STAHL UND EISEN

ZEITSCHRIFT FÜR DAS DEUTSCHE EISENHÜTTENWESEN

GELEITET VON KARL PETER HARTEN

Heft 11/12 — 22. Mai 1947 — 66./67. Jahrgang

Der derzeitige Stand der Erkenntnisse über die mechanischen Vorgänge beim Drahtziehen

Von Erich Siebel in Berlin-Dahlem

Der Formänderungswiderstand beim Ziehen. Der Ziehvorgang. Der Werkstoffluß beim Ziehen. Formänderungsarbeit und Kraftbedarf. Spannungsverteilung im Ziehgut. Formänderungswirkungsgrad und zweckmäßige Form des Ziehwerkzeuges. Anstrengung des Ziehgutes. Reibung und Schmierung beim Ziehen. Erwärmung des Ziehgutes beim Drahtziehen. Auswirkung der Erwärmung auf die Schmierung und auf die Eigenspannungen des Ziehgutes. Das Ziehen mit Gegenzug.

1. Der Formänderungswiderstand beim Ziehen

Die Verarbeitung des Walzdrahtes zu Stahldraht mit den gewünschten Querschnittsabmessungen und Festigkeitseigenschaften erfolgt durch Formgebung im bildsamen Zustand [1 bis 9*)] im Ziehverfahren. Nach der für metallische

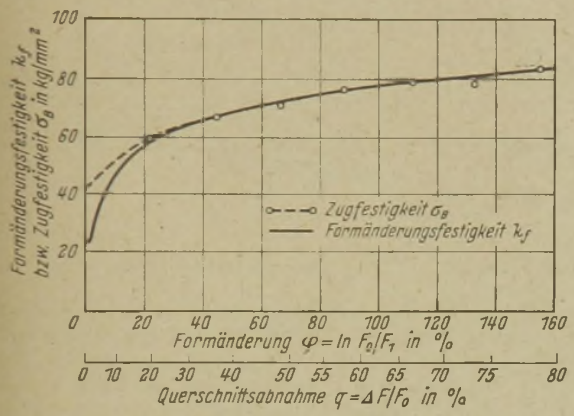


Bild 1. Fließkurve von Stahldraht mit 0,03 % C, geglüht. (Die mit Kreis gekennzeichneten Punkte bedeuten die Zugfestigkeit; die ausgezogene Linie bedeutet die Formänderungsfestigkeit.)

Werkstoffe in guter Näherung geltenden Schubspannungshypothese**) tritt Fließen ein, sobald der Unterschied zwischen den von der Ziehkraft herrührenden Längsspannungen σ_l und den Querspannungen σ_q infolge des von dem Ziehwerkzeug ausgeübten Querdruckes einen bestimmten Wert erreicht, den wir als die Formänderungsfestigkeit k_f des Werkstoffes bezeichnen. In der Verformungszone gilt also die Beziehung

$$\sigma_l - \sigma_q = k_f, \qquad (1)$$

wobei die Druckspannungen mit negativen Vorzeichen einzusetzen sind.

Die Formänderungsfestigkeit steht in Abhängigkeit von der als natürlicher Logarithmus des Querschnittsverhältnisses $\frac{F_0}{F_1}$ vor und nach der Verformung bestimmten Formänderung $\varphi = \ln \frac{F_0}{F_1}$ und der Formänderungsgeschwindigkeit. Während der Einfluß der Formänderungsgeschwindigkeit bei der Kaltformgebung normalerweise vernachlässigt werden kann [10 bis 16], wirkt sich der Einfluß der Formänderung in einer starken Zunahme der Formänderungsfestigkeit aus.

Bild 1 zeigt die Formänderungsfestigkeit eines weichen Flußstahls mit 0,03 % C auf Grund von Untersuchungen von A. Pomp und W. Knackstedt [17] in Abhängigkeit von der Formänderung oder auch der Gesamt-Querschnittsabnahme. Gleichzeitig ist der Verlauf der Zugfestigkeit des Werkstoffes eingezeichnet. Wie das Bild erkennen läßt, fällt die Fließkurve oberhalb einer Verformung von 20 % nahezu mit der Zugfestigkeitskurve zusammen. Es besteht daher kein Bedenken, bei der Untersuchung des Ziehvorganges die Formänderungsfestigkeit k_f der jeweiligen Zugfestigkeit gleichzusetzen und die mittlere Formänderungsfestigkeit k_{f_m} als arithmetisches Mittel der vor und nach dem Ziehen sich ergebenden Zugfestigkeit des Werkstoffes zu berechnen [13].

Zur Erzielung der gewünschten Querschnittsabmessungen werden meist mehrere Züge hintereinander durchgeführt, ehe eine Zwischenglühung oder Zwischenpatentierung eingeschaltet wird [18]. Von Belang ist es daher, den Verlauf der Zugfestigkeit und der mittleren Formänderungsfestigkeit der Werkstoffe nicht nur für den Ausgangszustand, sondern auch im vorverformten Zustand zu kennen. Es bereitet keine Schwierigkeiten, den Verlauf der entsprechenden Verfestigungskurven aus der für den nichtverformten Werkstoff geltenden Fließkurve gemäß *Bild 2* herzuleiten, wobei nur zu beachten bleibt, daß nach einer Vorverformung von q_v % eine Querschnittsabnahme von q % einer solchen von q_v bis $q' = q_v + q\,(1 - q_v)$ auf der Ausgangskurve entspricht. Die so gefundenen Verfestigungsschaubilder

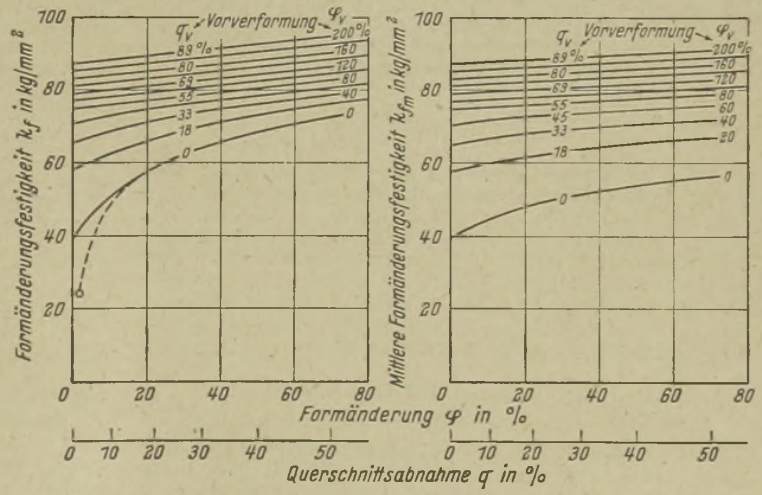


Bild 2. Verfestigungsschaubild (links) und mittlere Formänderungsfestigkeit (rechts) von Stahldraht mit 0,03 % C, geglüht.

bieten die Grundlage für die Ermittlung des Kraft- und Arbeitsbedarfs beim Ziehen [19].

2. Der Ziehvorgang [12, 20 bis 23, 55 bis 57]

Beim Ziehen wird der Draht, wie in *Bild 3* dargestellt, durch ein düsenartig geformtes Werkzeug, das als Ziehdüse

*) Schrifttum siehe am Schluß.

**) Bei Anwendung der genaueren Gestaltänderungsenergie-Hypothese werden die Ableitungen verwickelter, ohne daß sich die Ergebnisse der Untersuchung wesentlich ändern.

oder Ziehhol bezeichnet wird, gezogen und unter entsprechender Verlängerung im Durchmesser vermindert. Die Formänderung erfolgt dabei unter der Einwirkung der Ziehkraft Z und der in der Querrichtung auftretenden Kraftwirkung Q. Die Querkraft greift unter dem Reibungswinkel ϱ zur Senkrechten auf der Arbeitsfläche des Ziehwerkzeuges geneigt am Ziehgut an. Bei einem Oeffnungswinkel $2\,\alpha$ des Ziehhols ergibt sich dabei für das Kräftegleichgewicht zwischen der Ziehkraft und den Querkräften die Beziehung

$$Z = Q \cdot \sin\,(\alpha + \varrho) \quad \text{bzw.} \quad Q = \frac{Z}{\sin\,(\alpha + \varrho)}. \qquad (2)$$

Da der Winkel $2\,\alpha$ des Ziehwerkzeuges meist zwischen 10 und 20° liegt, außerdem der Reibungswert $\mu = \operatorname{tg} \varrho$ bei ordnungsgemäßer Schmierung unter 0,05 bleibt, was einem Reibungswinkel $\varrho < 3°$ entspricht, sind die auf das Ziehgut wirkenden Querkräfte Q vier- bis siebenmal so groß wie die eigentliche Ziehkraft, so daß die Verformung in erster Linie unter der Wirkung der Querkräfte vor sich geht.

Ein angenähertes Bild von der Wirkung des Ziehvorgangs erhält man, wenn man sich vorstellt, daß das Ziehgut gemäß *Bild 4* wie ein Gewölbe mit der Randneigung $\alpha + \varrho$ zwischen den Arbeitsflächen des Ziehhols eingespannt ist,

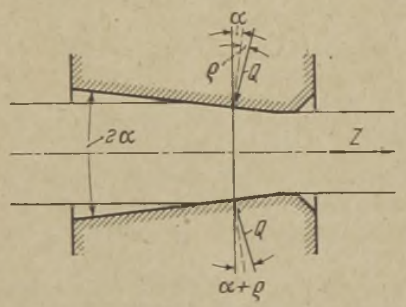


Bild 3. Ziehvorgang.

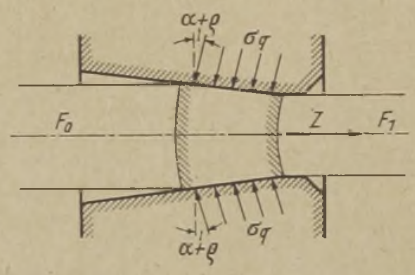


Bild 4. Gewölbebildung im Ziehspalt.

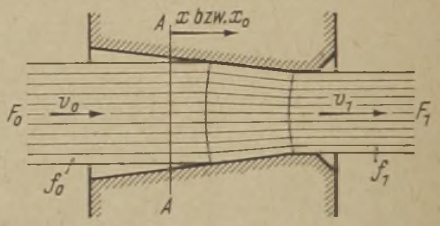


Bild 5. Verlauf der Stromröhren.

wobei die Verformung einsetzt, sobald die Gewölbespannung σ_q unter der Einwirkung der Last Z den Wert der mittleren Fließspannung des Werkstoffs k_{f_m} erreicht [42]. Hat der Draht vor dem Ziehwerkzeug den Querschnitt F_0 und hinter dem Ziehhol den Querschnitt F_1, so läßt sich die Mantelfläche des Ziehwerkzeuges, in welcher die Querspannung $\sigma_q = k_{f_m}$ wirksam ist, zu $(F_0 - F_1)/\sin\alpha$ und $Q \approx (F_0 - F_1) \cdot k_{f_m}/\sin\alpha$ berechnen. Setzt man diesen Wert in Gleichung (2) ein, so ergibt sich die zur Ueberwindung des Formänderungswiderstandes erforderliche Ziehkraft [22, 23, 25, 26] ohne Berücksichtigung der durch den Werkstoffzusammenhang mit dem vor und hinter dem Werkzeug befindlichen Ziehgut hervorgerufenen Scherkräfte zu

$$Z \approx (F_0 - F_1) \cdot \frac{\sin\,(\alpha + \varrho)}{\sin\alpha} \cdot k_{f_m} \approx (F_0 - F_1)\, k_{f_m} \left(1 + \frac{\mu}{\alpha}\right). \qquad (3)$$

Nach Gleichung (3) werden die Reibungsverluste beim Ziehen um so größer, je größer der Reibungswert μ ausfällt und je schlanker die Form des Ziehhols ist. Gleichung (3) läßt es somit als zweckmäßig erscheinen, den Neigungswinkel α groß zu wählen, um die Reibungsverluste klein zu halten und die Ziehkraft soweit wie möglich herabzusetzen. Diesem Bestreben sind jedoch dadurch Grenzen gesetzt, daß der Werkstoffluß im Ziehwerkzeug sich um so ungünstiger gestaltet, je größer der Ziehwinkel $2\,\alpha$ gewählt wird.

3. Der Werkstoffluß beim Ziehen

Ueber den Werkstoffluß beim Ziehen vermag man ein Urteil zu gewinnen, wenn man den Querschnitt des Ziehgutes nach *Bild 5* in Stromröhren zerlegt und den Werkstoffluß innerhalb der einzelnen Stromröhren verfolgt [24]. Es kann dabei angenommen werden, daß die Begrenzungsflächen der Stromröhren außerhalb der gewölbeförmigen Verformungszone parallel zur Stabachse verlaufen, und daß innerhalb der Verformungszone der Abstand der Stromlinien sich proportional zu dem von Wand zu Wand des Ziehwerkzeuges gemessenen Gesamtabstand verkleinert. In allen Stromröhren bewegt sich das Ziehgut vor dem Ziehhol mit der Geschwindigkeit v_0 und hinter dem Ziehhol mit der Geschwindigkeit v_1 in Richtung der Stabachse. Wird der Abstand der Begrenzungslinien entsprechend klein gewählt, so kann man annehmen, daß während der Verformung in jeder Stromröhre innerhalb des Querschnitts f überall die gleiche Geschwindigkeit v in Richtung der Stabachse herrscht. Man erhält alsdann wegen der Volumenkonstanz die Beziehung

$$f_0 \cdot v_0 = f \cdot v = f_1 \cdot v_1 \quad \text{bzw.} \quad v = v_0 \cdot f_0/f = v_1 \cdot f_1/f. \qquad (4)$$

Man kann Gleichung (4) auch die Form geben

$$dx = dx_0 \cdot f_0/f \quad \text{oder auch} \quad dx_0 = dx \cdot f/f_0, \qquad (5)$$

wobei dx_0 die Ausgangslänge eines unendlich kleinen Abschnitts dx einer Stromlinie im Verformungsgebiet kennzeichnet. Bildet man das Integral

$$x_0 = \int_0^x \frac{f}{f_0} \cdot dx, \qquad (6)$$

so kann man die Länge x_0 ermitteln, die vor dem Eintritt in die Verformungszone der Länge x in der Verformungszone entspricht oder auch welche Länge x ein Stromfaden von der Ausgangslänge x_0 während der Verformung annimmt. Bezieht man die Längen x und x_0 auf einen ebenen Querschnitt A—A vor dem Ziehwerkzeug, so kann man ermitteln, welche Form ein ursprünglich ebener Querschnitt im Abstand x_0 von der Bezugsebene beim Durchgang durch das Ziehwerkzeug annimmt.

Unter Benutzung dieser Zusammenhänge ist in *Bild 6* der Werkstoffluß im Ziehwerkzeug bei einem Draht von 5 mm Ausgangsdurchmesser untersucht, der mit einer Querschnittsabnahme von 36% von 5 an 4 mm Dmr. gezogen wird. Der Oeffnungswinkel $2\,\alpha$ des Ziehhols ist in *Bild 6* zu 24° entsprechend einer Neigung von 1 : 5 gewählt. Der Reibungswert ist zu $\mu = 0{,}05$ angenommen. Zunächst wurde in *Bild 6a* die Lage der Stromröhren I bis V in der vorstehend beschriebenen Weise festgelegt, wobei die einzelnen Stromfäden eine Ausgangsbreite b_0 von 1 mm erhielten. In *Bild 6b* ist die senkrecht zur Stabachse gemessene bezogene Breite der Stromröhren b/b_0 und in *Bild 6c* der bezogene Abstand r/r_0 der mittleren Stromlinie jedes Stromfadens von der Stabachse dargestellt. Es bietet dann keine Schwierigkeiten, das Querschnittsverhältnis $f/f_0 = \dfrac{r \cdot b}{r_0 - b_0}$ nach *Bild 6d* und schließlich durch graphische Bestimmung des Integrals $\int_0^x dx \cdot f/f_0$ den Abstand x_0 von der Bezugsebene $x = 0$ als Funktion des jeweiligen Abstandes x gemäß *Bild 6e* festzulegen. Trägt man in *Bild 6a* die den Abständen $x_0 = 1, 2, 3 \ldots$ mm entsprechenden X-Werte auf den mittleren Stromlinien der einzelnen Stromröhren ab und verbindet die zum gleichen Abstand x_0 gehörigen Punkte, so erhält man ein Bild des Verzerrungszustandes der ursprünglich ebenen Drahtquerschnitte beim Durchgang durch das Ziehhol.

Man kann diesen Verzerrungszustand auch versuchsmäßig bestimmen, wobei man Stäbe benutzt, welche längs einer Symmetrieebene geteilt sind [22, 24, 27, 53]. Wird in die Teilungsfläche ein rechtwinkliges Koordinatennetz eingeritzt und der so vorbereitete Stab dann im Ziehwerkzeug ver-

formt, so erhält man die in *Bild 7* dargestellte Wiedergabe des Verzerrungszustandes, die einer Arbeit von E. Siebel über die Verformungsverhältnisse beim Drahtziehen [28] entnommen ist. Wie ein Vergleich mit *Bild 6a* zeigt, besteht eine befriedigende Uebereinstimmung zwischen dem versuchsmäßigen Befund und den Ergebnissen der vorstehend geschilderten Arbeitshypothese.

4. Formänderungsarbeit und Kraftbedarf

Die Formänderungsarbeit beim Ziehen läßt sich in die Nutzarbeit und Verlustarbeit unterteilen [13, 19]. Als Nutzarbeit A_N bezeichnet man die Arbeit, die erforderlich ist, um gemäß *Bild 8* ein zwischen zwei ebenen Querschnitten eingeschlossenes Körperelement auf dem einfachsten Wege durch eine parallelepipedische Verformung von der Ausgangsform I mit dem Querschnitt F_0 in die Endform II mit dem

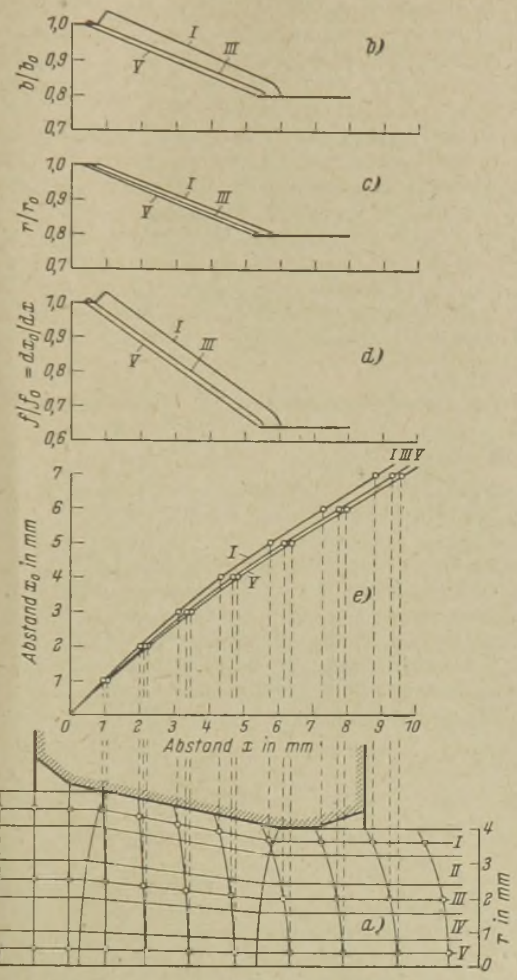


Bild 6. Formänderungsverlauf beim Ziehen.

Querschnitt F_1 zu überführen. Die hierfür erforderliche Arbeit entspricht dem Produkt aus dem Volumen V, der Formänderung $\varphi_h = \ln F_0/F_1$ und der mittleren Formänderungsfestigkeit k_{f_m} [19, 26]

$$A_N = V \cdot \varphi_h \cdot k_{f_m}. \tag{7}$$

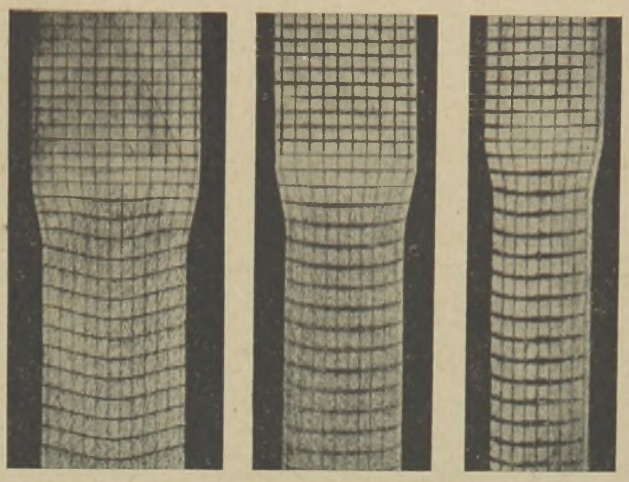
Die Verlustarbeit läßt sich wiederum zerlegen in einen Anteil, der auf die äußeren Formgebungsverluste durch die Reibung des Ziehgutes an der Wandung des Ziehwerkzeuges entfällt, und in einen solchen, der zur Deckung der inneren Formgebungsverluste durch die in Abschnitt 3 behandelten zusätzlichen Schiebungen am Ein- und Austritt des Ziehwerkzeuges dient. Die Reibungsarbeit A_R kann man nach E. Siebel [13, 26] unter Berücksichtigung der eingangs gemachten Ausführungen über die Beeinflussung der Ziehkraft durch die Reibung im Ziehwerkzeug mit einer für den vorliegenden Zweck genügenden Genauigkeit berechnen zu

$$A_R = A_N \cdot \frac{\mu}{\alpha} = V \cdot \varphi_h \cdot k_{f_m} \cdot \frac{\mu}{\alpha}. \tag{8}$$

Die Schiebungsarbeit A_S beim Eintritt in die Verformungszone und beim Austritt aus derselben ergibt sich nach A. Eichinger [5, 29] bei kreisförmigem Querschnitt zu

$$A_S = \frac{2}{3} A_N \cdot \frac{\alpha}{\varphi_h} = V \cdot \varphi_h \cdot k_{f_m} \cdot \frac{2}{3} \frac{\alpha}{\varphi_h}, \tag{9}$$

wenn angenommen wird, daß der Werkstoffluß in der in Abschnitt 3 dargelegten Weise erfolgt, und der Schubwider-



1. Zug 2. Zug 3. Zug

Bild 7.
Ziehversuche an Kupferstäben mit 30% Querschnittsabnahme.

stand gleich $\frac{1}{2} k_{f_m}$ gesetzt wird. Für die gesamte Formänderungsarbeit erhält man somit die Beziehung [9]

$$A = A_N + A_R + A_S = V \cdot \varphi_h \cdot k_{f_m} \left(1 + \frac{\mu}{\alpha} + \frac{2}{3} \frac{\alpha}{\varphi_h}\right). \tag{10}$$

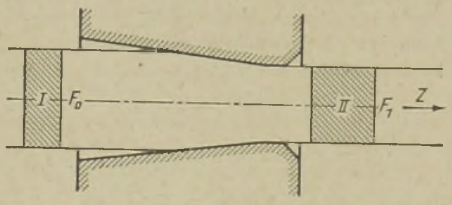


Bild 8. Verlustfreier Ziehvorgang.

Die so ermittelte Formgebungsarbeit muß der Arbeit $Z \cdot l_1$ entsprechen, welche von der Ziehkraft Z beim Durchgang des Drahtes durch die Ziehdüse geleistet wird, wobei der Verschiebungsweg der Länge l_1 des Ziehgutes nach der Verformung entspricht [19]. Da wegen der Volumenkonstanz $V = F_1 \cdot l_1$ gesetzt werden kann, erhält man für die Ziehkraft die Formel

$$Z = A/l_1 = F_1 \cdot \varphi_h \cdot k_{f_m} \left(1 + \frac{\mu}{\alpha} + \frac{2}{3} \cdot \frac{\alpha}{\varphi_h}\right). \tag{11}$$

Mit $\varphi_h = \ln F_0/F_1 \frac{F_0 - F_1}{F_m}$ läßt sich diese Gleichung auch auf die Form bringen

$$Z \approx (F_0 - F_1) \frac{F_1}{F_m} \cdot k_{f_m} \cdot \left(1 + \frac{\mu}{\alpha} + \frac{2}{3} \cdot \frac{\alpha}{\varphi_h}\right), \tag{12}$$

die einen Vergleich mit der eingangs gebrachten Näherungsgleichung [Gleichung (3)] ermöglicht.

5. Spannungsverteilung im Ziehgut

Die für die Ziehkraft abgeleiteten Formeln (11) und (12) kennzeichnen zunächst die am Austritt des Ziehwerkzeuges im Querschnitt F_1 in der Ziehrichtung wirksame Kraftwirkung. Mit ihrer Hilfe läßt sich aber auch die in einem beliebigen Querschnitt F_x auftretende Ziehkraft berechnen, wenn statt φ_h die Formänderung $\varphi_x = \ln F_0/F_x$ eingesetzt wird. Man kann dann auch die mittlere Zugspannung σ_{t_m} in jedem Querschnitt F_x ermitteln, indem man die jeweilige

Ziehkraft durch den Querschnitt F_x dividiert. Man erhält somit aus Gleichung (11) die Beziehung

$$\sigma_{l_m} = Z/F_x = k_{f_m} \cdot \varphi_x \cdot \left(1 + \frac{\mu}{\alpha}\right) + \frac{1}{3} k_{f_m} \cdot \alpha, \qquad (13)$$

wobei $\frac{1}{3} k_{f_m} \cdot \alpha$ den Betrag kennzeichnet, um den die Ziehspannung außerhalb der eigentlichen Verformungszone ansteigt.

Gemäß Gleichung (2) steht die Ziehkraft Z im Gleichgewicht mit den Querkräften Q. Diese Gleichgewichtsbedingung läßt sich zusammen mit der Plastizitätsbedingung [Gleichung (1)] jedoch nur dann erfüllen, wenn die Längsspannungen nach *Bild 9* ungleichförmig über den Querschnitt des Ziehgutes verteilt sind*). Vergleicht man die Längsspannung am Außenrand σ_l mit der nach Gleichung (13) mit $\mu = 0{,}05$ und $\mu/\alpha = 0{,}4$ bestimmten mittleren Längsspannung σ_{lm}, so zeigt es sich, daß die Längsspannung am Außenrand um $k_{f_m}\left[\frac{1}{3}\alpha + \frac{2}{3} \cdot \frac{\alpha}{\varphi_h} \Big/ \left(1 + \frac{\mu}{\alpha}\right)\right]$ unterhalb der mittleren Längsspannung liegt. Im Innern des Drahtquerschnitts muß die Längsspannung σ_{l_i} um einen entsprechenden Betrag oberhalb der mittleren Längsspannung verlaufen. Nimmt man eine parabelförmige Verteilung der Längsspannungen über den Drahtquerschnitt an, so erhält man den in *Bild 9* dargestellten Spannungsverlauf im Verformungsgebiet.

*) In gleicher Weise wie zwischen der Gesamtziehkraft Z und der Gesamtquerkraft Q muß auch innerhalb eines kleinen Abschnitts des Verformungsgebietes von der Länge dx zwischen dem entsprechenden Differential der Ziehkraft dZ und der Querkraft $dQ = -\sigma_q\, dF/\alpha$ Gleichgewicht bestehen. Unter Berücksichtigung der Reibungsverluste läßt sich das Differential der Ziehkraft zu

$$dZ = d(F_x \cdot k_{f_m} \cdot \sigma_x)\left(1 + \frac{\mu}{\alpha}\right) = dF_x \cdot k_{f_m} \cdot (1 - \varphi_x)\left(1 + \frac{\mu}{\alpha}\right) \qquad (14)$$

berechnen. Die Querkraft greift, wenn die je Flächeneinheit wirksame Reibungskraft $= \mu \cdot k_f$ gesetzt wird, jeweils unter dem Winkel $\alpha - \varrho \frac{k_f}{\sigma_q}$ geneigt zur Senkrechten auf die Drahtachse an ($\varrho \sim \mu$ = Reibungswinkel). Man erhält somit als Gleichgewichtsbedingung

$$dQ \cdot \left(\alpha - \varrho \frac{k_{f_m}}{\sigma_q}\right) = -\sigma_q \cdot dF + k_{f_m} \cdot \frac{\varrho}{\alpha} \cdot dF = dF \cdot k_{f_m}(1 - \varphi_x)\left(1 + \frac{\mu}{\alpha}\right)$$

$$\sigma_q' = -k_{f_m} + k_{f_m} \cdot \varphi_x\left(1 + \frac{\mu}{\alpha}\right). \qquad (15)$$

Bei dieser Gleichgewichtsbetrachtung ist der von den zusätzlichen Schiebungen an den beiden Enden der Verformungszone herrührende Anteil der Ziehkraft $Z_S = 2 \cdot F_m \cdot k_{f_m} \cdot \frac{\alpha}{3}$ unberücksichtigt geblieben, der eine Querkraft $Q_S = \frac{Z_S}{\alpha + \varrho} = \frac{2}{3} F_m \cdot k_{f_m} \cdot \frac{\alpha}{\alpha + \varrho}$ erzeugt. Nimmt man an, daß sich diese Querkraft gleichmäßig über die Berührungsfläche $(F_0 - F_1)/\alpha$ zwischen Ziehgut und Ziehwerkzeug verteilt, so erhält man eine zusätzliche Querspannung

$$\sigma_q'' = -\frac{2}{3} \cdot k_{f_m} \cdot \frac{F_m}{F_0 - F_1} \cdot \frac{\alpha^2}{\alpha + \varrho} \approx -\frac{2}{3} k_{f_m} \cdot \frac{\alpha}{\varphi_h} \cdot \frac{\alpha}{\alpha + \varrho}. \qquad (16)$$

Für die Summe der an der Wand des Ziehwerkzeuges wirksamen Querspannungen ergibt sich also

$$\sigma_{q_a} = \sigma_q' + \sigma_q'' = k_{f_m}\left[\varphi_x \cdot \frac{\alpha + \varrho}{\alpha} - \frac{2}{3} \cdot \frac{\alpha}{\varphi_h} \cdot \frac{\alpha}{\alpha + \varrho} - 1\right] = k_{f_m}\left[\varphi_x\left(1 + \frac{\mu}{\alpha}\right) - \frac{2}{3} \cdot \frac{\alpha}{\varphi_h} \Big/ \left(1 + \frac{\mu}{\alpha}\right) - 1\right]. \qquad (17)$$

Unter Berücksichtigung der Plastizitätsbedingung [Gleichung (1)] ergibt sich die im Verformungsgebiet am Außenrand des Drahtquerschnitts wirksame Längsspannung alsdann zu

$$\sigma_{l_a} = k_{f_m} + \sigma_{q_a} = k_{f_m}\left[\varphi_x \cdot \frac{\alpha + \varrho}{\alpha} - \frac{2}{3} \cdot \frac{\alpha}{\varphi_h} \cdot \frac{\alpha}{\alpha + \varrho}\right] = k_{f_m}\left[\varphi_x\left(1 + \frac{\mu}{\alpha}\right) - \frac{1}{3} \cdot \frac{\alpha}{\varphi_h} \Big/ \left(1 + \frac{\mu}{\alpha}\right)\right] \qquad (18)$$

Im Kern des Drahtes erhalten die Quer- und Längsspannungen die Größe

$$\sigma_{q_i} = k_{f_m}\left[\varphi_x\left(1 + \frac{\mu}{\alpha}\right) + \frac{2}{3} \cdot \frac{\alpha}{\varphi_h} \Big/ \left(1 + \frac{\mu}{\alpha}\right) + \frac{2}{3}\alpha - 1\right] \qquad (19)$$

$$\sigma_{l_i} = k_{f_m}\left[\varphi_x\left(1 + \frac{\mu}{\alpha}\right) + \frac{2}{3} \cdot \frac{\alpha}{\varphi_h} \Big/ \left(1 + \frac{\mu}{\alpha}\right) + \frac{2}{3}\alpha\right]. \qquad (20)$$

Bei den vorstehenden Betrachtungen ist der Anstieg der Formänderungsfestigkeit während des Durchlaufens der Verformungszone unberücksichtigt geblieben. Es bereitet keine Schwierigkeiten, die Berechnung auch für einen veränderlichen Formänderungswiderstand durchzuführen. Wesentlich neue Erkenntnisse sind hierbei jedoch nicht zu gewinnen. Im Schrifttum finden sich Versuche, die Spannungsverteilung im Ziehwerkzeug durch die im elastischen Zustand geltenden Gesetzmäßigkeiten zu ermitteln [30, 31]. Derartige Bestrebungen erscheinen abwegig, da sie die Fließbedingung [Gleichung (1)] unberücksichtigt lassen. Aussichtsreicher erscheint es, mit Hilfe der von H. Hencky [32] abgeleiteten Sätze über das Gleichgewicht plastischer Massen und über den Verlauf der Gleitschichten bei der bildsamen Verformung zu genaueren Vorstellungen über die Spannungsverteilung beim Ziehen zu gelangen. Die bildsame Formänderung erfolgt hiernach durch Schiebungen in senkrecht aufeinander stehenden Gleitflächen, in denen eine Schubspannung $\tau = k_f/2$ wirksam ist. Die Schnitte der Gleitflächen mit einer senkrecht zu diesen Flächen stehenden Ebene ergeben zwei rechtwinklig sich kreuzende Kurvenscharen, wobei zwei Kurven der gleichen Schar überall unter gleichem Winkel geneigt zueinander verlaufen. Entlang einer Gleitlinie ändert sich dabei der mittlere Druck entsprechend dem Produkt aus der Formänderungsfestigkeit und der Neigungsänderung der Gleitlinie. Im *Bild 10* ist ein Gleitschichtensystem dargestellt, welches den genannten Anforderungen genügt und die Randbedingungen an der Wand des Ziehwerkzeuges erfüllt.

6. Formänderungswirkungsgrad und zweckmäßige Form des Ziehwerkzeuges

Wie in Abschnitt 4 auseinandergesetzt, übersteigt die beim Ziehen verbrauchte Formänderungsarbeit stets beträchtlich die eigentliche Nutzarbeit, wie sie zur Ueberführung des Drahtes von der Ausgangsform in die Endform durch eine parallelepipedische Verformung nach *Bild 8* benötigt wird. Ein Urteil über die relative Höhe der Verluste erhält man, wenn man den als Formänderungswirkungsgrad bezeichneten Quotienten aus der Nutzarbeit und der beim Ziehen verbrauchten Gesamtarbeit bildet. Der Formänderungswirkungsgrad ergibt sich aus den Gleichungen (7) und (10) zu

$$\eta_{Form} = \frac{A_N}{A} = \frac{V \cdot k_{f_m} \cdot \varphi_h}{V \cdot k_{f_m} \cdot \varphi_h \left(1 + \frac{\mu}{\alpha} + \frac{2}{3} \cdot \frac{\alpha}{\varphi_h}\right)} = \frac{1}{1 + \frac{\mu}{\alpha} + \frac{2}{3} \cdot \frac{\alpha}{\varphi_h}} = \frac{1}{1 + \frac{\mu}{\alpha} + \frac{1}{6} \cdot \frac{d_m}{l}}. \qquad (21)$$

In *Bild 11* ist der Formänderungswirkungsgrad für die Reibungsbeiwerte $\mu = 0{,}03$ und $\mu = 0{,}05$ in Abhängigkeit vom Neigungswinkel α des Ziehwerkzeugs und von der Querschnittsabnahme q oder auch Formänderung $\varphi_h = \ln \frac{F_0}{F_1}$ dargestellt. Die Darstellung läßt weiterhin die Verteilung der Zieharbeit auf die Nutzarbeit A_N, die Reibungsarbeit A_R und die Schiebungsarbeit A_S erkennen. Während die durch die zusätzlichen Schiebungen am Werkzeugeintritt und -austritt bedingten Verluste mit wachsender Neigung des Ziehkanals zunehmen, sind die Reibungsverluste gerade bei kleinen Ziehwinkeln am größten. Der Formänderungswirkungsgrad durchläuft dementsprechend ein Maximum bei

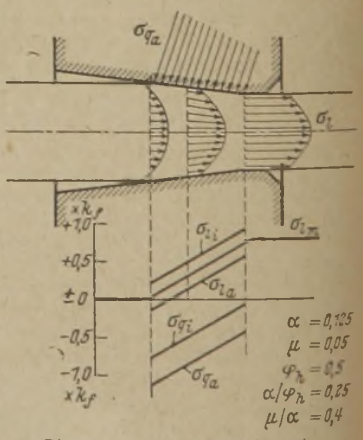


Bild 9. Spannungsverteilung im Ziehhol unter Berücksichtigung der Formgebungsverluste.

einer Neigung des Ziehkanals von 5 bis 10°, wobei sich bei geringer Zugabnahme ein kleiner, bei stärkerer Abnahme aber ein größerer Neigungswinkel α des Ziehkanals als am günstigsten erweist. Der günstigste Neigungswinkel verschiebt sich bei gleichbleibender Zugabnahme zu um so kleineren Werten, je besser die Schmierverhältnisse sind und um so niedriger somit der Reibungsbeiwert μ wird.

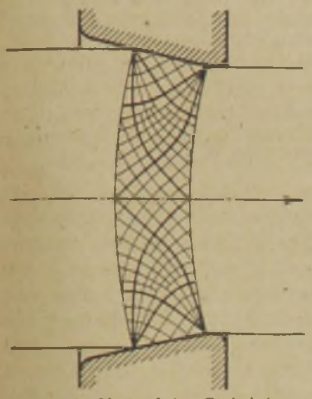


Bild 10. Verlauf der Gleitlinien beim Ziehen.

In *Bild 12* sind die besten Neigungswinkel des Ziehwerkzeuges, bei denen der Formänderungswirkungsgrad den höchsten Wert erhält, in Abhängigkeit von der Zugverformung für die Reibungsbeiwerte $\mu = 0{,}03$ und $\mu = 0{,}05$ dargestellt. Die günstigsten Neigungswinkel liegen bei den praktisch in Betracht kommenden Querschnittsabnahmen von $q = 10$ bis 40% zwischen 4 und 12°. Es empfiehlt sich hiernach, die Form des Ziehwerkzeuges wie folgt zu wählen:

Zugabnahme in %	Neigungswinkel α	Oeffnungswinkel 2α	Bezogene Berührungslänge l/d
10 bis 20	4 bis 6°	8 bis 12°	0,5 bis 0,6
20 bis 30	6 bis 8°	12 bis 16°	0,55 bis 0,65
30 bis 40	8 bis 10°	16 bis 20°	0,6 bis 0,7

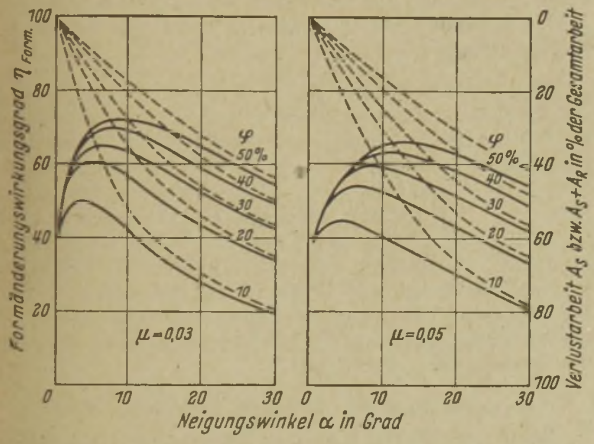


Bild 11. Abhängigkeit des Formänderungswirkungsgrades von der Werkzeugform und der Zugabnahme.

Von P. Grodzinski [33] wurde vorgeschlagen, die Neigung des Ziehwerkzeugs so zu gestalten, daß das Verhältnis l/d_1 der Berührungslänge l zwischen Draht und Ziehdüse und dem Enddurchmesser d_1 sich in bestimmten Grenzen hält. Für diesen Verhältniswert läßt sich aber die Beziehung ableiten

$$l/d_1 = \frac{d_0 - d_1}{d_1} \cdot \frac{1}{2\alpha} \approx \frac{1}{4}\frac{\varphi}{\alpha}, \tag{22}$$

so daß dieser Wert ohne Schwierigkeiten aus dem günstigsten Neigungswinkel berechnet werden kann. Wie *Bild 13* zeigt, liegt die beste Berührungslänge in dem in Frage kommenden Gebiet zwischen 0,5 und 0,7 d_1. Von P. Grodzinski [33] wird das Verhältnis von Berührungslänge und Enddurchmesser zu 0,3 bis 1,4 angegeben. Die angegebenen Ziehwinkel stehen in guter Uebereinstimmung mit Erfahrungen aus neuzeitlichen amerikanischen Drahtverfeinerungsbetrieben [34].

Ueber die Abhängigkeit des Formänderungswirkungsgrades von der Querschnittsabnahme, dem Oeffnungswinkel des Ziehwerkzeuges und der Schmierung liegen zahlreiche Untersuchungen auf versuchsmäßiger Grundlage vor [13, 15, 16, 22, 35, 36], bei denen die Ziehkraft gemessen wurde. Die versuchsmäßig bestimmten Werte für den Formänderungswirkungsgrad stehen in befriedigender Uebereinstimmung mit den auf Grund der vorstehend geschilderten Theorie des Ziehvorgangs gewonnenen Schaubildern.

