der Einfluß des Bodenkörpers auf den Kohlenoxyd- und Methanzerfall.

Der Stand der Erkenntnisse über die Bedingungen des Kohlenoxydzerfalls und der damit verbundenen Zerstörungerscheinungen wird von Walter Baukloh und Josef Hellbrügge<sup>1)</sup> gekennzeichnet. An Hand einer Reihe von Unter-

suchungen wird der Einfluß von Kieselsäure, gebranntem Kalk, Tonerde und Chromoxyd in Mischungen mit Eisenoxyd auf die Kohlenstoffabscheidung untersucht. Für den Fall, daß die Brenntemperaturen hoch genug sind, bewirken die vorgenannten Stoffe durchweg eine Verminderung der Kohlenstoffabscheidung. Chromoxyd erwies sich in dieser Richtung als besonders günstig. Das gleiche gilt für Mischungen des Eisenoxyds mit geringen Anteilen Zinkoxyd, Kadmiumsulfat, Quecksilberchlorid, Borsäure usw. Es wurde festgestellt, daß der Methanzerfall zu entsprechenden Zerstörungerscheinungen, wie der Kohlenoxydzerfall, führen kann. Die Zerstörungsgeschwindigkeiten sind hier durchweg wesentlich größer.

#### Die spektralanalytische Nachweisempfindlichkeit von Legierungsbestandteilen in Stahl und Eisen.

Die im kondensierten Funken gegebene Nachweisempfindlichkeit verbreiteter Begleitelemente wurde von Otto Schließmann<sup>2)</sup> durch Reihenaufnahmen von abgestuften Gehalten überprüft. Sie betrifft zu Beginn der Versuche die auf Kohlelektrode erhaltenen Erfassungsgrenzen gelöster Elemente. Ihre praktische Bedeutung in Verbindung mit einer Abtrennung des Eisens vom Fundstoff wird für die Stahlanalyse an einigen Beispielen erörtert. Durch anschließende Ueberprüfung der Nachweisgrenzen in Lösungen mit  $10 \%$  Fe und Vergleich mit den erstgenannten Werten wird die durch Ueberlagerung mit Eisenlinien, d. h. durch ungenügende Auflösung oder Dispersion, auftretende Verminderung der Nachweisempfindlichkeit dargelegt. Weiterhin werden die bei unmittelbarem Abfunken fester Proben noch quantitativ bestimmbarer Grenzwerte festgestellt. Für die metallischen Legierungsbestandteile wird auch die im Bogen erreichbare Empfindlichkeit besprochen. Für Kohlenstoff und Phosphor ergeben sich durch Messung von Linien des äußersten Ultraviolett erweiterte Nachweisgrenzen. Die für die Nachweisgrenzen der metallischen Legierungsbestandteile gültigen Werte werden für Quarz- und Glasspektrographen gesondert mitgeteilt. Zuletzt werden die Ergebnisse der visuellen Prüfung unter Angabe der geeignetsten Analyselinien im Bogen und Funken dargelegt. Hierbei werden zwei verschiedene Bauarten von Spektralgeräten angewandt und die auftretenden Unterschiede der Nachweisempfindlichkeit untersucht und besprochen.

**Versprödung chromreicher Stähle im Temperaturgebiet von 300 bis 600°.**

Nichtrostende, säure- und hitzebeständige Stähle mit Chromgehalten über etwa  $15 \%$  neigen — unabhängig davon, ob ihr Gefüge ferritisch oder halb-ferritisch ist — nach Feststellungen von Gerhard Riedrich und Franz Loib<sup>3)</sup> bei Beanspruchung in dem Temperaturgebiet von  $400$  bis  $500^\circ$  zur Versprödung, die sich sowohl bei diesen Temperaturen als auch bei  $20^\circ$  zeigt. Die Säurebeständigkeit chromreicher Stähle wird durch den Versprödungsvorgang beträchtlich verringert. Unter bestimmten Bedingungen tritt auch Kornzerfall auf.

Die Neigung zur Versprödung nimmt mit steigendem Chromgehalt und der Haltezeit auf der Versprödungstemperatur zu. Starke Karbidbildner wie Titan und Niob erhöhen die Neigung zur Versprödung, der Kohlenstoffgehalt ist praktisch ohne Einfluß. Die Versprödung kann daher nicht durch irgendein Karbid verursacht werden. Durch einen zusätzlichen Gehalt an Silizium wird die Versprödungsneigung verstärkt und durch Mangan zu höheren Chromgehalten verschoben.

Da die Neigung zur Versprödung im Hinblick auf die Stahlzusammensetzung im wesentlichen nur vom Chromgehalt abhängt, kann angenommen werden, daß die Versprödung durch eine Eisen-Chrom-Verbindung hervorgerufen wird. Um die in sehr chromreichen Stählen auftretende Verbindung FeCr kann es sich nicht handeln, da diese unmagnetisch ist und die magnetische Sättigung durch die Versprödung in dem Temperaturbereich von  $400$  bis  $500^\circ$  nicht beeinflusst wird. Durch Behandlung bei Temperaturen oberhalb etwa  $500^\circ$  kann die Versprödung wieder beseitigt werden. Durch erneutes Verweilen in dem Temperaturbereich von  $400$  bis  $500^\circ$  tritt in gleich starkem Maße Versprödung wieder auf. Dies deutet darauf hin, daß es sich bei dem Versprödungsvorgang um eine Ausscheidung handelt. Diese Annahme wird durch die Aenderung der Koerzitivkraft, des spezifischen Gewichtes, des elektrischen Widerstandes und durch die Steigerung der Härte bestätigt. Die Härtesteigerung ist jedoch an der Versprödung selbst nicht maßgebend beteiligt. Die Versprödung wird hauptsächlich durch eine bevorzugt an den Korngrenzen stattfindende Ausscheidung bedingt.

<sup>9)</sup> Arch. Eisenhüttenw. 11 (1937/38) S. 185/87.

<sup>10)</sup> Z. anal. Chem. 114 (1938) S. 170/81.

<sup>11)</sup> Techn. Mitt. Krupp, A: Forsch.-Ber., 2 (1939) S. 179/85; Arch. Eisenhüttenw. 13 (1939/40) S. 127/34 (Chem.-Aussch. 134).

<sup>1)</sup> Arch. Eisenhüttenw. 15 (1941/42) S. 163/66.

<sup>2)</sup> Arch. Eisenhüttenw. 15 (1941/42) S. 167/74 (Chem.-Aussch. 149).

<sup>3)</sup> Arch. Eisenhüttenw. 15 (1941/42) S. 175/82 (Werkstoff-aussch. 556).



### Der Unterschied zwischen mechanisch und röntgenographisch ermittelten Elastizitätskonstanten.

Bei Modellversuchen zur röntgenographischen Spannungsmessung mit bekanntem Spannungszustand wurden im Kaiser-Wilhelm-Institut für Eisenforschung in Düsseldorf (KWI) immer wieder Unterschiede zwischen den mechanischen und röntgenographischen Elastizitätskonstanten beobachtet, während bei den Modellversuchen der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt (DVL) in Berlin-Adlershof solche Unterschiede nicht auftraten. Auch in anderen Laboratorien wurden zwischen den Elastizitätskonstanten teils Unterschiede, teils Übereinstimmung gefunden. Um festzustellen, ob die Ursache für diese widersprechenden Beobachtungsergebnisse im jeweils benutzten Werkstoff oder etwa in der Ausübung des Verfahrens zu suchen ist, wurde zwischen dem KWI und der DVL die beiderseits völlig gleichartige Durchführung einer röntgenographischen Spannungsmessung verabredet.

