

Thermodynamik der Trocknung fester Körper

(Schluß von S. 121)

Von Prof. Dr.-Ing. O. Krischer, Darmstadt
Techn. Hochschule, Wärmetechn. Institut

Inhalt: C. Die mathematische Behandlung von Trocknungsvorgängen. a) Die Trocknung nicht hygroskopischer Güter im Temperaturgleichgewicht. b) Die Trocknung hygroskopischer Güter.

C. Die mathematische Behandlung von Trocknungsvorgängen.

Die eben mitgeteilten Experimente zeigen, daß durch die als entscheidend angenommenen Gesetze der Capillarwasserbewegung (Gl. 7a) und der Dampfdiffusion (Gl. 9) die Vorgänge bei der Trocknung qualitativ richtig beschrieben werden. Es liegt daher nahe, auch eine quantitative Beschreibung zu versuchen.

a) Die Trocknung nicht hygroskopischer Güter im Temperaturgleichgewicht.

Obwohl das charakteristische Merkmal der Trocknung in der Kupplung von Wärme- und Stoffaustausch zu sehen ist, gibt es doch viele Fälle, in denen diese Kupplung so weich ist, daß die Temperaturänderungen, die während der Trocknung im Gut auftreten, vernachlässigt werden können. Für die nicht hygroskopischen Güter, für die Gl. 5a gilt, bedeutet dies, solange das Gut feucht ist, nur ein capillarer Transport nach Gl. 7a möglich ist.

Die Bedingung, daß die während eines Zeitelementes dt mehr aus einem Raumelement von der Dicke dx hinaus- als hineinfließende Feuchtigkeitsmenge zu einer Abnahme der im Element enthaltenen Feuchtigkeit führen muß, liefert unter der Annahme konstanter Feuchtigkeitsleitfähigkeit k_φ die Differentialgleichung

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} - \frac{1}{k_\varphi} \frac{\partial \varphi}{\partial t} = 0 \quad (12)$$

Für den Fall konstanter äußerer Bedingungen (Temperatur, Dampfdruck und Geschwindigkeit der Trocknungsluft) muß, solange die Capillarwasserbewegung stark genug ist, um die an der Oberfläche verdunstende Wassermenge aus dem Innern nachzuliefern, in der Zeiteinheit die gleiche Wassermenge G_a an die Oberfläche ($x = \delta$) transportiert werden (erster Trocknungsabschnitt konstanter Trocknungsgeschwindigkeit). Dies führt auf die Randbedingung:

$$\left[\frac{\partial \varphi}{\partial x} \right]_{x=\delta} = - \frac{G_a}{k_\varphi} \quad (13)$$

Für einseitig trocknende Güter mit anfänglich gleichmäßig verteilter Feuchtigkeit φ_0 gilt dann als Lösung von Gl. 12

$$\varphi = \varphi_0 + \frac{G_a \delta}{k_\varphi} \left\{ \frac{1}{6} - \frac{1}{2} \frac{x^2}{\delta^2} - \frac{k_\varphi t}{\delta^2} + \frac{2}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\cos n\pi}{n^2} \cos n\pi \frac{x}{\delta} e^{-n^2 \pi^2 \frac{k_\varphi t}{\delta^2}} \right\} \quad (14)$$

Nach Abklingen der durch die gleichmäßige Anfangsverteilung bedingten Summe von Cosinusfunktionen sind die die Feuchtigkeitsverteilungen zu verschiedenen Zeiten $1 \Delta t, 2 \Delta t, \dots$ darstellenden Kurven in Abb. 11 äquidistante Parabeln¹⁴⁾. Ist an der Oberfläche $x = \delta$ die Feuchtigkeit Null erreicht, so kann die konstante Verdunstung G_a nicht mehr aufrechterhalten werden. Vielmehr muß ein scharfer Knickpunkt in der Kurve der Trocknungsgeschwindigkeit auftreten (d. h. in Gl. 1 kann der Wasserdampfdruck P_{DW} in der Oberfläche nicht mehr gleich Sattampfdruck bleiben). Dies ist der Beginn des zweiten Abschnitts