7. Anstrengung des Ziehgutes

Der Querschnittsabnahme, die in einem Zuge zu erreichen ist, ist einmal dadurch eine Grenze gesetzt, daß die mittlere Zugspannung σ_{t_m} im auslaufenden Draht keinesfalls die Zugfestigkeit σ_B des Werkstoffs erreichen darf. Zur Kennzeichnung der Beanspruchungsverhältnisse beim Ziehen kann man daher den als Anstrengungsgrad bezeichneten Quotienten $\frac{\sigma_{t_m}}{\sigma_B}$ aus mittlerer Zugspannung und Zugfestigkeit benutzen. Für den Anstrengungsgrad gilt die Beziehung [13]

$$a_{Form} = \frac{\sigma_{t_m}}{\sigma_B} = \frac{k_{f_m}}{\sigma_B} \cdot \frac{\varphi_h}{\eta_{Form}}, \tag{23}$$

woraus sich die größte Zugformänderung zu

$$\varphi_{h_{max}} = a_{Form} \cdot \eta_{Form} \cdot \sigma_B / k_{f_m} \tag{24}$$

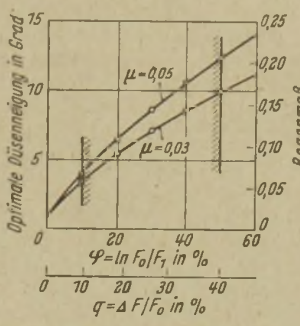


Bild 12. Optimale Neigung der Ziehholwandung beim Ziehen.

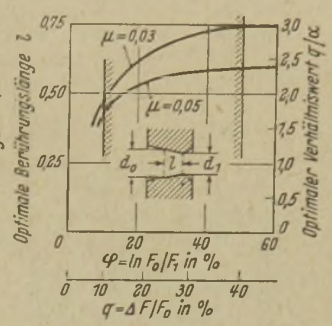


Bild 13. Optimale Berührungslänge zwischen Draht und Ziehhol.

errechnen läßt. Erfahrungsgemäß vermag der Anstrengungsgrad im auslaufenden Draht wegen der beim Einziehen der Drähte und beim Anfahren der Ziehbank auftretenden zusätzlichen Beanspruchungen niemals 75% zu überschreiten. Die höchste erzielbare Querschnittsabnahme ergibt sich damit je nach der Art des zu verarbeitenden Werkstoffs zu 40 bis 50% entsprechend einer Formänderung von 50 bis 70%. Praktisch wird man im Ziehereibetriebe jedoch eine Querschnittsabnahme von 40% in einem Zuge nicht überschreiten, um einem „Ueberziehen" des Drahtes, d. h. dem Auftreten innerer Zerreißungen, vorzubeugen.

Für das Ueberziehen ist die größte Zugspannung, die im Kern des auslaufenden Drahtes auftritt, maßgebend. Diese Spannung läßt sich unter Beachtung der in Abschnitt 5 dargelegten Beziehungen berechnen zu

$$\sigma_{t_{max}} = k_{f_m} \left[\varphi_h \left(1 + \frac{\mu}{\alpha}\right) + \frac{2}{3}\alpha + \frac{2}{3}\frac{\alpha}{\varphi_h} \Big/ \left(1 + \frac{\mu}{\alpha}\right) \right]. \tag{25}$$

Innere Zerreißungen sind zu erwarten, sobald der Wert der Trennfestigkeit erreicht wird. Bei weichen Drähten kann mit einer hoch über der Zugfestigkeit liegenden Trennfestigkeit gerechnet werden, während sie bei harten Drähten nahezu mit der Zugfestigkeit und dem beim Ziehen auftretenden Formänderungswiderstand zusammenfällt. Bei harten Drähten sind daher nur geringere Zugabnahmen zulässig als bei weichen Drähten.

8. Reibung und Schmierung beim Ziehen

Die Grundlage für die Berechnung des Formänderungswirkungsgrades, der Anstrengung und des Kraftbedarfs beim Ziehen bildet die Kenntnis des Reibungsbeiwertes μ. Zur Bestimmung dieser Größe wurden von W. Linicus und G. Sachs [36] Ziehversuche durchgeführt, bei denen die Ziehkraft gemessen und die Reibung im Ziehwerkzeug durch eine umlaufende Bewegung desselben ausgeschaltet wurde. Durch einen Vergleich der bei ruhendem und umlaufendem Ziehwerkzeug gemessenen Ziehkräfte wurde von Linicus und Sachs beim Ziehen von Stahldraht $\mu \approx 0{,}04$ ermittelt.

Man kann zur Bestimmung des Reibungswertes μ auch davon ausgehen, daß die inneren Formgebungsverluste um so kleiner werden, je kleiner der Neigungswinkel gewählt

wird, so daß bei Verwendung von Ziehwerkzeugen mit sehr kleiner Neigung die inneren Verluste gegenüber den hier sehr großen äußeren Verlusten vernachlässigt werden können. In diesem Gebiet läßt sich der Reibungsbeiwert dann nach der Formel berechnen

$$\mu = \left(\frac{1}{\eta_{Form}} - 1\right) \cdot \alpha. \qquad (26)$$

Von A. Pomp und A. Koch [35] wurden die Versuche von Linicus und Sachs [36] mit Stahldraht in der geschilderten Weise ausgewertet und dabei der Reibwert zu $\mu = 0{,}038$ bestimmt.

Unter Berücksichtigung der inneren Formgebungsverluste läßt sich aus Gleichung (21) für den Reibungswert die Formel ableiten:

$$\mu = \left(\frac{1}{\eta_{Form}} - 1 - 0{,}67\,\frac{\alpha}{\varphi_h}\right) \cdot \alpha. \qquad (27)$$

Mit dieser Beziehung lassen sich die Schmiereigenschaften verschiedener Schmiermittel vergleichen, welche von Pomp und Koch [35] durch systematische Ziehversuche mit weichgeglühtem Stahldraht von 5 mm Dmr. mit 0,06% C

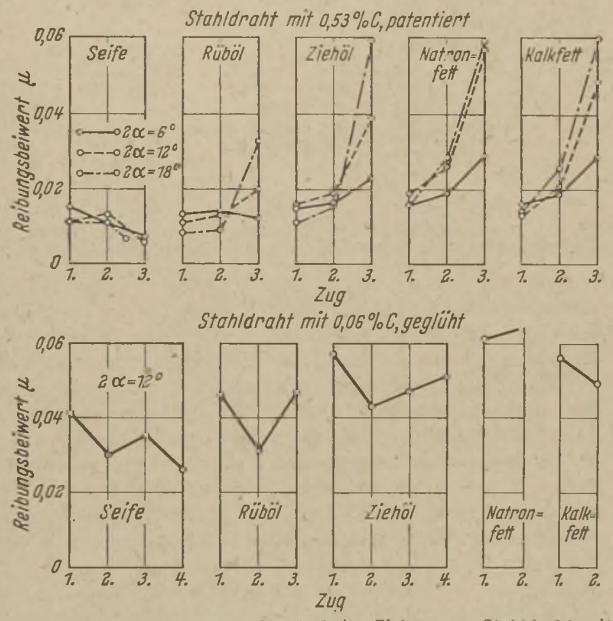


Bild 14 und 15. Reibungsbeiwerte beim Ziehen von Stahldraht mit Widia-Ziehsteinen unter Verwendung verschiedener Schmiermittel (nach Versuchen von A. Pomp und A. Hoch).

und mit patentiertem Stahldraht von 4 mm Dmr. und 0,53% C geprüft wurden. Die Querschnittsabnahme betrug bei allen Zügen etwa 36%, die Ziehgeschwindigkeit 1,5 m/s. Als Ziehwerkzeug dienten Widia-Ziehsteine, wobei eine Schmierung nur beim ersten Zug einer Zugfolge erfolgte. Bei den Versuchen wurde die Ziehkraft gemessen und hieraus der Formänderungswiderstand bestimmt.

In *Bild 14* sind die dem ersten, zweiten und dritten Zuge bei dem patentierten Stahldraht *B* zugeordneten Reibungsbeiwerte bei Oeffnungswinkeln 2α von 6, 12 und 18° für die verschiedenen Schmiermittel dargestellt. Die μ-Werte liegen bei der Verwendung von Ziehseife beim ersten und zweiten Zuge zwischen 0,01 und 0,015. Beim dritten Zuge sinkt der Reibungswert noch weiter ab. Demgegenüber ist bei Verwendung von Rüböl bei Ziehwerkzeugen mit einem Oeffnungswinkel von 12 oder auch 18° ein deutliches Ansteigen von μ beim dritten Zuge zu beobachten. Noch weit stärker tritt die Verschlechterung der Schmierwirkung mit steigender Zugzahl bei der Schmierung mit Ziehöl und Natronfett in Erscheinung. Bei einem Oeffnungswinkel $2\alpha = 12°$ und 18° ergaben sich Reibungsbeiwerte μ von 0,04 bis 0,06, was deutlich darauf hinweist, daß der Schmierfilm nicht mehr überall getragen hat. Das Ziehgut zeigte bei diesen Zügen eine riefige Oberfläche.

Bei der Verarbeitung des weichen Stahldrahtes *A* wurden nach *Bild 15* bedeutend höher liegende Reibungsbeiwerte als bei Stahldraht *B* beobachtet. Der niedrige Reibungswert von 0,01 bis 0,02 beim Ziehen von patentiertem Stahldraht gegenüber $\mu = 0{,}03$ bis 0,04 bei der Verarbeitung des weicheren Drahtes weist darauf hin, daß die Oberflächenbeschaffenheit des patentierten Drahtes günstiger ist als diejenige des weichen Flußstahldrahtes nach dem Glühen. Hierauf weisen auch die verhältnismäßig hohen Reibungsbeiwerte hin, die bei Stahldraht *A* bei allen Schmiermitteln beim ersten Zuge beobachtet wurden. Auf jeden Fall scheint die Reibung im Ziehwerkzeug bei den härteren Drähten kleiner zu sein als bei dem weicheren Werkstoff. Hier dürfte die Erklärung dafür zu suchen sein, daß es sich in der Ziehereipraxis als vorteilhaft erwiesen hat, beim Ziehen von patentiertem Stahldraht mit kleineren Ziehwinkeln zu arbeiten als beim Ziehen von weichem Flußstahl.

Für die Haltbarkeit der Ziehwerkzeuge sowie für die Erzielung einer glatten Oberfläche des Ziehgutes ist die Verminderung der beim Drahtziehen wirksamen Reibung durch die Schmierung des Drahtes von größter Bedeutung. Für die Ausbildung des Schmierfilms erscheinen neben einer sorgfältigen Politur des Ziehhols [37] alle Maßnahmen wertvoll, die ein Haften des Schmiermittels am Draht fördern. Hierzu gehört das „Bräunen" des Drahtes nach dem Beizen, wobei die mit Wasser abgespülten Drahtringe in der Luft einem beginnenden Rosten ausgesetzt werden [6]. Neuerdings zeigen sich Bestrebungen, die günstigen Ergebnisse, die beim Tiefziehen von Blechen durch Aufbringen von Phosphatschichten erzielt werden, auch für das Ziehen von Stahldraht nutzbar zu machen [38]. Zur Verbesserung der Schmierwirkung dienen schließlich Ueberzüge von bildsamen Metallen. So bildet sich z. B. beim Naßblankziehen in dem mit Schwefelsäure und Kupfervitriol angesetzten Beizbad auf der Oberfläche des Drahtes ein dünner Kupferüberzug, der beim Ziehen schmierend wirkt [6]. Beim Ziehen von nichtrostenden Stählen und von hochlegierten Widerstandswerkstoffen hat sich nach C. L. Mantell [39] ein Bleiüberzug bestens bewährt.

Nach Untersuchungen von A. Pomp und H. Heckel über den Einfluß des Schmiermittels und der Ziehgeschwindigkeit auf den Kraftbedarf beim Ziehen von Feindraht aus Stahl [15] entsprechen die Ziehkräfte beim Naßziehen bei Verwendung von Widia-Ziehsteinen und Querschnittsabnahmen über 20% etwa den Kräften, die beim Trockenziehen mit pulverisierter Seife beobachtet werden. Bei Querschnittsabnahmen unter 20% ergaben sich beim Naßziehen bei kleinen Ziehwinkeln um 10 bis 20% größere Ziehkräfte als beim Trockenziehen. Hingegen erweist sich beim Ziehen mit Diamantziehsteinen die Ziehflüssigkeit deutlich der Seife als Schmiermittel überlegen.

9. Erwärmung des Ziehgutes beim Drahtziehen

Beim Drahtziehen tritt eine Erwärmung des Ziehgutes und besonders auch des Ziehwerkzeuges [40], die bei hohen Ziehgeschwindigkeiten dazu zwingt, besondere Kühleinrichtungen für das Ziehhol vorzusehen [6, 34, 41]. Bei einer Ziehgeschwindigkeit von mehr als 2 m/s erwärmt sich das Ziehhol beim Ziehen von Stahldraht ohne Kühleinrichtung auf 200 bis 300°, während der auslaufende Draht bereits in geringer Entfernung hinter dem Ziehhol nur noch eine Temperatur von etwa 100° hat. Da im Ziehhol die miteinander in Berührung stehenden Teile der Drahtoberfläche und des Ziehwerkzeuges bei der geringen Dicke des dazwischenliegenden Schmierfilms praktisch die gleiche Temperatur haben müssen [42], weist diese Beobachtung darauf hin, daß in der Oberflächenschicht des Drahtes während des Ziehvorganges ein außerordentlich großes Temperaturgefälle auftritt, das sich hinter dem Ziehhol schnell ausgleicht.

Bei der Untersuchung der Erwärmungsvorgänge [43] kann angenommen werden, daß sich sowohl die Formänderungsarbeit als auch die Reibungsarbeit in Wärme umsetzt. Nach den Untersuchungen von A. Eichinger und W. Lueg über die Erwärmung von Draht beim Ziehen [42] werden höchstens 10% der bei der Verformung verbrauchten Arbeit im Ziehgut als latente Energie gespeichert, so daß dieser Anteil bei der Berechnung des Temperaturverlaufs beim Ziehen vernachlässigt werden kann. Die Formänderungsarbeit je Volumeneinheit beim Durchgang durch das Ziehhol

läßt sich unter Berücksichtigung der zusätzlichen Schiebung zu

$$a = k_{f_m}\left(\varphi_h + 2\,\frac{a \cdot r}{d}\right) \tag{28}$$

und die entsprechende Temperatursteigerung zu

$$t_1 = \frac{a}{W \cdot c \cdot \gamma} = k_{f_m}\,\frac{\varphi_h + 2\,a\,r/d}{W \cdot c \cdot \gamma} \tag{29}$$

berechnen, wobei mit r der Abstand des betrachteten Volumenelements von der Drahtachse, mit d der Durchmesser des Drahtes, mit $W = 427$ mkg/kcal das mechanische Wärmeäquivalent, mit c die spezifische Wärme und mit γ das spezifische Gewicht des Ziehgutes bezeichnet ist.

Setzt man die je Flächeneinheit wirksame Reibungskraft gleich $\mu \cdot k_{f_m}$, so wird an der Grenzschicht zwischen Draht und Ziehholwandung bei der Ziehgeschwindigkeit v in der Zeiteinheit eine bestimmte Reibungsarbeit $\mu \cdot k_{f_m} \cdot v$ in Wärme umgesetzt, der die Wärmemenge

$$\frac{dq}{dz} = \frac{\mu \cdot k_{f_m} \cdot v}{W} \tag{30}$$

entspricht. Diese Wärmemenge wird zu einem Teil durch das Ziehgut, zu einem anderen Teil aber durch das Ziehwerkzeug aufgenommen. Wird der erste Anteil mit $q_1 = m \cdot q$ bezeichnet, so erzeugt die in den Draht abfließende Wärmemenge an der Oberfläche des Ziehgutes ein Temperaturgefälle

$$\frac{dt}{dx} = \frac{m}{\lambda} \cdot \frac{dq}{dz} = m\,\frac{\mu \cdot k_{f_m} \cdot v}{W \cdot \lambda} \tag{31}$$

wobei λ die Wärmeleitfähigkeit des Ziehgutes kennzeichnet und m bei Ziehgeschwindigkeiten von 1 m/s und darüber gleich 0,8 bis 0,9 gesetzt werden kann.

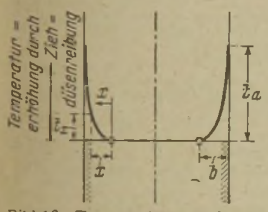


Bild 16. Temperaturverteilung im Querschnitt.

Durch die zugeführte Reibungswärme wird eine dünne Schicht von der Dicke b an der Oberfläche des Ziehgutes erwärmt, wobei nach *Bild 16* ein parabelförmiger Verlauf des Temperaturanstieges von 0 im Abstand b von der Außenseite auf t_a an der Oberfläche angenommen werden kann. Die Neigung der Temperaturverteilungskurve muß dabei an der Oberfläche der Gleichung (31) entsprechen, während der Wärmeinhalt der erhitzten Schicht gleich der Wärmemenge

$$q = m\,\frac{\mu \cdot k_{f_m} \cdot l}{W} \tag{32}$$

sein muß, die beim Durchlaufen des Ziehhols auf der Länge l vom Eintritt bis zu dem betrachteten Querschnitt je Flächeneinheit in den Draht übergeht. Die Dicke der erwärmten Schicht läßt sich alsdann zu

$$b = \sqrt{6\,\frac{1}{v} \cdot \frac{\lambda}{c \cdot \gamma}} = 2{,}44\,\sqrt{\frac{\lambda}{c \cdot \gamma} \cdot z} \tag{33}$$

und die von der Reibungswärme herrührende Temperaturerhöhung an der Oberfläche des Drahtes zu

$$t_2 = m\,\frac{\mu \cdot k_{f_m} \cdot v}{W \cdot \lambda} \cdot \frac{b}{2} = 1{,}22 \cdot \frac{\mu \cdot k_{f_m}}{W \cdot \lambda}\,m \cdot \sqrt{\frac{l \cdot v}{\lambda \cdot c \cdot \gamma}} = 1{,}22 \cdot m \cdot \frac{\mu \cdot k_{f_m} \cdot v}{W} \cdot \sqrt{\frac{z}{\lambda \cdot c \cdot \gamma}} \tag{34}$$

berechnen, wobei mit $z = l/v$ die zum Durchlaufen der Länge l benötigte Zeit bezeichnet ist. Die gesamte Temperaturerhöhung an der Oberfläche des Drahtes ergibt sich als Summe von t_1 und t_2.

In den *Bildern 17 und 18* ist die Temperaturverteilung dargestellt, die sich nach den vorstehenden Ueberlegungen beim Durchgang durch das Ziehwerkzeug in einem Stahldraht einstellt, der mit einer Geschwindigkeit $v = 0{,}5$, 1 und 2 m/s bei einer Neigung des Ziehhols $\sin \alpha = 0{,}1$ und einer Berührungslänge $l = 5$ mm von $d_0 = 5$ mm an $d_1 = 4$ mm entsprechend einer Formänderung $\varphi_h = 44\,\%$ gezogen wird. Die innere Formänderungsarbeit ruft beim Ziehen mit $v = 1$ m/s in der Außenschicht des Drahtes im Ziehhol einen Temperaturanstieg t_1 von etwa 70° und die Ziehwerkzeugreibung einen Temperaturanstieg t_2 von rd. 120° hervor, so daß sich ein Gesamttemperaturanstieg von nahezu 190° ergibt. Die Dicke der durch die Reibungswärme beeinflußten Schicht läßt sich am Werkzeugaustritt mit Gleichung (33) zu 0,65 mm errechnen. Bei einer Erhöhung der Ziehgeschwindigkeit auf $v = 2$ m/s würde der Temperaturanstieg an der Außenseite auf $70 + 165 = 235°$ anwachsen, während gleichzeitig die Dicke der durch die Reibungswärme beeinflußten Schicht auf 0,45 mm sinkt.

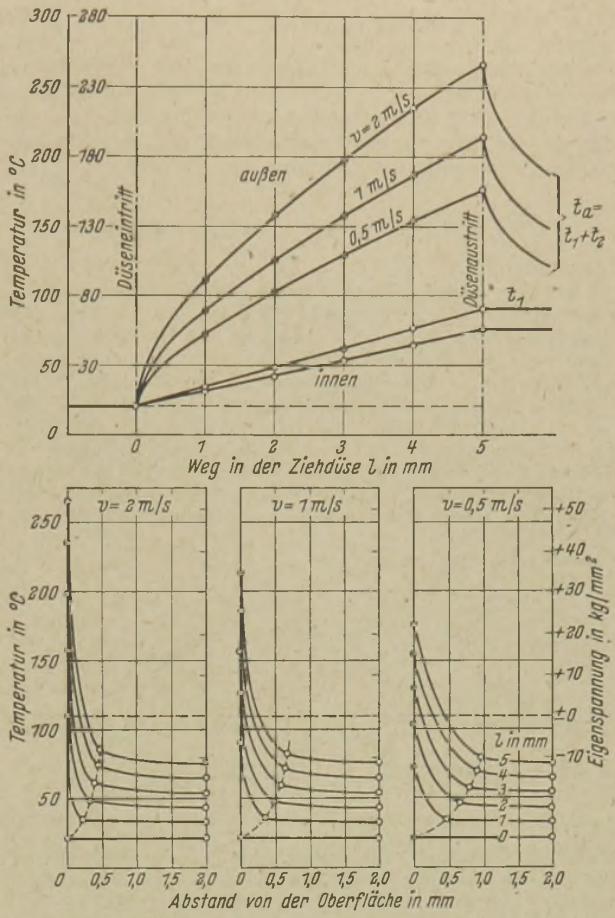


Bild 17 und 18. Temperaturverteilung beim Ziehen ($\mu = 0{,}05$; $d_1 = 4$ mm).

10. Auswirkung der Erwärmung auf die Schmierung und auf die Eigenspannungen des Drahtes [38, 43]

Durch die hohen Temperaturen, die bei großen Ziehgeschwindigkeiten an der Oberfläche des Ziehgutes auftreten, wird die Zähflüssigkeit der Schmiermittel in starkem Maße herabgesetzt. Auf der anderen Seite verbessert eine hohe Ziehgeschwindigkeit das Haftvermögen des Schmiermittels am Ziehholeintritt und erleichtert damit die Bildung eines geschlossenen Schmierfilms [13, 14]. Dabei wirkt es sich günstig aus, daß der Temperaturanstieg an der Drahtoberfläche erst im Ziehhol einsetzt, so daß das Schmiermittel am Werkzeugeintritt noch eine große Zähflüssigkeit besitzt. Bei kleinen Querschnitten des Ziehgutes werden daher im allgemeinen trotz der Steigerung der Oberflächentemperatur im Ziehhol bei einer Vergrößerung der Ziehgeschwindigkeit keine Anzeichen für eine Verschlechterung der Schmierverhältnisse beobachtet [10, 13, 14, 16], obwohl der Schmierfilm gleichzeitig einer Flächenpressung von einigen tausend kg/cm² und der hohen Temperatur standhalten muß.

Die ungleichförmige Erwärmung des Ziehquerschnitts führt beim Temperaturausgleich zu hohen Zugeigenspan-

nungen an der erwärmten Außenschicht, denen eine entsprechende Druckeigenspannung im weniger erwärmten Kern des Ziehgutes gegenübersteht. Die Größe der Wärmespannungen σ_w läßt sich mit Hilfe der Beziehung berechnen

$$\sigma_w = \frac{E}{1-\nu} \cdot \alpha_t \cdot (t - t_m), \qquad (35)$$

worin E den Elastizitätsmodul und α_t die Wärmedehnzahl des Ziehgutes bedeutet. Mit t ist die örtliche Temperatursteigerung am Werkzeugaustritt bezeichnet. t_m kennzeichnet die mittlere Temperatursteigerung des auslaufenden Drahtes, die sich aus der Verformungsarbeit zu

$$t_m = \frac{1}{W \cdot c \cdot \gamma} \cdot k_{f_m} \cdot \varphi_h \left(1 + m\frac{\mu}{\alpha} + \frac{2}{3}\frac{\alpha}{\varphi_h}\right) \qquad (36)$$

berechnen läßt.

Bei dem in den *Bildern 17 und 18* behandelten Beispiel ergibt sich $t_m = 2{,}6 \cdot 50 \cdot 0{,}44\ (1 + 0{,}4 + 0{,}15) = 89°$. Die Zugeigenspannung an der Oberfläche des Drahtes erreicht dann bei einer Ziehgeschwindigkeit von 1 m/s eine Größe von 0,35 (189 — 89) = 35 kg/mm², während der Kern des Drahtes unter Druckeigenspannungen von 0,35 (57 — 89) = — 11 kg/mm² steht. Bei einer Steigerung der Ziehgeschwindigkeit auf 2 m/s würden die Eigenspannungen auf 50 bzw. 15 kg/mm² anwachsen. *Bild 18* läßt die Verteilung der Wärmespannungen im Drahtquerschnitt erkennen. Versuchsmäßig lassen sich die Eigenspannungen in Drähten in

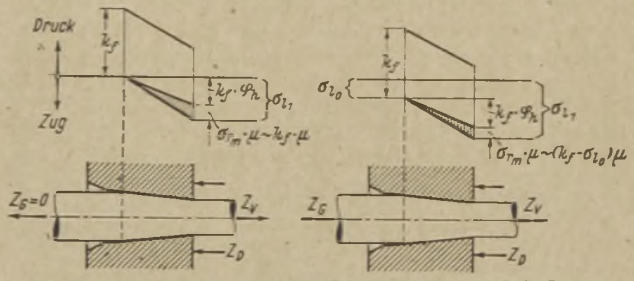


Bild 19. Spannungsverhältnisse beim Ziehen ohne und mit Gegenzug.

einfacher Weise durch die Verkrümmung nachweisen, welche ein mit derartigen Spannungen behafteter Draht erfährt, wenn er geschlitzt oder einseitig abgehobelt wird [2, 36]. Von H. Bühler und W. Püngel wurden mit Hilfe dieses Verfahrens an gezogenen Stahldrähten von 4 mm Dmr. in der Oberfläche Zugeigenspannungen von über 60 kg/mm² ermittelt [44, 45, 52]. Da der Temperaturanstieg in der Außenschicht der Wurzel der Ziehgeschwindigkeit proportional verläuft, besteht die Möglichkeit, bei einer Zugfolge die Eigenspannungen des Enderzeugnisses dadurch zu vermindern, daß der letzte Zug mit einer kleineren Ziehgeschwindigkeit durchgeführt wird.

11. Das Ziehen mit Gegenzug

Bei den vorstehenden Untersuchungen über den Kraftbedarf, die Spannungsverteilung und Anstrengung beim Ziehen sowie über die Temperaturverteilung im Draht wurde angenommen, daß der Draht ohne Spannung in das Ziehhol einläuft. Läßt man im einlaufenden Draht einen Gegenzug wirken, so überlagert sich die dem Gegenzug entsprechende Längsspannung σ_{l_0} nach *Bild 19* dem Spannungszustand, der sich ohne Gegenzug einstellen würde. Es erhöht sich also der Vorwärtszug σ_{l_1}. Gleichzeitig vermindert sich aber auch der im Ziehhol wirksame Querdruck σ_q um den dem Gegenzug entsprechenden Betrag, da der Hauptspannungsunterschied ja in der Verformungszone stets den Wert der Formänderungsfestigkeit behält.

Läuft der Draht mit einer Vorspannung σ_{l_0} in das Ziehhol ein, so kann die je Flächeneinheit wirksame Reibungskraft in erster Näherung gleich $\mu\ (k_{f_m} - \sigma_{l_0})$ gesetzt werden. Die Reibungsarbeit erhält dann den Wert

$$A_R = V \cdot \varphi_h \cdot (k_{f_m} - \sigma_{l_0}) \cdot \mu/\alpha \qquad (37)$$

während die Nutzarbeit A_N und die Schiebungsarbeit A_S die durch die Gleichungen (7) und (9) gegebene Größe behalten. Für die Gesamtarbeit erhält man so beim Ziehen mit Gegenzug die Beziehung

$$A = A_N + A_R + A_S = V \cdot \varphi_h \cdot k_{f_m} \left(1 + \frac{k_{f_m} - \sigma_{l_0}}{k_{f_m}} \frac{\mu}{\alpha} + \frac{2}{3} \cdot \frac{\alpha}{\varphi_h}\right). \qquad (38)$$

Der Formänderungswirkungsgrad ergibt sich entsprechend zu

$$\eta_{Form} = \frac{A_N}{A} = \frac{1}{1 + \frac{k_{f_m} - \sigma_{l_0}}{k_{f_m}} \cdot \frac{\mu}{\alpha} + \frac{2}{3} \cdot \frac{\alpha}{\varphi_h}}. \qquad (39)$$

Dabei ist vorausgesetzt, daß die Vorspannarbeit restlos zurückgewonnen wird, was durch entsprechende Maßnahmen [46] möglich ist. Wird die Vorspannarbeit A_V hingegen

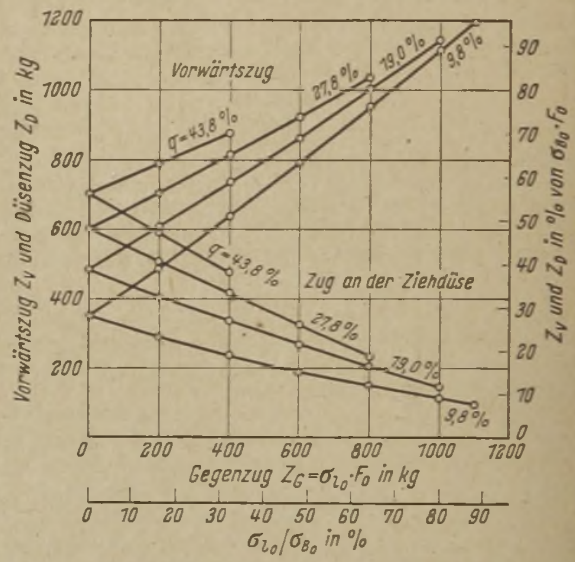


Bild 20. Zugkräfte beim Ziehen mit Gegenzug (nach W. Lueg und A. Pomp). Patentierter Stahldraht von 4 mm Dmr. mit 0,58% C.

durch einfaches Abbremsen des einlaufenden Drahtes vernichtet, so erhöht sich die Zieharbeit um den Betrag

$$A_V = F_0 \cdot l_0 \cdot \sigma_{l_0} = V \cdot \sigma_{l_0} \qquad (40)$$

und der Formänderungswirkungsgrad sinkt entsprechend auf den Wert

$$\eta'_{Form} = \frac{1}{1 + \frac{\sigma_{l_0}}{k_{f_m} \cdot \varphi_h} + \frac{k_{f_m} - \sigma_{l_0}}{k_{f_m}} \cdot \frac{\mu}{\alpha} + \frac{2}{3}\frac{\alpha}{\varphi_h}} = \frac{1}{1/\eta_{Form} + \frac{\sigma_{l_0}}{k_{f_m} \cdot \varphi_h}}. \qquad (41)$$

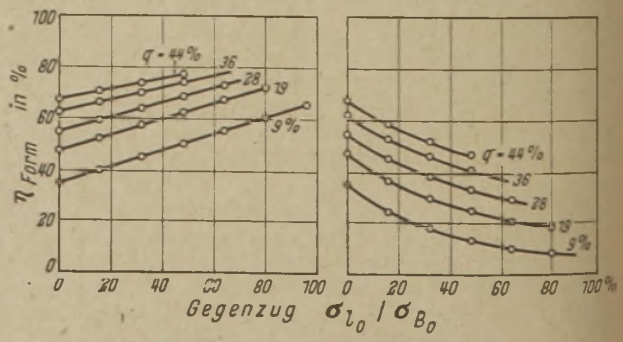


Bild 21 Bild 22

Bilder 21 und 22. Formänderungswirkungsgrad bei Rückgewinnung (Bild 21) bzw. Vernichtung der Bremsarbeit (Bild 22). Patentierter Stahldraht von 4 mm Dmr. mit 0,58% C (nach W. Lueg und A. Pomp).

Die theoretischen Grundlagen des Ziehens mit Gegenzug und die auf der ziehtechnischen Seite zu erwartenden Vorteile sind in dem von B. Weißenberg in Zusammenarbeit mit E. Siebel im Jahre 1924 angemeldeten DRP. 438 275 eingehend geschildert. Praktische Anwendung hat dieses Verfahren zuerst in Amerika gefunden, wo 1933 von F. C. Thompson [47] die ersten einwandfreien Versuchsergebnisse

über das Ziehen mit Gegenzug veröffentlicht wurden. Späterhin beschäftigte sich in den Vereinigten Staaten von Amerika besonders L. Simons [48], K. B. Lewis [49] und H. A. Stringfellow [50] mit den hier geschilderten Problemen. In Deutschland wurde das Ziehen mit Gegenzug insbesondere durch W. Lueg eingehend untersucht [46, 51]. Beachtenswert ist es, daß nach den Ergebnissen dieser Untersuchungen bei Anwendung eines starken Gegenzuges und Verwendung des gleichen Ziehhols der Durchmesser des Ziehgutes etwa 1,5% geringer ausfällt als beim Ziehen ohne Gegenzug. Somit besteht die Möglichkeit, die Abweichungen im Durchmesser, die durch den allmählichen Verschleiß des Ziehhols hervorgerufen werden, durch eine entsprechende Steigerung des Gegenzuges zu verringern. Die Temperatur des auslaufenden Drahtes sinkt nach Versuchen von W. Lueg und A. Pomp [51] bei starkem Gegenzug um etwa 30%. Da die Temperaturmessung erst nach Erreichen des Temperaturausgleichs im Drahtquerschnitt erfolgte, steht innerhalb des Ziehwerkzeuges eine weit stärkere Beeinflussung der auftretenden Höchsttemperatur zu erwarten.

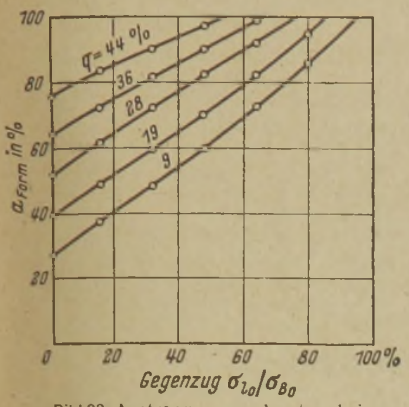


Bild 23. Anstrengungsgrad $\sigma_{1_0}/\sigma_{B_0}$ beim Ziehen mit Gegenzug. Patentierter Stahldraht von 4 mm Dmr. mit 0,58% C (nach W. Lueg und A. Pomp).

Die am Ziehwerkzeug gemessene Kraftwirkung Z_D sinkt nach *Bild 20* mit steigendem Gegenzug in starkem Maße ab. Da der Querdruck im Ziehwerkzeug dieser Kraftwirkung proportional verläuft, muß die durch die Ziehholreibung hervorgerufene Temperatursteigerung an der Oberfläche des Ziehgutes wie auch der Verschleiß des Ziehwerkzeuges in gleicher Weise wie der Vorwärtszug mit wachsendem Gegenzug abnehmen. Die Beeinflussung des Formänderungswirkungsgrades durch den Gegenzug bei Rückgewinnung oder Vernichtung der Bremsarbeit ist aus den *Bildern 21 und 22* ersichtlich. Mit wachsendem Gegenzug steigt die Anstrengung des Ziehgutes bei einer bestimmten Querschnittsabnahme in der durch *Bild 23* gekennzeichneten Weise. Gleichzeitig sinkt nach *Bild 24* die in einem Zuge erzielte Grenzverformung. Daher erscheint es unzweckmäßig, den Gegenzug über 40% der Zerreißlast des einlaufenden Drahtes zu steigern.

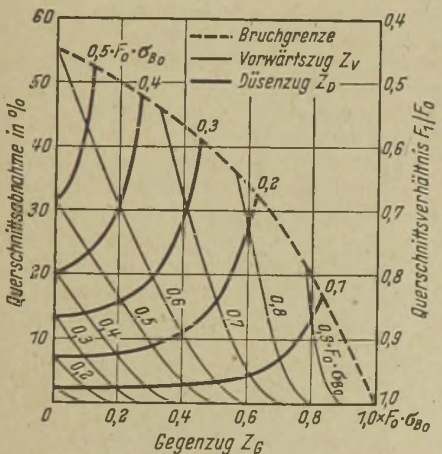


Bild 24. Zugkräfte und Grenzverformung beim Ziehen mit Gegenzug (Stahldraht mit 0,58% C, patentiert).

Zusammenfassung

Unter der Annahme, daß sich das Ziehgut wie ein Gewölbe im Ziehhol abstützt, lassen sich die Zugkraft und der Werkstofffluß im Ziehhol in einfacher Weise berechnen. Durch Berücksichtigung der am Werkzeugeintritt und -austritt auftretenden Scherkräfte gelingt es, einen genaueren Einblick in die Formänderungsarbeit, den Kraftbedarf und die Spannungseinteilung beim Ziehen zu gewinnen. Zweckmäßig erscheint es, das Ziehhol so zu gestalten, daß die Formänderungsarbeit so klein wie möglich und damit der Formänderungswirkungsgrad so günstig wie möglich ausfällt. Der Zugabnahme ist dadurch eine Grenze gesetzt, daß die Zugspannungen im auslaufenden Ziehgut genügend weit unterhalb der Zugfestigkeit oder auch Trennfestigkeit des Werkstoffes bleiben müssen.

Die Grundlage für die Berechnung des Formänderungswirkungsgrades, der Anstrengung und des Kraftbedarfes beim Ziehen bildet die Ziehwerkzeugreibung. Der Reibungsbeiwert liegt nach den vorliegenden Versuchen je nach dem verwendeten Schmiermittel, der Oberflächenbeschaffenheit des Drahtes und des Ziehhols zwischen 0,01 und 0,05. Die Reibung im Ziehhol führt bei hohen Ziehgeschwindigkeiten zu einer starken Erwärmung der Oberflächenschicht des Drahtes und des Ziehhols. Auf den Schmiervorgang wirkt es sich günstig aus, daß der Temperaturanstieg in der Drahtoberfläche erst im Ziehwerkzeug einsetzt, so daß das Schmiermittel im Werkzeugeintritt noch zähflüssig ist. Die ungleichförmige Erwärmung des Ziehquerschnitts führt beim Temperaturausgleich zu hohen Zugeigenspannungen in der erwärmten Außenschicht. Die Größe der Wärmespannung läßt sich aus der Temperaturverteilung in einfacher Weise berechnen.

Wirkt am einlaufenden Draht ein Gegenzug, so überlagert sich die dem Gegenzug entsprechende Längsspannung dem Spannungszustand, der sich ohne Gegenzug einstellen würde. Entsprechend erhöht sich der Vorwärtszug, während sich der in der Ziehdüse wirksame Querdruck um den gleichen Betrag vermindert. Die Folge ist eine Verringerung der Reibung im Ziehhol und seiner Abnutzung. Diese Vorteile müssen durch eine Vergrößerung der Anstrengung des Ziehgutes und ein entsprechendes Absinken der in einem Zug erzielbaren Querschnittsabnahme erkauft werden.

Schrifttum

A. Bildsame Formänderung, allgemein

1. Nádai, A.: Der bildsame Zustand der Werkstoffe. Berlin: Springer 1927.
2. Sachs, G. Berlin: Springer 1931.
3. Siebel, E.: Die Formgebung im bildsamen Zustande. Düsseldorf: Stahleisen 1932.
4. Handbuch der Metallphysik, Bd. 3. Sachs, G.: Spanlose Formung der Metalle. Leipzig: Akad. Verlagsgesellschaft 1937.
5. Körber, F., und A. Eichinger: Mitt. K.-Wilh.-Inst. Eisenforschg. 22 (1940) S. 57/80; Stahl u. Eisen 60 (1940) S. 829/32, 854/62 u. 882/87 (Walzw.-Aussch. 160).
6. Pomp, A.: Stahldraht, seine Herstellung und Eigenschaften. Düsseldorf: Stahleisen 1941.
7. Siebel, E.: Hütte. 27. Aufl., Bd. I, S. 445/57. Berlin: Wilh. Ernst u. Sohn 1941.
8. Siebel, E.: Metallwirtschaft 22 (1943) S. 423/28.
9. Siebel, E.: Arch. Eisenhüttenw. 18 (1944/45) S. 13/22; vgl. Stahl u. Eisen 64 (1944) S. 477/78.