Der Versuch wurde von Franz Bollenrath und Eugen Osswald in Berlin-Adlershof sowie von Hermann Möller und Helmut Neerfeld in Düsseldorf<sup>1)</sup> so ausgeführt, daß in beiden Instituten an demselben Probestab in derselben Biegevorrichtung die gleichen Belastungen eingestellt und die gleichen Aufnahmen gemacht wurden. Beide Aufnahmereihen wurden in beiden Instituten ausgewertet, um auch den Einfluß der Aufnahmevermessung getrennt zu erfassen. Der Versuch erbrachte bis auf einen gleichbleibenden, die Spannungsmessung nicht beeinflussenden Vermessungsunterschied gute Übereinstimmung aller Meßergebnisse. Röntgenographisch wurde das Verhältnis von Poissonscher Zahl zu Elastizitätsmodul  $\nu/E$  zu  $(1,59 \pm 0,02) \cdot 10^{-6}$  mm<sup>2</sup>/kg ermittelt. Aus mechanischen Feindehnungsmessungen des KWI ergab sich  $\nu/E$  zu  $(1,385 \pm 0,010) \cdot 10^{-6}$  mm<sup>2</sup>/kg. Durch den Vergleichsversuch ist damit einwandfrei nachgewiesen, daß Unterschiede zwischen röntgenographischen und mechanischen Elastizitätskonstanten bestehen können. Eingehende Überlegungen führen zu der Verallgemeinerung, daß solche Unterschiede in den meisten Fällen wirklich auftreten, und daß Gleichheit in einzelnen Fällen nur zufällig besteht.

In dem Vergleichsversuch wurde auch für die Konstante  $(\nu + 1)/E$  ein Unterschied zwischen röntgenographischem und mechanischem Wert in Höhe von etwa 10 % gefunden. Diese Beobachtung, die im Gegensatz zu bisherigen Erfahrungen steht, wird jedoch als versuchsmäßig noch nicht ausreichend gesichert angesehen.

Als Erklärung der Unterschiede erscheint die Annahme eines Einflusses der elastischen Anisotropie der Kristallite im Haufwerk geeignet. Zur Prüfung dieser Annahme wird versucht, eine Berechnung der röntgenographischen Elastizitätskonstanten auf Grund einer physikalisch einwandfreien Annahme über das Verhalten der Kristallite im Haufwerk durchzuführen. Ferner sind Versuche im Gange, die kristallographische Orientierung der reflektierenden Kristallite bei der Spannungsmessung zu berücksichtigen.

<sup>1)</sup> Arch. Eisenhüttenw. 15 (1941/42) S. 183/94 (Werkstoffaussch. 557). — S. a. Mitt. K.-Wilh.-Inst. Eisenforsch. 23 (1941) Lfg. 7, S. 97/104; Stahl u. Eisen 61 (1941) S. 893.

Die eingangs gestellte Frage, warum die an zwei verschiedenen Stellen mit erheblichem versuchsmäßigem Aufwand erzielten Ergebnisse nicht übereinstimmen, kann zwar auch heute noch nicht ganz beantwortet werden. Sie ist jedoch insofern im wesentlichen geklärt, als zwischen den Ergebnissen kein grundsätzlicher Unterschied mehr besteht. Nur die Größe der Abweichungen wurde im Mittel an beiden Stellen verschieden gefunden.

### Das System Eisen-Eisensulfid-Kalziumsulfid.

Nach thermischen und mikroskopischen Untersuchungen von Rudolf Vogel und Theo Heumann<sup>1)</sup> bilden Eisensulfid und Kalziumsulfid ein einfaches System mit Eutektikum, wobei die Möglichkeit einer gewissen Löslichkeit von Eisensulfid in Kalziumsulfid im festen Zustand offen bleibt. Aus dem Verlauf der Liquiduskurve wurde eine obere Grenze für den Schmelzpunkt des Kalziumsulfids bestimmt; diese ergab sich zu 2450°. Eisen und Kalziumsulfid sind im flüssigen Zustande praktisch nicht löslich.

Der Bereich zwischen Eisen, Eisensulfid und Kalziumsulfid ist gekennzeichnet durch eine Mischungslücke im flüssigen Zustand, welche von der 100prozentigen Mischungslücke zwischen Eisen und Kalziumsulfid ausgeht und sich in einem unteren kritischen Punkt bei ungefähr 1800° schließt, sowie durch einen ternären eutektischen Punkt, dessen Temperatur mit dem binären Eisen-Eisensulfid-Eutektikum praktisch zusammenfällt. Die Versuche mit dem hierzu verwendeten Kalziumsulfid deuteten auf das Bestehen von Gleichgewichten zwischen Kalziumsulfid, Kalziumsulfat, Kalziumoxyd und Schwefel hin. Die Einwirkung von Kalzium auf schwefelhaltiges Eisen wurde klargestellt.

### Beitrag zur Sortenkostenrechnung in Siemens-Martin-Stahlwerken.

I. Teil: Ermittlung und betriebswirtschaftliche Aufbereitung der betrieblichen Unterlagen.

Die Genauigkeit der Sortenkostenrechnung in Stahlwerken hängt von einer richtigen Gliederung der Kostenstellen und einer zuverlässigen und zweckmäßigen Zusammenfassung der Kostenarten und Kostenträger ab. Die Schaffung der betriebswirtschaftlichen Unterlagen für die laufende Sortenkostenrechnung wird von Karl Kudicke<sup>2)</sup> an Beispielen geschildert. Diese betreffen die Ermittlung und Verrechnung: der Akkordlöhne in Abhängigkeit von der Kopfleistung, von Sollzahlen für die Belegschaft und den Zeitverbrauch bei allen Arbeiten in der Grube und in der Verputzerei, von Sollzahlen für den Verbrauch an Gas, Kokillen, Gespannplatten, Trichtern und Gießgrubenstoffen, und zwar getrennt für jede Sortengruppe. Anschließend wird gezeigt, wie diese betriebswirtschaftlich-technischen Angaben zu Monatsberichten über die Erzeugung, das Ausbringen und die Ofenleistung verwertet werden; vor allen Dingen dienen diese Unterlagen zur Aufstellung der Sortenkostenrechnung, die in einem weiteren Bericht behandelt wird.

<sup>1)</sup> Arch. Eisenhüttenw. 15 (1941/42) S. 195/99 (Werkstoffaussch. 558).

<sup>2)</sup> Arch. Eisenhüttenw. 15 (1941/42) S. 203/07 (Betriebsw.-Aussch. 186).

## Patentbericht.

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

(Patentblatt Nr. 42 vom 16. Oktober 1941.)

Kl. 7 a, Gr. 12, A 80 369. Bandkaltwalzwerk. The American Rolling Mill Company, Middletown, Ohio (V. St. A.).

Kl. 7 a, Gr. 14/03, M 143 332. Verfahren zum Herstellen nahtloser Rohre auf Reduzierwalzwerken. Erf.: Dr.-Ing. Georg Bittlinger, Riesa, Elbe. Anm.: Mitteldeutsche Stahlwerke, A.-G., Riesa.

Kl. 10 a, Gr. 5/15, K 151 810. Verbundkoksofen mit Zwillingsheizröhren und Kreisstrombeheizung. Erf.: Dr.-Ing. e. h. Heinrich Koppers, Essen. Anm.: Heinrich Koppers, G. m. b. H., Essen.

Kl. 18 a, Gr. 18/05, D 81 808. Verfahren zur Gewinnung von Eisen aus eisenhaltigen Materialien. Erf.: Dr. Walter Dyckerhoff, Wiesbaden. Anm.: Dyckerhoff, Portland-Zementwerke, A.-G., Mainz-Amöneburg.

Kl. 18 c, Gr. 7/50, D 83 943. Ofen zum Glühen oder Normalisieren von Blechen oder Bändern. Erf.: Wilhelm Schmidt, Mülheim, Ruhr. Anm.: Deutsche Röhrenwerke, A.-G., Düsseldorf.