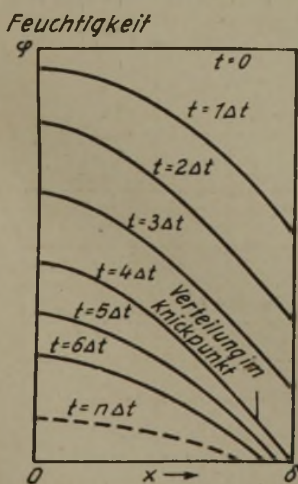


Abb. 11. Errechnete Feuchtigkeitsverteilungen bei der Trocknung eines nicht hygroskopischen Gutes unter konstanten äußeren Trocknungsbedingungen¹⁵⁾.

der Trocknung (mit verlangsamter Trocknungsgeschwindigkeit) währenddessen die Ebene, an der die Verdunstung stattfindet — der Trocknungsspiegel —, immer tiefer ins Gutsinnere zurückwandert und ein zusätzlicher Diffusionswiderstand in einer bereits trockenen Gutschicht auftritt. Die theoretische Behandlung lehrt, daß die bei gleicher Temperatur gewonnenen Knickpunkte auf einer sog. „Knickpunktkurve“ liegen müssen, die ein Maß für das capillare Verhalten des Stoffes ist (vgl. 2)). Auf die Möglichkeit der mathematischen Behandlung des zweiten Abschnitts der Trocknung nicht hygroskopischer Güter sei hier nicht näher eingegangen¹⁶⁾.

b) Die Trocknung hygroskopischer Güter.

Bei der Trocknung hygroskopischer Güter bzw. von Gütern im hygroskopischen Bereich treten wegen der eindeutigen Beziehung zwischen Feuchtigkeit, Temperatur und Dampfdruck gewisse Komplikationen bei der mathematischen Behandlung auf. Während aber bei den nicht hygroskopischen Gütern durch das Auftreten eines Knickpunktes in der Kurve der Trocknungsgeschwindigkeit eine einheitliche mathematische Behandlung unmöglich ist, läßt sich bei den hygroskopischen Stoffen der ganze Vorgang bis zum Ausgleich durch ein einziges Gleichungssystem darstellen.

Um einen genauen Einblick in die Wirksamkeit der verschiedenen Trocknungsverfahren zu gewinnen, wurde in einer größeren Untersuchung die Berechnung des Trocknungsverlaufs unter gegebenen Bedingungen durchgeführt¹⁷⁾, wobei auch das Vorhandensein einer Wärmequelle im Innern des Trocknungsgutes berücksichtigt werden kann.

Gewissermaßen selbstverständliche Voraussetzung bei der rechnerischen Behandlung ist, daß es trotz der starken Abhängigkeit der Größen $k_\varphi, \mu_\varphi, k$ von Temperatur und Feuchtigkeit notwendig ist, sie als konstant anzusehen. Damit wird die Anwendbarkeit der Ergebnisse nur auf Vorgänge mit kleinen Änderungen von Temperatur und Feuchtigkeit eingeschränkt. Unter dieser Voraussetzung kann die in Gl. 9

auftretende Größe $k \frac{P_0}{P_0 - P_D}$ ebenfalls als konstant angesehen werden. Es sei

$$k \cdot \frac{P_0}{P_0 - P_D} = k'$$

ferner sei

$$\frac{1}{R_D T} \frac{\partial P_D}{\partial x} = \frac{\partial \gamma_D}{\partial x}$$

worin $\gamma_D \text{ kg/m}^3 = P_D / R_D T$ die Dampfichte bedeutet. Der Einfachheit halber seien hier nur Fälle mit einachsiger Feuchtigkeits- und Wärmebewegung behandelt.