B. Drahtziehen

10. Eicken, H., und W. Heidenhain: Stahl u. Eisen 44 (1924) S. 1687/94.
11. Siebel, E., und A. Pomp: Mitt. K.-Wilh.-Inst. Eisenforschg. 10 (1928) S. 63/69; vgl. Stahl u. Eisen 48 (1928) S. 628.
12. Giraud, R.: Rev. Métall., Mém., 25 (1928) S. 175/94, 235/46 u. 347/54; vgl. Stahl u. Eisen 49 (1929) S. 192/95.
13. Pomp, A., E. Siebel und E. Houdremont: Mitt. K.-Wilh.-Inst. Eisenforschg. 11 (1929) S. 53/72; vgl. Stahl u. Eisen 49 (1929) S. 561/67 (Walzw.-Aussch. 67).
14. Pomp, A., und W. Becker: Mitt. K.-Wilh.-Inst. Eisenforschg. 12 (1930) S. 263/84; vgl. Stahl u. Eisen 50 (1930) S. 1723/24.
15. Pomp, A., und H. Heckel: Mitt. K.-Wilh.-Inst. Eisenforschg. 17 (1935) S. 107/26; vgl. Stahl u. Eisen 55 (1935) S. 936.
16. Schwier, F.: Stahl u. Eisen 61 (1941) S. 577/88 (Aussch. Drahtverarb. 4).
17. Pomp, A., und W. Knackstedt: Mitt. K.-Wilh.-Inst. Eisenforschg. 10 (1928) S. 117/74; vgl. Stahl u. Eisen 48 (1928) S. 1705/12.
18. Grodzinski, P.: Wire Ind. 6 (1939) S. 407/08 u. 411; vgl. Stahl u. Eisen 62 (1942) S. 821.
19. Siebel, E., und A. Pomp: Mitt. K.-Wilh.-Inst. Eisenforschg. 9 (1927) S. 157/71.
20. Gewecke: Dinglers Polytechn. J. 325 (1910) S. 193/96.
21. Ludwik, P.: Z. öst. Ing.- u. Archit.-Ver. 67 (1915) S. 597/602.
22. Weiß, L.: Z. Metallkde. 19 (1927) S. 61/67 u. 94/100; vgl. Stahl u. Eisen 52 (1932) S. 121.
23. Sachs, G.: Z. angew. Math. Mech. 7 (1927) S. 235/36.
24. Siebel, E., und H. Hühne: Mitt. K.-Wilh.-Inst. Eisenforschg. 13 (1931) S. 43/62; vgl. Stahl u. Eisen 51 (1931) S. 597.
25. Becker, R.: Z. techn. Phys. 6 (1925) S. 298/305; vgl. Stahl u. Eisen 46 (1926) S. 811.
26. Siebel, E.: Z. techn. Phys. 7 (1926) S. 335/37; vgl. Stahl u. Eisen 52 (1932) S. 121.
27. Unckel, H.: Z. Metallkde. 20 (1928) S. 323/30.
28. Siebel, E.: Mitt. K.-Wilh.-Inst. Eisenforschg. 16 (1934) S. 213/16; vgl. Stahl u. Eisen 55 (1935) S. 284.
29. Eichinger, A., und W. Lueg: Arch. Eisenhüttenw. 14 (1940/41) S. 47/52 (Walzw.-Aussch. 157); vgl. Stahl u. Eisen 60 (1940) S. 750

30. Thompson, F. C., und J. Barton: Carnegie Schol. Mem. 19 (1930) S. 39/78; vgl. Stahl u. Eisen 51 (1931) S. 333.
31. Pöschl, Th.: Metallwirtsch. 22 (1943) S. 428/34; 23 (1944) S. 265.
32. Hencky, H.: Z. angew. Math. Mech. 3 (1923) S. 241/51.
33. Grodzinski, P.: Wire Ind. 8 (1941) S. 235/36 u. 239; vgl. Stahl u. Eisen 62 (1942) S. 821.
34. Höhle, H.: Stahl u. Eisen 61 (1941) S. 257/65 (Aussch. Drahtverarb. 2).
35. Pomp, A., und A. Koch: Mitt. K.-Wilh.-Inst. Eisenforschg. 13 (1931) S. 261/71; vgl. Stahl u. Eisen 52 (1932) S. 244/45.
36. Linicus, W., und G. Sachs: Mitt. dtsch. Mat.-Prüf.-Anst. 1931, Sonderh. 16, S. 38/67; vgl. Z. Metallkde. 23 (1931) S. 205/10.
37. Trurnit, W.: Stahl u. Eisen 64 (1944) S. 503/06 (Aussch. Drahtverarb. 18).
38. Schmid, E.: Stahl u. Eisen 62 (1942) S. 968/72.
39. Mantell, C. L.: Wire & W. Prod. 15 (1940) S. 353/56 u. 371; vgl. Stahl u. Eisen 61 (1941) S. 274/75.
40. Thompson, F. C., und H. G. Dyson: Metallurgia, Manchr., 6 (1932) S. 191/92.
41. Pomp, A.: Stahl u. Eisen 61 (1941) S. 253/56 (Aussch. Drahtverarb. 1).
42. Eichinger, A., und W. Lueg: Mitt. K.-Wilh.-Inst. Eisenforschg. 23 (1941) S. 21/30; vgl. Stahl u. Eisen 61 (1941) S. 275.
43. Siebel, E., und R. Kobitzsch: Mitt. K.-Wilh.-Inst. Eisenforschg. 26 (1943) S. 91/95.
44. Bühler, H., und W. Püngel: Arch. Eisenhüttenw. 8 (1934/35) S. 165/68 (Werkstoffaussch. 279); vgl. Stahl u. Eisen 54 (1934) S. 1093.
45. Bühler, H.: Arch. Eisenhüttenw. 8 (1934/35) S. 465/66; vgl. Stahl u. Eisen 55 (1935) S. 468.
46. Lueg, W.: Stahl u. Eisen 62 (1942) S. 432/39 (Aussch. Drahtverarb. 7).
47. Thompson, F. C.: J. Iron Steel Inst. 128 (1933) S. 369/82.
48. Simons, L.: Wire & W. Prod. 13 (1938) S. 229/33 u. 260/61.
49. Lewis, K. B.: Wire & W. Prod. 13 (1938) S. 441/43 u. 476/77; 15 (1940) S. 260/61 u. 281/82.
50. Stringfellow, H. A.: Wire & W. Prod. 14 (1939) S. 108/09, 253/57, 367/69 u. 395; 15 (1940) S. 159, 169, 256/61, 281/82, 527/28 u. 635; 16 (1941) S. 52/54 u. 79/81.
51. Lueg, W., und A. Pomp: Stahl u. Eisen 63 (1943) S. 229/36 (Aussch. Drahtverarb. 14).
52. Püngel, W.: Stahl u. Eisen 62 (1942) S. 853/58 u. 876/81 (Aussch. Drahtverarb. 9).
53. Taylor, G. I., und H. Quinney: J. Inst. Met., Lond., 49 (1932) S. 187/202.
54. Lueg, W., und A. Pomp: Mitt. K.-Wilh.-Inst. Eisenforschg. 23 (1941) S. 293/308; Stahl u. Eisen 61 (1941) S. 1169/72 (Aussch. Drahtverarb. 6).
55. Neuman, D.: Wire & W. Prod. 16 (1941) S. 329/31 u. 354; vgl. Stahl u. Eisen 62 (1942) S. 821.
56. Lueg, W.: Stahl u. Eisen 62 (1942) S. 821.
57. Lueg, W., und A. Pomp: Mitt. K.-Wilh.-Inst. Eisenforschg. 27 (1944) S. 43/52.
58. Herz, P. L.: Wire & W. Prod. 16 (1941) S. 109/14; vgl. Stahl u. Eisen 62 (1942) S. 821.

Die Entwicklung des basischen Windfrischverfahrens

Von Walter Bading in Duisburg-Huckingen

[Bericht Nr. 425 des Stahlwerksausschusses des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute. — Fortsetzung zu Seite 149*).]

II. Herstellung von Manganschlacke

Verblasen von Spiegeleisen. Verblasen von Phosphorspiegeleisen. Erschmelzen des Roheisens. Ausmauerung des Konverters. Durchführung der Versuche. Stoffbilanz. Ergebnisse des Dauerbetriebes. Vanadinhaltiger Phosphorspiegel. Zusammenfassende Betrachtung der Untersuchungen.

Verblasen von Spiegeleisen

Zur Herstellung von manganhaltigem Roheisen stehen deutsche und ausländische Erze zur Verfügung. Soll Ferromangan im Hochofen erblasen werden, so müssen Ferromanganerze gewählt werden, also solche, deren Mn : Fe-Verhältnis möglichst hoch liegt. Zum guten Manganausbringen ist dabei ein niedriges SiO_2 : Mn-Verhältnis günstig. Schließlich müssen die Phosphorgehalte so tief wie möglich liegen. Diesen Bedingungen genügen die ausländischen Manganerze zur Ferromanganerzeugung über 35% Mn weitgehend. In den deutschen manganhaltigen Erzen wie beim Siegerländer Rostspat ist das Mn : Fe-Verhältnis jedoch klein. Aehnlich liegen die Verhältnisse bei anderen Erzen, wie Geyer- und Fernie-Erz, die aber durch Aufbereitung zu günstigeren Mn : Fe-Verhältnissen gebracht werden können. Zum Erblasen von Ferromangan eignen sie sich jedoch nicht, immerhin aber zur Herstellung von Spiegeleisen mit Mangangehalten bis zu 20%.

Wenn Manganerze zur Ferromanganherstellung fehlen, ist es möglich, das Mangan des Spiegeleisens im Konverter in hochmanganhaltige Schlacke zu überführen, die dann als Einsatzstoff für den Ferromanganhochofen brauchbar ist, zumal da ihr Phosphorgehalt bei den niedrigen Phosphorgehalten des Spiegeleisens dem eines Ferromanganerzes entspricht. Andere Manganträger, wie Siemens-Martin-Schlacke, dem Hochofen zugesetzt, ergeben ein höherphosphorhaltiges Spiegeleisen. Beim Verblasen derartiger phosphorhaltigen Spiegeleisensorten ist es schon schwieriger, manganhaltige Schlacke mit niedrigen Phosphorgehalten im Konverter zu erblasen.

Bevor die hierzu entwickelten Verfahren beschrieben werden, soll noch eine andere Manganabscheidungsart aus dem Spiegeleisen gestreift werden.

Eine manganreiche, aber an anderen Beimengen sehr arme Schlacke läßt sich nach dem Löfquist-Verfahren[19]) herstellen. Hier wird dem Spiegeleisenbad im Herdofen ein Gemenge von Eisensulfid und Eisenoxyd zugesetzt. Dabei wird das Mangan in sulfidischer Form in die Schlacke übergeführt und ist dann, da keine anderen Stoffe mitverschlackt werden, als Manganträger bestens zu verwerten. Jedoch ist das Verfahren teuer und gestattet nur die Herstellung verhältnismäßig kleiner Schlackenmengen.

Der Gedanke, Spiegeleisen im Konverter zu verblasen ist alt; aber erst H. Bansen berichtete 1936 vor dem Stahlwerksausschuß des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute eingehend über die Versuche, die in Rheinhausen angestellt wurden. Bansen führte aus: „Das Spiegeleisen ließ sich bis auf 1 bis 2% Mn im Restmetall sehr gut herunterblasen, ohne daß die Mangankonzentration in der Schlacke unzulässig sank. Indessen stellten sich insofern große Nachteile heraus, als einerseits die Schlacke so zäh wird, daß man sie kaum entfernen konnte und deshalb weiter herunterblasen mußte, und anderseits infolge der hohen Temperatur ein Verdampfungsverlust bis zu 30% Mn entstand, der das Verfahren unwirtschaftlich macht."

Von E. Herzog anschließend in Hamborn angestellte Versuche sollten die in Rheinhausen offengebliebenen Fragen klären. Die Verdampfungsverluste wurden durch Einsatz von Walzzunder als Kühlmittel vermindert. Ueber die Versuche selbst führte Herzog in einer Sitzung des Arbeitsausschusses des Stahlwerksausschusses am 19. Januar 1937 aus, daß nach einem vorangegangenen Tastversuch mit Stahleisen sowie mit einem aus einer Mischung von Stahleisen und Ferromangan hergestellten Spiegeleisen in einer ununterbrochenen Versuchsreihe 24 Pfannen Spiegeleisen zu Duplexmetall für das Siemens-Martin-Werk verblasen wurden. Gleich zu Beginn der Versuche zeigte sich, daß in den ersten Blaseminuten die Temperatursteigerung am größten ist. Nach beendeter Siliziumverbrennung geschieht der weitere Anstieg langsamer. Dies ist durchaus zu verstehen, denn die große Wärmetönung bei der Siliziumverbrennung kommt gut zur Auswirkung, da die Schmelzen ohne Kalksatz geblasen werden. Schmelzen mit höherem Siliziumgehalt im Roheisen gehen naturgemäß heißer als solche mit niedrigem Siliziumgehalt. Wenn die Schmelzen zum Teil große Unterschiede in den Ergebnissen aufweisen, so ist dies darauf zurückzuführen, daß ohne Mischer gearbeitet werden mußte. Herzog weist darauf hin, daß bei der Verarbeitung eines in Zusammensetzung und Temperatur gleichmäßigen Mischereisens das Verblasen einwandfrei geführt werden könne, so daß Verdampfungsverluste und Schlackenzusammensetzung den angestrebten Werten gleichkämen. Dies

*) Sonderabdrucke sind vom Verlag Stahleisen m. b. H., Düsseldorf, Postschließfach 669, zu beziehen.

[19]) Vgl. Bansen, H.: Stahl u. Eisen 57 (1937) S. 1109/17 (Hochofenaussch. 161 u. Stahlw.-Aussch. 331).

sind die gleichen Erfahrungen, wie sie später in Huckingen beim Verblasen von Phosphorspiegeleisen gemacht wurden. Es stellte sich heraus, daß der Walzzunderzuschlag am besten zu einem Drittel zu Beginn des Blasens, der Rest zu späterer Zeit, beginnend nach beendeter Siliziumverbrennung, zu geben sei.

Genaue Ermittlungen über den Verdampfungsverlust konnte E. Herzog nicht anstellen; doch glaubte er aus Beobachtungen festzustellen, daß dieser bei genügender Kühlung in erträglichen Grenzen bleibt. Die Schlackenzusammensetzungen ergaben, daß es bei Einarbeitung des Verfahrens möglich ist, Schlacken mit 50 bis 58% Mn herzustellen, bei 6 bis 15% Fe und Kieselsäuregehalten von 4 bis 10%, wenn der Siliziumgehalt im Spiegeleisen unter 0,4% liegt. Bei den niedrigen Phosphorgehalten im Spiegeleisen unter 0,150% ist es im Dauerbetrieb nach diesen Versuchen durchaus möglich, den Phosphorgehalt der Schlacke stets unter 0,2% zu halten. Spätere Hamborner Versuche und eigene Ermittlungen beim Verblasen von Phosphorspiegeleisen lassen sogar erkennen, daß beim Spiegeleisen die Manganschlacke mit Phosphorgehalten stets unter 0,1% anfallen müsse.

Der Magnesiumoxydgehalt der Manganschlacke liegt mit 0,15 bis 0,30% sehr niedrig. Bei der Thomasschlacke beträgt er in Hamborn 2%; bei der Manganschlacke also nur ein Zehntel. Da der Magnesiumoxydgehalt einen Rückschluß auf den Futterverschleiß zuläßt, ist dieser beim Vorblasen gering, zumal da die Manganschlackenmenge mit 14% angegeben wird, gegenüber 25% bei Thomasschlacke.

Die Manganschlacke war trocken bis bröckelig und ließ sich vom Vorblaseeisen trennen wie Vanadinschlacke, also durch Auskippen in einen Schlackentopf nach vorherigem Ausleeren des Vorblaseeisens in eine Pfanne. Das Vorblaseeisen wurde meist als Duplexmetall abgegeben. Die Schlacke fällt mit sehr wechselnden Gehalten an Granalien an, die in den angegebenen Werten zwischen 8 und 24% schwanken. Abgesehen von der wechselnden Zusammensetzung des Spiegeleisens konnten diese Unterschiede eine Erklärung durch den Hinweis auf die Vanadinschlacke finden, bei der die niedrigsten Granalienmengen bei einer teigigen Schlacke gefunden wurden. Eine Durchschnittsanalyse fehlt, doch wird die Zusammensetzung eines Manganschlackenklotzes wie folgt angegeben:

	Ohne Granalien %	Mit Granalien %
Fe	10,30	17,12
Mn	51,00	47,12
P	0,185	0,170
SiO_2	12,85	11,87
CaO	7,60	7,02
S	0,14	0,13

Der Klotz hatte 8,23% Granalien. Die Untersuchung der Granalien ergab Siliziumgehalte von 0,28 bis 0,49% bei Manganwerten von 4,60 bis 6,30%, ein Zeichen also, daß die Granalien in den ersten Blaseminuten dadurch entstehen, daß das Eisen von der sich bildenden Schlacke eingewickelt wird. Die Nachteile, die durch längeres Blasen des Spiegeleisens entstehen, gibt Herzog wie folgt an:

1. Verschlechterung des Verhältnisses von Mn : Fe in der Schlacke.
2. Höhere Endtemperatur und damit größere Manganverdampfung.
3. Stärkerer Angriff des Birnenfutters durch die flüssige Schlacke.
4. Längere Arbeitsdauer für die Trennung von Bad und Schlacke.

Nach diesen Feststellungen und den erwähnten Ermittlungen bei der Vanadinschlackengewinnung bleibt es dennoch nach wie vor zweckmäßig, auf eine teigige Schlacke hinzuarbeiten.

Die wirtschaftliche Seite der Manganschlackenherstellung wird ebenfalls erwähnt und hierbei festgestellt, daß die Manganeinheit in der Schlacke teurer ist als bei ausländischen Erzen. Beim Ersatz des Siegerländer Rostspats im Ausgangsspiegeleisen durch Siemens-Martin-Schlacke müßten diese Kostenunterschiede gemildert werden können. Die Verarbeitung dieses phosphorhaltigen Spiegeleisens wird später noch beschrieben werden. Beim Hinweis auf die wirtschaftliche Seite der Manganschlackenherstellung mag erwähnt werden, daß eingangs gesagt wurde, daß diese im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht beachtet werden soll, sondern hier nur die verfahrensmäßige Seite der verschiedenen Arbeitsweisen zu untersuchen ist.

Weitere Untersuchungen bei der August-Thyssen-Hütte befassen sich mit der Manganbilanz beim Verblasen von Spiegeleisen und mit der Betriebsbeeinflussung bei Beachtung der ermittelten Temperaturgesetzmäßigkeiten. Der ersten Untersuchung liegen 91 Schmelzen zugrunde, entsprechend einer Spiegeleisenmenge von 2951 t. Die Zusammensetzung war: 4,70% C, 0,59% Si, 9,94% Mn, 0,132% P. Das Gewicht des Zwischenmetalls wurde errechnet. Die Analyse war: 0,67% C, 2,05% Mn, 0,15% P. Die 428,2 t Manganschlacke enthielten bei 12,26% Granalien (8,49% gebundenes Eisen) 47,30% Mn. Granalienfrei hatte die Schlacke 53,95% Mn und 9,68% Fe. Der Phosphorgehalt einschließlich der Granalien war 0,053%, ohne Granalien 0,039%. Der Phosphoranteil der Granalien selbst betrug 0,152%.

Manganbilanz

Im Spiegeleisen eingebracht	293,3 t Mn
Im Zwischenmetall ausgebracht	50,8 t Mn
In der Manganschlacke ausgebracht	202,5 t Mn
Das Manganausbringen in der Manganschlacke beträgt demnach	69,0% Mn
und bei Einschluß des Zwischenmetalls	85,7% Mn
Es gehen also rund	15,0% Mn

verloren. In Rheinhausen betrug der Verlust ungefähr 33%.

Diese Schlacke mit Granalien als Manganträger im Hochofen eingesetzt gibt bei 70prozentiger Manganausnutzung ein Ferromangan mit 51% Mn und 0,09% P, bei granalienfreier Verwendung ein Ferromangan mit 73% Mn und 0,075% P. Ein weiterer Versuch ging dahin, die Manganschlacke durch Magnetscheidung granalienfrei zu bekommen.

Zahlentafel 4. Schlackenzusammensetzung

	Ausgangsschlacke, stückig, einschl. Granalien %	Schlacke, gemahlen %	Schlacke, unmagnetisch %	Schlacke, magnetisch %
Mn	43,02	51,26	52,75	51,78
Fe	4,78	8,20	5,80	11,55
FeO	—	9,98	6,91	14,21
Fe_2O_3	—	0,57	0,57	0,62
CaO	6,79	8,30	8,20	6,10
SiO_2	10,22	10,50	10,85	8,60
MgO	1,50	2,75	3,12	2,97
P	0,054	0,11	0,095	0,061
Granalien	18,91	2,50	0,48	37,71
Met. Fe	18,29	—	0,46	—
Ges.-Fe	23,07	—	6,26	—

Für den Versuch wurden 24 t Stückschlacke verwendet. Die in der Thomasschlackenmühle gemahlene Schlacke brachte nach dem Magnetscheider rd. 20 t Manganschlacke und 4,60 t Granalien. Die hohe Granalienmenge zeigt, daß neben dem Eisen unmagnetische Granalien mitgerissen wurden. Die Aufbereitungsergebnisse zeigt *Zahlentafel 4.*

Der Anstieg des Phosphorgehaltes wird auf mitgerissene Thomasschlacke zurückgeführt. Da aber gerade der Phosphorgehalt sehr wichtig ist, wäre die Probenahme zweckmäßig erst nach Durchgang der restlichen Thomasschlacke erfolgt; anderseits ist aber bei anderen Schlackenuntersuchungen festgestellt worden, daß häufig große Unterschiede zwischen Stückschlacke und gemahlener Schlacke auftreten, da erst die Zusammensetzung der gemahlenen Schlacke die genauen Werte angibt. Demnach wäre durchaus möglich, daß die in den Klotzproben ermittelten Phosphorwerte zunächst zu niedrig gefunden worden sind.

Eingehend wird die Weiterverwendung des vorgeblasenen Metalls behandelt. 36 der untersuchten 91 Schmelzen gingen

als Duplexmetall in den Siemens-Martin-Ofen und verursachten so keine Schwierigkeiten. Der Rest wurde auf Thomasstahl fertiggeblasen. Bei dieser letzten Arbeitsweise mußte die Temperatur beim Vorblasen hochgehalten werden, da für das Fertigblasen nur noch wenig Wärmeträger vorhanden sind. Temperaturmessungen konnten während des Blasens nicht durchgeführt werden, jedoch wurde die Temperatur zu 1600 bis 1700° errechnet. Zur Ermittlung der Beziehungen zwischen dem Endmangangehalt nach dem Vorblasen und dem Eisengehalt der Schlacke in Abhängigkeit vom Kohlenstoffgehalt des Metalls wurden die gefundenen Werte in *Bild 16* zusammengestellt. Hieraus ergibt sich, daß bei 1% C im Vormetall die Manganverschlackung abgebrochen werden muß, wenn der Eisengehalt der Schlacke nicht sprunghaft über 7 bis 8% ansteigen soll. Der Mangangehalt liegt dann bei 2 bis 3% im Metall. Aehnliche Verhältnisse zeigen sich beim Verblasen von Phosphorspiegeleisen, wie später noch beschrieben wird. Der Frischverlauf ist also im laufenden Betrieb so zu steigern, daß die [C]-, [Mn]- und (Fe)-Werte innerhalb des eingezeichneten Quadrates liegen. Hieraus ergibt sich auch das günstigste Mn-Fe-Verhältnis in der Schlacke. Bei 10% Mn im Spiegeleisen werden Schlacken mit rd. 50% Mn erblasen. Nach *Bild 16* soll der Eisengehalt der Schlacke 4 bis 8% betragen. Damit wird das obere Mn:Fe-Verhältnis mit 6 bis 7 festgelegt.

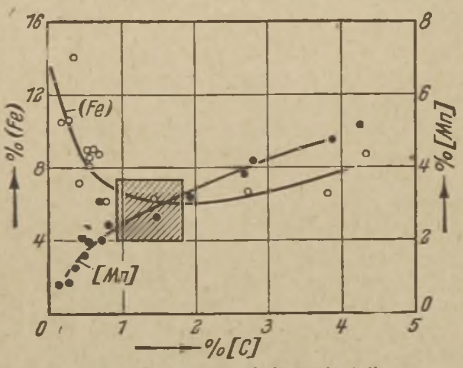


Bild 16. Mangangehalt des Metalls und Eisengehalt der Schlacke in Abhängigkeit vom Kohlenstoffgehalt des Metalls.

Nach dem Vorblasen wurde das Eisen zunächst in einem zweiten Konverter bei geringen Kalksätzen zu Stahl fertiggeblasen. Später wurde das Blasen nach dem Manganschlackenabzug im selben Konverter zu Ende geführt. Die sehr flüssige Endschlacke griff aber das Mauerwerk stark an. Sie hatte eine mittlere Zusammensetzung von 23,3% Mn, 29,3% Fe, 1,0% P (entsprechend 2,3% P_2O_5). Höhere Kalksätze sind nicht möglich, da das Bad dadurch zu sehr abgekühlt wird. Eine geringe Versteifung der Schlacke scheint beim Zusatz von 200 kg Dolomit einzutreten. Unter der krümeligen Manganschlacke wurde dazu noch eine geringe Menge einer dünnflüssigen Schlacke festgestellt mit der Zusammensetzung 27 bis 43% Mn, 20 bis 30% Kieselsäure, 10 bis 15% CaO und 2 bis 5% Fe. Dieses Mangansilikat wird zur Begründung des Konverterverschleißes bei Beendigung des Gesamtblasens in einem Gefäß mitverantwortlich gemacht. Allerdings dürfte wohl die Konvertererendschlacke mit 30% Fe die ausschließliche Ursache sein. Wird das Vormetall dem Mischer wieder zugeführt, gestaltet sich das Vorblasen viel einfacher. Die Temperatur von 1600 bis 1700° braucht nicht eingehalten zu werden, wodurch es viel leichter ist, auf gute Manganwerte bei niedrigen Eisenwerten in der Schlacke hinzuarbeiten.

Um alle Bedingungen für eine Schlacke von ungefähr 55% Mn festzulegen, wurden Reaktionskennzahlen bei verschiedenen Temperaturen in *Bild 17* in Ergänzung zu *Bild 16* zusammengestellt. Wenn 8% als tragbare obere Grenze für den Eisengehalt der Schlacke angesehen werden, kann bei 1500°, also beim Zurückkippen des Eisens in den Mischer, bis 1,1% Mn heruntergeblasen werden. Der Kohlenstoffgehalt beträgt dann 2%. Beim Fertigblasen von Stahl muß eine Vorblasetemperatur von 1700° angestrebt werden, dabei beträgt dann der Mangangehalt des Vormetalls 5,5% und der Kohlenstoffgehalt 1%. Die Manganausbeute ist beim Zurückkippen in den Mischer am höchsten, dazu bleiben die Verdampfungsverluste gering und das Konverterfutter wird nicht zu sehr in Mitleidenschaft gezogen. Beim Fertigblasen des Vormetalls auf Stahl ist bei den gegebenen Umständen anzunehmen, daß das Fertigerzeugnis höheren qualitativen Anforderungen kaum genügen wird.

Die vorstehenden Ausführungen weisen die Wege, die beschritten werden müssen, wenn Spiegeleisen, aus armen Manganerzen im Hochofen erblasen, auf Manganschlacke verblasen werden soll, die dann als Manganträger für hochwertige Ferromangansorten dienen soll. Zu beachten sind die Wechselwirkungen zwischen Temperatur, Kohlenstoff- und Mangangehalt des vorgeblasenen Eisens und Eisengehalte der Schlacke. Der Phosphorgehalt braucht nicht berücksichtigt zu werden, da er in der Schlacke stets niedrig liegt.

Auf die Ausschaltung des Vorblasekonverters durch das Rinnenfrischverfahren weist G. Naeser[20]) auch bei der Herstellung von Manganschlacke hin. Bis zu welchen günstigen Ergebnissen diese Reaktion gehen kann, zeigt folgendes Beispiel.

Roheisen:

Vor der Reaktion	4,04 % C,	0,33% Si,	2,16% Mn
Nach der Reaktion	3,92 % C,	0,13% Si,	1,20% Mn

Schlacke:

Vor der Reaktion	69,4% Fe,	10,0% SiO_2,	0,00% Mn
Nach der Reaktion	4,1% Fe,	26,8% SiO_2,	45,6% Mn

Aus dem Stahleisen sind 40% des Mangans herausgefrischt und haben unter bester Ausnutzung des Walzzunders eine hochprozentige Manganschlacke ergeben. Naturgemäß ist die mengenmäßige Ausbeute einer Frischrinne auch hier wieder gering, wie dies schon beim Vanadinvorfrischen erwähnt wurde. Wo der Konverterraum fehlt, kann sie jedoch zum Vorfrischen herangezogen werden. Wohl wird sie ein 10prozentiges Spiegeleisen nicht auf die gleichen niedrigen Werte bringen wie ein Konverter, aber das Verfahren bleibt beachtenswert.

Verblasen von Phosphorspiegeleisen

Beim Verblasen von Spiegeleisen auf Manganschlacke wird ein Ausgangsmetall gewählt, dessen Mangangehalt mit 10% hoch und dessen Phosphorgehalt mit höchstens 0,150% sehr niedrig liegt. Die Manganwerte der Schlacke liegen demgemäß bei 50% hoch und die Phosphorwerte bei 0,1% so niedrig, daß der Einsatz dieser Schlacke im Ferromangan-Hochofen ohne weiteres möglich ist.

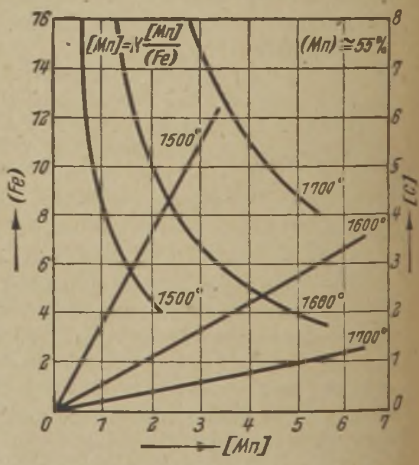


Bild 17. Einfluß der Temperatur auf die Einstellung zwischen [C], (Fe) und [Mn] beim Verblasen von Spiegeleisen.

Nun wird bei diesem Verfahren das Mangan immerhin aus dem zur Desoxydation und zum Legieren notwendigen Spiegeleisen entfernt, ein Vorgang, der nur dadurch zu vertreten ist, daß die Schlacke zur Gewinnung höhermanganhaltigen Ferromangans eingesetzt wird.

Als manganhaltiger Möllerträger darf aber die Siemens-Martin-Schlacke nicht außer acht gelassen werden. Wenn ihre Verwendung im Spiegeleisen- oder Ferromangan-Hochofen wegen ihres zu hohen Phosphorgehaltes auch nicht möglich ist, so kann sie jedoch, in verstärktem Maße dem Thomasroheisenmöller zugesetzt, ein Roheisen liefern, welches bei normalem Phosphorgehalt von rd. 2% Manganwerte aufweist, die über 5% liegen. Diesem Roheisen ist der Name Phosphorspiegeleisen gegeben worden. Eine direkte Ver-

[20]) Vertraulicher Bericht Nr. 67 (1944) VDEh.

wendung des im Hochofen erschmolzenen Phosphorspiegeleisens ist nur in verschwindend geringen Mengen möglich. Das Problem lautet vielmehr, aus einem Phosphorspiegeleisen eine Schlacke zu erblasen, die mit so hohen Mangan- und so niedrigen Phosphorwerten anfällt, daß ihr Einsatz im Ferromangan-Hochofen möglich ist.

Ueber das Verblasen von Phosphorspiegeleisen berichteten im Mai 1942 W. Eichholz und Th. Kootz[21]) unter Mitarbeit von W. Oelsen, Zurek und W. Bading.

Zahlentafel 5. Herstellung von Phosphorspiegeleisen

	Oktober 1941	Januar 1942	März 1942
Möllerzusammensetzung:			
Nordschweden	19,03%	14,36%	14,75%
Mittelschweden (Hillang II)	12,01%	—	—
Mittelschweden	—	13,70% { 6,79% Lekomberg, 6,91% Guldsmedshytte	5,57% (Guldsmedshytte 5,57%)
Spanisch-Marokko (Ouenza)	7,00%	—	—
Spanisch-Marokko	—	—	1,24%
Normandie	9,28%	6,47%	6,60%
Agglomerat	12,23%	16,04%	15,62%
Schlacken	40,45%	49,43% { S.-M.-Schlacke 35,42%, Fe-Mn-Schlacke 14,01%	56,22% { Schweißschlacke 3,30%, S.-M.-Schlacke 33,70%, Fe-Mn-Schlacke 19,22%
	100,00%	100,00%	100,00%
Fe-Einsatz	1693 t	2220 t	3228 t
Erzeugung	1860 t	2619 t	3773 t
Erzausbringen	37,53%	34,80%	32,46%
Erz kg/t Roheisen	2665 kg	2873 kg	3080 kg
Gichtstaubentfall kg/t Roheisen	79 kg	102 kg	71 kg
Kalksteinverbrauch je t Roheisen	—	—	—
Koksverbrauch kg/t Roheisen	1159 kg	1201 kg	1259 kg
Schlackenmenge kg/t Roheisen	1089 kg	1382 kg	1450 kg
Manganausbringen	70,00%	59,10%	62,62%
Manganeinsatz kg/t Roheisen	95,00 kg	101,00 kg	114,70 kg
Phosphoreinsatz kg/t Roheisen	21,18 kg	22,35 kg	19,51 kg
Schlackenanalyse: Fe	0,75%	0,45%	—
FeO	0,97%	0,58%	0,65%
SiO_2	32,88%	32,84%	32,00%
$Al_2O_3 + TiO_2$	8,60%	11,30%	—
Al_2O_3	—	—	12,00%
CaO	45,10%	40,00%	41,40%
MgO	8,26% $p = \frac{CaO}{SiO_2} = 1,37$	8,60% $p = \frac{CaO}{SiO_2} = 1,22$	8,60% $p = \frac{CaO}{SiO_2} = 1,29$
Mn	2,26%	2,90%	2,86%
MnO	2,92%	3,75%	3,72%
P	0,037%	—	—
T_2O_5	0,085%	—	—
S	0,98%	0,96%	0,06%
Alkalien	0,60%	—	—
Gichtstaubanalyse: Fe	26,80%	28,20%	28,50%
Mn	1,28%	1,30%	1,93%
P	0,86%	1,02%	0,80%
CaO	14,30%	16,80%	14,00%
SiO_2	12,78%	15,46%	14,46%

Bei dem Bericht von Eichholz, Kootz und Oelsen handelt es sich um Einzeluntersuchungen an Phosphorspiegelschmelzen, während die beiden anderen Arbeiten betrieblich ermittelte Werte bei planmäßiger Erzeugung von Manganschlacke bringen. Für die Beschreibung der betrieblichen und stoffwirtschaftlichen Ergebnisse mögen die Unterlagen von Huckingen dienen, wobei entsprechende Werte von Eichholz und Zurek mit berücksichtigt werden.

Zahlentafel 6. Zusammensetzung der Möllerträger

	Zusammensetzung in %									
	Fe	Mn	P	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	S	H_2O	C
1. Huckingen:										
Nordschweden	59,2	0,2	1,8	2,7	1,0	6,0	1,0	—	1,5	—
Lekomberg	47,0	0,18	1,1	20,0	—	6,3	—	—	—	—
Guldsmedshytte	30,0	3,5	0,05	10,4	9,5	10,0	2,56	—	—	—
Spanisch-Marokko (Ouenza)	46,5	0,4	0,7	13,5	—	2,0	—	—	—	—
Normandie	42,5	0,5	0,35	14,5	5,0	2,0	1,0	—	—	—
Agglomerat	37,5	0,52	0,7	18,5	7,0	12,0	1,8	—	—	—
S.-M.-Schlacke	15,0	5,05	0,8	16,0	3,0	38,0	3,0	—	—	—
Fe-Mn-Schlacke	4,0	12,0	0,06	24,0	—	34,0	—	—	—	—
2. Kladno:										
Chwaletitzer Manganerz	15,9	11,5	2,5	15,9	1,8	7,9	1,4	7,6	6,5	—
Grängesberg	61,0	0,1	1,0	5,5	1,2	3,7	1,8	0,05	0,6	—
Agglomerat	36,5	0,1	1,2	23,2	9,0	7,8	1,5	0,2	—	—
Erzbriketts	41,1	0,1	0,7	21,2	7,0	2,0	1,3	0,1	—	2,6
S.-M.-Schlacke	12,0	5,2	2,2	16,0	4,1	47,8	5,5	0,3	—	—

Erschmelzen des Roheisens

Die Erschmelzung des Phosphorspiegeleisens mit der Siemens-Martin-Schlacke als Hauptmöllerträger wurde in drei Erzeugungsreihen in Huckingen durchgeführt, im Oktober 1941, Januar und März 1942. Die Unterlagen sind in der *Zahlentafel 5* zusammengestellt. Die Zusammensetzung der in Huckingen und Kladno eingesetzten Erze ist aus *Zahlentafel 6* zu ersehen.

Ausmauerung des Konverters

Zu den ersten Versuchen wurde eine neutrale Ausmauerung (Schamotte) gewählt, da eine basische Ausmauerung eine Phosphorverschlackung erleichtert, dagegen Silikasteine der Manganschlacke zuviel Kieselsäure zuführen, so daß das Manganausbringen im Hochofen sinken würde. Die Steine mit einer Zusammensetzung von 4,20% SiO_2, 64,03% Al_2O_3, 2% CaO und 16,66% Mn hielten nicht im Konverter, so daß zwangsläufig auf Dolomitfutter weitergeblasen werden mußte. Dabei ergab es sich, daß bei Einhalten bestimmter Blasebedingungen eine niedrigphosphorhaltige Schlacke im basisch zugestellten Konverter ohne weiteres zu erzeugen ist. In Hamborn und Kladno wurde der Phosphorspiegel ebenfalls auf Dolomitfutter verblasen.

Durchführung der Versuche

Das Verblasen der 1260 t Roheisen im Oktober 1941 ist in der Gesamtheit als Versuch zu bewerten und soll mit allen Einzelheiten beschrieben werden, da sich hieraus die bei solchen Versuchen auftretenden metallurgischen Schwierigkeiten erkennen lassen. Die Analyse des Phosphorspiegels hinter dem Mischer war als errechneter Durchschnitt: 3,95% C, 0,45% Si, 6,54% Mn, 2,21% P, 0,016% S und 0,17% V. In *Zahlentafel 7* sind die Phosphorspiegel-Analysen verschiedener Werke zusammengetragen. Die Schmelzen wurden im ersten Konverter vor- und im zweiten Konverter fertiggeblasen. Die Schlacke wurde entweder von der Umfüllpfanne abgezogen oder, wenn sie krümelig war, aus dem Vorblasekonverter in den Schlackentopf entleert.

[21]) Verblasen von Phosphorspiegeleisen (nicht veröffentlicht).

Am ersten Tage wurden fünf Versuchsschmelzen unter verschiedenen Bedingungen geblasen. Der Schrottsatz wurde von der ersten bis zur vierten Schmelze gesteigert, und zwar bis zu 13,7%. Bei der fünften Schmelze wurden 10,3% Schrott und 3,3% Hillängerz mit verblasen; überdies wurden bei der vierten und fünften Schmelze Proben nach 5 min,

Zahlentafel 7. Zusammensetzung von Phosphorspiegeleisen

	C %	Si %	Mn %	P %	S %	V %
Hamborn	3,3 bis 3,8	0,5 bis 0,8	8,5 bis 12,0	2,2 bis 3,0	0,01	
Huckingen 1. Periode	3,95	0,45	6,54	2,21	0,016	0,17
2. Periode	3,95	0,58	5,63	2,03	0,020	
3. Periode	4,02	0,53	6,54	1,71	0,016	
Kladno 1. Periode	2,43	1,84	6,85	3,89	0,046	
2. Periode	2,27	1,86	6,51	4,33	0,040	
3. Periode	2,21	1,40	7,00	4,63	0,041	
Friedenshütte (1,5% Si)	—	1,41	5,60	1,96	0,010	
(0,6% Si)	—	0,56	5,89	1,66	0,010	
Oberhütten	—	1,16	5,81	1,93	0,032	
Trinec	—	2,78	6,72	2,54	0,014	

10 min und kurz vor dem Uebergang genommen, der bei Schmelze 4 mit 29,1 t Roheisen und 4 t Schrott bei 14 min und 30 sek, bei Schmelze 5 mit 30,2 t Roheisen, 3,1 t Schrott und 1 t Erz bei 13 min lag.

Die Erzzugabe sollte Aufschluß bringen, ob durch das höhere Sauerstoffangebot die Manganverschlackung intensiver verliefe und ob durch den zusätzlichen Kieselsäuregehalt des Erzes eine geringere Phosphorverschlackung einträte[22]). In *Zahlentafel 8* sind die Werte der Schmelzen 4 und 5 zusammengestellt. Die Schmelzen 1 bis 3 konnten fortgelassen werden, da sie zur Beurteilung nicht gebraucht werden.

Das Ergebnis des ersten Versuchstages war folgendes:

1. Eine Blasezeit von 10 min bei 30 t Roheisen = 0,33 min/t war ausreichend.
2. Die Verwendung von Erz brachte nicht den gewünschten Erfolg.
3. Die Phosphorgehalte der Schlacke liegen noch so hoch, daß ihre Verwendung im Ferromangan-Hochofen unmöglich ist.

Hieraus wurde der Schluß gezogen, daß das Roheisen am nächsten Tage mit den besten Schrottmengen 10 min zu blasen sei. Fiel dabei der Phosphorgehalt der Schlacke unter 1% ab, so konnte der Dauerbetrieb aufgenommen werden; andernfalls mußte durch verstärkte Erzzugabe der Kieselsäuregehalt auf 25% gesteigert werden, um die von W. Oelsen[22]) ermittelten Bedingungen anzustreben.

Die Temperaturfrage mußte hierbei besonders berücksichtigt werden. Da eine gewisse Aehnlichkeit zwischen der Herstellung von Mangan- und Vanadinschlacke besteht, werden auch die bei der Herstellung von Vanadinschlacke ermittelten Gesetzmäßigkeiten zur Anwendung gebracht werden können. Diese sagen aber aus, daß zum schnellen Reaktionsablauf eine tiefe Temperatur notwendig ist, vor allem, wenn die Schlacke flüssig ist. Eine niedrige Reaktionstemperatur kann aber zur Vermeidung der Phosphoraufnahme nur förderlich sein. Dies mußte bei der Weiterführung der Versuche beachtet werden.