Kl. 18 c, Gr. 9/50, J 63 079. Mit einer Schutzgasatmosphäre mit Heizrohren versehener Glühofen. Erf.: Dipl.-Ing. Christian

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

Pfeil, Essen. Anm.: „Indugas“, Industrie- und Gasofenbau-gesellschaft m. b. H., und Dipl.-Ing. Christian Pfeil, Essen.

Kl. 18 c, Gr. 11/01, S 139 276. Deckelhebe- und Schwenkvorrichtung für Ofen, insbesondere Schachtofen. Erf.: Dipl.-Ing. Christian Hollmann, Berlin-Lichterfelde, und Dipl.-Ing. Bernd Frhr. von Hoyningen-Huene, Berlin-Siemensstadt. Anm.: Siemens-Schuckertwerke, A.-G., Berlin-Siemensstadt.

Kl. 18 c, Gr. 11/10, S 143 303. Verfahren zur selbsttätigen Temperaturregelung von Ofen. Erf.: Arthur Sprenger, Berlin-Halensee. Anm.: Friedrich Siemens K.-G., Berlin.

Kl. 18 c, Gr. 11/10, S 143 951. Verfahren und Vorrichtung zur selbsttätigen Temperaturregelung bei Wärmöfen. Erf.: Arthur Sprenger, Berlin-Halensee. Anm.: Friedrich Siemens K.-G., Berlin.

Kl. 18 c, Gr. 11/40, St 60 139. Verfahren zum Betriebe von Herdöfen zum Erwärmen von Eisen-, Stahl- und Metallblöcken. Arthur Sprenger, Berlin-Halensee.

Kl. 18 d, Gr. 2/20, K 142 335. Zus. z. Anm. K 142 117. Stahllegierung für Gegenstände mit hoher Dauerstandfestigkeit und gleichzeitig hoher Widerstandsfähigkeit gegen schlagartige Beanspruchungen. Kohle- und Eisenforschung, G. m. b. H., Düsseldorf.

Kl. 31 a, Gr. 1/10, M 136 227. Schachtschmelzofen mit Vorherd. Peter Marx, Hennef, Sieg.



Kl. 31 a, Gr. 2/40, R 106 926. Niederfrequenz-Induktions-ofen mit mehreren Schmelzrinnen. Erf.: Dipl.-Ing. Friedrich Edmann und Willy Vierhaus, Köln-Marienburg. Anm.: Ruß-Elektroofen Kom.-Ges., Köln.

Kl. 40 d, Gr. 2/10, B 191 193. Verfahren zum Betrieb einer Vergüteeinlage für Blechtafeln. Erf.: Berthold Zünckel, Nürnberg. Anm.: Brown, Boveri & Cie., A.-G., Mannheim-Käfertal.

Kl. 42 l, Gr. 3/08, A 92 679. Einrichtung zur sekundären Röntgenanalyse von Werkstoffen. Erf.: Dr. Adela Kochanowská, geb. Nemejcová, Prag. Anm.: Aktiengesellschaft vormals Skoda-werke in Pilsen, Prag.

Kl. 48 a, Gr. 11, C 55 708. Vorrichtung zum Umleiten von Blechtafeln in galvanischen Bädern. Erf.: Walter Loh, Düsseldorf-Benrath. Anm.: Capito & Klein, A.-G., Düsseldorf-Benrath.

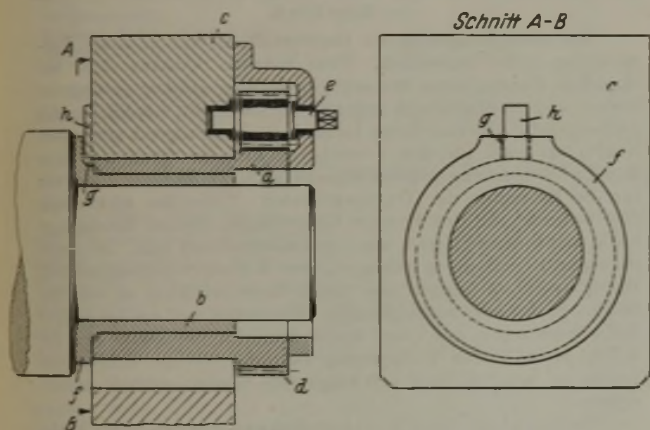
Deutsche Reichspatente.

Kl. 40 b, Gr. 2, Gr. 2, Nr. 705 768, vom 5. Mai 1937; ausgegeben am 9. Mai 1941. Hans Vogt in Berlin-Neukölln. Verfahren zum Herstellen von Sinterkörpern.

Das in üblicher feiner Verteilung vorliegende Metallpulver wird vor dem Pressen und Sintern durch Sinterung in porige, bildsame Körner von einer mittleren Korngröße von 0,5 bis 1,5  $\mu$ m übergeführt, wobei die Vorsintertemperatur ebenso hoch oder höher ist als die Fertigsintertemperatur.

Kl. 7 a, Gr. 23, Nr. 705 907, vom 10. März 1939; ausgegeben am 13. Mai 1941. Demag, A.-G., in Duisburg. (Erfinder: Heinrich Uebing in Kolbeck über Ratingen.) Exzenteranstellung für die Walzen von Walzwerken.

Die Exzenterbuchse a ist als besonderer Teil um die Lagerschale b herum in dem Einbaustück c angeordnet und kann mit



Hilfe des Zahnkranzes d und Anstellritzels e gedreht werden. Damit sich die Lagerschale b hierbei nicht drehen kann, hat sie im Flansch f eine radiale Nut g, in die ein Ansatz h des Einbaustückes c eingreift.

Kl. 49 c, Gr. 10<sub>01</sub>, Nr. 705 956, vom 23. März 1938; ausgegeben am 14. Mai 1941. Schloemann A.-G. in Düsseldorf. (Erfinder: Eduard Groß in Düsseldorf.) Brammenschere mit geschlossenem Ständer.

Die beiden Seitenteile a, b des Scherenständers sind oben durch die Kappe c und unten durch das Querstück d zu einem starren Ganzen miteinander verbunden. Zwischen den Teilen a, b werden der Ober- und Untermesserschlitzen e, f geführt, die durch Motoren g, h über Vorgelege und Hebel i, k, l, m angetrieben und paarweise bei n, o angegriffen werden. Beide Getriebe sind durch Querwelle p miteinander verbunden, so daß trotz dem gesonderten Motorenantrieb der Gleichlauf auf beiden Seiten gesichert ist.

Kl. 48 a, Gr. 16, Nr. 705 977, vom 30. Januar 1937; ausgegeben am 15. Mai 1941. Deutsche Edelstahlwerke, A.-G., in Krefeld. (Erfinder: Dr.-Ing. Hans Hougardy und Dr.-Ing. Gerhard Riedrich in Krefeld.) Verfahren zur Vermeidung des Lochfraßes bei rost- und säurebeständigen Stählen.

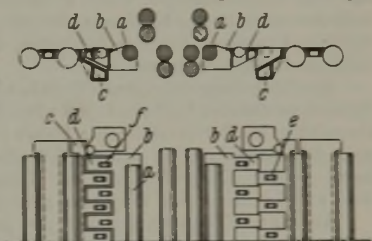
Bei solchen Stählen, die der Einwirkung von Halogenen oder deren Salzen ausgesetzt werden, wird im Anschluß an das übliche Beizen und vor dem Passivieren ein elektrolytisches Beizen eingeschaltet.

Kl. 80 b, Gr. 5<sub>04</sub>, Nr. 706 008, vom 27. April 1939; ausgegeben am 15. Mai 1941. Hoesch A.-G. in Dortmund. (Erfinder: Dr. Theodor Dingmann in Dortmund.) Verfahren zur Gewinnung von Baustoffen aus glasig erstarrenden Stoffen, besonders hüttenmännischen Schlacken.