Der Mischer war 18 h nicht in Betrieb, so daß die Versuchsschmelzen des zweiten Tages kälter gingen, obgleich die Schrottmengen nicht gesteigert wurden. Die Ergebnisse des zweiten Tages sind in *Zahlentafel 9* festgelegt. Die Arbeitsweise führte zum Erfolg. Der Phosphorgehalt der Schlacke sank unter 1%, mit Ausnahme von Schmelze 6, bei der jedoch noch Warmblasekoks im Konverter zurückgeblieben war.

Die Mangangehalte im Eisenbad lagen gegenüber den Versuchen von Oelsen zwar bei 1%, also um 1% niedriger, als der geringsten Phosphorverschlackung entsprechen soll, und die Kieselsäure der Schlacke entsprechend dem Siliziumgehalt im Roheisen unter 20%; aber schon der Zustand der Schlacke ließ günstigste Blasebedingungen erkennen, die nachträglich durch die Schlackenanalysen bestätigt wurden. Die Schlacke der Schmelzen 7, 8 und 9 war pappig bis krümelig, so wie sie bei Vanadinschlacke anzustreben ist. Die Roheisentemperatur, gemessen mit „Bioptix", betrug ungefähr 1220°, die des Vorblaseeisens 1440 bis 1480°. Höhere Schrottmengen zur weiteren Temperaturerniedrigung waren nicht zulässig, da die Kalkgehalte im basischen Konverter zum Fertigblasen der Schmelzen schon mit 11% bei 2% P im Roheisen nicht zu hoch lagen. Die Endtemperatur der letzten Vorprobe betrug rd. 1530°, die Eisenproben der Thomasschlacke lagen bei 5,3 bis 7,5%. Wenn auch der von W. Oelsen gefundene Phosphorgehalt von 0,3% bei den vorliegenden Arbeitsbedingungen nicht erreicht werden konnte, so gestatteten diese Ergebnisse doch die Aufnahme des Dauerbetriebes. Die Schmelzen wurden wiederum mit den höchstmöglichen Schrottmengen im Vorblasekonverter vor- und mit 10 bis 11% Kalk im basischen Konverter auf Duplexmetall fertiggeblasen. Der Schrottverbrauch stieg infolge des Dauerbetriebes bis auf 20% an. Die Schlacke war in der Mehrzahl der Fälle pappig. Die Phosphorgehalte lagen durchweg bei 0,5%, zwei hohe Phosphorgehalte von 1,8 und 1,4% waren die Folge des Abreißens des Dolomitbodens. Der Kalkgehalt der Schlacke, sonst bei 4%, war in beiden Fällen auf 9,5 bzw. 8% gestiegen.

Von der gesamten Schlacke, mit Ausnahme der ersten mit hohen Phosphorwerten, wurde eine Durchschnittsprobe gezogen, deren Zusammensetzung war: 7,20% Fe, 45,40% Mn, 0,58% P, 0,13% S, 1,17% Cr, 1,45% V, 14,74% SiO_2, 3,60% CaO, 2,24% MgO, 5,84% Al_2O_3, 1,06% TiO_2,

Zahlentafel 8. Ergebnisse der Schmelzen 4 und 5

Schmelze	Mischeranalyse C %	Si %	Mn %	P %	S %	Temperatur °C	Roheisengewicht kg	Schrottsatz kg	Vorblasezeit min	Vorblaseeisen C %	Si %	Mn %	P %	S %	Temperatur °C	Schlackenanalyse Fe %	Mn %	P %	SiO_2 %	CaO %	Al_2O_3 %	Kalk kg
4	3,92	0,35	4,23	2,32	0,018	—	29100	4000	5.15	2,46	0,01	0,58	2,20	0,020	—	10,00	35,88	1,49	14,79	7,50	10,30	3600
									10.00	1,44	0,00	0,48	2,36	0,012	—	9,70	39,13	1,42	13,71	7,00	8,20	
									14.30	0,36	0,00	0,36	2,20	0,016	—	11,10	39,82	1,66	15,50	5,70	12,20	
5	3,72	0,28	4,66	2,40	0,024	—	30200	3100	5.00	3,12	0,01	0,60	2,22	0,020	—	7,90	28,17	1,81	16,55	3,60	7,10	3600
								1 t	10.00	1,76	0,01	0,52	2,38	0,016	—	8,30	34,31	1,93	18,45	3,90	10,40	
								Erz	13.00	1,12	0,00	0,60	2,20	0,016	—	7,25	33,47	1,25	20,67	6,20	9,65	

Zahlentafel 9. Ergebnisse der Schmelzen 6 bis 11

Schmelze	Mischeranalyse C %	Si %	Mn %	P %	S %	Temperatur °C	Roheisengewicht kg	Schrottsatz kg	Vorblasezeit min	Vorblaseeisen C %	Si %	Mn %	P %	S %	Temperatur °C	Schlackenanalyse Fe %	Mn %	P %	SiO_2 %	CaO %	Al_2O_3 %	Kalk kg
6	3,72	0,50	5,76	2,00	0,020	1195	29370	3000	10.00	2,20	0,00	0,72	1,87	0,020	1475	7,30	32,14	1,77	18,46	12,00	12,00	3600
7	3,76	0,40	5,76	1,84	0,016	1215	29500	4000	10.00	1,57	0,00	0,96	1,90	0,016	1450	6,80	42,86	0,54	14,00	5,40	8,90	3200
8	—	—	—	—	—	1225	29800	4000	10.00	1,72	0,00	1,14	2,16	0,013	1440	5,30	43,94	0,27	17,40	4,80	8,40	3000
9	3,82	0,38	6,63	2,06	0,024	1230	29600	3800	10.00	1,56	0,00	0,98	2,06	0,012	1480	5,10	44,82	0,43	17,20	4,10	8,50	3200
10	3,76	0,35	5,76	2,02	0,024	1220	30060	4000	10.00	1,52	0,00	0,96	2,22	0,016	1470	7,20	44,78	0,88	13,78	4,20	8,20	3200
11	4,12	0,45	6,10	2,14	0,014	1215	30190	3500	10.00	1,42	0,00	1,06	1,92	0,018	1470	5,50	44,68	0,27	14,84	4,00	8,63	3000

[22]) Stahl u. Eisen 59 (1939) S. 81/87 (Stahlw.-Aussch. 348).

7,85% Cr. Durch Verrechnung der Granalien erhöht sich der Phosphorgehalt auf 0,63%, und der Mangangehalt sinkt auf 42,12%.

Stoffbilanz

Zur Verrechnung gelangten 40 Schmelzen mit einem Roheiseneinsatz von 1260,850 t. Das restliche Roheisen erscheint nicht in der Bilanz, da die Phosphorwerte der zugehörigen Schlacke noch über 1% lagen und die Schlacke nicht erfaßt wurde. An Schrott wurden 211 t = 16,7% im Vorblasekonverter verarbeitet. Der Schlackenentfall betrug 146 t abzüglich 11,5 t Granalien. Somit bleiben an reiner

Zahlentafel 10. Stoffbilanz

	C %	Si %	Mn %	P %	S %	V %
Mischereisen	3,95	0,45	6,54	2,21	0,016	0,17
Schrott	0,10	0,00	0,33	0,07		
Einsatz	3,41	0,39	5,64	1,89		0,15
Vorblaseeisen	1,20	0,00	0,89	2,08	0,012	0,00

Schlackenanalyse:
7,20% Fe, 45,40% Mn, 0,58% P, 0,13% S, 1,17% Cr, 1,45% V, 14,74% SiO_2, 3,60% CaO, 2,24% MgO, 5,84% Al_2O_3, 1,06% TiO_2, 7,85% Gr. (Granalien verrechnet 42,12% Mn, 0,63% P)

Manganinhalt im Roheisen	82,5 t (1 260,850 t)
Manganinhalt im Schrott	0,7 t (211,000 t)
Manganinhalt im Einsatz	83,2 t (1 471,850 t)
Manganinhalt im Vorblaseeisen	12,2 t (1 365,100 t)
Manganinhalt in der Schlacke	61,0 t (134,500 t)
Verdampfungsverluste zum Roheisen	9,3 t = 11,3%
Verdampfungsverluste zum Einsatz	10,0 t = 12,0%

Schlacke 134,5 t = 10,65% vom Roheisen. Die Stoffbilanz ist aus *Zahlentafel 10* ersichtlich. Die Verdampfungsverluste blieben mit 11,3 bzw. 12% nach den Erfahrungen beim Spiegeleisenverblasen in erträglichen Grenzen.

Ergebnisse des Dauerbetriebes

Die Ergebnisse der ersten Versuchsreihe ließen sich bei den weiteren Versuchen bestätigen. Wesentliche Unterschiede traten nicht auf. Die Bilanz der dritten Versuchsreihe zeigt *Zahlentafel 11*.

Zahlentafel 11. Stoffbilanz einer späteren Versuchsreihe

Roheiseneinsatz	3515,260 t
Schrottverbrauch	371 t = 10,6%
Schlackenentfall	305 t = 8,7%
Mischeranalyse: 4,02% C, 0,53% Si, 6,54% Mn, 1,71% P, 0,016% S	
Schrottanalyse: 0,10% C, 0,00% Si, 0,33% Mn, 0,07% P	
Vorblaseeisenanalyse: 1,12% C, 1,89% Mn	
Schlackenanalyse: 6,14% Fe, 44,66% Mn, 0,31% P, 17,21% SiO_2, 9,21% CaO	
Mangangehalt im Gesamteinsatz	5,73% Mn
Abbrand	7,30%
Einsatz Roheisen	3515,260 t
Schrott	371,000 t
Gesamteinsatz	3886,260 t
Vorblaseeisen	92,7% = 3590 t
Mangangehalt im Roheisen	3515,260 · 6,54 = 232,0 t
Mangangehalt im Schrott	371,000 · 0,33 = 1,2 t
Mangangehalt im Einsatz	3886,260 · 6,03 = 233,2 t
Mangangehalt im Vorblaseeisen	3590 · 1,89 = 67,2 t
	Differenz 166,0 t
Mangangehalt in der Schlacke: 305 t × 44,66%	= 136,2 t
Verdampfungsverlust: 166 t — 136,2 t = 29,8 t : 233,2 =	12,8%

Die hohen Mangangehalte im Vorblaseeisen kommen der Manganwirtschaft wieder zugute, da die aus diesem Eisen erblasenen Schmelzen ohne Ferromanganzusatz fertiggemacht werden können.

Die in Kladno gewonnene Phosphorspiegelschlacke hatte folgende Zusammensetzung: 2,50% Fe, 41% Mn, 0,55% P, 26% SiO_2, 6,80% CaO, 3,70% MgO, 0,75% Al_2O_3.

Vanadinhaltiges Phosphorspiegeleisen

Durch Zumöllerung von Vanadinträgern ist im Hochofen ein höhervanadinhaltiger Phosphorspiegel zu erblasen, der im Thomaswerk zu einer hochmangan- und vanadinhaltigen Schlacke führt, wobei durch niedrige Temperaturführung die Schlacke so pappig bis krümelig gehalten werden kann, daß eine stärkere Phosphorverschlackung vermieden wird. Die Schwierigkeit liegt in der Wahl des Möllers. Der Phosphorspiegel-Hochofen geht stark basisch, und die normalen Vanadinträger, wie Konverterauswurf, Dachstaub und Thomasschlacke, sind ebenfalls hoch kalkhaltig, wodurch der Ofengang ungünstig beeinflußt wird und hoher Kieselsäurezusatz die Schlacke verflüssigen muß. Hierdurch steigt unerwünscht die Schlacken- und die Koksmenge und sinkt das Ausbringen. Beim Vorhandensein saurer Vanadinträger werden sich die Verhältnisse im Hochofen günstiger gestalten. Saure Vanadinträger stehen aber in Form von Vorblas- und Rinnenschlacke zur Verfügung, so daß über diesen Weg das Erblasen von höhervanadinhaltigem Phosphorspiegel möglich wäre.

Zusammenfassende Betrachtung der Untersuchungen

Bei den Hamborner Versuchen ist bei einigen Schmelzen der Frischverlauf aufgenommen und festgestellt worden, daß das Mangan bereits vor Einsetzen der Entkohlung weitgehend abgebrannt ist. Dieser Vorgang ist auch vom Verblasen des Roheisens auf Vanadinschlacke bekannt. Hierbei fällt der Mangangehalt in der kurzen Vorblasezeit von häufig 0,2 min/t von 1% auf 0,1% ab. Dies ist auf die rasche Temperatursteigerung zu Blasebeginn zurückzuführen, dadurch hervorgerufen, daß die Schmelze ohne Kalk geblasen wird. Die leicht oxydierbaren Eisenbegleiter wie Silizium, Mangan, Vanadin, Chrom und Titan werden sogleich verschlackt und beanspruchen so viel Sauerstoff, daß selbst die lebhafte Kohlenstoffoxydation hintangehalten werden kann.

Die August-Thyssen-Hütte hat bei ihren einzelnen Untersuchungen die Reaktionskennzahl $\frac{(Mn) \cdot [C]}{[Mn]}$ in Abhängigkeit von der mit „Bioptix" gemessenen Temperatur aufgetragen und fand sämtliche Werte auf einer Kurve angeordnet. Diese Kurve ist in dem *Bild 18* eingezeichnet.

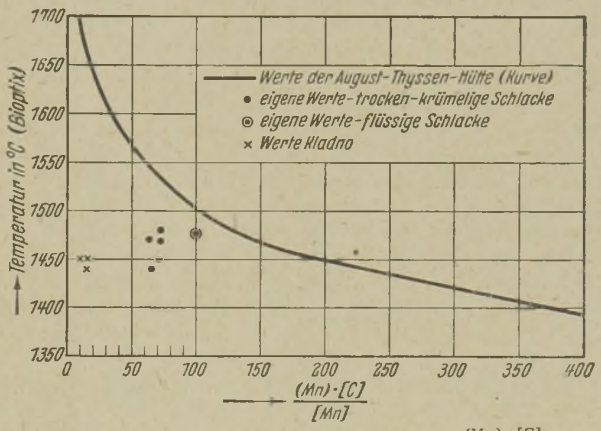


Bild 18. Abhängigkeit der Reaktionskennzahl $\frac{(Mn) \cdot [C]}{[Mn]}$ von der gemessenen Temperatur.

Die Manganschlacke war flüssig. Die Werte der Huckinger Schmelzen 6 bis 11 reihen sich nicht ein, vielmehr ordnen sich die Werte der krümeligen Schlacke links des Kurvenzuges gesondert an. Nur der Wert der dünnen Schlacke 6 liegt in der Nähe der Kurve. Die Kladnoer Werte als Zusammenfassung innerhalb dreier Erzeugungszeiten fallen noch mehr aus dem Rahmen. Die Schlacken werden als sämig angegeben. Es ist also aus diesen Ergebnissen zu ersehen, daß die aufgestellte Regel nur für flüssige Schlacke gilt. Feste Schlacken liegen außerhalb der Gleichgewichtsgesetze und reihen sich nicht ein.

Die Abhängigkeit des Phosphorgehalts der Schlacke vom Mangan im Eisen gibt *Bild 19* wieder. Die Werte der August-Thyssen-Hütte zeigen, daß unter 2% Mn im Roheisen ein wünschenswert niedriger Phosphorgehalt in der Schlacke nicht zu erwarten ist; allerdings gilt das wieder für flüssige Schlacke. Die Werte der krümeligen Huckinger Schlacke liegen wieder außerhalb des Rahmens und viel günstiger, vor allem die Werte aus den Gesamtergebnissen 1 bis 3. Die dünne Schlacke der Schmelze 6 reiht sich sinngemäß ein. Die Werte der Kladnoer Erzeugung liegen ungünstiger, trotz

dem hohen Mangangehalt im Vorblaseeisen. Zu beachten ist jedoch, daß in Kladno mit höherem Siliziumgehalt im Roheisen gearbeitet wird als in den beiden westlichen Werken. Dementsprechend lagen die Kieselsäuregehalte in Hamborn und Huckingen unter 20%, in Kladno jedoch über 20%. Würde demnach das Kladnoer Eisen im Siliziumgehalt niedriger gelegen haben, so müßten die Phosphorwerte der sämigen Schlacke bei den hohen Endmangangehalten des Eisenbades niedriger gelegen haben.

Die Frage, ob mit Erz- oder Schrottkühlung zu arbeiten ist, kann dahingehend beantwortet werden, daß grundsätzlich die Schrottkühlung vorzuziehen ist, da das Sauerstoffangebot aus der Luft zur Manganoxydation genügt; bei zusätzlichem Sauerstoffangebot aus dem Erz aber die Gefahr einer verstärkten Phosphoroxydation eintritt.

Wichtig ist die Temperaturführung. Während man in Hamborn eine hohe Temperatur wünscht, um eine zu große Phosphoraufnahme der Schlacke zu verhindern, konnten in Huckingen die besten Phosphorwerte bei niedriger Temperatur ermittelt werden. Der Grund ist wiederum in der Art der Schlacke zu suchen. Bei der krümeligen Schlacke findet kein Reaktionsausgleich statt, während sich bei der flüssigen Schlacke ein Gleichgewicht einstellen will. Im letzten Falle muß naturgemäß die hohe Temperatur gewählt werden, um die Phosphorverschlackung zu verhindern.

In demselben Sinne wirkt sich auch der Kieselsäuregehalt der Schlacke aus. Bei flüssiger Schlacke sind höhere Kieselsäuregehalte, wie von W. Oelsen ermittelt, anzustreben, um die Phosphoraufnahme zu verhindern. Bei krümeliger Schlacke braucht diese Gesetzmäßigkeit nicht eingehalten zu werden. Die Kladnoer Forderung, mit einem Eisen über 1% Si zu arbeiten, dürfte kaum im Sinne der Kieselsäureforderung für die Schlacke aufzufassen sein; vielmehr scheint der hohe Siliziumgehalt im Roheisen notwendig zu sein, um die Temperaturverluste zwischen Hochofen und Thomaswerk auszugleichen und um einen zusätzlichen Wärmeträger für die lange Blasezeit in den engen Konvertern zu liefern.

Zum Schluß sei noch eine besondere Verwendung der Manganschlacke erwähnt. In Huckingen wurde der Versuch unternommen, unter Umgehung des Hochofens die Manganschlacke im Elektroofen unmittelbar zu verarbeiten. Die aus der normalen Erzeugung entnommene Schlacke hatte ohne Verrechnung der Granalien 44,48% Mn und 0,34% P. Bei den ersten zwei Versuchen war der Uebergang des Mangans aus der Schlacke in den Stahl 100%, im dritten Versuch 87%. Wesentlich ist dabei, daß der Versuch bei Schmelzen mit niedrigen Phosphorvorschriften durchgeführt wurde. Die Phosphorgehalte betrugen höchstens 0,015%, so daß sich der Versuch als günstig gelungen erwiesen hat. Bei Stählen mit nicht so scharfer Phosphorvorschrift ist selbstverständlich die Verwendung einer Manganschlacke

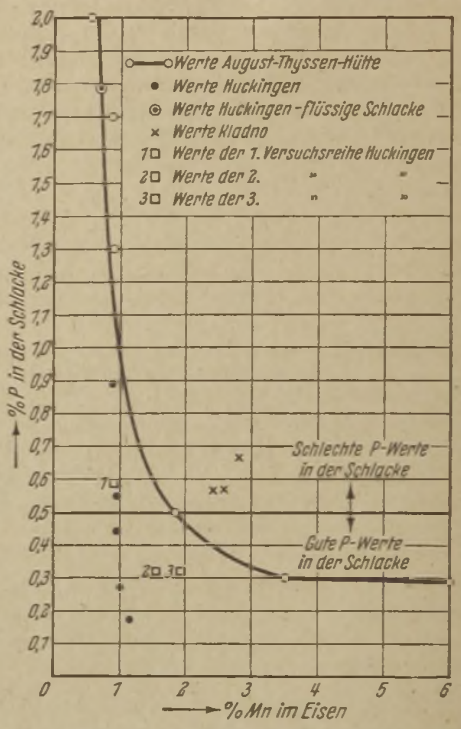


Bild 19. Abhängigkeit des Phosphorgehalts in der Schlacke vom Mangangehalt im Eisen.

mit etwas höheren Phosphorwerten ebenfalls möglich. Die Aufgabe der Schlacke während der Reduktion erfolgte in Haselnußgröße. Die Schmelzzeit wurde nicht verlängert.

Aus dem Vorstehenden ist demnach zu ersehen, daß es durchaus möglich ist, aus einem Phosphorspiegeleisen eine Manganschlacke zu gewinnen, die im Ferromangan-Hochofen als Möllerträger Verwendung finden kann. Bei besonders günstigen Phosphorwerten der Schlacke ist diese sogar unter Umgehung des Hochofens im Elektroofen als Manganträger zu verarbeiten. [Schluß folgt.]

Bedeutung und Notwendigkeit der Kostenrechnung im Wiederaufbau

Von Karl Küpper in Düsseldorf

[Bericht Nr. 223 des Ausschusses für Betriebswirtschaft des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute[1]).]

Entwicklung der letzten Jahre. Aufgaben der Kostenrechnung. Einfluß des Beschäftigungsgrades. Preisbildung und Kalkulation. Fixkosten. Normalkosten und Verrechnungspreise. Außerordentliche Aufwendungen der Nachkriegszeit. Kriegsschäden. Vereinfachung und Ausbau. Betriebsvergleich, Kostensenkung, Buchhaltung und Kostenrechnung. Fachkräfteschulung.

Die täglichen Sorgen um Material- und Energiebeschaffung, um Finanzen und Personal sind heute so drückend, daß man leicht geneigt ist, der vielfach recht theoretisch erscheinenden Kostenrechnung nur die allernötigste Aufmerksamkeit zu widmen. Jedoch bedrängen uns heute eine Unmenge Probleme des innerbetrieblichen Güter- und Leistungskreislaufes, die alle in der Frage münden: Was ist zu tun, um in dem turbulenten Zeitgeschehen klare Uebersicht zu behalten und die betriebswirtschaftlich richtigen Maßnahmen zu treffen, um über Wasser zu bleiben?

In der Praxis ist in den letzten Kriegsjahren ein Rückschritt in der Erfassung und Verrechnung der Kosten sowie Auswertung des Zahlenmaterials festzustellen, so daß es angebracht erscheint, sich aus den Belastungen des Tages heraus wieder einmal auf die Grundforderungen der Kostenrechnung zu besinnen.

Aufgaben der Kostenrechnung

Unsere grundsätzlichen Anschauungen über das Wesen und die Verfahren der Kostenrechnung, wie sie in den verschiedenen Veröffentlichungen der ehemaligen Reichs- und Wirtschaftsgruppen und anderweitig niedergelegt sind, bleiben unverändert. Sie müssen weiterhin theoretische Richtschnur sein, da sie sich in der Vergangenheit bewährt haben und die richtige Hilfe sind, um auch künftig eine Kontrolle wirtschaftlicher Betriebsgebarung zu gewährleisten. Geändert haben sich und veränderlich bleiben Art und Erscheinungsform der Kosten; auch die Kostenrechnungsverfahren werden durch die Zeitverhältnisse berührt und müssen sich den Aenderungen der Unternehmensstruktur, der Fertigung

[1]) Vorgetragen in der Sitzung des Ausschusses für Betriebswirtschaft des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute am 29. März 1946 in Düsseldorf. — Sonderabdrucke sind vom Verlag Stahleisen m. b. H., Düsseldorf, Postschließfach 669, zu beziehen.

und des Beschäftigungsgrades anpassen. Unter diesen Gesichtspunkten soll die Bedeutung und Notwendigkeit der Kostenrechnung für die technischen und wirtschaftlichen Maßnahmen der Unternehmungen im Wiederaufbau betrachtet werden.

Mit Hilfe der Kostenrechnung sollen in kurzen und regelmäßigen Zeitabständen die Unterlagen für Erfolgs-, Auftrags- und Sortennachrechnung, für Betriebsüberwachung, Preisbildung, Planung, Verfahrens-, Güter- und Anlagenwahl im Wirtschaftlichkeitsvergleich erstellt werden. Diesen verschiedenen Anforderungen kann man nicht durch eine einzige Rechnung genügen. Darüber herrscht jedoch nicht immer allgemeine Klarheit.

So hört man vielfach die Frage: Was kostet das Erzeugnis X oder was kostet unsere Produktion denn „wirklich"? Mit diesem Wörtchen will man oft alle Aufwendungen auf die Produktion bezogen wissen. Dieses Verfahren ist zwar verständlich, aber falsch; denn es gibt keine „wirklichen", sondern nur zweckbezogene Kosten. Läßt man dies außer acht, so werden Kennzahlen gebildet, die zu Fehlschlüssen führen müssen.

Oft vergißt man bei großen Unternehmen, die nicht „durchrechnen", daß sich durch die Einschaltung von Verrechnungspreisen der Gesamterfolg aufspaltet in die Erfolge der einzelnen Betriebe und den Umsatzerfolg der letzten Fertigungsstufe, so daß man im Umsatzerfolg bei dessen alleiniger Betrachtung die Gesamtleistung falsch beurteilt.

Weiterhin kommt es unzulässigerweise oft vor, daß von marktabhängigen Ueberlegungen her versucht wird, einen Einfluß auf die Kostenrechnung auszuüben, indem man die Selbstkosten gewisser Erzeugnisse möglichst niedrig sehen will. Das ist besonders jetzt, da die Klarheit über allem stehen müßte, höchst bedenklich.

Während die vorgenannten Beispiele solche für oft anzutreffende Betrachtungsweise der Kosten durch die Geschäftsführung sind, sehen die Betriebsleiter hingegen die Kostenrechnung mit anderen Augen an. Sie glauben sich nicht für die Veränderungen verantwortlich, die außerhalb ihres Einflußbereiches Aenderungen in der Kostenhöhe verursachen, wie z. B. Preiserhöhungen und Aenderungen in der Lohnhöhe durch außerbetriebliche Maßnahmen oder die Aenderungen der Marktbedingungen. Ein Betriebsleiter will meist neben seinen anderen Aufzeichnungen auch an Hand der Kostenrechnung den Verbrauch seines Betriebes überwachen. Ferner ist er daran interessiert, die Kosten, die man in Großunternehmen seinem Betrieb sozusagen von oben her zu tragen auferlegt, wie z. B. Steuern, kalkulatorische Abschreibungen, Zinsen usw., möglichst gering zu halten. Daher ist es ein oft bemerktes, zwar verständliches, aber für das Gesamtunternehmen nachteiliges Bestreben, diese Kosten tunlichst abzuwälzen.

Der Betriebswirtschaftler hingegen darf die Kostenrechnung nur nach den Gesichtspunkten der Verursachung der Kosten betreiben, wobei die Verteilung der Gemeinkosten nach Schlüsseln seine Aufmerksamkeit besonders beansprucht. Da diese Art der Kostenrechnung der Wahrheit und damit auch letzten Endes der Gesamtunternehmung am besten dient, sollte sich der Betriebswirtschaftler nicht durch die Interessen anderer Stellen zu Zugeständnissen verleiten lassen.

Mit einer Rechnung kann man nicht gleichzeitig dem Zweck der Preisermittlung und der Betriebsüberwachung dienen. Man wird entweder die Ergebnisse der laufenden Kostenrechnung für die Preisbildung brauchbar machen, indem man durch Berichtigung der Kostenansätze den Preisvorschriften Rechnung trägt und die Kosten auf einen langen Zeitraum hin normalisiert, oder man wird für die Preisbildung besonders rechnen müssen.

Wie gesagt, gelten zur Zeit auf dem Preisgebiet noch die alten Vorschriften. Es scheint daher für den Verkäufer im Augenblick vielleicht wichtig, genauer über die Stopppreise als über die Kosten orientiert zu sein. Da aber in zunehmendem Maße neue Erzeugnisse hergestellt werden, müssen die Verkäufer auch mit den Kosten vertraut sein.

Es ist notwendig, daß die Vorkalkulation in enger Verbindung mit der Nachkalkulation steht und durchweg nach den Gesichtspunkten richtiger Kostenrechnung aufgestellt wird. Die immer wieder festzustellenden Unterschiede in den Angebotspreisen beruhen oft auf mangelhaften Unterlagen und auf Unkenntnis der Kostenrechnungsgrundsätze. Der Wertansatz bei einer Angebotspreisbildung sollte entsprechend der voraussichtlichen Preisentwicklung getroffen werden (Tageswertkalkulation), damit Uebereinstimmung mit den Werten der Nachkalkulation erzielt wird. Dies ist freilich unter den jetzigen Umständen oft schwer durchzuführen.

Beschäftigungsgrad

Nachdem die Verbände aufgelöst sind und möglicherweise in nicht allzuweiter Zukunft wieder der Wettbewerb bevorsteht, werden die Unternehmungen die Folgerungen der veränderten Kosten- und Beschäftigungslage auch durch entsprechende Preispolitik abfangen müssen, indem sie die Erzeugnisse fördern, die möglichst große Anteile der Fixkosten im Preise hereinbringen.

Die schon so lange umstrittene Frage der Zerlegung der Kosten in fixe und proportionale ist wieder akut. Man sollte in den Betrieben, ohne besonders auf die theoretischen Meinungsverschiedenheiten einzugehen, die Kostenarten zerlegen und sich darüber einig werden, welche Kosten unbedingt zu decken sind. Ueber die proportionalen Kosten hinaus muß man auch bei sehr geringem Beschäftigungsgrad einen möglichst großen Anteil der fixen Kosten zu decken versuchen. Den erwarteten Grad der Deckung im Preise kann man nach dieser Dringlichkeit des Kostenansatzes skalieren. Der Betriebswirtschaftler steht dabei vor der Aufgabe, in einer Art planender Budgetrechnung den Anteil der bei gegebener Preislage zu erwartenden Deckung der Fixkosten für mehrere Beschäftigungsstufen zu ermitteln. An Hand solcher Stufenplanungen kann er die Unterlagen für verfahrenstechnische und organisatorische Maßnahmen der Betriebe und der Verwaltung zur Kostensenkung erstellen und auf der anderen Seite die Preisuntergrenze festlegen, da, obwohl noch Stopppreise gelten, bei der überragenden Nachfrage auf allen Gebieten hinreichende Möglichkeit für die Auswahl günstiger Preise nach preispolitischen Gesichtspunkten bestehen.

Unter den heutigen Umständen ist aber für viele Unternehmen die Preispolitik nicht so vordringlich wichtig wie die Liquidität. Deshalb ist es ihr erstes Bestreben, ihre Geldausgaben zu verdienen, um nicht in Zahlungsschwierigkeiten zu kommen. Daher werden von solchen Unternehmen diese Geldausgaben möglichst genau geplant. Neben Löhnen und Gehältern sind das die nicht am Lager vorrätigen Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe und die von auswärts bezogene Fremdenergie. Längere Lieferkredite wirken sich bei dieser Rechnung günstig aus. Andere Kosten, wie z. B. kalkulatorische Zinsen und Abschreibungen, sind keine unmittelbaren Ausgaben und werden bei diesen Berechnungen gerne vernachlässigt.

Eine besondere Erscheinung im Kostenwesen der Eisen schaffenden Industrie sind die hohen Fixkosten. Sie sind verursacht durch die zunehmende Mechanisierung der Fertigungsstätten, die ihrerseits wieder durch die Spezialisierung und den Drang zur Massenerzeugung bedingt ist. In den Selbstkosten eines Erzeugnisses stecken, wenn man die durchgerechneten Kosten eines Endfertigungsbetriebes betrachtet, wesentlich mehr Anteile an Abschreibungen, Verzinsung, Gehältern, Instandhaltungsaufwand und weniger Einzellöhne als in früheren Zeiten. Diese hohen Kosten der Betriebsbereitschaft in der arbeitsteiligen Wirtschaft zwingen die Unternehmungen dazu, zu ihrer Deckung bei jedem Einzelfabrikat möglichst große Erzeugungen zu erzielen.

In den letzten Kriegsjahren, als alle Unternehmen das Aeußerste leisten mußten, traten in besonders großem Umfang die Sprungkosten in Erscheinung, weil bei Ueberschreiten der bisherigen Kapazität neue Anlagen und neue Ausrüstungen beschafft werden mußten und neue Schichten eingelegt wurden. Diese Sprungkosten haben die unange-

nehme Eigenschaft, bei Rückgang des Beschäftigungsgrades nicht ebenfalls von selbst zurückzugehen. Sie bewirken praktisch eine Neuregelung der Höhe der Fixkosten.

Es muß das Bestreben des Betriebswirtschaftlers sein, die Entwicklung der Fixkosten zu übersehen mit dem Ziel, diese Betriebsbereitschaftskosten nach Möglichkeit herabzudrükken oder wenigstens die Verantwortung für ihre Verursachung so festzulegen, daß ständig ein Druck ausgeübt werden kann.

Nach der Kapitulation ist der Beschäftigungsgrad der Eisen schaffenden Industrie gegenüber 1944 auf weniger als 50 % zurückgesunken. Die Relation der Kosten hat sich erheblich verschoben. Mit der nur theoretischen und generellen Zerlegung in fixe und proportionale sowie weiterhin in degressive und progressive Kosten kommt man nicht zum Ziel. Es erweist sich wieder einmal, daß das Verhalten der Kosten im einzelnen vollständig sprunghaft und unterschiedlich ist.

Es wird mitunter die Ansicht vertreten, daß das Problem der Fixkosten in der Praxis keine so überragende Frage sei, sondern daß sich alle Kostenarten mehr oder weniger bei Aenderung des Beschäftigungsgrades proportional gestalten lassen, und zwar durch Auswahl und Einsatz von Vorrichtungen und Maschinen, deren Kostenverbrauch verhältnismäßig proportional ist. Man wird daher bei radikalen Aenderungen des Beschäftigungsgrades eine Durchsicht des vorhandenen Maschinenparks vornehmen und mit Hilfe einer Zuwachskostenrechnung untersuchen, wie man am günstigsten fährt. Jedenfalls wird man sich bei stark gesunkenem Beschäftigungsgrad oft zur Stillegung hochwertiger Maschinen entschließen müssen.

Für unsere Industrie sind die Wärmekosten von ziemlicher Bedeutung. Es wird eine besonders wichtige Aufgabe der Ingenieure sein, die Ofenkosten der Stahl- und Walzwerke, da heute fast durchweg nur im einschichtigen Betrieb gefahren wird und überdies infolge der sprunghaften Energieversorgung Unterbrechungen der Beheizung an der Tagesordnung sind, zu überwachen und zu verringern. Dies wird meist nur durch eine geschickte Umgehung der Belastungsspitzen der Energie- und Gasversorgung sowie anderseits durch gute Ausnutzung der Ofenkapazitäten möglich sein.

Verfahren der Kostenrechnung

In vielen Unternehmungen werden die Kosten nach dem Verfahren der Normalkostenrechnung ermittelt. Die bei der Festsetzung der Normalsätze vorhandenen technischen Bedingungen haben sich infolge der Kriegseinwirkungen oft verändert. Anderseits ist trotz Preisstopp nicht zu verkennen, daß die Kosten an sich sehr gestiegen sind. Daher dürften fast überall die Voraussetzungen für eine Neufestsetzung der Normalsätze gegeben sein. Es ist aber ratsam, im jetzigen Zeitpunkt keine Aenderungen der Stellenkostenzuschläge eintreten zu lassen; denn die Grundlagen, auf denen man solche neuen Sätze ermitteln könnte, sind völlig unsicher. Weder die demnächstige Normalproduktion dürfte im allgemeinen feststehen, noch sind die jetzigen Kostenverhältnisse irgendwie stabil. Es ist im Gegenteil damit zu rechnen, daß außer den Steuer-, Fracht- und Postgebührenerhöhungen auch noch andere Kostenarten, vor allem die Stoffkosten für Kohle und Eisen eine wesentliche Steigerung erfahren.

Man kann allerdings annehmen, daß die mit den alten Zuschlagsätzen errechneten Normalkosten heute zu niedrig sind, und wird sich in den Betrieben immerhin eine richtige Vorstellung von den tatsächlichen Kostenverhältnissen machen können. Jedenfalls aber würde bei Aufgabe der alten Normalsätze der Fluß der Entwicklung der Betriebsgebarung nicht mehr übersehen werden, und man verliert den Boden unter den Füßen. Vor allem würde, wie schon erwähnt, die Neuermittlung von Zuschlagsätzen infolge der ewig wechselnden Verhältnisse kaum möglich sein.

Es ist zu überlegen, ob es nicht zweckmäßiger ist, anstatt der Normalkostenrechnung in diesem Zeitpunkt eine Ist-Kostenrechnung vorzunehmen. Dieses Verfahren führt nur dann zu brauchbaren Ergebnissen, wenn aus den Kosten alle außergewöhnlichen Kosten zeitbedingter Aufwendungen und vor allen Dingen die Stillstandskosten angegliedert werden. Wir kommen noch im einzelnen darauf zurück.

In vielen Werken der Eisenhüttenindustrie wird nicht „durchgerechnet", sondern es sind von Stufe zu Stufe Verrechnungspreise eingeschaltet. Die Differenzen zu den Ist-Kosten der Buchhaltung werden bekanntlich auf sogenannten Umwertungskonten aufgefangen. Auch diese Verrechnungspreise, die im allgemeinen auf die Marktpreise, oft aber auch auf die früheren Selbstkosten abgestimmt waren, dürften heute durchweg überholt sein. Daher ist es möglich, daß die empfangenden Betriebe das Einsatzmaterial zu billig erhalten, während die abgebenden nicht auf ihre Kosten kommen. Es erscheint nur zu natürlich, daß die Unternehmen diese Verrechnungspreise neu festlegen. Aber auch in diesem Falle ist zu raten, zunächst einmal abzuwarten, bis sich die in Aussicht stehenden Preiserhöhungen verwirklicht haben. Augenblicklich ist alles im Fluß, und es würde ohne Zweifel notwendig sein, das Problem nach einer gewissen Zeit wieder aufzunehmen. Da die Preise der Eisen schaffenden Industrie heute ganz allgemein unzureichend sind, würde eine Aenderung der Verrechnungspreise eigentlich nur eine interne Verschiebung der Betriebsergebnisse bedeuten. Jedenfalls ginge auch hierdurch wieder jede Vergleichsmöglichkeit zu früheren Zeiten verloren.

Außerordentliche Aufwendungen

Neben diesen mehr grundsätzlichen Fragen, die nur in einem Ausschnitt behandelt werden konnten, ergibt sich eine große Zahl von Tagesaufgaben.

Die Unternehmungen der Eisenhüttenindustrie haben durchweg infolge der Kriegseinwirkungen selbst und insbesondere durch das unglückliche Kriegsende tief einschneidende Veränderungen erfahren, und es ist noch mit weiteren Eingriffen zu rechnen, die starken Einfluß auf ihre Struktur haben werden.

Mittelbar oder unmittelbar wirken sich diese Aenderungen auch auf die Kosten aus. Man muß versuchen, den nachwirkenden Inhalt der augenblicklichen Schwierigkeiten zu ergründen und die zukünftigen Ereignisse abzuschätzen.

Es wird zunächst einmal überall nötig sein, eine gründliche Inventur zu machen. Den Bestand richtig zu bewerten, ist nicht nur eine Bilanzangelegenheit. Auf den Werken lagern Bestände an Einsatzmaterialien, die nicht mehr für ihren früheren Verwendungszweck gebraucht werden. Es handelt sich durchweg um Material für mittelbaren und unmittelbaren Kriegsbedarf und ist oft stark legiert oder besonders hart. Man kann es nicht mehr zu den Anschaffungskosten bewerten. Es muß im einzelnen untersucht werden, ob es für die heutige normale Erzeugung verwandt werden kann, und man wird es dann zu Durchschnittspreisen bewerten, oder ob es nur Schrottwert hat.

Gleiche Ueberlegungen gelten für die Halb- und Fertigfabrikate, die von dem ehemaligen Besteller (Reich, Wehrmacht, Flugzeugwerke usw.) nicht mehr abgenommen werden. Jedoch wird man im allgemeinen mit Abwertungen zurückhaltend sein können, denn bei dem augenblicklichen Materialmangel lassen sich sehr häufig Erzeugnisse, die man ursprünglich als nicht verwertbar ansah, auch ohne besondere Veränderung verkaufen.

Eine besonders wichtige Angelegenheit ist eine Neuaufnahme der Anlagen; muß man doch damit rechnen, daß, nachdem einmal die Restvermögen der Unternehmungen feststehen, eine völlig neue Bewertung in einer neuen Eröffnungsbilanz gemacht werden muß. Man muß sich einen Ueberblick über jedes einzelne Stück der Anlagen verschaffen. Oft sind die Karteien vernichtet, dann bedeutet diese Aufnahme eine erhebliche Arbeit, denn es müssen die technischen Leistungen und Daten der noch vorhandenen Maschinen ermittelt werden und die Restlebensdauer geschätzt werden.

Diese Arbeit steht in engem Zusammenhang mit der endgültigen Ermittlung und Abrechnung der Kriegsschäden, die nicht vernachlässigt werden sollten, da mit einer Begren-

zung der Anmeldefrist gerechnet werden muß. Je genauer diese Schäden ermittelt werden, desto reibungsloser wird sich eine etwaige Entschädigung abwickeln. Zu den Kriegsschäden gehören auch die Nachforschungen nach Transporten, die infolge der Verkehrshemmnisse in den letzten Kriegsmonaten verlorengegangen sind. Hier ist die Rechtslage in vielen Fällen strittig; aber auch in diesem Punkte sollte man nicht davon abweichen, eine restlose Klärung herbeizuführen.