Den an sich glasigen Stoffen wird im schmelzflüssigen Zustand die bei der Roheisenentschwefelung anfallende Entschwefelungsschlacke in festem Zustand zugesetzt, wobei gleichzeitig oder unmittelbar nach dem Zusatz die zu behandelnde Schlacke, z. B. durch Zugabe von nassen Erzbrocken, Kalksteinbrocken, Briketts aus Kalkstein und Waschbergen od. dgl., gut durchgerührt werden kann.

Kl. 7 c, Gr. 1, Nr. 706 093, vom 17. März 1940; ausgegeben am 17. Mai 1941. Dr.-Ing. E. h. Gustav Asbeck in Düsseldorf-Rath. Blechricht- bzw. Biegemaschine.

Die äußeren Richtrollen a sind auf einer oder beiden Seiten der Rollenträger b verschiebbar im Rollenbelag c. Der Träger hat auf der dem Rollgang zugekehrten Seite Konsolen d, die so weit voneinander angeordnet sind, daß in die zwischen ihnen vorhandenen Ausschnitte entsprechende Teile e des Rollenbelages c eingreifen können. Die Konsolen d und e können angetriebene oder lose Rollen f tragen, die das Einführen kleiner Bleche erleichtern. Das obere Bild zeigt links die Einstellung der Richtrolle a auf große, rechts auf kleine Rollenentfernung.



Kl. 48 b, Gr. 11<sub>04</sub>, Nr. 706 112, vom 11. November 1938; ausgegeben am 17. Mai 1941. Kohle- und Eisenforschung, G. m. b. H., in Düsseldorf. (Erfinder: Dr. phil. Gottfried Becker in Buderich bei Düsseldorf, Dr.-Ing. Karl Daeves und Dr. phil. Fritz Steinberg in Düsseldorf.) Verfahren zum Chromieren von Gegenständen aus Eisen und Stahl.

Beim Chromieren werden Bodenkörper aus keramischer Masse, z. B. aus Porzellan oder Sillimanit, verwendet, die an einer Chromchlorverbindung angereichert sind; das Chromieren findet in einem Einsatz statt, der aus angereicherten Bodenkörpern und stückigem Ferrochrom besteht.

Kl. 40 b, Gr. 17, Nr. 706 249, vom 1. August 1939; ausgegeben am 21. Mai 1941. Fried. Krupp A.-G. in Essen. (Erfinder: Dr. Walther Dawidl in Kohlhasenbrück, Post Potsdam-Babelsberg, und Adolf Fehse in Berlin.) Die Verwendung von Hartmetallegerungen für auf Druck und/oder Gleitung beanspruchte Körper.

Für Arbeitskörper, z. B. Wellen solcher auf Druck und/oder Gleitung beanspruchter Gegenstände, bei denen der Gegenkörper, z. B. Lagerschale, aus einer Hartmetallegerung besteht aus Wolframkarbid mit Gehalten bis zu 20% eines oder mehrerer leicht schmelzender Metalle, besonders der Eisengruppe, werden Hartmetallegerungen aus Gemischen von 30 bis 95% Wolframkarbid mit 70 bis 5% eines oder mehrerer Karbide des Titans, Zirkons, Vanadins, Niobs, Tantals, Chroms oder auch Chrommetalls verwendet.

Kl. 18 a, Gr. 18<sub>01</sub>, Nr. 706 261, vom 17. Juli 1938; ausgegeben am 22. Mai 1941. Fried. Krupp A.-G. in Essen. (Erfinder: Dr.-Ing. E. h. Emil Edwin in Oslo und Dr.-Ing. habil. Hans Wentrup in Essen.) Verfahren zur Gewinnung von Eisen oder anderen Metallen.

Bei dem Verfahren zum Gewinnen von Eisen oder anderen Metallen, deren Affinität zum Sauerstoff nicht wesentlich größer ist als die des Eisens, ohne Schmelzvorgang, wobei oxydische oder sulfidische Verbindungen mit Kohlenstoff oder Kohlenoxydgas und Kalk bei erhöhter Temperatur und bei einem oberhalb des Dissoziationsdruckes des sich bildenden kohlen-sauren Kalkes liegenden Druck zur Reaktion gebracht werden, wird Kalk verwendet, der eine besonders hohe Porosität hat und nötigenfalls einer seine Porosität erhöhenden Behandlung unterworfen worden ist.



## Wirtschaftliche Rundschau.

### Klöckner-Werke, A.-G., Duisburg.

Die in vielen Jahren vorausschauend geschaffene hohe Leistungsfähigkeit der Werke hat es ermöglicht, die im Geschäftsjahre 1940/41 noch weiter gesteigerten Anforderungen der Kriegswirtschaft zu erfüllen. Dabei ergab es sich von selbst, daß Arbeiten zur Instandhaltung und Erneuerung der Betriebsanlagen teilweise zurücktreten mußten; sie werden später nachzuholen sein. Auch der weitere Ausbau der Zechen und Hütten, der sich nach einem umfassenden Gesamtplan vollzieht und im Berichtsjahre fortgeführt wurde, war unter den Einwirkungen des Krieges einer zwangsläufigen Beschränkung unterworfen. Große Aufgaben auf diesem Gebiete der Weiterentwicklung, an der unablässig gearbeitet wird, stehen noch bevor; sie werden nicht zuletzt der kommenden Friedenszeit zugute kommen.

Im Steinkohlenbergbau ergab sich während des Berichtsjahres ein steigender Bedarf an Brennstoffen, weil die europäischen Länder in zunehmendem Maße auf die Versorgung durch Deutschland angewiesen waren. Dies hatte zur Folge, daß sich in verstärktem Umfang eine von Deutschland geleitete europäische Kohlenwirtschaft anbahnte. Der deutsche Bergbau wurde dadurch vor eine gewaltige Aufgabe gestellt, die es mit sich brachte, daß gewisse, aber tragbare Einschränkungen in Verbraucherkreisen vorübergehend in Kauf genommen werden mußten. Der Kohlenversandfrage kam entscheidende Bedeutung zu. Alle Verkehrsträger wirkten zusammen, um die gestellten Aufgaben nach besten Kräften zu bewältigen. Trotz allen Schwierigkeiten konnte die gesamte Förderung samt den früheren Lagerbeständen abgefahren werden.

Die Förderung der eigenen Steinkohlenzechen, die angesichts des außerordentlichen Bedarfs mit allen Mitteln gesteigert wurde, überschritt im Berichtsjahre alle bisher erreichten Jahresleistungen. Die Erzeugung in den übrigen Zweigen des Kohlenbergbaues — der Kokereien und der Kohlenwertstoffe — konnte etwa auf der Höhe des Vorjahres gehalten werden.

Auf dem Eisenmarkt war die gesamte Erzeugung ausgerichtet auf den kriegsnotwendigen Bedarf. Gleichwohl war es möglich, die Auslandslieferungen im Laufe des Geschäftsjahres wieder zu erhöhen und damit die dringlichsten Bedürfnisse zu befriedigen.

Die eigene Roheisen- und Rohstahlgewinnung hielt sich auf der Höhe des Vorjahres. Innerhalb der Gesamterzeugung wurde der Herstellung hochwertiger Qualitäten nach wie vor, auch im Rahmen der Forschungsarbeiten, besondere Beachtung geschenkt. Die Versorgung der Hütten mit den wichtigsten Rohstoffen vollzog sich bei zeitweise nicht unerheblichen Schwierigkeiten in ausreichendem Maße. Die Kriegsverhältnisse führten zu einer weiteren Steigerung in der Verhüttung eisenarmer Erze; der Anteil der Minette ist wieder größer geworden. Das frühere lothringische Werk Kneuttingen ist wieder in die Verwaltung von Klöckner zurückgekehrt; nach fast einjährigem Stillstand wurde es sofort wieder in Betrieb gesetzt. Die damit verbundenen Schwierigkeiten sind unter Einsatz aller Kräfte gemeistert worden. Die Erzeugung des Kneuttinger Werkes richtet sich im wesentlichen nach den zur Verfügung stehenden Brennstoffmengen.