Ferner ist der Aufwand wichtig, der durch Maßnahmen der Besatzungsmächte entsteht. Es werden z. B. Häuser und Einrichtungen beschlagnahmt, anderseits Dienste in Anspruch genommen und Lieferungen und Leistungen müssen im Requisitionsscheinverfahren ausgeführt werden. Es ist hier schon deshalb notwendig, daß man dem reibungslosen Ablauf seine besondere Aufmerksamkeit widmet, weil dieses Verfahren mit einem ziemlichen Aufwand von Formularen verbunden ist.

Es dürfte zweckmäßig sein, die Kriegsschädenabteilung organisatorisch so einzurichten, daß man ständig einen Ueberblick hat und vor allen Dingen die Aufwendungen bis ins einzelne nachweisen kann.

Durch die Zoneneinteilung ist mancher Betrieb von der Muttergesellschaft abgeschnitten. Daher kommt es, daß viele Verwaltungsfunktionen, wie Buchhaltung, Kostenrechnung, Einkauf und Vertrieb, die früher von der Hauptgesellschaft erledigt wurden, jetzt von den Betrieben selbst übernommen werden müssen.

Es bedarf meist eines organisatorischen Neuaufbaues in diesen Betrieben, um von vornherein verwaltungsmäßig den jetzigen und zukünftigen Bedürfnissen gerecht zu werden. Die gleichen Aufgaben ergeben sich, wenn durch Entscheidungen der Militärregierung oder sonstiger Behörden große Unternehmen zergliedert und die einzelnen Werke selbständig gemacht werden.

Kostenänderungen und Kostensteigerungen

Der Wegfall der Verbände wirkt sich ebenfalls in einer Verschiebung und vorübergehenden Mehrarbeit aus. Es werden in den Unternehmungen dafür die Verkaufsabteilungen ausgebaut und gründliche Marktforschungen betrieben werden müssen. Die Auftragslenkungsstellen im VSE übernehmen nur einen geringen Teil der Verbandsaufgaben.

Die Entwicklung der Preise ist unabsehbar, wenn einmal die jetzigen Preisbindungen überholt sind. Die Werke müssen baldigst brauchbare Preiskalkulationen aufbauen, um den notwendig werdenden Forderungen nach Preiserhöhungen Nachdruck verleihen zu können.

Diese Tagesaufgaben, von denen hier nur ein Teil und lediglich andeutungsweise besprochen werden kann, vermehren sich noch um die infolge der Kriegswirren notwendig gewordene Umstellung der Verwaltungsarbeiten. In den letzten Kriegsjahren hat die Arbeit unter ständiger Lebensgefahr zu einer zunehmenden Erlahmung der Spannkraft und zu unvermeidlichen Nachlässigkeiten geführt. Aufmerksame Unternehmungen haben deshalb größere Revisionen eingeleitet, die sich sowohl auf die formelle als auch materielle Prüfung der Ordnungsmäßigkeit der Buchführung, des Kassenwesens, der Materialverwaltung und der vielfachen Aufzeichnungen des innerbetrieblichen Werteflusses erstrecken.

All dies bedeutet eine erhebliche Verwaltungsmehrarbeit und mithin mehr Aufwand. Auf der anderen Seite steht die zwingende Notwendigkeit, den Verwaltungsapparat aus finanziellen Gründen so knapp wie möglich zu halten.

Unmittelbar wird die Kostenrechnung jedoch mehr durch andere Einflüsse berührt. Der verlorene Krieg wirkt sich besonders stark auf die Rohstoffseite unserer Industrie aus. Wir sind fast vollständig auf eisenarme Erze angewiesen, die die Einsatzkosten wesentlich verteuern. Der Koksverbrauch ist höher als früher, und durch den größeren Schlackenanfall sind die Arbeitsverhältnisse schwieriger geworden, daher die Verarbeitungskosten höher. Vom Hochofen aus ziehen sich die Kostenerhöhungen durch bis zur Erzeugung der verarbeitenden Betriebe.

Die Entwicklung vieler Kostenarten ist besorgniserregend, z. B. die der steuerlichen Belastungen. Etwaige Enteignungen im Rahmen der Reparationsleistungen und sonstige zu erwartende Sonderbelastungen, wie Vermögensabgaben, stören die Planung und machen jede Kostenrechnung höchst labil. Viele Kostenfaktoren werden sich auch noch infolge der veränderlichen politischen Lage ändern. Es ist nicht ausgeschlossen, daß eines Tages wieder die Forderung nach Lohnerhöhung erhoben wird. Hier werden jedoch die Arbeiten zur gerechten Lohnfestsetzung, die schon während des Krieges angelaufen ist, ausgleichend wirken können. Man sollte ihnen deshalb weiterhin fördernde Unterstützungen widmen.

Andere Kostenarten werden durch die allgemeine wirtschaftliche Katastrophe, die Verkehrshemmnisse, die Rohstoffschwierigkeiten oder durch die Kriegsschäden steigende Tendenz haben. Es wirken sich die veränderten Einkaufs- und Zahlungsbedingungen und die Frachtlage letzten Endes als Kostenanstieg aus. Von Verteuerungen, die an das Illegale grenzen, möge ganz abgesehen werden.

Die Betriebe unterliegen heute einer Reihe von Einflüssen, die sie nicht zu verantworten haben. Viele Unternehmungen arbeiten nur mit einem Teil der vorhandenen technischen Kapazität, und oft liegen ganze Betriebe oder Betriebsteile still. Es fallen aber für diese stillstehenden Betriebe Aufwendungen an, die den wieder in Produktion gekommenen nicht belastet werden dürfen. Deshalb erfaßt man diese Aufwendungen als Stillstandskosten und verbucht sie außerhalb der Kostenrechnung.

Stillstandskosten sollte man nur für abgeschlossene stillstehende Betriebe bzw. Verantwortungsbereiche verrechnen. Wenn dagegen in Betrieben nur einige von mehreren Maschinen beschäftigt sind, liegt Unterbeschäftigung vor. Man muß die als Stillstandskosten zu verrechnenden Aufwendungen genau abgrenzen. Neben den direkt erfaßbaren Instandhaltungslöhnen und anteiligen Gehältern für die Ueberwachung ist festzulegen, welcher Anteil für den „Allgemeinen Werksbetrieb", für Steuern, kalkulatorische Abschreibungen und Zinsen den stillstehenden Betrieben zugemessen wird. Unter „Allgemeinen Werksbetrieb" werden Aufwendungen erfaßt, die überwiegend fixen Charakter haben und bei Produktionsrückgang gerne weiterlaufen. Diese Aufwendungen müssen verringert werden.

An Abschreibungen wird man entsprechend dem Rückgang der Nutzung nur einen Teil der früheren Beträge verrechnen. Die kalkulatorischen Zinsen werden, wenn sie überhaupt jetzt noch zur Verrechnung kommen, was aber nach dem Grundsatz der Gleichmäßigkeit der Kostenrechnung geschehen sollte, entsprechend dem in den stilliegenden Betrieben investierten betriebsnotwendigen Kapital verrechnet. Die Ueberwachung der Stillstandskosten verfolgt das Ziel, diese verlorenen Aufwendungen in den verursachenden Stellen soweit wie möglich zu mindern. Daher überläßt man die Ueberwachung dieser Entwicklung nicht den Betrieben, sondern überträgt sie einer neutralen Stelle.

Auch die Aufwendungen zur Beseitigung von Kriegsschäden müssen aus der Kostenrechnung herausgehalten werden. Dies ist nur möglich, wenn bereits bei den Uraufschreibungen die Vorkehrungen für eine gesonderte Erfassung getroffen werden. Hier soll die Betriebswirtschaftsstelle eingeschaltet werden. Die aufzuräumenden Anlagen werden in übersichtliche Verantwortungsbereiche eingeteilt und die Aufräumungskolonnen möglichst zusammengehalten, denn es kommt oft vor, daß unmittelbar neben der Aufräumung wieder die Produktion beginnt und Aufräumungsarbeiter aushilfsweise zur Produktion eingeteilt werden sollen und umgekehrt.

Wenn die Betriebe dagegen infolge eines Sachschadens für längere Zeit stillgelegt werden, kann die Erstattung von Nutzungsschäden beansprucht werden. Obwohl im Augenblick eine Erstattung durch die Kriegsschädenämter nicht möglich ist, gilt der Rechtsanspruch nach wie vor. Die

Unternehmungen tun gut daran, ihren Anspruch auf Erstattung auch der Nutzungsschäden aufrechtzuerhalten.

Zur Ermittlung der Nutzungsschäden kann man in vereinfachter Form eine Kostenvergleichsrechnung zwischen dem Zeitraum des Nutzungsschadens und einem normalen Zeitraum durchführen. Das ist freilich nur möglich, wenn die Produktion ziemlich einheitlich ist; aber auch hierbei bieten sich Schwierigkeiten, da alle die kostenverändernden Einflüsse auszuschalten sind, die nicht auf den Schaden zurückzuführen sind, z. B. Abschreibungen für die zerstörten Anlagenteile. Ferner muß man den etwaigen Leistungsrückgang berücksichtigen, ebenso Preisänderungen bei bezogenem Material und Energie, außerdem alle außerordentlichen Aufwendungen, wie Steuernachzahlungen, Gehaltssonderzahlungen usw.

Der Stillstand infolge eines Sachschadens, den man als Nutzungsschaden anmelden will, ist wohl zu unterscheiden von dem Stillstand infolge der Zeitverhältnisse, z. B. infolge Fehlens einer Herstellungsgenehmigung oder wegen Energie- oder Materialmangels.

Mit Wiederanlaufen der Betriebe entstehen Sonderaufwendungen bzw. besonders hohe Aufwendungen. Es ist nicht angängig, diese Anlaufkosten der ersten bescheidenen Produktion zu belasten. Man wird sie sammeln und auf eine längere Produktionszeit verteilen. Ein anderer Gesichtspunkt ist der, daß man die Produktionskosten überhaupt nicht mit den Anlaufkosten belastet, um von vornherein vergleichbare Zahlen für die einzelnen Abrechnungsperioden zu ermitteln. Um die Anlaufkosten richtig zu erfassen, muß der Betriebsmann besondere Aufmerksamkeit auf die Kontierung legen und die Betriebsbuchhaltung in Verbindung mit der Betriebswirtschaftsstelle und Kalkulationsabteilung Vorschriften für die Abgrenzung der Anlaufkosten von den normalen Produktionskosten herausgeben sowie besondere Kontierungsnummern festlegen.

Für die Verrechnung aller unregelmäßig anfallenden Aufwendungen sollten die bewährten Grundsätze der gleichmäßigen Tilgung angewandt werden, zumal bei der obenerwähnten Unbeständigkeit und Ungewißheit in der Entwicklung verschiedener Kostenarten. Das gilt sowohl für Werkzeuge und Reserveteile wie für Reparaturen und auch andere Kostenarten, die lediglich für Verwaltung und Vertrieb in Frage kommen.

Einmalige Kosten, die auch bei laufender Erzeugung entstehen, wie Neuzuteilung von Oefen während des Stillstandes, kann man ruhig aktivieren und bei Wiederaufnahme der Produktion in gleichmäßigen Tilgungen mit verrechnen.

In der Zeit des Stillstandes wird man auch die in der Kriegszeit vielfach unterlassenen Großreparaturen nachholen, vorausgesetzt natürlich, daß dazu noch die Mittel vorhanden sind. Diese Großreparaturen kann man ebenfalls aktivieren und in größeren Zeitabständen amortisieren. Bei manchen Werken werden auch noch Bestände aus früheren Rückstellungen hierfür vorhanden sein, die in den letzten Kriegsjahren nicht vollständig in Anspruch genommen worden sind, so daß hieraus buchmäßig die Großreparaturen gespeist werden können.

Wartegelder, die aus rein sozialen Maßnahmen gezahlt werden, gehören auch nicht in die Kosten, allerdings nur so lange, wie die Uebergangszeit diese Notmaßnahme erforderlich macht. Sobald feststeht, in welchem Umfang die Arbeit wieder aufgenommen wird und der Kreis der notwendigen Mitarbeiter abgegrenzt ist, muß man die noch verbleibenden Wartegelder als Kosten der Betriebsbereitschaft mit verrechnen.

Alle diese rechnerischen Sonderungen der Aufwendungen sind notwendig, wenn man Unterlagen gewinnen will, die nach dem Grundsatz der Verursachung aufgebaut, brauchbare Hilfen für die Betriebskontrolle einerseits und die Ueberwachung der vielen Aufwandsquellen anderseits sein sollen. Jeder Aufwand läßt sich besser kontrollieren, wenn man nicht nur die absolute Summe fortlaufend registriert, ondern ihn auch auf eine passende Schlüsselgröße bezieht.

Umfang der Kostenrechnung

In den letzten Monaten des Krieges sind unter dem Motto „Vereinfachung" Maßnahmen getroffen worden, die zu einer großen Zusammenlegung auf allen Gebieten der Kostenerfassung und -verrechnung geführt haben. Diese Vereinfachung hat eine Reihe von Mängeln zur Folge gehabt. Es sind z. B. die Abrechnungszeiträume so verlängert worden, daß die ermittelten Zahlen viel zu spät kamen. Es müßte selbstverständlich sein, daß jetzt bei neu anlaufender Produktion wieder monatliche Abrechnungen gemacht werden. Ebenso müssen auch wieder die Kostenträger- und Kostenstellenrechnungen, welche besonders stark zusammengelegt wurden, verfeinert werden. Man kann vielleicht die früheren Kostenstellenverzeichnisse wieder in Gebrauch nehmen. Besser wäre es jedoch, daß nach den Erfahrungen der letzten Jahre homogene betriebliche Einheiten als Kostenstellen festgelegt werden; denn die Produktions- und Verantwortungsbereiche haben sich oft geändert. Das gleiche gilt für die Kostenträgerverzeichnisse. Hier kann es nur selten bei den alten Abrechnungsgruppen und -sorten bleiben, denn die Friedensfertigung wird sich anders zusammensetzen als die Kriegsfertigung.

In erster Linie jedoch sollen die betrieblichen Uraufschreibungen wieder ganz scharf erfolgen. Besonders in diesen Bereichen werden sich die Kriegseinwirkungen bemerkbar gemacht haben und die Kontierung mehr oder weniger nachlässig ausgeführt worden sein.

Der Verbrauch an Hilfs- und Betriebsstoffen und Magazinmaterial soll auch wieder wertlich genau ermittelt werden, ebenso wie die Bestände einwandfrei nachweisbar sein sollen und die Verbindung zum Einkauf für die rechtzeitige Nachbestellung zwangsläufig geregelt sein muß. Es ist wieder darauf zu achten, daß die Materialien über die Lager laufen und der Verbrauch überwacht wird. Unkontrollierbare Handlager dürfen nicht geduldet werden.

Wenn auch jetzt darauf zu drängen ist, daß die Vereinfachung sozusagen zurückgeblasen wird, so bedeutet das nicht, daß sie in jedem Falle ein Rückschritt gewesen wäre. Auf organisatorischem Gebiet ist ohne Zweifel viel Gutes im Sinne einfacherer Arbeitsablaufgestaltung geschaffen worden. Es sind neue Erkenntnisse über zweckmäßigere Rechnungsarten gewonnen worden. Außerdem ist eine gesunde Abdämmung der überfeinerten Rechnungsverfahren erfolgt. Doppelorganisationen sind abgeschafft, eingefressene Fehler erkannt worden. Dies alles bedeutet letzten Endes Material- und Arbeitsersparnisse und damit Kostensenkung. Es ist daher für den Kostenmann selbstverständlich, nicht kritiklos auf den Vorkriegsstand zurückzugehen, sondern er muß vielmehr das, was sich bewährt hat, bestehen lassen und ausbauen.

Die Vereinfachung ist allerdings auch oft mißverstanden worden. Gegner der betriebswirtschaftlichen Arbeiten waren schnell dabei, vor allem das Kostenwesen mit dem großen Hammer zu zerschlagen. Auf diese Weise ist es manchen Betrieben gelungen, sich auf eine Stufe des Rechnungswesens zurückzubringen, da man noch Buchhaltung und Kalkulation im Notizbuch erledigte.

Betriebsvergleich

Die Auswertung wirtschaftlicher Rechnungen geschieht durch den Vergleich. Der Betriebsvergleich wird zwar immer wieder als Ziel der Kostenrechnung herausgestellt, aber nur in geringem Umfange bewußt durchgeführt. Man begnügt sich meistens mit oberflächlichen Kostenträgervergleichen. Die Tatsache, daß im Werk A die Selbstkosten eines bestimmten Erzeugnisses um 5 RM höher sind als im Werk B, besagt noch nicht viel, wenn man nicht weiß, wie sich die Kosten bei beiden Werken zusammensetzen, und wenn man nicht weiß, wie die einzelnen Kostenarten abgegrenzt sind. Bei solcher Analyse der Kosten wird man oft feststellen, daß man nicht recht weiterkommt, ohne auf die Kostenverhältnisse einzugehen, die bei den Fertigungsstätten der Werke A und B vorliegen. Dann kommen wir zum Kostenstellenvergleich, der zwar vielfach abgelehnt wird, da nur selten

zwei technisch völlig gleichartige Fertigungsstätten vorzufinden sind. Jedoch führt gerade die Kostenuntersuchung der Kostenstellen zu aufschlußreichen Ergebnissen. Voraussetzung ist allerdings, daß die Untersuchungen systematisch und regelmäßig und auf Grund der buchhalterischen Zahlen gemacht werden. Zwar bereiten nicht nur die Verschiedenheiten auf technischem Gebiet, sondern vor allen Dingen auch die unterschiedliche Auffassung über Kostenabgrenzung und Abgrenzung der Verantwortungsbereiche sowie die verschiedenen Verrechnungsarten Schwierigkeiten; aber bei straffer, zentraler Begriffsfestlegung kann man bis ins einzelne gehende Vergleichskennzahlen von großem Aussagewert bilden.

Wenn alle Faktoren aufeinander abgestimmt und gegeneinander abgegrenzt werden, kann man aus den ermittelten Kennzahlen berechtigte Rückschlüsse auf die Wirtschaftlichkeit der Betriebsleistungen führen.

Die in den vorigen Kapiteln dargelegten zeitbedingten Kostenerhöhungen zwingen zu umfassenden Untersuchungen nach möglichen Kostensenkungen. Die betriebswirtschaftliche Aufgabenstellung liegt deshalb in

a) unmittelbarer Senkung der Aufwendungen,
b) inner- und außerbetrieblichen organisatorischen Maßnahmen, die sich erst später und in großem Zusammenhang als kostensparend auswirken.

Möglichkeiten zu a sind bereits in den vorigen Ausführungen angedeutet worden. Weitere bestehen darin, daß man alle steuerlichen Vorteile ausschöpft, daß man ferner alle Erstattungsmöglichkeiten in Kriegsschäden-Angelegenheiten und aus Beschlagnahmungs- und Requisitionsansprüchen in Anspruch nimmt. Alle großzügigen Außerachtlassungen kleiner Preis- und Zahlungsvorteile sowie Frachtvorteile, die im Kriege hingenommen werden konnten, sind heute nicht mehr vertretbar. Ueberall muß wieder das scharfe kaufmännische Rechnen einsetzen. Dies ist zwar in erster Linie Aufgabe des Finanzmannes und des Einkäufers, es ist jedoch nur möglich, wenn in einem wohlgeordneten Rechnungswesen die Unterlagen bereitstehen, auf die sich die Betriebsführung stützen kann.

Zu b ist noch zu sagen, daß infolge Wegfalls der Verbände mancher Splitterbedarf an die Werke herankommen wird. Die Bildung geeigneter Losgrößen aus den Einzelaufträgen muß besonders beachtet werden. Durch Einrichtung überbetrieblicher Auftragslenkungsstellen in dem neuen Verwaltungsamt versucht man bereits wieder eine rationelle Auftragsverteilung durchzuführen.

Hand in Hand mit den kaufmännischen Maßnahmen muß eine technische betriebswirtschaftliche Rationalisierung gehen. Neben richtiger Akkordgestaltung, um die gerade der Kreis der Eisenhüttenleute bemüht ist, muß die Rationalisierung durch vorsorgliche Stoffwirtschaft, d. h. Maßnahmen zur sparsamsten Verwendung der Stoffe, erreicht werden. Daß daneben eine Revision des Arbeitsablaufes und der Verfahrenstechnik durchgeführt wird, liegt nahe. Auch hierfür sind beim Verein besondere Untersuchungsausschüsse gebildet worden, die zum Teil ihre Arbeiten bereits in Angriff genommen haben, zum Teil noch aufnehmen werden.

Stellung, Aufgaben und Vermögen der Rechnungsabteilung werden oft mißverstanden. Die Kostenrechnung schafft lediglich Unterlagen, die die Betriebsführung benötigt, um Maßnahmen zur Kostensenkung und zur Rationalisierung einzuleiten. Ihre Aufgabe ist nicht die Exekutive, sondern sie ist dazu da, anzuzeigen, wie sich die Kosten gestalten und wo einzugreifen ist; ferner, um die Richtlinien zu geben, auf welche Weise Verbesserungen erzielt werden können.

Die Kostenrechnung muß in der Buchhaltung verankert sein. Diese an sich selbstverständliche Forderung konnte jedoch in den letzten Jahren nicht immer erfüllt werden. Wo sich diese Verbindungen gelockert haben und infolge der Einwirkung des Krieges die Erfolgs- und Kostenrechnung mit geschätzten Zahlen durchgeführt werden mußte und nicht immer eine nachträgliche Abstimmung erfolgen konnte, muß wieder der Anschluß hergestellt werden. Jede Kostenrechnung zu irgendeinem Zweck muß aus den Zahlen der Buchhaltung abgeleitet werden, so daß ein zwangsläufiger Fluß von der Buchhaltung her und wieder zur Buchhaltung hin gewährleistet wird. Der Kontenplan einer Unternehmung muß dem betrieblichen Gliederungsbedürfnis angemessen sein. Es ist ständig darauf zu achten, daß die Kontierungsvorschriften eingehalten werden. Fehlkontierungen wirken sich nachteilig auf die Kostenrechnung aus.

Schulung der Fachkräfte

Die Entwicklung des Kostenwesens wird schließlich wesentlich davon abhängen, ob genügend Fachkräfte zur Verfügung stehen. Trotz des starken Angebotes an kaufmännischen Kräften besteht ein gewisser Mangel an wirklichen Kostenfachleuten. Durch die Ausfälle des Krieges entstanden erhebliche Lücken.

Wir wissen zwar nicht, wie sich das Schicksal unseres Industriezweiges gestaltet, doch muß man sich davor hüten, in Zeiten der Depression die betriebswirtschaftlichen Arbeiten hintanzustellen. Der Gedanken- und Erfahrungsaustausch in dem Ausschuß für Betriebswirtschaft des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute verdient jede Förderung und wird auch den so nötigen Nachwuchs auf eine breitere Bildungsbasis stellen.

Zusammenfassung

Eine Voraussetzung für den Beitrag, den die Eisen schaffende Industrie im Wiederaufbau zu leisten hat, ist, daß das Rechnungswesen seine Aufgaben wieder voll erfüllt. Durch den Krieg und die Einsparungsmaßnahmen sind besonders auf dem Gebiete des Rechnungswesens erhebliche Zusammenlegungen und Vereinfachungen durchgeführt worden. Es werden daher die vielseitigen Aufgaben umrissen, die heute durch das Rechnungswesen gelöst werden müssen. Hierbei werden die Grenzen des Rechnungswesens herausgestellt und die Abhängigkeit von den Zwecken des Rechnungswesens hervorgehoben.

Nachdem die grundsätzlichen Fragen beleuchtet sind, werden die Tagesaufgaben auf Grund solcher zielbewußten Ausrichtung behandelt. Ohne ein sorgsam aufgebautes und in der Buchhaltung verankertes Rechnungswesen ist es heute weniger denn je möglich, die volle Uebersicht über das innerbetriebliche Geschehen und über Kosten, Preis und Gewinn bzw. Verlust zu erhalten.

Umschau

Erkenntnisse über das Rosten und den Rostschutz von Eisen und Stahl (1944 bis 1945)

Angesichts des Eisenhungers, den unser Land noch auf viele Jahre hinaus gegenüber anderen Staaten zu erdulden haben wird, ist jedes Mittel von erhöhter Bedeutung, das den Verlust an Eisen mindert; so müssen wir auch dem Rostschutz noch größere Aufmerksamkeit widmen.

Während die letzte Schrifttumschau[1]) über dieses Gebiet in „Stahl und Eisen" noch eine verhältnismäßig breite Uebersicht über die Arbeiten des Jahres 1943 geben konnte, ist dies heute schwieriger geworden. Die auf den Krieg ausgerichteten Anstrengungen hatten nicht nur in Deutschland eine starke Abnahme der Arbeiten über grundsätzliche theoretische Erkenntnisse gebracht. Dazu wurde die Abschließung der Erfahrungen innerhalb und außerhalb der Grenzen vollkommener, starke Einschränkungen im Schrifttum fanden statt, bis schließlich 1945 in Deutschland eine vollkommene Unterbrechung eintrat. Das Schwergewicht der Arbeiten liegt mehr als bisher bei dem Rostschutz, wobei Arbeiten, die die angespannte Rohstofflage berücksichtigen, im Vordergrund stehen.

[1]) Mewes, K.-F., und H. Steinrath: Stahl u. Eisen 65 (1945) S. 48/52 u. 78/80.

Theorie der Korrosion

U. R. Evans, dem das Verdienst zufällt, Bedeutung und Einfluß von Oxydfilmen auf Metallen eingehend untersucht zu haben, behandelt zusammenfassend die korrosionstheoretischen Arbeiten der Abteilung für Korrosionsforschung an der Universität Cambridge in den Jahren von 1935 bis 1943[2]). Neben der aus zahlreichen früheren Veröffentlichungen bekannten Entwicklung eines elektrochemischen Verfahrens zur Messung der Dicke von Oberflächenfilmen und der Ableitung von Gesetzmäßigkeiten des Filmwachstums befaßt sich der Bericht mit der Wirkung von Anrißlinien auf die Bildung galvanischer Ströme, der Korrosion des Zinks in chloridhaltigen Lösungen, der Bestimmung der Korrosionswahrscheinlichkeit und der Korrosionsgeschwindigkeit, sowie der Theorie der Streuströme. Weiterhin werden die Ergebnisse siebenjähriger Freiluftversuche an 3000 Proben mit verschiedenen Anstrichen, die Wirkung der Walzhaut und der Pigmente auf die Korrosion, die Korrosionsermüdung von Stahl in Gegenwart von Zink, die Oxydation, das Anlaufen und das Filmwachstum sowie die Wirkung kathodischer und anodischer Inhibitoren behandelt. Dabei ergab sich die Gefährlichkeit anodischer Inhibitoren, wenn die Zusätze in unzureichender Menge zugegeben wurden. F. Müller[3]) berichtet über die allgemeinen Grundlagen der elektrochemischen Korrosionstheorie; es ist heute allgemein erkannt, daß diese Theorie nicht für alle Korrosionsvorgänge gilt.

Mit der Wirkung von Inhibitoren beschäftigen sich mehrere Arbeiten. H. Fischer[4]) versucht Erkenntnisse über die Wirkung von Inhibitoren bei kathodischen Vorgängen auf die anodische Auflösung von Metallen zu übertragen. Er weist auf eine Reihe von Aehnlichkeiten bei beiden Vorgängen hin und kommt damit auch zu einer neuartigen Deutung des Mechanismus der Sparbeizwirkung. Bei der Anwendung von Inhibitoren ist zu beachten, daß der Anfangsangriff bei einzelnen Stoffen sich örtlich gefährlich auswirkt, bevor die eigentliche Inhibitorwirkung einsetzt[5]). In der Nähe der Wasserlinie läßt sich inhibitorfreie Lösung feststellen.

Auf Grund thermodynamischer Betrachtungen berechnet J. C. Warner[6]) die Reaktionsgeschwindigkeit für die Korrosion verschiedener Metalle in verschiedenen Wässern und anderen Angriffsmitteln.

Betrachtungen zu einer Theorie der Spannungskorrosion[7]) an Metallen und Legierungen bringen keine Einheitlichkeit.

Die Behandlung der theoretischen Grundlagen des Glühens mit Schutzgasen will die Berechnung der für eine neutrale Gaseinstellung benötigten Schutzgaszusammensetzung für jeden Einzelfall ermöglichen[8]).

Allgemeine Betrachtungen über das Rosten und die Korrosionsforschung

Einen Ueberblick über die Leistungen einer vorwiegend auf praktische Nutzanwendung ausgerichteten Korrosionsforschung an Hand von Beispielen (Langzeit-Rostungsversuche, Teerpechüberzüge, lackierte Milchkannen) gibt F. Eisenstecken[9]). In ähnlicher Weise geht W. Wiederholt[10]) in einem Vortrag zusammenfassend auf den Korrosionsschutz metallischer Werkstoffe ein.

Einfluß der Oberflächenbeschaffenheit

Die Vorbehandlung der Oberfläche ist für die Haltbarkeit von metallischen und nichtmetallischen Ueberzügen von großem Einfluß. Mangelnde Sorgfalt macht sich z. B. bei Anstrichen und Einbrennlacken durch Ablösen des Anstrichmittels bemerkbar[11]). Praktisch die größte Verbreitung hat das Beizen. Badkonzentration und Temperatur beeinflussen Beizgeschwindigkeit und Säureverbrauch[12]). Beim elektrolytischen Beizen von Stahl in kaustischer Soda ist die Einhaltung der besten Bedingungen an Zeit, Temperatur und Stromdichte zur Vermeidung dunkler Flecken wichtig[13]). In neuen Anlagen wurden selbsttätig gesteuerte Tauchbrenner zur Beheizung der Beizbäder[14]) sowie Vorrichtungen zur Erzielung pendelnder Bewegung des Beizgutes[15]) angewendet. Eine zusammenfassende Beschreibung der technischen und wirtschaftlichen Lenkung des Beizvorganges durch Kristallisations-, kontinuierliche und Blankbeizverfahren sowie der verschiedenen Verfahren zur Beseitigung, Aufarbeitung und Verwertung von schwefel- und salzsauren, eisenhaltigen Beizablaugen und Beizspülwässern gibt E. Boye[16]). Beim Polieren von nichtrostenden Stählen ist auf eine sorgfältige Auswahl der Schleifscheiben und Poliermittel zu achten[17]). Die Reinigung verschmutzter Heizflächen ist außer aus wärmetechnischen Gründen auch zur Verminderung der Korrosion zweckmäßig. Nach dem Hutter-Verfahren wird zum Reinigen ein Ammoniak-Dampf-Gemisch verwendet und anschließend mit Graphitemulsion zur Vermeidung erneuten Aschenanfluges abgespritzt[18]).

Einfluß der Zusammensetzung bei unlegierten Stählen

Die Wirkung der stärksten Einfluß auf die Witterungsbeständigkeit unlegierter Stähle ausübenden Stahlbegleitelemente Kupfer, Phosphor, Chrom und Nickel ist bekannt. J. C. Hudson[19]) wertet die umfangreichen Versuche des britischen Korrosionsausschusses unter Einbeziehung neu angesetzter Versuche aus. Dabei ist auch das Verhalten verschiedener Schweißeisensorten bemerkenswert. Mit Ausnahme des schwedischen, das den geringsten Kupfergehalt aufwies, hatten alle anderen Schweißeisensorten sehr geringen Rostverlust. Hudson führt dies außer auf den hohen Phosphorgehalt auch auf eine mechanische Schutzwirkung der Schlackenzeilen zurück. Ein besonderer Einfluß des Gehalts an Silizium und Mangan, wenigstens im Bereich der im unlegierten Stahl üblichen Beimengungen, konnte nicht nachgewiesen werden. Dagegen scheint ein erhöhter Gehalt an Arsen auch beim Angriff der Atmosphäre korrosionsmindernd zu wirken, ebenso wie dies schon für den Säureangriff bekannt ist.

Mit Aluminium schwach legierte oder weitgehend beruhigte Stähle erweisen sich beständiger gegen Rißgefahren, die bei Einwirkung von vielen Kohlenwasserstoffen auftreten[20]).

Verformung und Schweißen

Kaltverformungen und mechanische Spannungskonzentrationen an plötzlichen Querschnittsveränderungen wirken ungünstig auf Rißbildung durch Laugensprödigkeit[21]). Eingehende mikroskopische und röntgenographische Untersuchungen zeigten, daß die als Ziehmittel besonders geeigneten Phosphatschichten bei der Verformung des Ziehgutes eine Zertrümmerung der Phosphatkörner erleiden, und daß diese Trümmer zu festhaftenden Schichten zusammenwachsen[22]).

Korrosion hochlegierter Stähle

W. H. J. Vernon, F. Wormwell und T. J. Nurse[23]) untersuchten die Zusammensetzung des Oberflächenhäutchens auf nichtrostenden Chrom-Nickel-Stählen. Beim Stahl mit 18% Cr und 8% Ni wurde im abgelösten Häutchen starke Chromanreicherung, die mit dem Grad des Polierens noch zunahm und bis zu 90% Cr_2O_3 ergab, festgestellt; dagegen fand sich keine Anreicherung an Nickel. Nach der Ablösung des Films trat eine bemerkenswerte Abnahme der Passivität ein. Die Ersparnismaßnahmen an Legierungsmetallen während des Krieges bewirkten bei den hitzebeständigen Stählen Chromeinsparung, während bei den korrosionsbeständigen Stählen nur die reinen Nickelstähle zu ersetzen waren[24]). In der industriellen Anwendung wird versucht, die bekannten nichtrostenden Stähle den einzelnen Verwendungszwecken besser anzupassen; ein Stahl mit 18% Cr und 8% Ni, dem 3,5% Mo und 4% Cu zulegiert waren, erwies sich beständig gegenüber höheren Konzentrationen von Schwefelsäure und Salzsäure; in anderen

[2]) Evans, U. R.: J. Iron Steel Inst. 149 (1944) S. 67/107; vgl. Iron and Steel 17 (1944) S. 441/47.
[3]) Korrosion u. Metallsch. 20 (1944) S. 65/66.
[4]) Korrosion u. Metallsch. 20 (1944) S. 285/94.
[5]) Thornhill, R. S.: J. Iron Steel Inst. 146 (1942) S. 73/105.
[6]) Metallurgia, Manchr., 29 (1943) S. 61/66.
[7]) Mears, R. B., R. H. Brown und E. H. Dix: Iron Coal Tr. Rev. 151 (1945) S. 549/51.
[8]) Baukloh, W.: Korrosion u. Metallsch. 20 (1944) S. 63.
[9]) Korrosion u. Metallsch. 20 (1944) S. 63/64.
[10]) Korrosion u. Metallsch. 20 (1944) S. 66.
[11]) Fortmann, H.: Metallwaren-Ind. Galvano-Techn. 42 (1944) S. 41/42.
[12]) Schmidt, W.: Metallwaren-Ind. Galvano-Techn. 42 (1944) S. 196/99.
[13]) Evans, N. L.: J. Iron Steel Inst. 149 (1944) S. 275/300.
[14]) See, W. G.: Iron Coal Tr. Rev. 146 (1943) S. 389 u. 392.
[15]) Freudenthal, W.: Stahl u. Eisen 64 (1944) S. 233/40.
[16]) Chemiker-Ztg. 68 (1944) S. 83/86.
[17]) Krämer, O.: Metallwaren-Ind. Galvano-Techn. 42 (1944) S. 77/78.
[18]) Stahl u. Eisen 64 (1944) S. 552.
[19]) J. Iron Steel Inst. 148 (1943) S. 161/215; vgl. Iron Steel 17 (1943) S. 78/83; Stahl u. Eisen 66/67 (1947) S. 127/29.
[20]) DRP. 748 546 vom 4. April 1941.
[21]) Colbeck, E. W., S. H. Smith und L. Powell: Iron Coal Tr. Rev. 145 (1942) S. 1363/64; 146 (1943) S. 13/14; Engineering 154 (1942) S. 455, 478/80 u. 517/19.
[22]) Durer, A., und E. Schmid: Korrosion u. Metallsch. 20 (1944) S. 161/64.
[23]) J. Iron Steel Inst. 150 (1944) S. 81/92.
[24]) Baerlecken, E.: Korrosion u. Metallsch. 20 (1944) S. 67.

Fällen wurde den nichtrostenden Stählen eine geringe Menge Silber zulegiert[25]). Besondere Schwierigkeit macht die Auffindung gegen den Angriff von Salzsäure mit einer Konzentration über 10% beständiger Werkstoffe; empfohlen wird eine Legierung mit 0,10% C, 30% Co, 9% Cr und 8% Mo[26]). Das Verhalten von nichtrostenden Chrom-Nickel-Stählen in kochenden Chlorid-, Fluorid- und Bromidlösungen sowie in Salpetersäure[27]), außerdem der gleichen Stähle unter Zusatz von Stickstoff, Molybdän oder Niob gegenüber Spannungsrißkorrosion wird eingehend untersucht[28]).

Unter den Maßnahmen zur Einsparung von Mangelstoffen beim Bau chemischer Reaktionsgefäße wird besonders gute Dauerstandfestigkeit und hohe Beständigkeit gegen Wasserstoff und Schwefelwasserstoff von Chrom-Molybdän-Stählen mit 3 bis 6% Cr und 0,5% Mo genannt[29]). Weitere Ersparnisse lassen sich durch die Verwendung von Futterrohren erzielen, bei denen nur die dem korrodierenden Mittel ausgesetzte Oberfläche aus einem Sonderstahl besteht.

Boden- und Wasserkorrosion

Ueber Versuche mit in Tonboden eingegrabenen Proben aus Gußeisen und Stahl berichten J. C. Hudson, T. A. Banfield und H. A. Holden[30]). Obwohl der Boden als aggressiv angesehen wurde, zeigten sämtliche Proben nach drei Jahren nur sehr geringen Angriff, der im Durchschnitt weniger als 0,04 mm je Jahr betrug. Dabei zeigte sich im Verhalten der Proben aus Gußeisen, unlegiertem Flußstahl und aus Schweißstahl kein Unterschied, ebenso wie auch schwach mit Kupfer und Chrom legierte Stähle bei den vorliegenden Bedingungen keine Beeinflussung des Korrosionswiderstandes erkennen ließen. Die Untersuchung verschiedener Versuchseinflüsse, wie z. B. Eingrabtiefe, Art der Eingrabung, Nachbarschaft anderer Metalle u. a., ergab, daß je nach der Versuchsdurchführung eine stärkere Beeinflussung des Ergebnisses eintritt; durch größere Probenzahl sollen diese Störungen in Zukunft ausgeschaltet werden. Der Versuch, nach eingehender chemischer, physikalischer und mikrobiologischer Untersuchung verschiedener Böden eine Beziehung zwischen dem Korrosionsverlust im Boden und einer Bodenkenngröße zu finden, mißlang; dagegen wird das Verfahren, eine Kennzahl für den Angriff des Bodens aus der Messung des elektrischen Widerstandes von eingegrabenen Drahtproben zu entnehmen, weiterentwickelt. Der kathodische Schutz von Rohrleitungen hat besonders im Rohrleitungsbau für Erdöle Eingang gefunden[31]).

Der Einbau von Kupfer und verzinktem Eisen im gleichen Wassersystem[32]) ist seit der Verwendung dieser Metalle im Wasserleitungsbau üblich. In einzelnen Wässern, besonders solchen mit einem gewissen Kohlensäuregehalt, treten dabei örtliche Schäden an den verzinkten Rohrteilen auf, die auf elektrolytische Zerstörungen an kleinen Kupferabscheidungen zurückgeführt werden. In der Praxis scheint dieser Angriff auf das Zink und auch auf die an sich geringfügige Menge aufgelösten Kupfers mit der Zeit abzunehmen, so daß die Gefahr meist gering ist; für andere Fälle lassen sich Abhilfemaßnahmen, vor allem entsprechende Wasserbehandlung, angeben. In Thermalwasserleitungen findet bei Verwendung verzinkter Rohre auch bei sehr weichen Wässern starker Angriff statt, da die Möglichkeit zur Schutzschichtbildung fehlt. Bei zwei Thermalwasserleitungen aus innen emaillierten, gußeisernen Rohren traten nach 38 Jahren erste Rostschäden auf, wobei sich zeigte, daß die Emaille sich ganz aufgelöst hatte[33]). Bei der Vermeidung von Korrosionen durch zweckentsprechende Wasseraufbereitung ist die Sauerstoffentfernung, Enteisenung, Entmanganung und Enthärtung bekannt; neuere Verfahren erstreben Schutzschichtbildung vor allem durch Phosphate und Silikate[34]). Bei Druckwasseranlagen zur Bedienung hydraulischer Pressen sind Schäden durch Erosion und Kavitation sowie Lochfraß häufig; zur Abhilfe wird Aufbereitung des Preßwassers und Anwendung besonderen Oeles empfohlen, nachdem sich die üblichen Oelemulsionen nicht bewährt haben sollen[35]). Auf Schwierigkeiten bei der Bewertung der Angriffskraft von Wässern macht L. W. Haase[36]) aufmerksam. In der Nähe der Metalloberfläche soll Aenderung der Wasserzusammensetzung eintreten, die bei Betrachtungen über die Schutzschichtbildung in Wässern berücksichtigt werden müßte. Die Karbonathärte soll daher nicht immer als Schutzschicht, sondern oft in schlammiger Form abgeschieden werden. Die bekannten Formeln zur Bestimmung der Aggressivität von natürlichen Wässern ergeben bei Nachprüfung durch theoretische Ueberlegungen, besonders auf der Grundlage des Kalk-Kohlensäure-Gleichgewichts, noch Mängel[37]). Zur Ermittlung der für die Beurteilung des Wassers so wichtigen Werte für die zugehörige und aggressive Kohlensäure werden meist die Kurve oder die Zahlentafel von Tillmanns benutzt, die aber, wie bereits mehrfach im Schrifttum hervorgehoben wurde, nur unter bestimmten Voraussetzungen einwandfreie Ergebnisse liefern. O. Seifert[38]) schlägt daher die Aufstellung neuer Nomogramme vor.