Die schon im Vorjahr durchgeführten Maßnahmen zur Förderung des Arbeitseinsatzes, wie Ausbildung von Fach-

arbeitern, Einsatz von Frauen und Ausländern, sind auch weiterhin mit gutem Erfolge angewendet worden. Die Nachwuchsschulung, die Schulung der Erwachsenen und die Umschulungen nahmen verstärkten Fortgang. Die hierzu dienenden Einrichtungen wurden erweitert und verbessert.

#### Beteiligungen.

Klöckner-Humboldt-Deutz A.-G. — Auch im zweiten Kriegsjahre wirkte sich die enge Zusammenarbeit auf Grund des Gemeinschaftsvertrages auf allen Gebieten des Betriebes und der Verwaltung günstig aus. Das Ergebnis (Rohertrag 91 418 100 *RM*) mit Einschluß der anteiligen Steuern wurde auf die Klöckner-Werke A.-G. übertragen.

Geisweider Eisenwerke, A.-G. — Für das am 30. Juni 1940 abgelaufene Geschäftsjahr sind 211 500 *RM* als Gewinn ausgewiesen worden. Hiervon wurde eine Dividende von 9 % auf die Vorzugsaktien und von 6 % auf die Stammaktien verteilt. Auch im Geschäftsjahre 1940/41 war das Unternehmen voll beschäftigt. Die Erzeugung von Edelstahl wurde weiterhin gesteigert.

Rheinische Chamotte- und Dinas-Werke. — Die Bilanz vom 31. Dezember 1940 schließt bei rückgängigem Versanderfolg mit einem Gewinn von 42 500 *RM* ab; dieser wurde auf neue Rechnung vorgetragen. Für das neue Geschäftsjahr liegt ein guter Auftragsbestand vor.

Gewerkschaft Victor. — Erzeugung und Absatz waren auch im Geschäftsjahre 1940 zufriedenstellend.

#### Abschluß.

Das Gesamtergebnis des Berichtsjahres war in seiner Entwicklung nicht einheitlich. Dem höheren Umsatz steht bei manchen Erzeugnissen ein verhältnismäßig stärker gestiegener Lohn- und Stoffaufwand gegenüber. Dies gilt sowohl für die umfangreiche Heranziehung fachlich nicht genügend geschulter Kräfte als auch für den vermehrten Einsatz eisenarmer Erze und die Verteuerung anderer Einsatz- und Verbrauchsstoffe sowie für die Erhöhung der Transportkosten. Ueberdies wirkte sich die Einbeziehung des Werkes Kneuttingen, dessen Ertragslage noch nicht ausgeglichen ist, ergebnismindernd aus. In angestrengten Bemühungen gelang es, diese Kostensteigerungen durch Betriebsvereinfachungen und durch Kostensenkung an anderen Stellen größtenteils auszugleichen. Hierdurch und infolge einiger Erlösbesserungen auf dem Auslandsmarkt, besonders bei der Kohle, sowie durch Verlagerung auf höherwertige Erzeugnisse wurde es möglich, ein befriedigendes Gesamtergebnis auszuweisen.

Die Gewinn- und Verlustrechnung ergab einen Rohgewinn von 166 727 766 *RM*. Die Aufwendungen betragen: 83 116 527 *RM* Löhne und Gehälter, 10 251 638 *RM* gesetzliche soziale Abgaben, 15 972 323 *RM* Abschreibungen, 2 155 060 *RM* Zinsen, 46 470 432 *RM* Steuern, 440 449 *RM* Beiträge an Berufsvertretungen, 2 000 000 *RM* Zuweisung an „Andere Rücklage“. Aus dem verbleibenden Reingewinn von 6 321 336 *RM* werden 6 300 000 *RM* Gewinn (6 % wie im Vorjahre auf 105 Mill. *RM* Aktienkapital) ausgeteilt und 21 336 *RM* zur Zahlung eines Gewinnanteils in gleicher Höhe an die außenstehenden Aktionäre der Klöckner-Humboldt-Deutz A.-G. verwendet.

Sowjetunion mit 182 405 t, Kuba mit 132 711 t und die Philippinen mit 44 211 t.

### United States Steel Corporation.

Nach dem Geschäftsbericht für das Jahr 1940 waren die Ergebnisse im Auslande und die heimischen Aufrüstungsmaßnahmen ausschlaggebend für die Wiederbelebung der Nachfrage nach Stahlerzeugnissen im Jahre 1940. Die Stahlausfuhr aus den Vereinigten Staaten hob sich infolge der seit Mai 1940 zunehmenden Kampfhandlungen. Die sich daraus ergebende beschleunigte Herstellung von Kriegsgerät rief Bedarf nach beträchtlichen Stahlmengen hervor, was sich bei der United States Steel Co. in einer erheblichen Steigerung der Stahlerzeugung bemerkbar machte. Die Gesellschaft rechnet damit, daß auch weiterhin als Folge des Krieges und der heimischen Aufrüstung die mittelbare und unmittelbare Nachfrage nach Stahl zunehmen wird. Bereits im Berichtsjahre hatte sich der Beschäftigungsstand von 60,7 % auf 80,2 % gehoben. Die Zunahme von Förderung und Erzeugung erstreckte sich dabei auf alle Betriebszweige, wie aus *Zahlen-tafel I* hervorgeht.

Der Wert des Umsatzes aller Werke der United States Steel Co. stieg auf 1 446 000 000 \$, d. h. um 242 000 000 \$ oder 27 % gegenüber dem Vorjahre. Die Zunahme gegenüber 1939

### Manganerzförderung und -einfuhr der Vereinigten Staaten von Nordamerika im Jahre 1940.

Nach vorläufigen Angaben des Bureau of Mines lieferten die heimischen Gruben im Jahre 1940 etwa 40 000 t Manganerz (35 % Mn oder mehr) gegen 29 776 t im Jahre 1939. Etwa 80 % der Mengen kamen aus Arkansas, Montana und Tennessee. Die Lieferungen der heimischen Gruben an eisenhaltigem Manganerz (10 bis 35 % Mn) stellten sich auf rd. 341 000 t gegenüber 243 377 t im Jahre 1939; Neumexico und Minnesota waren hieran mit rd. 90 % beteiligt. An manganhaltigen Eisenerzen (5 bis 10 % Mn) lieferten die heimischen Gruben rd. 1 000 000 t gegen 477 218 t im Vorjahre; diese Mengen stammten zu rd. 98 % aus Minnesota.

Die Einfuhr von Manganerzen mit 35 % Mn oder mehr belief sich im Jahre 1940 auf 1 288 443 t Manganerz für die Stahlindustrie mit 611 517 t Mn und 26 543 t Manganerz für die chemische Industrie mit 14 270 t Mn. Im Jahre 1939 hatte die Einfuhr an Manganerzen beider Sorten 709 666 t betragen mit 347 285 t Mn. Hinzu kamen im Jahre 1940 noch 39 505 t 28prozentige Manganerze mit 11 251 t Mn gegen 31 175 t mit 8587 t Mn im Jahre 1939. Die wichtigsten Herkunftsländer waren Südafrika mit 239 166 t, Brasilien mit 226 112 t, die Goldküste mit 221 414 t, Britisch-Indien mit 218 481 t, die



Zahlentafel 1.  
Erzeugung der United States Steel Corporation.

	1939	1940	Zunahme in %
	(in 1000 t zu 1000 kg)		
Eisenerzförderung . . . . .	21 872	30 751	40,5
Mangan- und Zinkerzförderung . . . . .	104	129	24,0
Kohlenförderung . . . . .	19 613	26 782	36,5
Koksgewinning . . . . .	10 967	14 643	33,5
Kalksteingewinnung usw. . . . .	11 657	14 267	22,3
Erzeugung von Roheisen, Spiegeleisen und Eisenlegierungen . . . . .	12 386	16 658	34,4
Erzeugung von Flußstahlblöcken . . . . .	15 987	20 801	30,1
Herstellung von Walz- und andern Fertig- erzeugnissen . . . . .	10 881	14 098	29,5

beruhte nur in geringem Umfange auf Preiserhöhungen, die nur bei einigen Erzeugnissen im Laufe des Jahres stattfanden, während die Preise für die meisten Erzeugnisse unverändert blieben.

Ueber die Lieferung von Rohstoffen und Eisenerzeugnissen unterrichtet *Zahlentafel 2*. An Fertigerzeugnissen wurden demnach im Berichtsjahr 13,6 Mill. t geliefert, was gegenüber dem Vorjahre eine Zunahme um 28,2 % bedeutet. Damit wurde der höchste Stand seit 1929 erreicht. Die Lieferungen lagen zu Beginn des Berichtsjahres erheblich unter denen zu Ende 1939 und gingen bis April weiter zurück. Dann begann der Aufstieg, der seinen Höhepunkt im Oktober erreichte.

Zahlentafel 2.  
Lieferung von Rohstoffen und Eisenerzeugnissen.

	1939	1940	Zunahme in %
	(in 1000 t zu 1000 kg)		
Fertigerzeugnisse . . . . .	10 618	13 618	28,2
Roheisen, Blöcke, Schrott usw. . . . .	942	1 397	48,3
Kalkstein, Kohle, Erze usw. . . . .	2 996	5 466	82,4

Das Ausfuhrgeschäft nahm im Berichtsjahre verhältnismäßig stärker zu als das Inlandsgeschäft und machte etwa

## Der Einfluß Nordamerikas auf die australische Eisen- und Stahlindustrie.

Die Eisen- und Stahlversorgung der britischen Dominien und ihre Schwerindustrie werden heute von Washington aus bestimmt und geleitet. Dabei zeigt sich immer mehr, daß sich die Vereinigten Staaten von Nordamerika keineswegs auf Kanada beschränken, sondern auch die übrigen britischen Dominien, die zusammen einen recht beachtlichen Eisen- und Stahlmarkt darstellen, in ihren Einflußbereich zu bringen wissen.

Die O.P.M. (Office of Production Management), Amerikas oberste, wenn auch mit vielen Rivalen kämpfende Rüstungsbehörde, hat sich mit einem Kranz von „Consultants“ umgeben, der sich immer mehr zu einer Art wirtschaftlichem Generalstab entwickelt; seine Aufgabe ist keineswegs nur die Betreuung der zugewiesenen Fachgebiete, sondern er soll vielmehr im einzelnen und zusammen die weitgesteckten Pläne der führenden Männer vorbereiten und sachlich durchführen.

Nachdem sozusagen eine „Neue Ordnung“ für Kanada gefunden worden ist, kommen Südafrika, Neuseeland und Australien an die Reihe. Neuseeland, das für Eisen- und Stahlwerksbauten 6 Mill. £ im Jahre 1929 ausgeworfen, und mit dem Ausbau die Firma H. A. Brassert beauftragt hatte, wobei man sich auf die vorhandenen kleinen Anlagen von Onakaka stützen wollte, wurde benachrichtigt, daß an den Bau dieser Werke vorerst nicht zu denken sei. Die Ausschachtungsarbeiten, die Ende 1939 eingestellt worden waren und Mitte 1941 wieder aufgenommen werden sollten, unterbleiben einstweilen. Südafrika wurde schon vor Monaten davon in Kenntnis gesetzt, daß für die geplanten Erweiterungsbauten der South African Iron and Steel Corporation keine amerikanischen Baustoffe und Maschinen abgegeben werden könnten. Das besiegelt bis auf weiteres das Schicksal auch der südafrikanischen Rüstungsindustrie.

Australien wurde etwas vorsichtiger behandelt. In dem zweiten Bericht von Gano Dunn, der die Ausdehnung der nordamerikanischen Stahlindustrie mit 10 Mill. t Stahl vorsah, findet sich u. a. folgender Satz: „Die Erweiterung der Leistungsfähigkeit . . . ist nur dann möglich, angebracht und ratsam, wenn a) während der Dauer der Ausbauphase (fast fünf Jahre sind veranschlagt) keine Konstruktionsteile und Einrichtungen, die für den Bau von Stahlwerken verwendet werden können, ausgeführt werden, weil die für die Bauten vorgesehene Stahlmenge von 4 160 000 t Stahl derzeit nur mit größter Schwierigkeit abgezweigt werden kann, und b) wenn für diese erweiterte Leistungsfähigkeit nach Beendigung des Krieges entsprechende Absatzmärkte sichergestellt werden.“

20 % der gesamten verkauften Stahlmengen aus. Ungefähr ein Viertel der Ausfuhr ging nach Südamerika und Kanada, ungefähr die Hälfte nach Großbritannien und der Rest nach sonstigen Ländern.

Die Gesellschaft verfügt über folgende Anlagen: 84 Hochöfen, 366 Birnen und Stahlföfen, 327 Walzwerke, 13 Kaltwalzwerke (4 Vierwalzengerüste für Fein- und Schwarzbleche), 51 Drahtwalzwerke (Draht, Nägel und Zandraht), 29 Wärmöfen und Walzwerke für nahtlose Rohre, 8 Betriebe für Weiß- und Mattbleche, 5 für verzinkte Bleche und 11 für Brückenbau und Stahlbau.

Die Leistungsfähigkeit sämtlicher Werke der Gesellschaft belief sich im Berichtsjahre für Stahlblöcke und Stahlguß auf 25 240 000 t und für Fertigerzeugnisse zum Verkauf auf 16 577 000 t. Die Erzeugung an Walzzeug zum Verkauf in jedem Jahr, bezogen auf die Leistungsfähigkeit, betrug (1939 in Klammern): 1. Vierteljahr 67,1 (51,7) %, 2. Vierteljahr 68,1 (48,1) %, 3. Vierteljahr 87,4 (55,8) %, 4. Vierteljahr 98,0 (86,9) % und im ganzen Jahr 80,2 (60,7) %. Im Januar 1941 wurde eine Rohstahlleistungsfähigkeit festgestellt von 26 959 000 t, was eine Zunahme um 6,9 % gegenüber 1940 bedeutet. Diese ergibt sich hauptsächlich aus der Inbetriebnahme neuer Anlagen und der Berichtigung früherer Zahlen. Die tatsächliche Erzeugung lag bei Stahlblöcken und Fertigerzeugnissen in den ersten drei viertel Jahren und im ganzen Jahr 1940 beträchtlich unter der Leistungsfähigkeit.

Im Berichtsjahr betragen die Ausgaben der United States Steel Co. für Neuanlagen, Werkserweiterungen und Betriebsverbesserungen ungefähr 72 Mill. \$. Ende des Jahres standen bereits bewilligte, aber noch nicht ausgegebene Gelder für diese Zwecke in Höhe von 134 Mill. \$ zur Verfügung. Im ganzen hat die Gesellschaft seit 1927 für Neuanlagen usw. über 700 Mill. \$ ausgegeben.

Die Reineinnahmen der Gesellschaft beliefen sich auf 402 241 282 \$ im Berichtsjahre gegen 41 119 934 \$ im Jahre 1939.