Die Wirkung der Magnofilterstoffe beruht vor allem auf dem Einfluß des Magnesiums; dieses bewirkt, daß das Wasser mehr Kohlensäure haben darf, als dem Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht entspricht. Der zulässige Ueberschuß an Kohlensäure kann errechnet werden[39]).

Korrosion durch Warmwasser

Die Korrosion von Heiznetzen ist weitgehend auf den Sauerstoffgehalt des Wassers zurückzuführen[40]). Die Bekämpfung muß sich daher auf eine Wasserentgasung bis 0,1 mg/l O_2 ausrichten. Sie erfolgt durch Wärme oder Zusatz von Natriumsulfit, wobei die Wirkung des Sulfits, dessen Gehalt im Wasser 5 mg/l betragen soll, auch von der Wasserzusammensetzung und dem p_H-Wert, der möglichst gering sein muß, abhängt. In Gegenwart von Manganchlorid wird die Sauerstoffbindung bei 40° bzw. 60° um das 2,5- bzw. 4,5fache beschleunigt. Phenolsulfit wird auch empfohlen, nur muß es vorher durch Behandlung mit Aktivkohle von Phenolresten befreit werden. Zur Reinigung der Heiznetze wird 10prozentige Salzsäure oder 3,5prozentige Salpetersäure, letztere mit 0,5prozentigem tierischen Leimzusatz als Passivator, vorgeschlagen.

Bei der Verwendung von Moorgrundwasser zum Speisen von Dampfkessel- und Warmwasseranlagen sind starke Korrosionen, insbesondere Sauerstoffkorrosion, in den Warmwasserbereitern beobachtet worden[41]), die sich durch geeignete Wasseraufbereitung beheben lassen.

Dampferzeugungsanlagen

Die verbreitetste Maßnahme zur Eindämmung der Korrosion bei Dampfkesselanlagen ist Aufbereitung und besonders Entlüftung[42]) des Speisewassers. Der dabei notwendige beträchtliche Aufwand an Soda kann durch die Rückführung des Kesselwassers vermindert werden[43]). Ebenso lassen sich durch Umstellung auf andere Enthärtungsmittel Ersparnisse an Trinatriumphosphat erzielen[44]). Auch bei den chemischen Untersuchungen der Kesselwasser-Zusammensetzung können, wenn keine außergewöhnlichen Betriebsumstände eingetreten sind, dadurch Ersparnisse erzielt werden, daß nur die Leitfähigkeit des Wassers gemessen wird[45]). Bei genauer Kenntnis der Betriebsverhältnisse lassen sich die vorhandenen Wasserenthärtungsanlagen auch überlasten[46]). Als neues Mittel zur schonenden Lösung von Kesselstein wird eine Lösung von Natriumäthylendiaminazetat, Trilon B genannt, oder konzentrierte Ammoniumsulfatlösung angegeben. Kesselstein aus Kalziumsulfat konnte in vier bis sechs Wochen gelöst werden, wobei vorhandener Rost ebenfalls entfernt wurde, während die Kesselwand nicht angegriffen wurde[47]). Bei der Ueberwachung des Speisewassers durch Messung des p_H-Wertes wird die laufende, selbsttätige Messung[4]), eine elektrometrische Messung mit Schreib-

[25]) Smet, G. de: Machine mod. 38 (1944) S. 16/17; nach Chem. Zbl. 115 (1944) II, S. 472.
[26]) DRP. 741 389 vom 10. Sept. 1943.
[27]) Franks, R., W. O. Binder and C. M. Brown: Iron Coal Tr. Rev. 151 (1945) S. 549/51.
[28]) Scheil, M. A.: Iron Coal Tr. Rev. 151 (1945) S. 549/51.
[29]) Puchner, O.: Korrosion u. Metallsch. 20 (1944) S. 68.
[30]) J. Iron Steel Inst. 146 (1942) S. 107/29.
[31]) Bibkowski, J. K.: Petrol.-Ind. UdSSR. 22, Nr. 2 111—114 (1941) C. 1943 J, 206; nach Dechema Werkstoff-Ber. 10 (1944) S. 13.
[32]) Kenworthy, L.: Engineering 156 (1943) S. 85/86, 125, 164 u. 205.
[33]) Seelmeyer, G.: Korrosion u. Metallsch. 20 (1944) S. 272/78.
[34]) Forkert, H.: Korrosion u. Metallsch. 20 (1944) S. 279/82.
[35]) Griebel, K.: Masch.-Schad. 21 (1944) S. 41/48.
[36]) Korrosion u. Metallsch. 20 (1944) S. 261/64.
[37]) Kegel, J.: Korrosion u. Metallsch. 20 (1944) S. 265/72.
[38]) Gas- u. Wasserfach 87 (1944) S. 106/08.
[39]) Börner, E.: Korrosion u. Metallsch. 20 (1944) S. 75.
[40]) Wärme- u. Kraftwirtschaft (russ.) 17, H. 3, 40—41 (1941); Korrosion u. Metallsch. 19 (1943) S. 153/61.
[41]) Franke, G.: Gas- u. Wasserfach 87 (1944) S. 76/79.
[42]) Turner, T. H.: Engineering 154 (1942) S. 455/56, 464/65 u. 503/05.
[43]) Schmidt, K.: Wärme 67 (1944) S. 133/36.
[44]) Leick, J.: Arch. Wärmewirtsch. 25 (1944) S. 43/45.
[45]) Herrmann, W.: Wärme 67 (1944) S. 161/63.
[46]) Vint, W. D.: Iron Steel 16 (1943) S. 465/67; vgl. Stahl u. Eisen 64 (1944) S. 342/43.
[47]) Brintzinger, H., und U. Müller: Chem. Technik 17 (1944) S. 86/87.
[48]) Vint, W. D.: Iron Steel 17 (1944) S. 211/13.

geraten, empfohlen[49]); neuere Verfahren zur Messung des p_H-Wertes von Kesselspeisewasser benutzen eine Glaselektrode[50]). Bei einigen Enthärtungsverfahren, insbesondere bei Verwendung von Natriumphosphat, wird störende Karbonatanreicherung durch Einwirkung auf bereits ausgeschiedenes Kalziumkarbonat beobachtet, gegen die Abhilfemaßnahmen ergriffen werden müssen[51]). Das Verhalten der Soda im Kesselwasser ist noch umstritten; anscheinend besteht die bisher angenommene Abhängigkeit der Sodaspaltung von der herrschenden Temperatur und dem Druck nicht, sondern die Sodaspaltung scheint vielmehr durch verschiedene andere Umstände, u. a. durch die von den Dampfblasen hervorgerufene Durchwirbelung des Wassers, maßgebend beeinflußt zu sein[52]). Bei der neuzeitlichen Wasserreinigung für Höchstdruckkessel[53]) findet die Restenthärtung nach dem Wofatit-Verfahren[54]) und durch Zusätze von Ammonsalzen zunehmende Anwendung; die sonstigen Fäll- und Entgasungsverfahren sind in der Praxis[55]) [56]) trotzdem unentbehrlich.

Lochfraß, wie er an verschiedenen Teilen von Speisepumpen eintrat, dürfte zu Unrecht auf Lokalelemente an angenommenen Schlackenteilen im Stahl zurückgeführt worden sein[57]). Zur Vermeidung ähnlicher Schäden in Kondensationsanlagen haben sich Maßnahmen gegen Lufteinbrüche und besondere Pflege des Kühlwassers bewährt[58]). Ueber die Möglichkeit des Ersatzes von Kupferrohren für Turbinenkondensatoren durch Rohre aus feuerverzinktem Stahl wurden Laboratoriumsversuche an Plättchen in ammoniakhaltigem Kondensat durchgeführt; dabei erwies sich verzinkter Stahl ebenso wie ungeschützter Stahl beständig[59]). In der Praxis haben sich bei sorgfältiger Ausführung der Feuerverzinkung gleichfalls gute Erfolge gezeigt[60]). Zur Korrosionsminderung stillstehender Dampfturbinen genügt ein einmaliger Oelüberzug nicht; wiederholtes Oelen, besonders durch gut emulgierbare Oele, ist notwendig[61]). Bei Verwendung normaler Stähle ist unter den mannigfachen Beanspruchungen bei Vorwärmerrohren interkristalline Korrosion beobachtet worden. Die den Korngrenzen entlang verlaufenden verästelten Risse werden damit erklärt, daß unter dem Einfluß von Spannungsänderungen während des Betriebes die durch den Wasserangriff gebildete Oxydschicht aufreißt und an diesen Stellen der Sauerstoff von neuem angreifen kann[62]). Die interkristalline Korrosion hervorrufenden Faktoren sind auch im Berichtszeitraum mehrfach Gegenstand zusammenfassender Betrachtungen gewesen und werden hier an anderer Stelle behandelt.

Beim Korrosionsangriff der Feuergase spielt der Schwefelgehalt der Gase eine ungünstige Rolle, besonders bei Temperaturen unterhalb des Taupunktes[63]). Bei der Wärmebehandlung von Stahl ist bei Temperaturen über 900° weitgehende Entschwefelung der Gase[64]) notwendig, wenn Verzunderung und schädliche Auflockerungen des Oberflächengefüges erträglich gehalten werden sollen[65]). Durch Alitieren geschützte Eisenteile für Feuerungsanlagen können nach Abnutzung nachalitiert und wieder verwendet werden[66]).

Korrosionseinzelfälle

Ueber den Angriff der Atmosphäre auf Stahl gibt J. C. Hudson[67]) eingehende Untersuchungen bekannt. In Uebereinstimmung mit bekannten Untersuchungen findet er in ländlicher Atmosphäre eine ständig abnehmende Rostgeschwindigkeit; auch in Industrieluft stellt er eine allerdings schwache Abnahme fest. Die Versuche an klimatisch stark verschiedenen Orten ergaben stets die größten Rostverluste in Industrieluft, während an anderen, nichtindustriellen Orten, im tropischen oder subpolaren Klima, an Orten mit großen Niederschlagsmengen oder im trocknen Sudan, die Rostverluste außerordentlich gering waren. G. Schikorr[68]) machte gleichfalls Beobachtungen an der Witterung ausgesetzten Proben und schließt aus Vergleichen des Rostverlustes mit dem Witterungsverlauf, insbesondere in Frostperioden, daß anscheinend weniger die im Regen enthaltenen Schwefelverbindungen, sondern vielmehr gasförmige Schwefelverbindungen auf dem Diffusionswege den Rostvorgang an der Atmosphäre hervorrufen. In unnatürlich feuchter, warmer Luft zeigten Behälter aus Kupfer und nichtrostenden Stählen Erscheinungen von Spannungsrißkorrosion[69]).

Nach Seetransporten tritt an verzinkten Gütern oft ein als „weißer Rost" bekannter Schaden auf, der meist auf die Bildung von Schwitzwasser zurückgeführt werden kann. Auf Grund der Untersuchung von Zinkkorrosionsprodukten bei künstlich wie auch natürlich hervorgerufenem „weißen Rost" geben Eu. Deiss und Wa. Böhm[70]) Erfahrungen bekannt, wie aus der Zusammensetzung der Korrosionsprodukte auf die Korrosionsursache geschlossen werden kann; eine Einwirkung von Seewasser liegt bei diesen Schäden meist nicht vor.

Nachdem die Uneinheitlichkeit der Rezepte für künstliches Seewasser vor einigen Jahren durch die Einführung eines einheitlichen Rezeptes durch den Verein Deutscher Eisenhüttenleute beseitigt war, wird an diesem vereinfachten Rezept nun bemängelt, daß es im Gegensatz zum natürlichen Seewasser sauer sei[71]). Versuche mit verschiedenen Farben für Schiffsböden[72]) mit Gegenmitteln zur Bekämpfung der Lebewesen, die den Schiffsbewuchs[73]) verursachen, machten Ratschläge für die zu verwendenden Farben[74]) möglich; als wirkungsvolles Pigment erwies sich basisches Bleisulfat. Auf toxische Metallzusätze zum Anstrich reagieren die verschiedenen Organismen sehr unterschiedlich; um eine auch nur beschränkte Schutzwirkung zu erzielen, sind sehr große Mengen an Quecksilber oder Kupfer notwendig[75]).

Zur Vermeidung der Korrosion in Siphons oder Standrohren, die unter Einwirkung saurer, schwefelwasserstoffhaltiger Gase stehen, wird als Standflüssigkeit statt Wasser die Verwendung eines Brüdenkondensats empfohlen[76]), in anderen Fällen des Angriffs von Wasser und wäßrigen Lösungen dagegen Zusätze an Salzen der höheren Aetherkarbonsäuren[77]).

Im Säurebau haben sich zum Schutz metallischer Baustoffe neben der Bleiauskleidung[78]) Plattenverkleidungen aus Stein unter Verwendung säurefester Mörtel und Kitte[79]) sowie Auskleidungen aus Kunststoffen[80]) eingeführt. Chrom-Nickel-Stähle wie legierte Gußeisen sind auch gegen Phosphorsäure mit verschiedenen Beimischungen beständig; bei Verunreinigungen durch Salzsäure oder Chloride dagegen bewährte sich nur Blei oder ein mit Silizium und Molybdän legiertes Gußeisen[81]). Ebenso hat sich legierter Guß bei der in der Kältetechnik vorkommenden Berührung mit heißer Sole bewährt, wobei auch Auskleidung mit Gummi erfolgreich eingesetzt wurde[82]).

In Kraftstoffbehältern treten Korrosionsschäden an Stellen auf, die zeitweise von Wasser benetzt werden; der Kraftstoff gibt dabei einen Teil seines gelösten Sauerstoffs an das Wasser ab[83]). Besondere Korrosionserscheinungen wurden an Erdölbohranlagen in Tiefen von 2000 bis 3000 m beobachtet[84]); beim Transport von Erdöl wird über die Verwendung von Natriumnitrit berichtet[85]), das, in kleinen

[49]) Kuntze, A.: Meßtechnik 20 (1944) S. 73/81.
[50]) Rees, R. Ll., und J. Jackson: Engineer, Lond., 176 (1943) S. 247/49.
[51]) Wesly, W.: Wärme 67 (1944) S. 19/22.
[52]) Leick, J.: Arch. Wärmewirtsch. 24 (1943) S. 229/32.
[53]) Pfleiderer, E.: Chemiker-Ztg. 68 (1944) S. 56/59.
[54]) Wesly, W.: Chemiker-Ztg. 67 (1943) S. 338/43.
[55]) Albrecht, W.: Arch. Wärmewirtsch. 24 (1943) S. 115/16.
[56]) Vincotte, R.: Mém. Ass. Ing., Liege, 1943, Nr. 2, S. 81/100.
[57]) Dümmerling, R.: Arch. Wärmewirtsch. 24 (1943) S. 195/97.
[58]) Uhthoff, E.: Arch. Wärmewirtsch. 24 (1943) S. 129/32.
[59]) Wesly, W.: Korrosion u. Metallsch. 20 (1944) S. 278/79.
[60]) Lüben, F., und F. Börsig: Masch.-Schad. 21 (1944) S. 21/27.
[61]) Börsig, F.: Korrosion u. Metallsch. 20 (1944) S. 67.
[62]) Mantel, W.: Z. VDI 88 (1944) S. 238/40.
[63]) Simonsson, L.: IVA 1943, S. 129/60.
[64]) Howat, D. D.: Chem. Age, Lond., 49 (1943) S. 75/78 u. 99/105.
[65]) Preece, A.: J. Iron Steel Inst. 147 (1943) S. 43/50; vgl. Iron Steel 16 (1943) S. 400/01.
[66]) Teer u. Bitumen 41 (1943) S. 193/95.
[67]) J. Iron Steel Inst. 148 (1943) S. 161/215; vgl. Iron Steel 17 (1943) S. 78/83; Stahl u. Eisen 66/67 (1947) S. 127/29.
[68]) Wiss. Abh. dtsch. Mat.-Prüf.-Anst. 2 (1944) Nr. 6, S. 27/30.
[69]) Ellis, O. B.: Iron Coal Tr. Rev. 151 (1945) S. 549/51.
[70]) Wiss. Abh. dtsch. Mat.-Prüf.-Anst. 2 (1944) Nr. 6. S. 44/62.
[71]) Wassermann, G.: Korrosion u. Metallsch. 20 (1944) S. 92/94; vgl. Stahl u. Eisen 64 (1944) S. 327/28.
[72]) Bengough, G. D., und V. G. Shepheard: Iron Coal Tr. Rev. 146 (1943) S. 645/47.
[73]) J. Iron Steel Inst. 150 (1944) S. 81/92.
[74]) Fancutt, F., und J. C. Hudson: J. Iron Steel Inst. 150 (1944) S. 269/338.
[75]) J. Iron Steel Inst. 147 (1943) S. 339/451; vgl. Metallurgia, Manchr., 28 (1943) S. 38/41.
[76]) DRP. 737 278 vom 19. Juni 1940.
[77]) DRP. 748 650 vom 22. Okt. 1939.
[78]) Chem. Techn. 17 (1944) S. 60.
[79]) Bentz, E.: Korrosion u. Metallsch. 20 (1944) S. 69/70.
[80]) Chem. Techn. 17 (1944) S. 62.
[81]) Klinow, I. Ja.: Korrosija i Borba c Nej 7 (1941) Nr. 1, S. 23/27; nach Stahl u. Eisen 64 (1944) S. 280.
[82]) Steinbach, A.: Gesundh.-Ing. 67 (1944) S. 67/72; nach Chem. Zbl. 116 (1945) I, S. 342.
[83]) Medd. Statens Provn. Anst., Stockh., Medd. Nr. 87 (1942) 26 S.
[84]) Iron Coal Tr. Rev. 150 (1945) S. 600.
[85]) Wachter, A., und A. A. Smith: Industr. and Eng. Chem. 1943, März; nach Chemiker-Ztg. 68 (1944) S. 28.

Mengen zugesetzt, korrosionshemmend wirkt. Als Austausch für Messing eingesetzte Feinzinklegierungen sind gegenüber dem Angriff von Feuerlöschmitteln beständig, wenn sie nicht dauernd mit den Löschflüssigkeiten in Berührung stehen[86]).

Der Angriff von Rauchgasen führt besonders in reduzierender Atmosphäre zur Zerstörung von Ofenrohren[87]). Bei der Vergasung von teerfreien Brennstoffen können zur Vermeidung eines Angriffs der staubhaltigen Gase diesen Teeröldämpfe zugesetzt werden[88]). Korrosionserscheinungen in der Braunkohlenindustrie, besonders in den Trocknern für Schwelkohle, sind größtenteils auf den hohen Schwefelgehalt der Rohkohle zurückzuführen[89]). In Industriegasen ist daher die Entfernung des Schwefels durch verschiedenste Verfahren von Wichtigkeit[90]).

Obwohl immer wieder versucht wird, alle Erscheinungen der Spannungskorrosion der Metalle zusammenfassend zu betrachten, ist die Frage nach dem Grundmechanismus dieser Erscheinungen noch ungeklärt[91]). Neuere Betrachtungen machen es wahrscheinlich, daß trans- und interkristalline Korrosion auf die gleiche Ursache zurückzuführen sind[92]). Auch in Amerika sucht man alle Erscheinungen der Rißkorrosion unter einheitlichen Gesichtspunkten zu betrachten, wie aus der Zusammenstellung einer größeren Zahl von Vorträgen der ASTM. hervorgeht[93]). Die Einzelvorträge sind hier an der jeweiligen Stelle des Sachgebietes behandelt.

Die Dauerfestigkeit wechselbeanspruchter Stähle wird bei gleichzeitigem Korrosionsangriff von Süß- oder Seewasser bekanntlich nicht nur stark herabgesetzt, sondern sinkt mit zunehmender Dauer der Beanspruchung ständig weiter[94]). Abkürzungsversuche zur Ermittlung der Korrosions-Wechsel- oder Korrosions-Zeitfestigkeit haben wegen der starken Streuungen der Versuchswerte wenig Aussicht auf Anwendungsmöglichkeit. Bei Versuchen von A. U. Huddle und U. R. Evans[95]) ergab sich erst nach Ueberschreiten der halben Zeitfestigkeit eine Abnahme der Zugfestigkeits- und Dehnungswerte. Dabei zeigte sich eine Verbesserung der Zeitfestigkeit bei zinkhaltigen Ueberzügen; ebenso läßt sich die Zeitfestigkeit von Stahl bei gleichzeitigem Korrosionsangriff stark saurer Lösungen durch kathodischen Zinkschutz verbessern, ohne daß eine Versprödung durch Wasserstoffeinwanderung zu befürchten ist[96]). Bei Wasserschlagversuchen spielt die Höhe der mechanischen Beanspruchung eine bedeutende Rolle, da bei sehr intensiver Beanspruchung dem Korrosionseinfluß keine Zeit zur Auswirkung zur Verfügung steht[97]). Tropfenschlagversuche lassen sich ähnlich auswerten wie normale Korrosionsermüdungsversuche, weichen aber in den Ergebnissen bei verschiedenen Werkstoffen ab; es wird dies darauf zurückgeführt, daß beim Tropfenschlag u. a. die Elastizität des Probenwerkstoffes von Bedeutung ist[98]).

[Schluß folgt.]

Heinrich Steinrath und *Karl-Friedrich Mewes.*

Hochofengas-Reinigung in Amerika

Das Problem der Hochofengas-Reinigung ist in Amerika immer stärker in den Vordergrund gerückt. Daß Gichtgas auf einen hohen Reinheitsgrad gereinigt werden muß, wird heute auch auf den nordamerikanischen Hüttenwerken als selbstverständlich angesehen[1]). Unter den verschiedenen Reinigungsverfahren scheint das Naßelektrofilter die zweckmäßigste Reinigungsart, wenn die Wahl des Verfahrens nicht durch besondere örtliche Verhältnisse beeinflußt wird. Kennzeichnend für alle Neuanlagen und vor allem bei Umbauten oder zukünftigen Neuanlagen zu berücksichtigen ist, die Feinreinigung unmittelbar hinter der Grobreinigung, also den Staubsäcken, aufzustellen. Auf diese Weise werden lange, waagerechte Rohgasleitungen mit allen ihren Nachteilen vermieden. Die Feinreinigung bietet den großen Vorzug, daß derartige Rohgasleitungen, in denen bekanntlich stets unangenehme Staubabscheidungen erfolgen und die meist eine Quelle erheblicher Schwierigkeiten, umständlicher Säuberungsarbeiten und dauernder Ueberwachung sind, wegfallen. Verbesserungen in der Bauart der Staubsäcke wurden durch eine düsenartige, tangentiale Einströmungsöffnung (Einschnürung 8 bis 10°) erzielt[2]). Staubsäcke dieser Art (hinter Hochöfen von 7,9 m Gestelldurchmesser) haben 9 bis 10,60 m l. Weite bei einer Zylinderhöhe von 10,6 bis 12,2 m. Der Abscheidegrad liegt bei 60 %. Der Blechmantel der Staubsäcke ist geschweißt und außen durch eine 50 mm starke Magnesiaschicht wärmeisoliert, außerdem durch nicht entflammbare, dünne „Asbestocite"-Platten gegen Korrosion geschützt.

Zentrifugalreiniger (Wirbler) werden häufig für die Nachreinigung von warmem Gichtgas für die Kesselbeheizung verwendet, wobei Abscheidegrade von 90 % erreicht wurden[2]). Man kann wohl mit einiger Sicherheit annehmen, daß noch etwa 50 % der Staubmenge, die das Rohgas hinter den Staubsäcken enthält, im Wirbler abgeschieden werden. Wird nicht besonderer Wert auf zusätzliche Erfassung trockenen Gichtstaubes gelegt (z. B. zur Sinterung), so wird den Naßwäschern kein Wirbler vorgeschaltet, da der Naßwäscher ohnedies den Rohgasstaub ausscheidet.

In einer verbesserten Desintegratorbauart wird Hochdruckwasser von 10 bis 14 atü[2]) verwendet. Gewährleistet wird eine Reinigung auf 0,035 g/Nm³ mit tatsächlich erreichten Bestwerten von 0,011 g/Nm³. Der spezifische Wasserverbrauch soll 3,7 bis 4,0 m³/1000 Nm³ betragen. Die Betriebskosten setzen sich nur aus den Kosten für die Wasserpumpe zusammen, wobei etwa zur Hälfte ein Wasserdruck von 10 bis 14 atü und zur anderen Hälfte von nur 0,3 bis 0,35 atü benötigt wird. Diese Kosten schwanken mit der Höhe der Pumpenkosten und liegen bei insgesamt etwa 5 bis 6 cts/t Roheisen. Der Druckverlust im Reiniger ist allerdings sehr hoch und schwankt zwischen 560 und 760 mm WS.

Die Wahl der Feinreinigungsanlage muß nach den Anlage- und Betriebskosten beurteilt werden[2]). Allgemein liegen zwar die Anlagekosten für den Desintegrator niedriger als beim Elektrofilter, aber die Betriebskosten sind beträchtlich höher. Jedoch sind noch andere, bei der Wahl der Anlage zu berücksichtigende Einflüsse zu beachten. So liefert der Desintegrator neben der Reinigung gleichzeitig eine regelbare Drucksteigerung. Demgegenüber stehen die Nachteile höherer Betriebskosten und die Gefahr der Erzeugung von Unterdruck im Gasnetz bei plötzlicher Veränderung der Druckverhältnisse am Gaseintritt.

Besondere Bedeutung hat auf nordamerikanischen Hüttenwerken in den letzten Jahren, wie schon erwähnt, die elektrische Hochofengasreinigung wegen des höheren Reinigungsgrades und der niedrigeren Betriebskosten gegenüber anderen Reinigungsverfahren gefunden[3]). Das Elektrofilter hat geringen Wasserverbrauch, fast keine beweglichen Teile, geringen Druckverlust und niedrige Betriebskosten. Unter schwierigen Hochofenbetriebsverhältnissen ergeben sich jedoch ungünstige Reinheitsgrade. Auch muß das Umlaufwasser verhältnismäßig rein sein, außerdem sind die Kosten des Oberflächenschutzes der Filter hoch, wenn angreifend wirkendes Wasser verwendet wird.

In einigen Fällen stieß die Aufstellung einer vollständigen Gasreinigungsanlage aus Platzmangel auf erhebliche Schwierigkeiten[2]); so z. B. auf der „Donner-Anlage" der Republic Steel Corp. in Buffalo[4]). Hier sollte Gichtgas für Winderhitzer, Kesselhaus und Walzwerkstieföfen gereinigt werden. Vorhanden waren zwei Hochöfen, deren Gesamtgichtgasmenge von 185 000 m³/h mit parallel geschalteten Turmwäschern auf 0,05 g/m³ gereinigt wurde. Nach Vorschlägen der Firma Arthur G. McKee & Comp., Cleveland, wurden die vorhandenen alten Turmwäscher in eine einzige Stufe umgebaut (McKee-Wäscher) und eine elektrische Feinreinigung darüber gebaut *(Bild 1)*, wodurch sich infolge des Wegfallens von Fundamentierungsarbeiten, Verbindungsgasleitungen, Gasventilen usw. erhebliche Er-

[86]) Beythien, R., und K. Siebert: Korrosion u. Metallsch. 20 (1944) S. 142/47.
[87]) J. Inst. Fuel 1943, S. 177/81.
[88]) DRP. 744 157 vom 1. April 1941.
[89]) Rammler, E.: Braunkohle 43 (1944) S. 53/58. Fritzsche, K.: Braunkohle 43 (1944) S. 58/63. Hardt: Braunkohle 43 (1944) S. 64/67.
[90]) Thau, A.: Oel u. Kohle 40 (1944) S. 208/20.
[91]) Beerwald, A.: Metallwirtsch. 23 (1944) S. 174/87.
[92]) Bennek, H.: Korrosion u. Metallsch. 20 (1944) S. 133/41.
[93]) Donaldson, J. W.: Iron Coal Tr. Rev. 151 (1945) S. 549/51.
[94]) Vater, M., und M. Henn: Korrosion u. Metallsch. 20 (1944) S. 179/85.
[95]) Iron Coal Tr. Rev. 147 (1943) S. 795.
[96]) Stuart, N., und U. R. Evans: J. Iron Steel Inst. 147 (1943) S. 131/44; vgl. Iron Steel 16 (1943) S. 387/89; Stahl u. Eisen 66/67 (1947) S. 164/65.
[97]) Vater, M., und M. Henn: Korrosion u. Metallsch. 20 (1944) S. 185/89.
[98]) Vater, M.: Korrosion u. Metallsch. 20 (1944) S. 171/79.

[1]) Brown, W. R., und J. S. Scott-Maxwell: J. Iron Steel Inst. 155 (1947) Nr. I, S. 107/15 u. 115/29.
[2]) Stayman, T. H.: J. Iron Steel Inst. 155 (1947) Nr. I, S. 136/40.
[3]) Vgl. Guthmann, K.: Stahl u. Eisen 61 (1941) S. 887/89.
[4]) Frost, B. B.: Blast Furn. 27 (1939) S. 569/71.

sparnisse in den Baukosten ergaben. Dabei wurde festgestellt, daß der Durchmesser dieser alten Wäscher (von 4,6 m Dmr., aus dem Jahre 1913) kleiner war, als man ihn heute ausführen würde, wodurch sich ein schlechter Reinigungsgrad und hoher Druckverlust ergibt. Man setzte daher drei alte Wäscher auf einen ringförmigen Unterteil. Diese Wäscher wurden durch Einbau von Wasserumlaufpumpen („Rotoren") am Boden der Wäscher *(vgl. Bild 1)* in ihrem

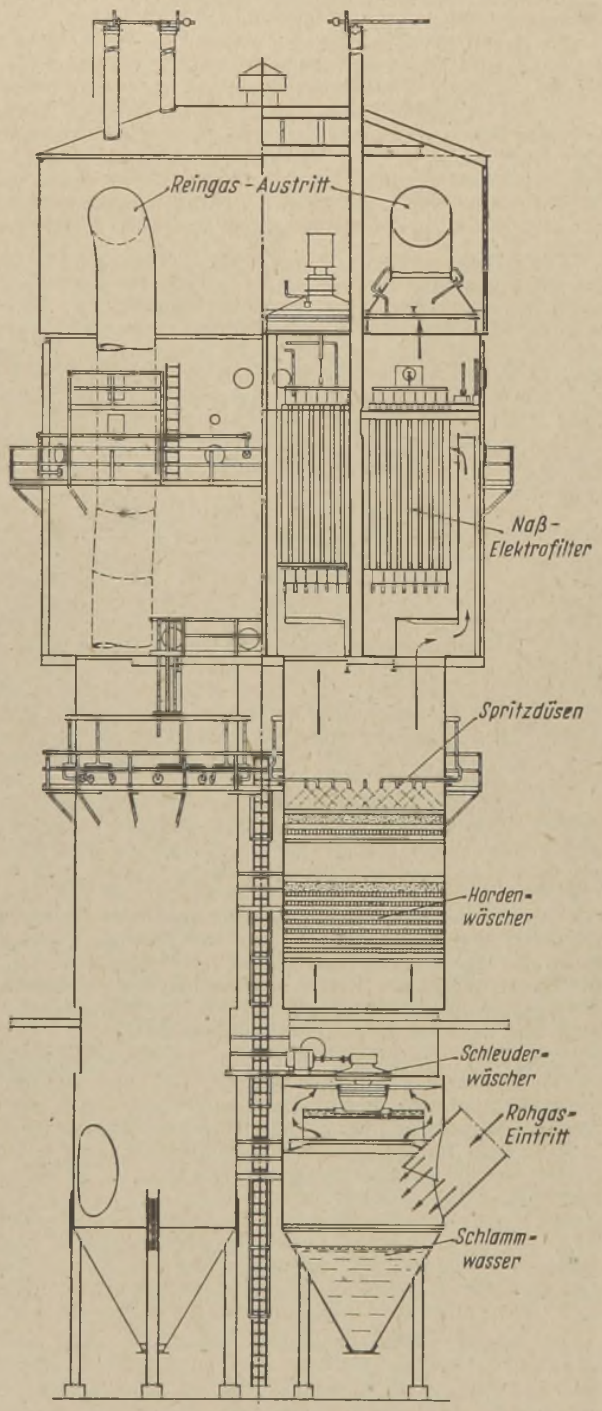


Bild 1. McKee-Hordenwäscher mit darübergebauter Naß-Elektrofilterstufe.

Wirkungsgrad verbessert, da hierdurch eine bessere Benetzung des Gases erzielt wird, bevor es die Horden oder keramischen Schlagleisten erreicht. Dies hat in vielen Fällen die durch Verschlammen der Horden und des Wäscherbodens verursachten Schwierigkeiten beseitigt und den Wasserverbrauch von 4,0 auf 2,66 m³/1000 Nm³ vermindert[2]). Obwohl die Aufstellung von zwei Stufen der Vorwäscher zweckmäßiger gewesen wäre, mußte man sich aus Platzgründen mit einer Stufe begnügen. Der Wäscher selbst erhielt Holzhorden. Der elektrische Cottrell-Naß-Feinreiniger der Research Corp. wurde auf die Kopfplatte des Hordenwäschers gesetzt mit drei Einströmungsöffnungen für das Gichtgas. Dabei wurde die übliche Anordnung dieser Anlagen getroffen, wonach das Gas von oben nach unten außen an den Niederschlagsrohren vorbeiströmt und dann erst aufwärts durch diese Rohre von unten nach oben geführt wird, wodurch sich eine bessere Gasverteilung ergeben soll. Jeder Reiniger besteht aus 238 Röhren von 200 mm Dmr. und 4,6 m Länge.

Die elektrische Einrichtung wurde von der Westinghouse Electric & Manufacturing Comp. geliefert, bestehend aus zwei 24,2 kVA-Hochspannungsumformern für 88 000 V. Jede Einheit hat eine Leistung von 92 500 m³/h (15°, 762 mm QS) mit einer gewährleisteten Reinigung von 0,060 g/m³. Der monatliche Wasser- und Stromverbrauch sowie die Betriebskosten betrugen:

Stadtwasser für die Naßelektrofilter	33 400 m³/Monat	491,83 $/Monat
Betriebswasser für Hordenwäscher	458 000 m³/Monat	615,89 $/Monat
Strom für Naßelektrofilter und Motoren .	44 000 m³/Monat	244,64 $/Monat
Instandsetzungskosten für Elektrofilterrohre		110,00 $/Monat
Instandhaltung		241,20 $/Monat
Säuberungsarbeiten (alle 6 Wochen)		167,00 $/Monat
		1 870,56 $/Monat

Der bezogene Verbrauch an Stadtwasser betrug im Mittel für die Naßelektrofilter 0,21 m³/1000 m³ Gas und an Betriebswasser für Hordenwäscher 2,90 m³/1000 m³ Gas.

Der bezogene Verbrauch an Strom für Naßelektrofilter lag bei 0,28 kWh/1000 m³ Gas. Die geschätzte Leistung der Anlage war 187 000 m³/h oder 138 × 10⁶ m³/Monat. Die tatsächliche Leistung lag bei 213 000 m³/h oder 157 × 10⁶ m³/Monat. Dies sind Betriebskosten von 1,20 cts je 1000 m³.

Eine große Zahl von Versuchen ergab einen Reinheitsgrad von 0,015 g/m³ Reingas. Der schlechteste Wert lag bei 0,030 g, der beste bei 0,0055 g/m³. Bei der tatsächlichen Leistung von 213 000 m³/h waren 476 Rohre in Betrieb, so daß jedes Rohr mit 445 m³ Gas stündlich beaufschlagt war. Der Gesamtdruckverlust betrug 508 mm WS, wobei der Hauptdruckverlust auf den Hordenwäscher entfällt.

Die beschriebene Bauart soll allerdings nicht billiger sein als solche Anlagen, bei denen das Elektrofilter neben den Hordenwäscher gesetzt wurde. Eine aus drei übereinander gebauten Verbundeinheiten (Hordenwäscher und Naßelektrofilter) bestehende Großanlage zeigte nach T. H. Stayman[2]) folgende Betriebsergebnisse *(Zahlentafel 1)*.

Zahlentafel 1. Groß-Gichtgasreinigung aus Hordenwäscher und Naßelektrofilter

	Einheit	400 000 Nm³/h		355 000 Nm³/h	
		3 Einheiten	2 Einheiten	3 Einheiten	2 Einheiten
Rohgasstaubgehalt	g/Nm³	0,575	0,575	0,345	0,345
Reingasstaubgehalt	g/Nm³	0,029	0,086	0,014 bis 0,019	0,062 bis 0,057
Abscheidegrad	%	95	85	96—87	87,9

Der Verbundbetrieb Hordenwäscher—Elektrofilter erfordert reines Stadtwasser, da sonst die Spritzdüsen verstopfen, die die Innenseite der Niederschlagsrohre mit einem ständigen Wasserfilm versehen.

Es schien weiter zweckmäßig, in Zeitabständen von 6 Monaten jede Filtereinheit zur Reinigung und Ueberholung außer Betrieb zu nehmen, obgleich keine unbedingte betriebliche Notwendigkeit hierzu vorlag. Es zeigte sich, daß der Staubgehalt an der Hochofengicht von Zeit zu Zeit als Folge des Hochofenganges und verschiedenen Möllers erheblich schwankte. Dies ist von großem Einfluß auf die Wirksamkeit der Gasreinigungsanlage. Bei glattem, ungestörtem Hochofengang mit niedrigem Koksverbrauch und niedriger Gichttemperatur ist das Gichtgas leicht zu reinigen. Dagegen wird die Reinigung durch hohe Gichttemperatur sehr erschwert. *Bild 2* zeigt das Ergebnis derartiger Untersuchungen, besonders den Einfluß der Gichttemperatur auf die Arbeitsweise des Hordenwäschers. Auf Grund dieser Erfahrungen wurde die Höchstbelastung, d. h. der Gasdurchgang durch die Elektrofilteranlage auf 380 m³/h und Niederschlagsrohr festgelegt, um eine entsprechende Verweilzeit der Staubteilchen im Rohr zu gewährleisten. Wird diese Gasmenge überschritten, so wird (vor allem bei einer gleichzeitigen Verschlechterung des Wirkungsgrades der Hordenwäscher) die elektrische Fein-

reinigung zu stark beeinträchtigt. Die Schwierigkeiten der Vorreinigung des Gichtgases im Hordenwäscher werden weniger durch die Staubmenge, als durch die Beschaffenheit und Zusammensetzung des Staubes, besonders des feinsten Staubes mit Korngrößen unter 0,010 mm[5]) verursacht. Eisenerz, Koks und Kalkstein mit höheren Alkaliengehalten ergeben ein Gichtgas mit sehr hohem Anteil an Feinstaub, der zu erheblichen Störungen in den Gaswäschern führt. Das Erblasen hochsilizierter Roheisensorten führt zu noch größeren Reinigungsschwierigkeiten. Allerdings wird hiervon weniger die Feinreinigungsanlage als gerade die Vorreinigung betroffen. Bei der elektrischen Gasreinigung wie auch bei Feinreinigungs-Desintegratoren wirkt sich das schlechter vorgereinigte Gichtgas nur in einer unbedeutenden Erhöhung des Reingas-Staubgehaltes aus.

Die größten Schwierigkeiten bereitet aber die Gasreinigung bei Ferromangan-Verhüttung, weil sich dabei große Mengen trockenen Staubes ansammeln; ferner muß das Gas weitgehend vorgekühlt (ohne Unterschreitung des Taupunktes!) und das grobgereinigte Gichtgas

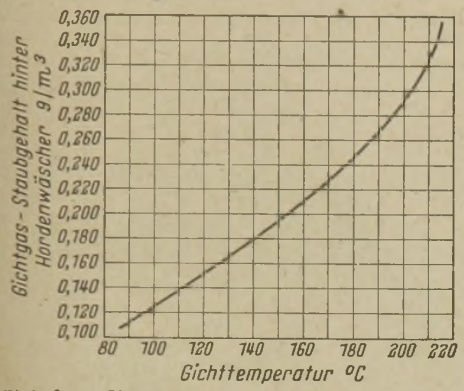


Bild 2. Einfluß der Gichttemperatur auf den Hordenwäscherbetrieb.

wieder aufgeheizt werden. Der günstigste Reinheitsgrad, der bei einem Ferromangan-Hochofen hinter zwei parallel geschalteten Hordenwäschern erzielt wurde, war 2,3 g/m³. Der nachgeschaltete Desintegrator reinigte herunter auf 0,014 g/m³, und der ungünstigste Wert während einer sechsmonatigen Betriebsreise lag bei 0,023 g/m³.

Die Verwendung von Horden oder Schlagleisten bei Hordenwäschern verspricht wenig Erfolg[3]), wenn es sich um Gichtgas von Ferromangan-Hochöfen handelt. Zweckmäßig scheint allein ein Einspritzkühler ohne jede Einbauten, da sich die Horden meist mit einer dicken Schlammschicht feinen Kalkmanganstaubes überziehen[3])[5]). Am besten eignet sich nach O. W. Rice[5]) der Theisen-Desintegrator, obwohl dieser Wäscher nach höchstens 8 Wochen Betriebszeit stillgesetzt werden muß, um die starken Kalkmanganansätze zu entfernen. Diese Betriebsweise hat sich im Verlauf von 12 Jahren bewährt, ist aber weit davon entfernt, ideal genannt zu werden.

Das Gichtgas von Ferromangan-Hochöfen wird meist trocken gereinigt, und zwar als Grobreinigung in Staubsäcken allein. Günstigere Ergebnisse wurden in einer Trocken-Elektrofilteranlage erzielt, wie sie seit einigen Jahren von einem großen amerikanischen Hüttenwerk betrieben wird. Das Gas wurde allerdings auch nur auf 0,46 g/m³ gereinigt, da keine höheren Ansprüche gestellt wurden. Im allgemeinen wird in den nordamerikanischen Hüttenwerken das Gas der Ferromangan-Hochöfen nur in Winderhitzern und unter Kesseln als warmes Rohgas verbrannt, so wie es von den Staubsäcken kommt. Der Gichtgasüberschuß wird abgefackelt, so daß der Manganstaub kilometerweit auf den Ferromangan-Hochofenbetrieb hinweist. Eine zufriedenstellende Reinigungsanlage für dieses Gas ist noch nicht gefunden worden. *Kurt Guthmann.*

Beizen mit Gas

Aus der Wärmebehandlung unter Schutzgas hat sich nach J. J. Turin[6]) das Gasbeizen entwickelt, das gegenüber dem Beizen mit Säuren verschiedene Vorteile hat: Bessere Oberflächenbeschaffenheit, die sich für Ueberzüge aller Art besonders gut eignet, keine Blasenbildung, die beim Säurebeizen oft zu beobachten ist, keine Notwendigkeit, vor dem Beizen zu entfetten, und kein Anfall großer Mengen verbrauchter Beizflüssigkeit, geringer Zeitaufwand und die Möglichkeit, in einem Arbeitsgang zu beizen und zu vergüten.

Das Beizgas, das 20% HCl, 40% CO_2 und als Rest Stickstoff enthält, wird in einem Muffelofen mit dem Stahlband bei 550 bis 750° in Berührung gebracht. Dabei wird der Zunder in Chlorid übergeführt und verflüchtigt und die Oberfläche geätzt, die dadurch eine für Ueberzüge günstige Beschaffenheit erhält. Hinter dem Ofen wird das verbrauchte Gas von den Chloriden und dem unverbrauchten Chlorwasserstoff gewaschen. In einem vorgeschalteten Muffelofen soll der Stahl mit möglichst geringem Abbrand aufgeheizt werden, wobei er gleichzeitig durch Gasbrenner entfettet wird. Die Temperatur dieses Vorwärmofens wird selbstregelnd auf 815 bis 925° gehalten. Im eigentlichen Behandlungsofen behält der Stahl während der nötigen Einwirkungsdauer gleiche Temperatur und gelangt erst am Ende in die Abkühlungszone. Durch eine Flüssigkeitsdichtung, die nicht näher beschrieben wird, verläßt das Band den Ofen. Der gesamte Vorgang erfolgt in fließender Fertigung; dabei ist je nach der Abmessung des zu beizenden Bandes die Geschwindigkeit zu ändern, während die zugeführte Gasmenge gleichbleiben kann.

Angaben über die Abmessungen des zu beizenden Gutes werden in einer Arbeit von R. F. Renkin[7]) gemacht; danach behandelt diese Gasbeizanlage kaltgewalzten, unberuhigt vergossenen Bandstahl von 508 mm Breite und 0,38 mm Dicke mit einer Arbeitsgeschwindigkeit von etwa 38 m/min, was bei einem 15 m langen Ofen einer Beizdauer von etwa 24 s entspricht.

Die für den Beizofen benutzte Muffel — nach Renkin ist sie 15 m lang und 760 mm breit — besteht aus innenbeheizten feuerfesten Steinen oder außenbeheiztem hitzebeständigem Stahl mit 25% Cr und 12% Ni. Ein geringer, nicht schädlicher Unterdruck erlaubt eine einfache Rollendichtung am Ofeneintritt. Obgleich das Beizgas mit Eisen reagiert, ist die Stahlmuffel vor Angriffen durch einen sich bildenden Ueberzug nichtflüchtiger Nickel- und Chromchloride geschützt.

Mikroskopische Untersuchungen und Vergleiche mit flüssig gebeizten Stählen zeigen die Ueberlegenheit des Verfahrens. Wenngleich es vorläufig noch auf die Verzinkungstechnik beschränkt ist, so wird die Anwendbarkeit doch auch bald auf andere Gebiete übergehen.

Dietrich Zauleck.

Schmierstoff-Rückgewinn aus dem Abwasser

Eine der wichtigsten Möglichkeiten, Schmierstoffe einzusparen, ist die Sammlung und Aufbereitung von Altöl. Nur ein Bruchteil der den Kraft- und Arbeitsmaschinen zugeführten Schmierstoffe wird „verbraucht", und zwar nur, was durch Verbrennung und Verkokung oder Alterung und Oxydation eine tiefgreifende chemische Veränderung erfährt und damit entweder sofort oder bei der Wiederaufbereitung verlorengeht. Bei der Metallbearbeitung muß weiter als unwiederbringlich verloren angesehen werden, was an den Werkstücken und an Spänen endgültig haftenbleibt oder was verdunstet und verdampft.

Weniger bekannt ist, daß ein großer Teil der Schmierstoffe zusammen mit dem Regenwasser und dem Putz- und Kühlwasser in das Abwasser fließt. Im Zusammenhang sei erinnert an die Tropföle, z. B. von Krananlagen, Verladebrücken, Umschlagseinrichtungen und Werksbahnen, sowie an die letzten Reste Metallbearbeitungsöl, die in den Spänehaufen durch Regen ausgelaugt werden. Auch das Waschwasser aus den Waschräumen führt Schmierstoffe mit, und die gebrauchten Laugen aus den Wäschereien für Arbeitskleidung und Putztücher sind ebenfalls ölhaltig.

Die Bedeutung dieser Frage soll an einem Beispiel erläutert werden. Der Anteil der Schmierstoffe in diesen Wassermengen ist prozentual gering, mengenmäßig jedoch groß. Diese schmierstoffhaltigen Abwässer bedeuten in den Flußläufen und Vorflutern eine Gefährdung für das pflanzliche und tierische Leben und müssen deshalb ausgeschieden werden, bevor das Abwasser in das öffentliche Wassernetz gelangt. Innerhalb großer Städte lassen sich häufig die Betriebe, die Schmierstoffe in das Abwasser gelangen lassen, nicht eindeutig ermitteln. Bei Anlagen außerhalb geschlossener Siedlungen mit eigener Abwasserwirtschaft fallen die Belästigung und der Urheber deutlicher auf. Im allgemeinen achten aber hier die Wasserbaubehörden auf derartige Verunreinigungen und dringen auf die Beseitigung.

[5]) Rice, O. W.: Iron Coal Tr. Rev. 146 (1943) S. 527; vgl. auch Stahl u. Eisen 64 (1944) S. 310/11.
[6]) Iron Age; nach Iron Coal Tr. Rev. 149 (1944) S. 376.
[7]) Steel 114 (1944) S. 102/04; nach Bulletin Iron Steel Inst. 103.

Die Rückgewinnung der Schmierstoffe aus den Abwasseranlagen ist aber auch für deren Einsparung von Bedeutung und lohnt sich sogar nach der wirtschaftlichen Seite.

An ein rheinisches Eisenhüttenwerk stellte die Wasserbaubehörde die Forderung, daß nur ölfreie Abwässer in den Flußlauf gelangen dürfen. Ein großer Teil der Oele stammte aus der Schmierung der Großgasmaschinen-Zylinder. Das Kolbenkühlwasser enthält geringe Mengen Schmieröl. Im Walzwerk werden die Walzenzapfen mit Fett durch Fettpressen geschmiert. Die Lager haben direkte Wasserkühlung, weshalb das Wasser abgespültes Fett mitführt. Da schwierige Profile zu walzen sind, werden die Walzenballen mit einem dunklen Oel oder Altöl geschmiert. Gerade dieser Ballenschmierstoff tropft stark ab und kommt zusammen mit dem Ballenkühlwasser in die Abwasseranlage. Auch die Kondensate aus den Kompressoren und Windkesseln mit ihrem Oelgehalt kommen zum Abwasser. Aehnliche Verhältnisse, wie sie im Jahre 1938 bei dem genannten Unternehmen vorhanden waren, dürften auch heute noch in vielen Betrieben vorliegen.

Als erste Maßnahme wurden die gesamten Abwässer der Hütte zu einer gemeinsamen Leitung zusammengeführt und über eine Oelabscheideanlage *(Bild 1)* geleitet. In einen Teich von rechteckigem Grundriß wurden Trennwände eingebaut, durch die das Abwasser so geführt wurde, daß sich die Anfangsgeschwindigkeit verringert und das Wasser unter einer Haltebohle langsam hindurchtritt. Die Bohle taucht 10 bis 20 cm in das Wasser ein, so daß die spezifisch leichteren Schmierstoffanteile mit Sicherheit zurückgehalten werden. Zum Schluß strömt das Wasser über einen Ueberlauf den Pumpen zu, die das Wasser in den Flußlauf fördern. Der Ueberlauf ist notwendig, um einen gleichmäßigen Wasserspiegel in der Abscheideanlage sicherzustellen. Ein Hilfsarbeiter schöpft in gewissen Zeitabständen den abgeschiedenen Schmierstoff von dem Wasserspiegel vor den Rückhaltebohlen ab. Dazu dient eine Schöpfkelle, deren Rückwand als Sieb ausgebildet ist. Solche Kellen werden auch zum Kanalräumen verwendet. Mit einiger Geschicklichkeit gelingt es durch entsprechendes Neigen der Kelle, den Schmierstoff ohne wesentliche Beimengung abzuschöpfen. Der abgeschöpfte Schmierstoff wird in einer Absetzwanne wasserfrei gemacht. Diese Oelabscheideanlage lieferte bereits ganz ansehnliche Schmierstoffmengen. Es zeigte sich jedoch, daß es vorteilhaft war, unmittelbar hinter dem Walzwerk eine grobe Abscheidung für Schmierstoffe — in ähnlicher Bauweise wie nach *Bild 1* — anzubringen, um den Transport der hier in großem Maße anfallenden Schmierstoffe durch die gesamte Anlage zu vermeiden. Hierdurch wurde der Wirkungsgrad der Oelabscheidung gesteigert.

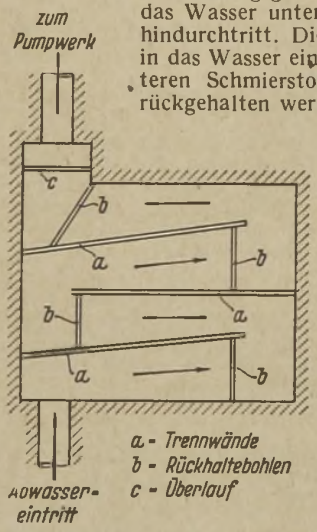


Bild 1. Grundriß einer Abwasserentölungs-Anlage.

Die Hütte wird von mehreren offenen Rinnsalen durchflossen, welche das Regenwasser und auch sonstige Abwässer aufsammeln. Durch den Einbau eines Ueberlaufes und eines davorgeschalteten Oelabstreifbrettes nach *Bild 2* gelingt es auch hier, Schmierstoffe aufzufangen. Durch Schrägstellen dieser Rückhaltebohle reichert sich der Schmierstoff in dem spitzen Winkel an, den die Rückhaltebohle mit dem Ufer bildet. Täglich einmal wird der Altschmierstoff abgeschöpft. Durch die Anordnung mehrerer derartiger Schmierstoffsperren ist es möglich, diese offenen Rinnsale weitgehend ölfrei in den Vorfluter laufen zu lassen.

Zur weiteren Verfeinerung der Entölung des Abwassers wurde noch eine Anlage nach *Bild 3* am Ufer des Flusses eingerichtet. Diese Anlage ist vor der Einmündung des offenen Sammelrinnsales und vor der Mündung der von den Abwasserpumpen geförderten Wassermengen angeordnet. Sie zieht sich über eine Strecke von etwa 100 m am Ufer entlang. Der Ueberlauf selbst ist in Stromrichtung schwach geneigt angeordnet, und zwar sinkt er auf einer Länge von etwa 100 m nur um wenige Zentimeter (etwa 0,6 ‰ Gefälle) ab.

Die geschilderten Maßnahmen wurden in der dargestellten Reihenfolge ergriffen und die vorher so störenden Schädigungen des Pflanzen- und Tierlebens sowie des Badebetriebes behoben. Unwirksam wird die Anlage am Flußufer bei Hochwasser, wobei aber auch die vorbeiströmenden Wassermengen derartig groß sind, daß eine Schädigung nicht mehr zu befürchten ist. Auch Frost benachteiligt das Ausbringen von Schmierstoffen am Flußufer und in den offenen Rinnsalen, während jedoch die Anlage nach *Bild 1* über genügend Eigenwärme verfügt. Allerdings beeinträchtigt die im Winter höhere Schmierstoffzähigkeit das Abscheiden nachteilig. Jedoch ist auch dann der Anfall von Altschmierstoff lohnend. *Zahlentafel 1* zeigt die Ergebnisse für den Monatsdurchschnitt über sechs Jahre. Der Verbrauch an neuen Schmierstoffen wird nicht nur beeinflußt durch die Rückgewinnung, sondern auch von der infolge der Kriegsverhältnisse erzwungenen schärferen Bewirtschaftung, sowie anderseits durch die Umstellung und Vergrößerung der Betriebe, so daß die Zahlen über die Senkung des Verlustverbrauches (Begriffserklärung siehe *Zahlentafel 1*) kein ohne weiteres vergleichbares Bild geben.

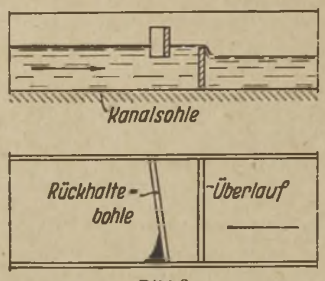


Bild 2. Oelfang in offenem Abwasserrinnsal.

Das aus der Kläranlage gewonnene Oel wird durch Absitzenlassen entwässert und durch eine Siebanlage von Zunder und groben Verunreinigungen befreit. In diesem Zustand kann es zum Schmieren der Walzenballen beim Profilwalzen eingesetzt werden.

Ferner ging man dazu über, Altöl aus den Kompressorenanlagen und Windkesseln wiederzugewinnen, ebenso Altöl an den Stellen, wo Tropfverluste auftreten, unter Lagern, Wellendurchtritten, Werkzeugmaschinen usw. Diese Schmierstoffe — es sind vorwiegend Oele — werden so aufbereitet, daß sie für den ursprünglichen Verwendungszweck eingesetzt werden können (Spalte d, *Zahlentafel 1*), während der aus der Kläranlage gewonnene Schmierstoff aus einer Mischung von verschiedenen Fetten und Oelen besteht, die nicht mehr auf ihre Ursprungsstoffe zurückgeführt werden können. Aus *Zahlentafel 1* geht hervor, daß der Gesamtschmierbedarf unter Berücksichtigung des wiedergewonnenen Altschmierstoffes trotz der gesteigerten Fertigung

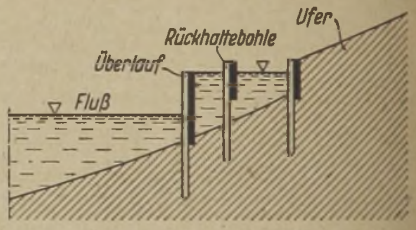


Bild 3. Abwassereintritt in den Flußlauf.

Zahlentafel 1. Entwicklung des Schmierstoffbedarfes eines Eisenhüttenwerkes (in kg/Monat)

a	b	c	d	e	f
Jahr	Verlustverbrauch im Monatsdurchschnitt (neu zu beschaffende Schmierstoffe)	Aus der Kläranlage wiedergewonnener und für Ballenschmierung eingesetzter Schmierstoff	Regenerat bzw. Filtrat aus Lager-, Getriebe- und Kompressorenschmierung	Gesamtschmierbedarf (b + c + d)	Anteil des Altöles am Schmierbedarf $\frac{c+d}{e} \cdot 100$
	kg/Monat	kg/Monat	kg/Monat	kg/Monat	%
1938	25 950	0	0	25 950	0
1939	20 250	3170	—	23 420	13,5
1940	19 300	3400	360	23 060	16
1941	18 750	3400	500	22 650	17,2
1942	14 850	3950	950	19 750	25
1943	15 000	4000	1270	20 270	28

Schmierbedarf = der Maschine oder der Anlage zugeführter Schmierstoff, unabhängig davon, ob der zugeführte Schmierstoff aus Neuschmierstoffen oder aufbereiteten Altschmierstoffen (Filtrat bzw. Regenerat) oder Mischungen hieraus besteht.
Verlustverbrauch = tatsächlich verlorengehender und deshalb laufend neu zu beschaffender Schmierstoff zur Deckung der unvermeidlichen Verluste einschließlich der Aufbereitungsverluste[1]).

[1]) Vgl.: Praxis der Schmierstoffeinsparung (Müncheberg/Mark 1944) S. 23.

um mehr als 20 % gesenkt werden konnte, während der Bedarf an neuen Schmierstoffen um über 40 % zurückging. Der Anteil an wieder einsatzfähigem Altschmierstoff am Gesamtverbrauch betrug im Jahre 1943 28 %. Der Anteil erscheint nicht hoch; es ist aber zu berücksichtigen, daß das aus den Spänen und von den Werkstücken in der Werkstatt wiedergewonnene Metallbearbeitungsöl buchmäßig nicht erfaßt wird und deshalb nicht in Erscheinung tritt.

Für die Betreuung und Inganghaltung der Anlagen genügt ein Hilfsarbeiter. Aufwand an Energie ist nur für die Aufbereitung der hochwertigeren Schmieröle notwendig, wogegen die Reinigung der aus der Kläranlage wiedergewonnenen Schmierstoffe ohne Aufwand von Heizdampf, Strom u. dgl. erfolgt. An Stelle der früher für die Ballenschmierung zu beschaffenden Schmierstoffe werden nunmehr monatlich 4 t eingespart, was einem Wert von 1400 RM entspricht. Unter der Annahme, daß einschließlich aller Unkosten und Zuschläge die Personalkosten für die Bedienung monatlich 500 RM ausmachen, ergibt sich ein jährlicher Gewinn von über 10 000 RM, ein Betrag, mit dem auch recht umfangreiche Anlagen verzinst und abgeschrieben werden können. Paul Beuerlein und Nestor Kuckhoff.

Zeitschriften- und Bücherschau Nr. 6[1])

Allgemeines

Erweiterungspläne für die englische Eisen- und Stahlindustrie. Auszug aus einem Bericht der British Iron and Steel Federation, unterteilt nach den einzelnen Gebieten. [Iron Coal Tr. Rev. 152 (1946) Nr. 4081, S. 881/85.]

Geschichtliches

Winge, Knut: Der Ofen von Hasslaröd.* Rennofen mit Steinplattenbelag. Lichte Abmessungen: Breite 0,60 m, Länge 0,75 m und Tiefe 0,70 m. [Blad Bergshandt. Vänn. 79 (1943) Nr. 3, S. 142/47.]

Grundlagen des Eisenhüttenwesens

Allgemeines. Aufgaben und Leistungen der industriellen Forschung.* Wirtschaftliche Bedeutung technisch-wissenschaftlicher Forschung für die Ausfuhrindustrie der Schweiz; die Entwicklung des industriellen Forschungsgedankens; Voraussetzungen und Hilfsmittel der industriellen Forschung. [Schweiz. Bauztg. 123 (1944) Nr. 16, S. 183/86; Nr. 17, S. 194/97.]

Mechanische Technologie. Kollbrunner, C. F.: Die Ausbeulung von durch einseitigen, gleichmäßig verteilten Druck beanspruchten Blechen im elastischen und plastischen Bereich.* Hinweis auf die von der Technischen Kommission des Verbandes Schweizerischer Brückenbau- und Stahlhochbau-Unternehmungen durchgeführten Versuche. Es handelt sich um das Verhalten der Bleche gegenüber Belastungen, die in der Blechebene wirken. [Schweiz. Bauztg. 65 (1947) Nr. 8, S. 95/96.]

Bergbau

Lagerstättenkunde. Geijer, Per, und Nils H. Magnusson: Ueberblick über die Eisenerzvorräte Mittelschwedens.* Aeltere Vorratsberechnungen. Ergebnisse der Untersuchungen der Verfasser geordnet nach geologisch-mineralogischen Merkmalen der Erze und Aufteilung in Gesamtvorräte, Stückerz, Aufbereitungserz und Schlich, sowie nach Phosphor- und Mangangehalten. Erörterungsbeiträge. [Jernkont. Ann. 128 (1944) Nr. 9, S. 379/422.]

Aufbereitung und Brikettierung

Rösten und thermische Aufbereitung. Tettenborn, Max: Das Renn-Wälz-Verfahren. Erzeugung eines eisenreichen und eines metallreichen Produktes, z. B. Zinkoxyd. Rohstoffe für das Verfahren. Unterschiede zwischen Renn- und Wälzverfahren. Anwendungsgebiet. Verarbeitung verschiedener Rückstände nach diesem Verfahren. Metallurgische Versuchsergebnisse und Weiterverarbeitung der Erzeugnisse. [Technik 1 (1946) Nr. 6, S. 276/79.]

Tigerschiöld, Magnus: Metallurgische Verfahren zur Steigerung des Eisenausbringens bei der Anreicherung armer Erze.* Magnetisierendes Rösten von Roteisenerzen mit anschließender magnetischer Anreicherung, Krupp-Rennverfahren und Erzeugung von Eisenschwamm aus armen Erzen mit anschließender Anreicherung als metallurgische Aufbereitungsverfahren in ihrer Entwicklung und ihrem heutigen Stand. Versuch eines Vergleiches der drei Verfahrensarten untereinander. Schrifttumsübersicht. Erörterungsbeiträge. [Jernkont. Ann. 128 (1944) Nr. 9, S. 423/56; vgl. Stahl u. Eisen 66/67 (1947) Heft 7/8, S. 122/23.]

Oefen und Feuerungen im allgemeinen

Schornsteine. Gehler, W.: Industrieschornsteine. I. Erfahrungen beim Bau und Versuchsergebnisse. II. Vorschläge zur weiteren Entwicklung. Ausführung von Schornsteintürmen.* Wettbewerb zwischen gemauerten Schornsteinen und fugenlosen Stahlbetonschornsteinen bei größeren Höhen von über 100 m. Die fünf Grundgrößen beim Schornsteinentwurf. Fünf Gruppen der üblichen Schadenfälle bei gemauerten Schornsteinen und ihre Ursachen (lotrechte Wärmerisse, waagerechte Wärmerisse am Schornsteinkopf und die Schrägrisse im Schaft infolge örtlicher Ueberbeanspruchung, landkartenartige Risse infolge Explosion, Blitzschlag). Futterausbildung durch Anwendung der Zeta-Bauweise, Ausführungsbeispiele und Versuchsergebnisse. Vergleich und physikalische Eigenschaften des Schornsteinmauerwerks mit denen des Stahlbetons. [Z. VDI 88 (1944) Nr. 33/34, S. 433/49; Nr. 35/36, S. 475/88.]

Feuerungstechnische Untersuchungen. Hegemann, Johann: Belastungen und Temperaturen von gekühlten Feuerräumen.* [Wärme 67 (1944) Nr. 4/5, S. 99/101.]

Krafterzeugung und -verteilung

Allgemeines. Koch, Heinrich: Die Steinkohle in der Energiewirtschaft Westdeutschlands mit besonderer Berücksichtigung der kohlen- und kraftwirtschaftlichen Verhältnisse der Ruhrzechen.* Aufteilung des Kohleverbrauchs nach Verbrauchergruppen. Unterteilung der Stromerzeugung nach Energiequellen einschließlich Wasser- und Windkraft. Vorräte und Lebensdauer der Kohlevorkommen unter Berücksichtigung der jährlichen Förderung. Stromerzeugung durch öffentliche und industrielle Erzeugergruppen. Möglichkeiten des Steinkohlenbergbaues zur Erzeugung von Energie über den eigenen Bedarf hinaus ohne Minderung des Kohleabsatzes. [Bergbau-Archiv Bd. 2. 1946. S. 130/48.]

Dampfkessel. Francke, G.: Schäden an Hochdruckkesseln durch Kieselsäurebelag in den Brennkammer-Kühlwandrohren.* Untersuchung eines Schadenfalles. Herkunft der Kieselsäure und des Oeles. Entkieselung des Rohwassers. [Wärme 67 (1944) Nr. 1, S. 12/14.]

Gilg, F. X.: Dampferzeugung in Hüttenwerken.* Beschreibung einiger durch die Babcock & Wilcox Co. ausgeführten Wasserrohrkessel für Koksofengas- und Kohlenstaubfeuerung. [Blast Furn. 34 (1946) Nr. 1, S. 138 u. 139/44.]

Profos, P.: Die Stabilität der Wasserverteilung in Zwanglauf-Heizflächen.* Berichte über die Versuche der Firma Gebr. Sulzer, A.-G., Winterthur, über die Verteilung der Beheizung in aus parallel geschalteten Rohren bestehenden Systemen. [Schweizer Arch. angew. Wiss. Techn. 13 (1947) Nr. 1, S. 1/8.]

Wartenberg: Der Regler in der Dampfwirtschaft.* Ausführung und Bedeutung von Reglern für Dampfkesselanlagen. [Mitt. techn. Ueberw.-Ver., Essen, 1946/47, Folge 5, S. 33/48.]

Dampfwirtschaft. Kellermann, K., und K. Griebel: Neuzeitliche Wasseraufbereitung mit Phosphaten, insbesondere polymeren Phosphaten.* [Wärme 67 (1944) Nr. 4/5, S. 77/90.]

Schmid, Karl: Das Kalk-Soda-Verfahren mit Rückführung von Kesselwasser, ein Mittel zur Einsparung von Soda bei der Aufbereitung von Kesselspeisewasser. Durchführung einer Vergleichsberechnung zwischen Betrieben mit und ohne Rückführung von Kesselspeisewasser. Ersparnisse an Soda je nach Verhältnissen 20 bis über 60%. [Wärme 67 (1944) Nr. 7/8, S. 133/36.]

Sellin, W.: Wasseraufbereitung oder Verdampfer in Dampfkraftwerken.* Rohwasseraufbereitung mit einem Salzgehalt von 500 mg/kg für Hochdruckdampfkessel möglich und vorteilhaft. Schaltung von Verdampfern unter Vermeidung von Energieverlusten bei etwa 5% Zusatzspeisewasserbedarf. [Z. VDI 88 (1944) Nr. 25/26, S. 333/40.]

Riemen- und Seiltriebe. Suhle, R.: Die Treibfähigkeit der Treibscheibe bei Abnutzung.* Einlauftiefe und Treibfähigkeit. Reibungsarbeit des Seilschleichens. Spezifische Rillenabnutzung. Treibfähigkeit und Rillenabnutzung. Lebensdauer der Treibscheibe, Abnutzungsfaktor. Beispiele. [Wärme 67 (1944) Nr. 7/8, S. 147/52.

Roheisenerzeugung

Hochofenverfahren und -betrieb. Rein, Arthur: Haltevorrichtung für das Stichloch-Brennrohr.* [Stahl u. Eisen 66/67 (1947) Nr. 9/10, S. 159/60.]

Gichtgasreinigung und -verwertung. Dahlquist, Evald: Elektrofilter.* Theoretische Grundlagen, Aufbau und Wirkungsweise des Elektrofilters. Beschreibung und Betriebsergebnisse ausgeführter Anlagen in der Metallindustrie. [Tekn. T., Elektrotekn., 73 (1943) Nr. 7, S. 116/25.]

Stahlerzeugung

Allgemeines. Die elektrische Ausrüstung der Thomas- und Siemens-Martin-Stahlwerke.* Richtige Wahl der Motoren. Tätigkeit der Hebezeuge, der Schrägaufzüge mit Gegengewichtsbremsen und der ebenen Beförderungsmittel. Auf den Schutz der Motoren wird hingewiesen. [Métallurgie Construct. méc. 76 (1944) Nr. 5, S. 7/10; Nr. 6, S. 11/12.]

Kilby, J. A., und W. G. Cameron: Neuere Fortschritte in der Stahlherstellung. Hinweise auf folgende Punkte: Automatenstahl mit höherem Stickstoffgehalt aus dem Siemens-Martin-Ofen; Erzeugung von Stählen mit niedrigem Phosphor- und Stickstoffgehalt in der Thomasbirne; Behandlung von überfrischtem Thomasstahl mit reduzierender Schlacke; Bedeutung des Elektrostahles; Verbesserungen in der Durchbildung von Siemens-Martin-Oefen; Bedeutung des basischen Siemens-Martin-Stahles. [Engineering 163 (1947) Nr. 4234, S. 209.]

Metallurgisches. Helmer, Govert: Oberflächenfehler an Blöcken und Walzgut.* Gießbedingungen, Erstarrung, Kokillenform, Kokillenbehandlung und andere Veränderliche als Ursache von Oberflächenfehlern; Maßnahmen zu ihrer Verhütung. Oberflächenfehler an Halbzeug, durch Walzen oder Warmbehandlung entstanden, und Verfahren, sie zu beseitigen. Wirtschaftliche Gesichtspunkte. Erörterung. [Jernkont. Ann. 128 (1944) Nr. 9, S. 457/520.]

Verarbeitung des Stahles

Walzvorgang im allgemeinen. Ford, Hugh: Walzwerksuntersuchungen.* Kurze Beschreibung des bei der Universität Sheffield aufgestellten Versuchswalzwerks und des vorgesehenen Versuchsprogramms. Es handelt sich um ein 250er Kaltwalzgerüst mit 120 PS Gleichstrom-Antriebsgenerator und Haspel vor und hinter der Straße. Besonders eingehend wird die elektrische Meßeinrichtung beschrieben, die keine besonderen Neuerungen enthält. Das Versuchsprogramm sieht zunächst das Walzen von kaltgewalzten Bändern mit Zug und Gegenzug vor. [Iron Coal Tr. Rev. 154 (1947) Nr. 4117, S. 171/78.]

Walzwerkszubehör. Hochdruckwasserdüse für Entzunderung.* Kurze Beschreibung der Harland-Aldrich-Entzunderungsdüse. Die Austrittsöffnung ist ein schmaler Schlitz in einer Scheibe aus nichtrostendem Stahl. Erforderlich ist ein Entzunderungsdruck von etwa $1^1/_2$ kg je cm Breite des Walzgutes, was einem Verbrauch von etwa 0,9 l/min bei 60 ata je cm Breite entspricht. [Iron Coal Tr. Rev. 152 (1946) Nr. 4082, S. 934.]

Wahl, M.: Kunstharz-Preßstoff in Anstellmuttern für Walzwerke.* [Z. VDI 88 (1944) Nr. 25/26, S. 353/54.]

[1]) Das Verzeichnis der regelmäßig bearbeiteten Zeitschriften ist abgedruckt in Stahl u. Eisen 59 (1939) S. 95/96. — ≡ B ≡ bedeutet Buchanzeige. — * bedeutet Abbildungen in der Quelle.

Beziehen Sie für Karteizwecke vom Verlag Stahleisen m. b. H. die einseitig bedruckte Sonderausgabe der Zeitschriftenschau.

Weiterverarbeitung und Verfeinerung

Ziehen und Tiefziehen. Wallmann, Karl: Erfahrungen in der Ausgestaltung von Ziehwagen und Zubehör für den Mehrstangenzug.* Kritische Betrachtung des Stangenzuges vom Blickpunkt des heutigen Standes der Technik. Entwicklung der möglichen und erforderlichen Arbeitsarten mit ihren Betätigungen und dem notwendigen Arbeitszeitmaß. Stufenweiser Fortschritt der Gestaltung eines Doppelziehwagens nach eingehender Erforschung der ablaufenden Arbeitsvorgänge. [Stahl u. Eisen 66/67 (1947) Nr. 9/10, S. 149/53 (Blankstahlaussch. 4).]

Schneiden, Schweißen und Löten

Schneiden. Rohrförmige Elektroden für Unterwasserschneidarbeiten. Hinweis auf diese Elektrodenart, mit der beim Zerschneiden von Stahlblechen von 12,5 mm Dicke Arbeitsgeschwindigkeiten von mehr als 1,2 m/min erreicht wurden. [Iron Coal Tr. Rev. 152 (1946) Nr. 4077, S. 714.]

Oberflächenbehandlung und Rostschutz

Allgemeines. Peters, F. P.: Elektrolytisches Polieren. Hinweis auf die Anwendung von Lösungen 1. aus 60% Zitronensäure, 15% Schwefelsäure und Wasser, 2. von Mischungen aus Schwefel- und Phosphorsäure zum Polieren von Teilen aus nichtrostendem Stahl. [Sci. Amer. 1946, Nov.; nach Technik 2 (1947) Nr. 1, S. 13.]

Verzinken. Imhoff, W. G.: Einfluß von Blei auf Feuerverzinkungsbäder.* Vorteile des Bleizusatzes. [Iron Age 159 (1947) Nr. 2, S. 46/49.]

Sonstige Metallüberzüge. Fischer, Johannes: Die elektrolytische Abscheidung glänzender Metallniederschläge. I. Allgemeines und wissenschaftliche Grundlagen. Technische und wirtschaftliche Bedeutung der Gewinnung glänzender Metallüberzüge. Allgemeines über die notwendige Zusammensetzung der Bäder und die heutigen Erkenntnisse über die wissenschaftlichen Grundlagen der Abscheidung glänzender Niederschläge. [Metalloberfläche 1 (1947) Nr. 2, S. 28/31.]

Spritzverfahren. Jones, W. D.: Verspritzen von Metallpulvern. Hinweis auf die Schori-Spritzpistole, die mit Azetylen-Sauerstoff-Gemischen oder anderen geeigneten Gasen, zusammen mit Luft, betrieben wird. [Iron Coal Tr. Rev. 154 (1947) Nr. 4119, S. 288.]

Wärmebehandlung von Eisen und Stahl

Glühen. Glühöfen für große Stahlbleche.* Beschreibung eines gasgefeuerten Ofens der Firma Guest Keen Baldwins Iron & Steel Co., Ltd., für Bleche bis zu rd. 15 m Länge, 3,5 m Breite und 70 mm Dicke. Angaben über die Brenner, Beschickungseinrichtung, Temperatur- und Gasüberwachung. [Iron Coal Tr. Rev. 154 (1947) Nr. 4122, S. 427/31.]

Gille, Nils J.: Weichglühen und Normalglühen von Stahlrohren bei Hochfrequenzerhitzung. Angaben über Einrichtungen und Erfahrungen bei der See Fabriks A.-B., Sandviken, mit Rohren von 20 bis 85 mm Dmr. und 1 bis 8 mm Wanddicke aus folgenden Stählen:

	% C	% Si	% Mn	% Cr	% Mo	% Ni	% Ti
1.	0,13	0,1	0,5	—	—	—	—
2.	0,2	0,1	0,5	—	—	—	—
3.	0,3	0,15	1,35	—	—	—	—
4.	0,25	0,35	0,7	1,0	0,2	—	—
5.	0,07	0,5	0,5	18,2	—	8,8	0,5

[Blad Bergshandt. Vänn. 8 (1944) Nr. 4, S. 361/76.]

Härten, Anlassen, Vergüten. Holden, A. F.: Fließfertigung in der Wärmebehandlung.* Beschreibung von Anlagen zur stetigen Härtung kleiner Teile, z. B. aus Schnellarbeitsstahl. [Iron Age 158 (1946) Nr. 20, S. 70/74.]

Eigenschaften von Eisen und Stahl

Gußeisen. Geist, K. R., und W. A. Hambley: Kurzbezeichnung von Gußeisen.* Beziehungen zwischen dem Probestabdurchmesser einerseits, der Zugfestigkeit, Brinellhärte in Kern und Rand für Wanddicken von 50, 75, 100 und 125 mm bei den genormten amerikanischen Gußeisenklassen anderseits. Schaubilder, aus denen der Konstrukteur für einen gegebenen Querschnitt und eine gewünschte Zugfestigkeit die zu bestellende Normsorte entnehmen kann. System zur Kurzbezeichnung des gewünschten Gußeisens mit etwaigen Legierungsgehalten — Kupfer, Nickel, Chrom, Molybdän — und Wärmebehandlungszustand. [Iron Age 158 (1946) Nr. 18, S. 46/49.]

Baustahl. Archer, Robert S.: Legierte Baustähle; eine amerikanische Uebersicht nach dem Kriege.* Härtbarkeit, Unempfindlichkeit gegen Spannungsspitzen, schlagartige Beanspruchungen und Anlaßsprödigkeit als Punkte für die Auswahl legierter Baustähle. Schaffung der NE- (National Emergency-) Stähle in Amerika während des Krieges; deren Bewährung und Beibehaltung. [Iron Steel 19 (1946) Nr. 14, S. 787/92.]

Feinbleche. Choul: Neue Untersuchungen über die Anisotropie von Feinblechen.* Auswirkung der Walzrichtung bei Tiefziehbeanspruchung; ihre Feststellung im Erichsen-Versuch. [Métallurgie Constr. méc. 76 (1944) Nr. 5, S. 3/5; Nr. 6, S. 1/3.]

Einfluß der Warm- und Kaltverarbeitung. Zschokke, H.: Die Erhöhung der Kriechgrenze durch Kaltreckung.* Untersuchungen an folgenden Stählen über die DVM-Dauerstandfestigkeit bei 550 bis 750° in Abhängigkeit von der Walzendtemperatur (660 bis 1000°) und einer Kaltreckung um 0 bis 45%:

	%C	% Si	% Mn	% Cr	% Ni	% Sonstiges
1.	0,11	0,82	1,03	18,2	8,7	0,32 Ti, 0,82 W
2.	0,17	1,01	0,93	18,5	9,08	1,5 Ta + Nb, 1,3 W
3.	0,08	0,72	0,74	17,7	10,9	2,63 Mo, 0,30 Ti

[Schweizer Arch. angew. Wiss. Techn. 12 (1946) Nr. 10, S. 297/304.]

Einfluß der Temperatur. Eigenschaften verschiedener Legierungen bei tiefen Temperaturen.* Auszug aus einem Bericht über Versuche der North American Aviation, Inc., Inglewood (Calif.), über Streckgrenze, Zugfestigkeit und Bruchdehnung bei 20° und — 195° von Blechen aus nichtrostendem und unlegiertem Stahl. [Iron Age 158 (1946) Nr. 20, S. 75.]

Einfluß von Zusätzen. Schropp, Hermann: Einfluß der ständigen Eisenbegleiter und der Legierungselemente auf die Stahleigenschaften. Uebersichts- und Vergleichstafel. Zusammenstellung bisheriger Schrifttumsangaben über den qualitativen Einfluß der üblichen Begleit- und Legierungselemente auf mechanische, physikalische, metallurgische, technologische, Wärmebehandlungs- und chemische Eigenschaften. [Technik 2 (1947) Nr. 1, S. 14/18.]

Sonstiges. Snoek, J. L.: Zeitabhängige Erscheinungen in Eisen enthaltenden Stoffen unter dem Einfluß mechanischer und magnetischer Kräfte.* Erörterung der Erscheinung und Ursache der lang- und kurzzeitigen Nachwirkung, vor allem bei der Magnetisierung von Eisen und Eisenoxyden. [Schweizer Arch. angew. Wiss. Techn. 13 (1947) Nr. 1, S. 9/14.]

Mechanische und physikalische Prüfverfahren

Festigkeitstheorie. Thum, August: Die Entwicklung der Lehre von der Gestaltfestigkeit. Die Anfänge einer wissenschaftlichen Festigkeitslehre. Werkstoffkunde als Ergänzung der Festigkeitslehre. Der Einfluß der Form auf das Festigkeitsverhalten, vor allem bei wechselnder Beanspruchung. Der Körper gleicher Spannung als Konstruktionsziel, nämlich der Leichtbau. [Z. VDI 88 (1944) Nr. 45/46, S. 609/15.]

Biegeversuch. Schweinsberg, Carl: Zerstörungsfreie Materialprüfung durch Biegungsprüfung.* Prüfung von Stangen, Rohren und Profilen auf Durchbiegung bei einer gegebenen Einspannlänge und Biegebelastung an Stelle des Zugversuches. [Aluminium, Berl., 26 (1944) Nr. 12, S. 247/48.]

Schwingungsprüfung. Bollenrath, Franz, und Heinrich Cornelius: Zugschwellfestigkeit gleichartig gekerbter Stahlstäbe mit verschiedener Querschnittsgröße.* Zugschwellversuche an Proben mit 5 bis 25 mm Dmr. im Kerbgrund bei unterschiedlicher Kerbtiefe und Kerbradien von 0,1 bis 1 mm aus zwei unlegierten Stählen mit rd. 0,2 und 0,3% C. [Metallforschg. 2 (1947) Nr. 1, S. 9/11.]