Australien wird zwar nicht namentlich genannt, doch wurden diese Worte in Australien gut verstanden; denn die australische Abordnung, die wegen des Abschlusses großer Lieferungen zum Ausbau der Stahlindustrie nach Amerika gekommen war, mußte wieder unverrichteter Dinge abreisen. Allerdings wurde in die British Iron and Steel Corporation New York, die den gesamten Eisen- und Stahleinkauf für England leitet, eine australische Abteilung eingebaut. Mit dieser wurde vereinbart, daß die Vereinigten Staaten vierteljährlich bestimmte Mengen für Australien zu liefern haben. Für das letzte Vierteljahr 1941 sind vorerst 41 300 t festgelegt worden, darunter rd. 6000 t Walzdraht und 3600 t Drahterzeugnisse, etwa 2600 t Spundwandstahl, 1130 t legierter Stahl und rd. 3500 t Röhren. Mit anderen Worten also: die Vereinigten Staaten ersetzen England als Lieferer.

Aus dem Bericht von Gano Dunn geht aber deutlich hervor, daß Australien bis auf weiteres — d. h. für etwa fünf Jahre mindestens — von den Vereinigten Staaten keine Einrichtungen für den Ausbau einer Industrie bekommen kann. E. L. Lorehn, ein genauer Kenner der australischen Verhältnisse, kommt dabei für Australien zu recht ungünstigen Ergebnissen. Nach seinen Angaben wirkt es sich sehr schädlich für Australien aus, daß seit 1939 keinerlei Neuanlagen an Maschinen und Einrichtungen erfolgt sind. Aus diesem Grunde ist die Erzeugung zurückgegangen. Amerika wird aber alles tun, um den Ausbau der Rüstungsindustrie, des Motoren- und Flugzeugbaues sowie verschiedener Fertigwarenindustrien ganz nach kanadischem Muster zu unterstützen. Australien muß dann das Halbzeug, Einzelteile usw. aus den Vereinigten Staaten einführen, alles jedoch ohne Erweiterung der eigenen Versorgungsgrundlage.

Dabei sind einige bemerkenswerte Angaben über den derzeitigen Stand der Industrie Australiens bekannt geworden. So haben die British Tube Mills in Adelaide die Röhrenherstellung größtenteils aufgegeben und sich seit 1939 auf die Herstellung von Flak- und Feldgeschützrohren umgestellt, die seit 1940 im Gange ist. Dadurch wurde die Versorgung mit Röhren sehr geschwächt, an dem daher starker Mangel herrscht. Bei der Firma Lysaght Brothers & Co., Sydney, mußte die Drahterzeugung infolge Ausbleibens englischen Stift- und Geflechtdrahtes und völligen Ausbleibens europäischen festländischen Walzdrahtes auf 55 % vermindert werden; sie betrug im ersten Halbjahr 1941 nur noch 7360 t, davon war ein erheblicher Teil Stacheldraht. Die Commonwealth Steel Co. Ltd., Waratah bei Newcastle, hat ihren Betrieb mehr und mehr auf amerikanisches Halbzeug eingestellt und nach schwerem Rückschlag im Winter 1940/41 jetzt wieder etwa 85 % der früher hergestellten Mengen



erreicht. Jedoch ist das Werk heute in zahlreichen wichtigen Werkstoffen ganz von den Vereinigten Staaten abhängig. Hergestellt werden Eisenbahnzeug, besonders Achsen, Räder, Puffer, Stahlguß, ferner Kanonenverschlüsse und Werkzeugstahl. Die Herstellung belief sich in der ersten Hälfte 1941 auf 23 665 t. Die Commonwealth Aircraft Corporation, Port Melbourne, baut Flugzeuge auf Grund amerikanischer Lizenzen, seit Juni dieses Jahres auch den britischen Beaufort-Bristol-Torpedo-Bomber. Die Herstellung läuft jedoch nur sehr langsam an. In der Lieferung von Motoren, zahlreichen Einzelteilen usw. ist das Werk völlig von Amerika und Kanada abhängig. Die Commonwealth Rolling Mills Pty., Port Kembla, liefert Sonderstähle aller Art, ausgenommen Schnelldrehstahl. Die Erzeugung betrug in der ersten Hälfte 1941 8338 t, jedoch ist das Werk in Eisenlegierungen völlig auf die Vereinigten Staaten und Kanada angewiesen; es arbeitet derzeit mit etwa 80 % seiner Leistungsfähigkeit. Die Betriebe der Firma Rylands Brothers, Newcastle, liegen fast völlig still, nur die Abteilung für Zaundraht ist noch in Betrieb, die im ersten Halbjahr 1941 3400 t herstellte. Das Werk soll jetzt durch Walzdrahtlieferungen aus den Vereinigten Staaten wieder aufgefrischt werden. Die Australian Iron and Steel Corporation, Port Kembla und Newcastle, mit Hochöfen, Walzwerken usw., arbeitet derzeit zu etwa 82 bis 84 % der Leistungsfähigkeit. Es fehlt vor allem an Ferromangan und Ferrosilizium sowie an zahlreichen Maschinen. Die Zahl der in Feuer stehenden Hochöfen ist Ende August 1941 auf vier gesunken, die anderen sind stark ausbesserungsbedürftig. Erzeugungsangaben fehlen. Die gesamten Ausbaupläne sind zurückgestellt worden. Aus den Vereinigten Staaten soll Roheisen, und zwar Gießereiroheisen Nr. 1 und Hämatit, bezogen werden. Bei Stewarts & Lloyds, Newcastle, ruht die Herstellung nahtloser Röhren völlig, da es an Rohstoffen fehlt. Die Herstellung geschweißter Röhren dauert an, sie belief sich im ersten Halbjahr 1941 aber nur auf

14 300 t. Die Ausbaupläne sind zurückgestellt worden. Bei den Lysaght Newcastle Works Ltd., Newcastle und Port Kembla, ist die Herstellung von flachen und gewellten verzinkten Blechen sowie Schwarzblechen infolge Mangels an Halbzeug stark eingeschränkt worden. Hergestellt wurden im ersten Halbjahr 1941 nur 22 647 t.

Ueber die anderen Betriebe der australischen Schwerindustrie liegen keine Angaben vor. Bedeutend ausgebaut, besonders für die Errichtung von Schuppen, Flugzeuginrichtungen usw., wurde nur die Structural Engineering Co. of West Australia in Welshpool bei Perth. Was aber sonst erfolgt, sei es die schüchterne Teilerstellung von Kraftfahrzeugen, sei es der Ausbau der Munitions- und Waffenindustrie, besonders Kleinkaliber, Werkzeug-, Eisenwaren-, Blechwarenindustrien usw., von denen seit 1939 etwa 80 bis 90 neue Betriebe zu arbeiten begonnen haben, sind samt und sonders auf amerikanische Lieferungen angewiesen und fallen in sich zusammen, wenn diese ausbleiben.

Also auch hier: Ausbau einer Verfeinerungsindustrie ohne Rohstoff- und Halbzeuggrundlage, gerade das, was Australien immer vermeiden wollte. Amerika aber teilt seine Lieferungen gut ein. Aufträge auf Maschinen, Baustoffe, Einrichtungen usw. für den Ausbau der Grundindustrie werden entweder überhaupt nicht angenommen oder kommen auf die B 5-/B 10-Liste, d. h. werden sang- und klanglos begraben; Einrichtungen, Maschinen usw. für die Herstellung von Fertigwaren werden dagegen verhältnismäßig rasch geliefert.

Australien begibt sich demnach immer mehr in amerikanische Abhängigkeit; es ist schwerlich anzunehmen, daß man amerikanischerseits so vorgehen würde, wenn nicht für die Nachkriegszeit bestimmte Vorrechte auch für die Vereinigten Staaten in den Dominien als Anhängsel der bisher veröffentlichten Vereinbarungen zu dem Hilfeleistungsgesetz für England enthalten wären.

## Vereins-Nachrichten.

### Änderungen in der Mitgliederliste.

*Albrecht, Fritz*, Dipl.-Ing., Sachbearbeiter für Hochofenfragen, Reichswerke A.-G. für Erzbergbau und Eisenhütten „Hermann Göring“, Berlin-Halensee, Albrecht-Achilles-Str. 62-64. 35 002  
*Bannasch, Georg*, Oberingenieur, Vereinigte Oberschles. Hüttenwerke A.-G., Abt. Drahtwerke, Gleiwitz; Wohnung: Heinzelmühlstr. 4. 35 025  
*Barth, Hugo-Ernst*, Dipl.-Ing., Assistent im Institut für Eisenhüttenkunde der Techn. Hochschule, Aachen, Intzestr. 1; Wohn.: Laurensberg über Aachen, Roermonder Str. 18. 39 078  
*Batusic, Rudolf*, Dipl.-Ing., Oberingenieur, Direktor, Sartid, Smederevo (Serbien). 33 007  
*Birnbaum, Hans*, Dr.-Ing., Betriebsdirektor, Hüttenverwaltung Westmark G. m. b. H. der Reichswerke „Hermann Göring“, Werk Hagendingen, Hagendingen (Westm.); Wohnung: Bergstraße 19. 28 015  
*Blüthgen, Walter*, Dr. mont., Direktor, Silesiastahl G. m. b. H., Gleiwitz; Wohnung: Miethalle 3. 27 028  
*Brandt, Heinrich*, Oberingenieur, Hamburg-Blankenese, Hardenbergstr. 14. 19 062  
*Darschin, Josef*, Ingenieur, Stahlwerksassistent, Mannesmannröhren-Werke, Abt. Grillo-Funke, Gelsenkirchen-Schalke; Wohnung: Gelsenkirchen, Wilhelm-Gustloff-Str. 35. 37 075  
*Gebauer, August*, Ingenieur, Deutsche Waffen- u. Munitionsfabriken A.-G., Werk Karlsruhe, Karlsruhe (Baden), Günther-Quandt-Str.; Wohnung: Dragonerstr. 2. 40 359  
*Pöhlmann, Kurt*, Oberingenieur, Fa. Paul Pollrich & Co., M.Gladbach, Neußer Str. 172; Wohnung: Am Kämpchen 12. 41 030  
*Pracht, Eugen*, Betriebsingenieur, Eisen- u. Stahlwerke Carlshütte, Diedenhofen (Westm.); Wohnung: Metzger Str. 41. 26 078  
*Rieck, Otto*, Dipl.-Ing., Saarbrücken 1, Katharina-Weißenberger-Straße 5. 37 358  
*Riha, Albert*, Dr. jur., A. Westen A.-G., Cilli (Untersteiermark). 39 291  
*Roeser, Willi*, Dr.-Ing., Assistent, Deutsche Röhrenwerke A.-G., Werk Thyssen, Versuchsanstalt, Mülheim (Ruhr); Wohnung: Hindenburgstr. 4. 35 451  
*Rotermund, Kurt*, Ingenieur, Reichsverband der Dt. Luftfahrtindustrie, Abt. Baustoffprüfung, Stalowa Wola II über Krakau II (Generalgouvernement), Deutsche Post Osten; Wohnung: Königshütte (Oberschles.), Jahnstr. 19. 40 274  
*Rottmann, Max*, Oberingenieur, Steyr-Daimler Puch A.-G., Niederlassung Berlin, Berlin-Halensee, Nestorstr. 23/25; Wohnung: Berlin-Friedenau, Cranachstr. 28. 39 260  
*Rudolph, Walter*, Dr. phil., Physiker, Eisenwerke Oberdonau G. m. b. H., Vergüterei, Linz (Oberdonau), Zizlauer Str. 54. 40 297

*Scheib, Albert*, Betriebsingenieur, Hüttenverwaltung Westmark G. m. b. H. der Reichswerke „Hermann Göring“, Hagendingen (Westm.); Wohnung: Dr.-Roos-Str. 4. 38 159  
*Schustek, Roman*, Dr.-Ing., Betriebsleiter, Deutsche Edelmetallwerke A.-G., Krefeld; Wohnung: Gladbacher Str. 562. 29 178  
*Strasmann, Wolfgang*, Dipl.-Ing., Betriebsassistent, Fried. Krupp A.-G., Essen; Wohnung: Düsseldorf 1, Bismarckstr. 29. 40 194  
*Theurich, Konrad*, Ingenieur, Betriebsleiter, Niederschlesische Kalkwerke O. Demilch, Großhartmannsdorf über Bunzlau. 38 290  
*Ungerer, August*, Direktor i. R., Stuttgart-Frauenkopf, Filderblickweg 7. 13 121  
*Vaihinger, Richard F.*, Dipl.-Ing., Abteilungsvorstand, Schwäbische Hüttenwerke G. m. b. H., Wasseraffingen (Württ.); Wohnung: Westheim 8. 29 206  
*Wallock, Richard*, Dipl.-Ing., Oberingenieur, Prager Eisen-Industrie-Gesellschaft, Werk Pilsen, Pilsen (Böhmen), Nagelschmiedgasse 1; Wohnung: Jagellonenstr. 22. 35 559  
*Welter, Julius*, Dipl.-Ing., Oberingenieur, Differdinger Stahlwerke A.-G., Abt. Stahlwerk u. Qualitätsstelle, Differdingen; Wohnung: Adolf-Hitler-Str. 113. 23 179  
*Westen, Max Adolf*, Dipl.-Ing., A. Westen A.-G., Cilli (Untersteiermark). 39 262  
*Wilke, Gustav*, Dr.-Ing., Bergassessor, Hoesch A.-G., Zeche Kaiserstuhl, Dortmund; Wohnung: Springorumstr. 23. 37 483  
*Wilms, Arthur*, Dr.-Ing., Betriebsassistent, Mannesmannröhrenwerke, Abt. Heinrich-Bierwes-Hüte, Hochofen, Duisburg-Hückingen; Wohnung: Graf-Spee-Str. 23. 39 377  
*Witscher, Adolf*, Dipl.-Ing., Oberregierungsrat, Mitglied des Reichspatentamtes, Berlin SW 61; Wohnung: Berlin-Mahlsdorf, Linderhofstr. 45. 23 183

### Neue Mitglieder.

*Antoni, Winfried A.*, Dipl.-Ing., Abteilungsleiter, Hoesch A.-G., Dortmund; Wohnung: Adolf-Hitler-Allee 62. 41 329  
*Cremer, Willy*, Dipl.-Ing., Oberingenieur, Fried. Krupp A.-G., Essen; Wohnung: Haumannplatz 28. 41 330  
*Heinrich, Richard*, Dr.-Ing., Lurgi Apparatebaugesellschaft m. b. H., Frankfurt (Main); Wohnung: Myliusstr. 9. 41 331  
*Heppinger, Paul von*, Dipl.-Ing., Konstrukteur, Gutehoffnungshütte Oberhausen A.-G., Werk Sterkrade, Oberhausen-Sterkrade; Wohnung: Oskarstr. 71. 41 332  
*Klein, Erich*, Betriebsingenieur, Klöckner-Werke A.-G., Werk Haspe, Hagen-Haspe; Wohnung: Horst-Wessel-Str. 21. 41 333  
*Tinti, Karlheinz Freiherr v.*, Dipl.-Ing., Stahlwerksassistent, Gebr. Böhrler & Co., A.-G., Edelmetallwerk Kapfenberg, Kapfenberg (Steiermark); z. Zt. Berlin-Adlershof, Reichsluftfahrtministerium LC 2, Festigkeitsprüfstelle. 41 334