Tiefziehprüfung. Buscher, B.: Bestimmen der Schnittkantenverfestigung von Stahlblechen.* Erfassung der Verfestigung durch den Tiefzieh-Aufweitungsversuch nach E. Siebel und A. Pomp an Proben mit gestanzten Ausgangsöffnungen. [Z. VDI 88 (1944) Nr. 25/26, S. 346.]

Schneidfähigkeits- und Bearbeitbarkeitsprüfung. Frischmuth, B.: Optisches Verfahren zur Untersuchung der Oberflächengüte.* Zusatzvorrichtung zu einem üblichen Metallmikroskop zur Anwendung des Lichtschnittverfahrens nach G. Schmaltz. [Schweizer Arch. angew. Wiss. Techn. 10 (1944) Nr. 12, S. 386.]

Metallographie

Röntgenographische Feingefügeuntersuchungen. Rohner, F.: Röntgenographische Untersuchung über Gitterstörungen bei verschiedenen Bruchursachen und -mechanismen an Aluminiumlegierungen.* Möglichkeit der Erkennung der Bruchursache aus Röntgen-Rückstrahlaufnahmen. [Schweizer Arch. angew. Wiss. Techn. 13 (1947) Nr. 1, S. 14/21.]

Zustandsschaubilder und Umwandlungsvorgänge. Haraldsen, Haakon, und Fredrik Gronvold: Die Phasen im System Eisen-Selen.* Röntgenographische Untersuchungen. [T. Kjemi Bergves. Metall. 4 (1944) Nr. 10, S. 98/100.]

Haraldsen, Haakon, Fredrik Gronvold und John Vihovde: Die im System Eisen-Tellur auftretenden Phasen.* Röntgenographische Untersuchungen über die Phasen bei 300 und 600° und deren Atomgitter. [T. Kjemi Bergves. Metall. 4 (1944) Nr. 10, S. 96/98.]

Fehlererscheinungen

Korrosion. Murray, W., und W. F. Gerrard: Spannungsrißkorrosion bei Kesselblechen; ihre Ursache und Vermeidung. Uebersicht über die bisherigen Erkenntnisse. Bedeutung des Spannungsfreiglühens und von Zusätzen zum Speisewasser. [Fuel Econ. Rev.; nach Iron Coal Tr. Rev. 154 (1947) Nr. 4117, S. 184.]

Chemische Prüfung

Kolorimetrie. Hedrich, G.: Ein Verfahren zur kolorimetrischen Bestimmung der Phosphorsäure. Vereinfachung des zur Bestimmung geringster Konzentrationen Phosphorsäure in Gebrauchswasser geeigneten Verfahrens nach Kurt C. Scheel und P. Lederle mit Monomethyl-amidophenolsulfat als Reduktionsmittel. Die abgeänderte Arbeitsweise verwendet in Unabhängigkeit vom lichtelektrischen Kolorimeter Nessler-Gläser. [Wärme 67 (1944) Nr. 4/5, S. 97/98.]

Spektralanalyse. Girschig, R.: Neuzeitliche Apparatur für die qualitative und quantitative Spektralanalyse von Metallegierungen.* Genaue Angaben über das Prinzip und die Apparatur der für die qualitative und quantitative spektrochemische Analyse erforderlichen Anregungsverfahren, des Spektrographen und der photometrischen Entwicklung und Auswertung der Spektrogramme. [Rev. Metall., Mém., 40 (1943) Nr. 5, S. 143/55; Nr. 6, S. 175; Nr. 7, S. 202; Nr. 8, S. 252/56.]

Einzelbestimmungen

Kohlenstoff. Ericsson, Gösta: Bestimmungsverfahren für niedrige Kohlenstoffgehalte im Stahl.* Widerstandsmessungen an $Ba(OH)_2$-Lösungen, deren Leitfähigkeit sich infolge des durch die eingeleiteten Verbrennungsgase ausgefällten Bariumkarbonats ändert. Die Messungen werden mit einer Wheatstoneschen Brücke und einem Philiskop ausgeführt. Das Verfahren eignet sich für die Bestimmung unter 0,05% C; seine Fehlergrenzen betragen ± 0,0005% C. [Jernkont. Ann. 128 (1944) Nr. 11, S. 579/96.]

Meßwesen

Druck. Faulhaber, Fritz: Das Messen in der spanlosen Formung.* Forderungen an die Meßeinrichtungen für die Messung von Vorgängen. Federmeßeinrichtungen. Elektrische Druckmeßdosen. Mechanische Dosen. Meßmethoden. [Werkst. u. Betr. 79 (1946) Nr. 4, S. 98/100; Nr. 5, S. 121/24; Nr. 6, S. 151/54.]

Darstellungsverfahren. Koch, B.: Praktisches Rechnen in der Wärmetechnik.* [Schweiz. Bauztg. 125 (1945) Nr. 4, S. 35/36.]

Eisen, Stahl und sonstige Baustoffe

Eisen und Stahl im Ingenieurbau. Siebel, E.: Festigkeitsrechnung bei ungleichförmiger Beanspruchung.* Heutige Möglichkeiten der Berechnung von Bauteilen bei Biegebeanspruchung und bei Kerbwirkung. Festigkeitstechnische Gesichtspunkte für die Festlegung der zulässigen Grenzdehnung. [Technik 1 (1946) Nr. 6, S. 265/69.]

Eisen und Stahl im Gerätebau. Hoffmann, J., und Otto Suhr: Stand der Verpackungstechnik. Unter anderem längere Ausführungen über die zinnfreie Konservendose. [Z. VDI 88 (1944) Nr. 39/40, S. 543/50.]

Verwertung der Schlacken. Graf, Otto: Ueber die Entwicklung der mineralischen Bindemittel für das Bauwesen (Zemente, Mischbinder, Kalke, Gipse und Anhydritbinder) und ihre Anwendung. Begriffsbestimmung und Unterschiede der Zemente und Mischbinder. Eigenschaften und Anwendungsgebiete. Unterscheidung und Benennung der Baukalke. Prüfung und Anwendung der Gipse. Eigenschaften des Anhydrits und der Anhydritmörtel. [Technik 1 (1946) Nr. 6, S. 281/85.]

Statistik

Roheisenerzeugung einschließlich Hochofen-Eisenlegierungen in der britischen Zone im April 1947 (in t)

Sorten	1. Vierteljahr [1]) 1947	April 1947
Thomasroheisen	239 727	91 103
Stahleisen bis 6% Mn	92 985	38 832
Hämatit	23 909	5 975
Temperroheisen	1 918	—
Gießereiroheisen	22 860	10 877
Siegerländer Spezialroheisen	2 477	775
Hochofen-Ferrosilizium	1 915	1 057
Sonstiges Roheisen	331	2 630
Roheisen insgesamt	386 122	151 249
Davon:		
Nordrhein	211 391	71 190
Westfalen	117 118	59 422
Hannover	47 046	17 714
Schleswig-Holstein	10 567	2 923

[1]) Monatszahlen s. Stahl u. Eisen 66/67 (1947) S. 168.

Rohstahlerzeugung in der britischen Zone im April 1947 (in t)

Sorten	1. Vierteljahr [1]) 1947	April 1947
Thomasstahlblöcke	211 003	83 866
S.-M.-Stahlblöcke	305 067	124 387
S.-M.-Stahlguß	3 759	1 980
Elektrostahlblöcke	10 518	3 321
Elektrostahlguß	1 512	932
Sonstige Stahlblöcke	2 152	663
Sonstiger Stahlguß	4 452	1 851
Stahlblöcke insgesamt	528 740	212 237
Stahlguß insgesamt	9 823	4 763
Rohstahl insgesamt	538 563	217 000
Davon:		
Nordrhein	259 099	98 971
Westfalen	222 910	97 675
Hannover	56 394	20 233
Schleswig-Holstein	160	121
Vorgeblasener Thomasstahl	18 609	5 573
Davon:		
Nordrhein	18 609	5 573
Westfalen	—	—

[1]) Monatszahlen s. Stahl u. Eisen 66/67 (1947) S. 168.

Herstellung an Walzstahl-Fertigerzeugnissen in der britischen Zone im April 1947 (in t)

Sorten	1. Vierteljahr [1]) 1947	April 1947
Eisenbahn-Oberbaustoffe	13 450	6 787
Formstahl	24 821	8 616
Breitflanschträger	395	1 317
Stahlspundwände	1 756	1 101
Stabstahl	113 642	49 436
Walzdraht	43 296	17 723
Grobbleche, 4,76 mm und mehr	39 387	20 112
Mittelbleche, 3 bis 4,76 mm	18 068	7 687
Feinbleche, unter 3 mm	54 602	19 012
Bandstahl einschl. Röhrenstreifen	43 338	18 274
Breitflachstahl	5 722	2 264
Röhren, nahtlos, warmgewalzt, gepreßt, gezogen	28 119	12 126
Walzstahl-Fertigerzeugnisse insges.	386 596	164 455
Davon:		
Nordrhein	177 818	74 298
Westfalen	175 235	73 467
Hannover	33 543	16 690
Halbzeug zum Absatz gegen Verbraucher-Eisenschein	26 065	11 671
Geschweißte Kessel, Trommeln, Behälter, Flammrohre	917	356
Sonstige bearbeitete Bleche der Rohrwerke und Kümpeleien	563	839
Geschweißte Rohre	6 633	3 388
Verzinkte und verbleite Bleche	11 480	3 565
Weißbleche und Weißband	7 605	2 550

[1]) Monatszahlen s. Stahl u. Eisen 66/67 (1947) S. 168.

Herstellung an Eisen- und Temperguß in der britischen Zone von Januar bis April 1947 (in t)

	Januar	Februar	März	April
Eisenguß	25 479	21 512	24 772	30 647
Temperguß	2 180	1 802	2 120	2 254

Rohstahlerzeugung (Stahlblöcke und Stahlguß) der Vereinigten Staaten von Amerika im Januar und Februar 1947 (in metr. t)

	Siemens-Martin-Stahl	Bessemer-stahl	Elektro-stahl	Insgesamt
Januar [1])	5 937 349	348 444	257 403	6 543 196
Februar [2])	5 294 771	285 030	253 978	5 833 779

[1]) Berichtigte Zahlen. [2]) Vorläufige Zahlen.

Erzeugnisse der Verfeinerungsindustrie in der britischen Zone im April 1947 (in t)

	Draht und Drahterzeugnisse			Kaltband				Blankstahl			Präzisionsstahlrohre		
	Vom Walzdraht gezogene Drähte	Fertige Drahtseile und Litzen	Sonstige Drahtfertigerzeugnisse	Bandstahl kalt gewalzt	Edelstahl kalt gewalzt insgesamt	Edelstahl kalt gewalzt davon legiert	Konservenband	Blanker Stabstahl	Blanker Edelstahl insgesamt	Blanker Edelstahl davon legiert	Nahtlose Präzisionsrohre insgesamt	Nahtlose Präzisionsrohre davon legiert	Geschweißte Präzisionsrohre
Januar	14 862	1 497	6 687	5 795	386	90	1 667	3 497	1 781	1 134	1 491	129	1 049
Februar	11 518	1 506	5 206	4 292	296	107	1 271	2 422	1 897	1 214	1 285	186	956
März	11 846	1 606	6 337	3 538	219	82	778	2 068	1 505	988	1 598	105	1 162
April	14 412	1 673	7 722	6 622	416	94	1 381	2 027	2 027	1 422	1 604	153	1 130

Wirtschaftliche Rundschau

Der Ausbau der Stahlindustrie in Frankreich

Ueber die Arbeit eines von der französischen Regierung eingesetzten Ausschusses zur Modernisierung der französischen Stahlindustrie in Verfolg des sogenannten Monnetplanes sind in den vergangenen Wochen in der Tagespresse mehr oder minder zutreffende Mitteilungen veröffentlicht worden. Einer von der British Iron and Steel Federation herausgegebenen wörtlichen Uebersetzung des ersten Berichtes dieses Ausschusses vom 27. November 1946 sind die folgenden Ausführungen entnommen. Der Ausschuß steht unter Führung von Eugène Roy, dem leitenden Direktor der Aciéries de Longwy.

Ueber die geographische Verteilung der französischen Eisenindustrie gibt *Bild 1* Auskunft. Man erkennt mit einem Blick die überragende Bedeutung der Eisenbezirke im Norden und Osten von Frankreich, die nach der neuen Planung etwa 92,5 % der Gesamterzeugung an Stahl in Frankreich aufbringen sollen. In dem französischen Bericht ist die Erzeugung der Eisengießereien nicht berücksichtigt, während die Schmiedebetriebe eingeschlossen sind. Das Ziel, das dem Ausschuß gesetzt wurde, ist kurz folgendes:

1. Sobald es die Kohlenlage gestattet, eine jährliche Erzeugung von 6 Mill. t Stahl und 1 Mill. t Gußwaren erster Schmelzung zu erreichen;
2. innerhalb drei Jahren die Erzeugung auf die Höhe des Jahres 1929 mit 10 Mill. t Stahl und 2,5 Mill. t Gußwaren erster Schmelzung zu bringen;
3. nach einem weiteren Zeitraum von weniger als zwei Jahren die Erzeugung auf 12 Mill. t Stahl und 2,7 Mill. t Gußwaren erster Schmelzung zu steigern.

Alle Maßnahmen sollen dahin zielen, einen Rahmen zu finden, der eine Stahlerzeugung von 15 Mill. t Stahl und 3 Mill. t Gußwaren erster Schmelzung, zusammen 18 Mill. t jährlich, ermöglicht, unter der selbstverständlichen Voraussetzung, dieses Ziel unter dem mindestmöglichen Aufwand an Kohle und Handarbeit zu erreichen.

Die augenblicklich mögliche Leistungsfähigkeit wird mit etwa 12 Mill. t Rohstahl angenommen. Der Ausschuß ist sich klar darüber, daß das hier vorliegende Programm mehr ein Programm der Organisation als des Ausbaues ist. Denn selbst wenn Kohlen und Arbeitskräfte genügend zur Verfügung stünden, würde die Erzeugung dieser 12 Mill. t Stahl einen zu hohen Brennstoffverbrauch und Einsatz von Arbeitskraft bedeuten; ganz abgesehen davon, daß die Selbstkosten der älteren Anlagen zu hoch sein würden, um mit dem Ausland in Wettbewerb treten zu können. Die einfachste Lösung, so meint der Ausschuß, würde sein, reine Bahn zu machen und von neuem zu beginnen, aber das wäre unmöglich mit Rücksicht auf die historisch gewachsene Schwerindustrie. Man hat daher die in Frage kommenden Werke angewiesen, von sich aus ein Programm für einen Aufbau oder Ausbau vorzulegen. Diese Unterlagen sind dann von dem Ausschuß gegeneinander abgewogen und in eine gewisse Uebereinstimmung gebracht worden.

Alle Statistiken des Berichtes sind abgestellt auf das Jahr 1938, in dem nur 6 186 000 t Stahl erzeugt wurden gegenüber 9 699 000 t im Jahre 1929. Ueber die Versorgungsmöglichkeiten mit Eisenerzen braucht nicht viel gesagt zu werden; Frankreich verfügt bekanntlich über sehr reiche Erzlagerstätten. Abgesehen von der Einfuhr unbedeutender Mengen Hämatiterze (104 000 t), konnte die einheimische Nachfrage in jedem Umfang gedeckt werden; darüber hinaus konnten noch erhebliche Erzmengen (1938 rd. 17 Mill. t, einschließlich nordafrikanischer Erze) ausgeführt werden. Zusammenfassend wird festgestellt, daß die heute bekannten französischen Erzlagerstätten bei äußerster Beachtung aller bergmännischen und technischen Gesichtspunkte ($^1/_3$ Siemens-Martin-, $^2/_3$ Thomasstahl) für 100 Jahre ausreichen werden.

Große Sorge macht aber die Arbeiterfrage, die unerbittlich auf eine starke Mechanisierung im Bergbau hinweist. Eine Schätzung ergibt, daß im ersten Anlauf etwa 25 000 und bei Durchführung des Gesamtplanes etwa 40 000 Bergleute benötigt werden. In diesem Zusammenhang denkt man an die Verpflichtung fremder Arbeitskräfte, insbesondere von Italienern.

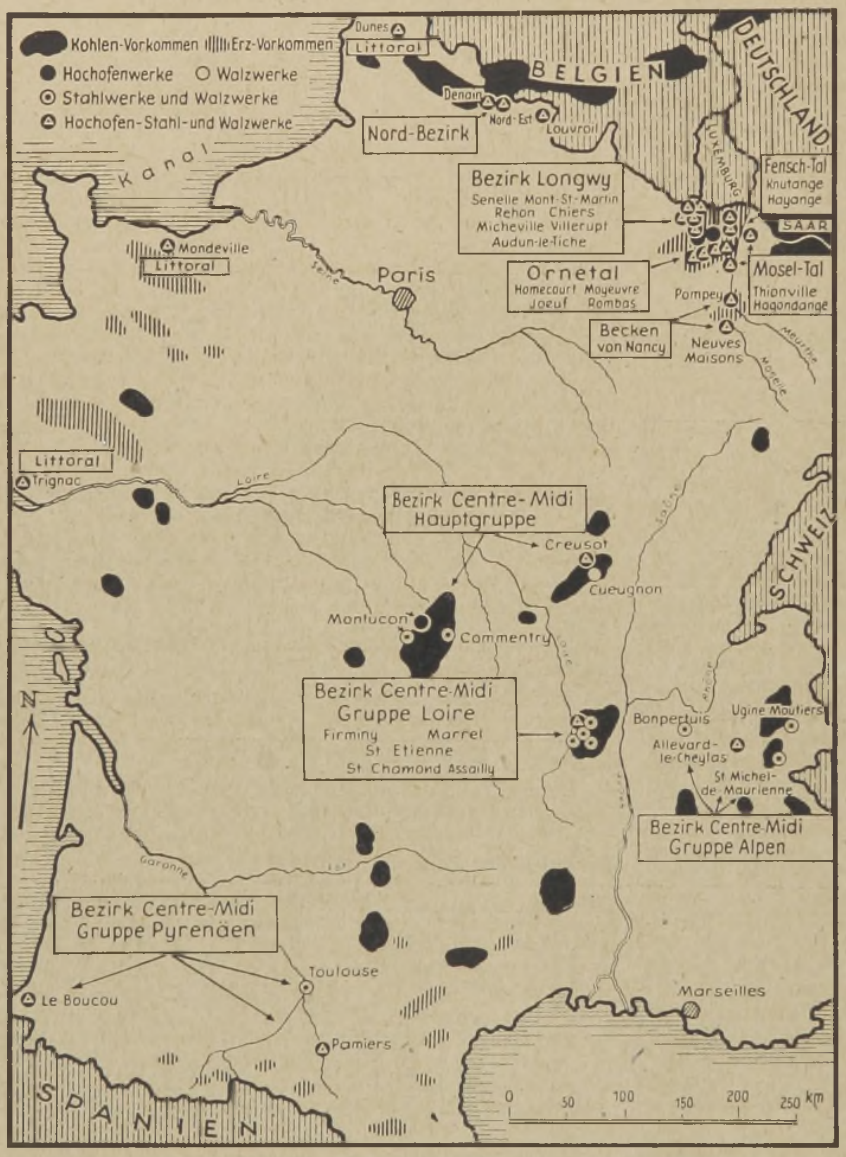


Bild 1. Geographische Verteilung der französischen Eisenindustrie.

Die Schrottlage ist gleichfalls angespannt, und man strebt an, die Ausfuhr von Schrott grundsätzlich zu verbieten, vielleicht mit Ausnahme des Altmaterials, das in der Nähe der am Mittelmeer oder der Ozeanküste gelegenen Häfen anfällt.

Manganerze müssen fast ausschließlich eingeführt werden; man schätzt die notwendige Einfuhr auf rd. 600 000 t im Jahr bei einer Stahlerzeugung von 15 Mill. t und verweist dabei auf die Entwicklung der Lagerstätten in Marokko. Wegen Beschaffung von Ferrolegierungen besteht keine Sorge. Schwieriger erscheint dagegen die Versorgung mit feuerfesten Stoffen. Hier ist Frankreich in weitem Umfange von der Einfuhr abhängig. In diesem Zusammenhang wird überraschend an die Gewinnung von Magnesium aus dem Seewasser erinnert, ein Verfahren, das angeblich in angelsächsischen Ländern mit Erfolg angewendet sein soll[1]).

Die Versorgung mit Kohle und Koks bzw. Kokskohle ist das Hauptproblem; in diesem Zusammenhang wird auch der Bezug von westfälischer Kohle herausgestellt unter Hinweis darauf, daß Frankreich mit 63 % seines Bedarfes an Koks und Kokskohle von der Einfuhr abhängig war.

Dabei wird daran erinnert, daß zwischenzeitlich die französischen Bergwerke nationalisiert worden sind, wodurch eine neue Lage entstanden sei. Die Eisen- und Stahlindustrie erwartet selbstverständlich, daß sie die gleichen Vorteile genießt, die sie unter der privaten Verwaltung der Bergwerke gehabt hat, sei es in der Zuteilung der Kohle oder der Preisbildung. Wörtlich wird ausgeführt:

„Es ist ausschlaggebend, daß der Staat auf einer internationalen Ebene die französische Eisen- und Stahlindustrie und ihre Interessen an ausländischem Bergwerksbesitz zu schützen hat, und daß, ganz allgemein gesehen, Frankreich in der Kohlenbelieferung formelle und bestimmte Zusicherungen erhalten muß. Wenn solche Zusicherungen, besonders mit dem Blick auf die rheinisch-westfälische Kohle, fehlen, so ist klar, daß eine Rückkehr zu der alten Lage nichts anderes bedeutet, als daß ein Programm der Ausdehnung der Eisen- und Stahlindustrie reine Utopie bleiben muß."

Ferner werden auch technische Aufgaben des Hochofenwesens erörtert, z. B. über die bessere Vorbereitung des Möllers und eine engere Verbindung von Kokerei und Hüttenwerk.

Zusammenfassend wird für die geplante Höchsterzeugung von 15 Mill. t Stahl und 3 Mill. t Gußwaren erster Schmelzung eine Menge von rd. 14 100 000 t Koks im Jahr errechnet.

Ueber die im Bericht erläuterte Struktur der heutigen französischen Stahlindustrie seien hier nur einige

[1]) Vgl. Techn. Bl., Düsseld., 28 (1938) S. 658/59; Chem. metall. Engng. 48 (1941) S. 76/84 u. 130/33. Es handelt sich um zwei Anlagen in den Ver. Staaten von Amerika an der Küste des Stillen Ozeans. In der letzten Quelle wird angegeben, daß 1 Teil Magnesium auf 770 Teile Seewasser entfällt.

Zahlen eingefügt: Die in *Bild 1* aufgezeichneten eisenerzeugenden Bezirke umfassen heute zusammen 177 Anlagen, davon betreiben 23 Hochöfen, Stahlwerke und Walzwerke, 23 nur Hochofenanlagen, 40 Stahlwerke, verbunden mit Walzwerken und sonstigen Verarbeitungsstätten, und 91 reine Walzwerke. Diese Zahlen beziehen sich nicht auf Eisengießereien, die auch Stahlguß machen, und ebensowenig auf Rohrhersteller. Die Anlagen umfassen: 190 Hochöfen, 90 Thomaskonverter, 125 Siemens-Martin-Oefen, 186 Elektrodenöfen und 28 Elektro-Induktionsöfen.

Bei der unbedingt anzustrebenden Konzentration ist große Vorsicht am Platze, da hier sehr schwerwiegende Probleme finanzieller und sozialer Art hineinspielen. Man wird sich daher entscheiden müssen, eine gewisse Konzentration durch eine Verbundwirtschaft mehrerer Werke herbeizuführen. In diesem Zusammenhang wird auch die Frage der reinen Walzwerke aufgerollt, deren weiterer Bestand nur gerechtfertigt erscheint für das Abwalzen von Sonderprofilen oder für die Versorgung gewisser Bezirke, die von den großen Erzeugungsstätten entfernt liegen, oder zur Vermeidung der Haltung von zu großen Vorräten bei den Verteilungsstellen. Sonst, so sagt der Bericht, bedeutet der Betrieb der reinen Walzwerke unnötigen Verbrauch an Brennstoffen und beträchtliche Arbeitsverschwendung.

Die Walzwerkserzeugung des Jahres 1938 belief sich auf 4 163 000 t, wobei folgende Erzeugnisse besonders hervorragen:

Schienen . .	304 000 t	Draht	395 000 t
Träger . . .	346 000 t	Warmgewalzter Bandstahl . . .	151 000 t
Stabstahl . .	1 325 000 t	Röhren . . .	160 000 t
Grobbleche .	278 000 t		
Feinbleche .	439 000 t		

Die Ausfuhr an Walzerzeugnissen betrug 1938 rd. 696 000 t, davon Halbzeug 194 000 t.

Die Herstellung an Elektrostahl weist auch in Frankreich eine steigende Linie auf; für 1938 werden 309 000 t Elektrostahl und für das Jahr 1939 545 000 t ausgewiesen. Das gleiche gilt für die Herstellung von Sonderstählen im Siemens-Martin-Ofen, deren Erzeugung sich im Jahre 1938 auf rd. 515 000 t belief.

Weiter wird auf die metallurgischen Fortschritte hingewiesen, die auch in Frankreich erzielt wurden: Entwicklung des Duplexverfahrens, Verbesserung des Thomasstahls, nicht zuletzt durch das Perrin-Verfahren in Ugine, dessen Nachprüfung auf dem Werk Valenciennes zu guten Ergebnissen geführt hat (daher die Abkürzung Ugiperval-Verfahren).

Die Möglichkeiten für die französische Ausfuhr werden nicht gerade günstig beurteilt, abgesehen von einer gewissen Ausfuhr von ganz besonders hochwertigen Erzeugnissen. Unter Abwägung aller Vor- und Nachteile auf diesem Gebiet fordert der Ausschuß mit Beginn des Jahres 1947 eine monatliche Ausfuhr von mindestens 50 000 t.

Aus den technischen Betrachtungen des Ausschusses seien einige wenige Punkte herausgestellt. Es wird in Aussicht genommen, für die Verarbeitung der lothringischen Erze einen Einheitshochofen zu benutzen mit einem Durchmesser von mindestens 5500 mm bei einer Leistung von etwa 500 t täglich. Abschließende Versuche sind hier noch abzuwarten. Selbstverständlich soll der Durchmesser von 5500 mm keine bindende Vorschrift sein, aber Hochöfen mit einem Durchmesser unter 4500 mm sollen nicht mehr zugelassen werden, abgesehen von der Herstellung von Gießereiroheisen oder Hämatit. Durch sachgemäße Vorbereitung des Hochofenmöllers hofft man eine Einsparung an Koks bis zu 150 kg je t Roheisen zu erzielen, allerdings ohne Berücksichtigung des Wärmeaufwandes für Agglomerierung usw.

Versuche mit sauerstoffangereichertem Wind im Hochofen und Konverter werden weitergeführt[1]). Die in Deutschland gemachten Erfahrungen werden als nicht abschließend bezeichnet, und die Erfahrungen der Russen seien unbekannt. Auf die entscheidend wichtige Frage der zweckmäßigen Verwendung der Ueberschußgase wird hingewiesen und damit auch die schon angedeutete stärkere Verbindung zwischen Kokerei und Hochofen unterstrichen.

Bei den Thomaswerken wird ein Fassungsvermögen von mindestens 30 t für neue Konverter vorgesehen, Stahlwerke mit Konverter unter 20 t Fassungsraum werden in den neuen Plan nicht einbezogen. Auch hier wird die Verwendung von sauerstoffangereichertem Wind erwähnt und nicht zuletzt die Möglichkeit der Verbesserung der Güte des Thomasstahls durch Verminderung des Sauerstoff- und besonders des Stickstoffgehaltes. Gerade Frankreich müsse alle Anstrengungen machen, um die Güte seines Thomasstahles zu verbessern. Die deutschen Patente auf diesem Gebiete, deren Wert angezweifelt wird, sollten kostenlos der französischen Stahlindustrie zur Verfügung gestellt werden.

Beim Siemens-Martin-Ofen werden als obere Grenze 100 bis 150 t Fassung empfohlen. Neue Oefen für die Herstellung von handelsüblichem Stahl sollen nicht weniger als 80 t Fassung erhalten. Für die Herstellung von Sonderstählen werden 50-t-Oefen empfohlen. Die Verwendung von Mischgas (Koks- und Hochofengas) wird, wo irgend möglich, dringend angeraten.

Für Elektroöfen wird bei Anwendung des Duplexverfahrens der Fassungsraum auf 30 t für neue Oefen festgelegt. Bei vorhandenen Oefen soll die Grenze für weitere Verwendung bei 20 t liegen.

Bei den Walzwerken wird anerkannt, daß es außerordentlich schwierig sei, bestimmte Anhaltszahlen zugrunde zu legen; der Ausschuß empfiehlt, daß bei dem Neubau von Walzwerken nur der elektrische Antrieb in Betracht gezogen werden darf.

Der Ausbau der kontinuierlichen Walzwerke, insbesondere zur Herstellung von Blechen, wird stark unterstrichen. Man empfiehlt die Aufstellung von zwei kontinuierlichen Walzwerken, das eine im Norden, das andere im Osten des Landes für die Herstellung von Streifen bis zu 1,5 mm Dicke mit anschließenden Kaltwalzwerken. Mit Rücksicht auf die hohen Kosten dieser Neuanlagen soll zuerst ein kontinuierliches Warmwalzwerk errichtet werden, dann folgt eine Walzenstraße mit drei Kaltwalzgerüsten und schließlich ein zweites Warmwalzwerk und dazugehörige Kaltwalzwerke.

Die Normung der Walzwerkserzeugnisse wird ganz besonders herausgestellt, und man geht so weit, die Herstellung von nichtgenormten Erzeugnissen unter hohe Strafe zu stellen. Diese Maßnahme wird aus rein disziplinarischen Gründen empfohlen.

Frankreich ist mit Schmiedepressen für die Verarbeitung von Stahlblöcken genügend ausgerüstet, aber die Einrichtungen sind technisch rückständig. Es wird empfohlen, diese Anlagen zu überholen oder zu ersetzen. Da Frankreich über keine einzige Presse über 6000 t verfügt, wünscht der Ausschuß die Aufstellung von mindestens einer Presse von 12 000 t.

Die Forschungstätigkeit der Werke wird für die Vergangenheit durchaus anerkannt unter besonderem Hinweis auf die Prüfungsanstalten Semphy und Ugine und deren Arbeiten zur Erforschung von Sonderstählen. Im übrigen ist man mit dem Stand auf diesem Gebiete nicht zufrieden. Schon 1944 ist deshalb ein Eisenforschungsinstitut gegründet worden, das eben dabei ist, seine Laboratorien einzurichten. Die Kosten für die Unterhaltung dieses Instituts werden schon seit dem Jahre 1945 durch Umlage auf die Verkäufe an Eisen- und Stahlerzeugnissen erhoben.

Was die wünschenswerte Größe der Anlagen angeht, so ist der Ausschuß der Meinung, daß die Tilgung bei Werken mit normalen Erzeugnissen nur bei einer Anlage von etwa 1 000 000 Jahrestonnen einigermaßen gesichert ist, eine Erzeugung, die im allgemeinen durch eine einzige große Blockstraße bewältigt werden könnte. Augenblicklich sind die französischen Verhältnisse meist weit von diesem Ideal entfernt. Anlagen mit niedrigeren Erzeugungsmöglichkeiten sollen nur weiterbestehen unter der Bedingung, daß ihr Walzplan auf wenige Sonderprofile, wie z. B. Draht oder Bänder u. dgl., beschränkt wird. Für die Herstellung von Sonderstählen wird die Jahresmindestleistung auf etwa 150 000 t festgelegt, wobei Anlagen, die ganz besonders hochwertige Stähle herstellen, diese Mindestgrenze wesentlich unterschreiten dürfen.

Weiter beschäftigte sich der Ausschuß mit den einzelnen Eisenbezirken des Landes; es würde aber zu weit führen, hier auf Einzelheiten einzugehen. Immerhin gibt *Bild 1* einen Ueberblick über die Verhältnisse. Zusammenfassend kommt der Ausschuß zu folgenden Feststellungen:

Arbeiterfrage. Vor dem Kriege beschäftigte die Eisenindustrie 140 000 Mann. Wenn eines Tages die Kohlenzuteilung für die Stahlindustrie ungefähr 650 000 t je Monat überschreitet, so ergeben sich für die vier angestrebten Entwicklungsstufen folgende Arbeiterzahlen: 120 000, 140 000, 150 000, 160 000 Mann. Wenn nach und nach der Verbrauch an Eisenerzen steigt, so werde sich für die gleichen vier Zeitabschnitte die Arbeiterzahl für den Erzbergbau wie folgt stellen: 25 000, 32 000, 36 000, 40 000 Mann.

[1]) Während des Krieges wurden diese Versuche von Hermann Röchling in Neuves-Maisons eingeleitet.

Die Kosten des Gesamtplanes sind noch nicht endgültig geklärt, aber folgende Schätzungen werden angegeben:

	Milliarden Franken	Millionen Pfd. Sterling
Kokereien	5,5	11,5
Sinteranlagen	3,6	7,5
Hochöfen	12,0	25,0
Thomasstahlwerke	1,0	2,1
Siemens-Martin-Stahlwerke	1,6	3,4
Elektrische Einrichtungen	11,1	23,1
Walzwerke	21,2	44,2
Verschiedenes	8,0	16,7
Arbeiterwohnungen	6,0	12,5
	70,0	146,0

An neuen Anlagen sind vorgesehen:

Kokereien. Ausbau und Erneuerung bestehender Oefen ungefähr entsprechend dem Neubau von 9 Batterien mit einer Einsatzmöglichkeit von 1500 t je Tag.

Aufbereitungsanlagen: 18 Anlagen bei den bestehenden Werken.

Hochöfen: 24 neue Oefen.

Thomasstahlwerke: 2 Anlagen.

Siemens-Martin-Stahlwerke: 8 Siemens-Martin-Oefen (2 von 50 t und 6 von 20 t Fassungsraum).

Elektrische Einrichtungen: 3 kommunale Kraftwerke mit zusammen 380 000 kW, 4 industrielle Kraftwerke mit zusammen 90 000 kW, 8 Ilgner-Anlagen für Blockwalzwerke und schwere Walzwerke.

Walzwerke: 2 kontinuierliche Warmbandwalzwerke, mehrere Kaltwalzwerke für Streifen und mehrere Walzwerke für verschiedene Erzeugnisse.

Unter Verschiedenes ist einbegriffen: Neueinrichtungen in Verbindung mit Hochofenwerken, gesteigerte Gewinnung der Nebenerzeugnisse, Verbesserung der Wärmewirtschaft usw.

5000 neue Arbeiterwohnungen sind geplant.

Die Ausführung des Gesamtplanes wird mindestens sieben Jahre bis zur Fertigstellung benötigen und erfordert jährliche Auslagen von ungefähr 10 Milliarden Franken (21 Millionen engl. Pfund). Ein Drittel der neuen Ausrüstungen einschließlich der kontinuierlichen Walzenstraßen wird eingeführt werden müssen.

Hier sagt der Bericht wörtlich: „Der Anteil der aus dem Ausland zu beschaffenden Einrichtungen könnte erheblich gesenkt werden durch Reparationsleistungen aus deutschen Werken, insbesondere Aufbereitungsanlagen und neuzeitlichen Walzwerken aus den neuen Werken jenseits des Rheines, wie z. B. den Hermann-Göring-Werken."

Mit der Erfüllung des zweiten von dem Ausschuß aufgestellten Zieles würde die französische Eisenindustrie eine große Verbesserung gegenüber den früheren Verhältnissen zu erwarten haben, wie z. B. ungefähr 20 % Ersparnisse auf dem Gebiet des Kohlenverbrauches. Das Ausbringen wird je Kopf und Jahr von 44 t auf 72 t erhöht, besonders durch den Einsatz der kontinuierlichen Walzwerke für Bleche und Bänder und Maßnahmen der Konzentration bei den Werken. Man hofft, daß diese Fortschritte sich nach und nach noch erhöhen werden, und erwartet, eine Leistung je Kopf und Jahr von 80 und 94 t für die letzten Planjahre zu erreichen.

Bezüglich der schweren Frage der Finanzierung seines 70-Milliarden-Programms kommt der Bericht abschließend zu folgender Zusammenstellung des jährlichen Kapitalbedarfs:

1. Die normalen Abschreibungen gemäß der üblicherweise zugrunde gelegten Lebensdauer von 20 Jahren steigen im Laufe von 10 Jahren von 9 auf 11,25 Milliarden Fr./Jahr.
2. Die Tilgung der bisherigen Abschreibungsrückstände sollte im Laufe von 20 Jahren mit 2 Milliarden Fr./Jahr erfolgen.
3. Die Finanzierung der Erweiterungen erfordert 10 Jahre lang 4,5 Milliarden Fr./Jahr.

Während der letztgenannte Bedarf durch Kapitalerhöhungen oder Anleihen aufzubringen wäre, müßten die Abschreibungssummen unbedingt aus den Erlösen gedeckt werden, von denen ein entsprechender Anteil nicht als Ertrag bilanziert werden und dem steuerlichen Zugriff nicht unterworfen sein dürfte.

Der Ausschuß ist sich klar darüber, daß zur Durchführung des Planes die verschiedensten Wege möglich sind; er will sich im Augenblick aber noch nach keiner Seite entscheiden. Bei den Abschreibungen sei ein Kompromiß jedoch nicht möglich. Der Bericht schließt wörtlich:

„Die Eisen- und Stahlindustrie muß regelmäßig die Beträge zur Verfügung haben, die zur Durchführung des Planes notwendig sind. Um das sicherzustellen, müssen die benötigten Beträge zunächst in die Verkaufspreise eingeschlossen werden. Darüber hinaus ist dafür Sorge zu tragen, daß nicht etwa durch behördliche Maßnahmen diese Beträge weggenommen werden. Daher dürfen die Abschreibungssummen, die in den Preisen eingeschlossen sind, nicht etwa in der Bilanz als Ueberschüsse betrachtet werden; sie stellen vielmehr einen unversteuerbaren Bestand dar, der so beaufsichtigt werden müßte, daß er nicht für Zwecke gebraucht wird, für die er nicht bestimmt ist.

Die Notwendigkeit und das Verfahren einer solchen Kontrolle mag vielleicht eine politische Angelegenheit sein, aber Amortisation ist eine technische und wirtschaftliche Wirklichkeit, der man nicht ausweichen kann."

Florian Klöckner †

Der um fünf Jahre jüngere Bruder des 1940 verstorbenen Geheimrats Peter Klöckner, Dr. Florian Klöckner, ist am 10. Mai 1947 nach kurzer schwerer Krankheit im 79. Lebensjahre in Löttringhausen verschieden. In voller Frische hat er bis zuletzt lebhaften Anteil an dem Schicksal aller Klöckner Unternehmungen genommen, deren Aufbau er neben seinem Bruder tätig gefördert hat. Im Alter von 75 Jahren übernahm er im Aufsichtsrat der Klöckner-Werke AG. und der Klöckner-Humboldt-Deutz AG. den Ehrenvorsitz; sein besonderes Interesse galt bis zum Schluß der von ihm als Vorsitzer des Grubenvorstandes betreuten Gewerkschaft Victor in Castrop-Rauxel. Politisch und kirchlich war er in gleicher Weise tätig. Seine ausgleichende Mitarbeit im Haushaltausschuß des alten Weimarer Reichstages, dem er als maßgebendes Vorstandsmitglied der Zentrumspartei seit 1920 angehörte, ist noch in aller Erinnerung, ebenso seine von tiefem sozialem Verantwortungsgefühl getragene erfolgreiche Zusammenarbeit mit Imbusch, dem Vorsitzenden des Gewerkvereins christlicher Bergarbeiter, wenn es um die Steuer- und Sozialgesetzgebung ging. Am bekanntesten wurde diese Zusammenarbeit bei der Ausgestaltung der Reichsknappschaftsgesetzgebung im Jahre 1925. Seiner Heimatdiözese Paderborn galt seine besondere Liebe und Fürsorge; in dankbarer Würdigung seiner Arbeit wurde er zum Ehrenbürger der Philosophisch-Theologischen Akademie zu Paderborn und später auch noch zum päpstlichen Geheimkämmerer ernannt. Die Universität Münster ernannte ihn zum Doktor rer. pol. h. c. und anerkannte damit auch zugleich den Wirtschaftler, der sich bereitwillig in den Dienst der Allgemeinheit gestellt hat; war er doch u. a. auch lange Jahre hindurch Mitglied des Verwaltungsrates der Deutschen Reichspost.

Mit Florian Klöckner ist einer der letzten Männer jener Generation dahingegangen, die ihr Lebenswerk darin sahen, blühende Unternehmen zu schaffen, in denen alle Mitarbeiter eine bleibende Heimat frei von Not und Sorge finden sollten und deren Arbeit mit dazu beitragen sollte, das Leben aller reicher zu machen. Mit seinem Bruder verband ihn ein auch in schwersten Stunden nie versagender Glaube an die Zukunft, der mehr ist als Optimismus; es war der geduldige Glaube des religiösen Menschen an das Gute im Menschen und den Fortschritt der Menschheit.

Dr. Florian Klöckner, der dem Verein Deutscher Eisenhüttenleute fast 30 Jahre angehört hat, wird auch in unseren Kreisen unvergessen bleiben.