1. Die Differentialgleichung der Feuchtigkeitsbewegung.

Aus der Bedingung, daß die in ein Volumenelement von der Dicke dx mehr hinein- als hinaus transportierte Feuchtigkeitsmenge

$$\frac{\partial (G_W + G_D)}{\partial x} \cdot dx$$

zu einer Zunahme der im Element dampfförmig oder flüssig enthaltenen Feuchtigkeitsmenge führen muß, ergibt sich die Differentialgleichung der Feuchtigkeitsbewegung

$$k_\varphi \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} - \frac{\partial \varphi}{\partial t} + \frac{k'}{\mu_\varphi} \frac{\partial^2 \gamma_D}{\partial x^2} - v_L \frac{\partial \gamma_D}{\partial t} = 0 \quad (15)$$

worin v_L den Raumanteil der luftgefüllten Poren beim Gesamtstoff bedeutet.

2. Die Differentialgleichung der Wärmebewegung.

Für die Wärmebewegung seien folgende Möglichkeiten angenommen:

1. Wärmeerzeugung im Innern des Gutes (durch Umsetzung elektrischer, chemischer oder Strahlungsenergie)

$$q \text{ kcal/m}^3 \text{h}$$

¹⁴⁾ Die Berechnungen Maceys (Proc. phys. Soc. 52, 625 [1940]) führen auf dem Umweg über den Ansatz nach Gl. 7 mit von φ abhängiger Feuchtigkeitsleitfähigkeit $k_{\varphi k}$ praktisch zu demselben Ergebnis.

¹⁵⁾ O. Krischer, Z. Ver. dtsch. Ing., Beih. Verfahrenstechn. 1939, 104.

¹⁶⁾ O. Krischer, Z. Ver. dtsch. Ing. Beih. Verfahrenstechn. 1940, 17.

¹⁷⁾ O. Krischer, VDI-Forschungsh. 415 [1942].

2. Molekulare Wärmeleitung

$$Q_L = -\lambda \frac{\partial \vartheta}{\partial x} \text{ kcal/m}^2\text{h}$$

$\lambda \text{ kcal/mh}^\circ\text{C} = \text{Wärmeleitfähigkeit}$

3. Wärmeübertragung durch Capillarkondensation

$$Q_K = rG_D \text{ kcal/m}^2\text{h}$$

Die Differentialgleichung der Wärmebewegung folgt dann aus der Bedingung, daß die in ein Element durch Erzeugung, Leitung und Capillarkondensation mehr hinein- als hinaus-transportierte Wärmemenge zu einer Zunahme der Speicherwärme führen muß. Bezeichnet $\gamma \text{ kg/m}^3$ das Raumgewicht des feuchten Gutes, $c \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}$ seine spez. Wärme, so ergibt sich

$$\lambda \frac{\partial^2 \vartheta}{\partial x^2} - c\gamma \frac{\partial \vartheta}{\partial t} + r \left(\frac{k'}{\mu_\varphi} \frac{\partial^2 \gamma_D}{\partial x^2} - v_L \frac{\partial \gamma_D}{\partial t} \right) = -q_E \quad (16)$$

3. Die Beziehung zwischen φ , ϑ und γ_D .

Die Größen φ , ϑ und γ_D in den Gleichungen 15 und 16 sind nicht unabhängig voneinander, sondern durch die Sorptionsisothermen nach Gl. 5 (vgl. Abb. 1) miteinander verknüpft. In der allgemeinen Fassung von Gl. 5 ist jedoch eine Lösung der Gl. 15 und 16 unmöglich.

Es sei daher die für kleine Änderungen von φ und ϑ erlaubte Näherung angesetzt

$$\gamma_D = \text{konst.} + \sigma\varphi + \omega\vartheta \quad (17)$$

worin σ und ω experimentelle Konstanten sind.

4. Die Lösung der Differentialgleichungen.

Mit Hilfe von Gl. 17 lassen sich die Differentialgleichungen 15 und 16 auf folgende Form bringen:

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} - \frac{1}{a'} \frac{\partial}{\partial t} \left(\varphi - \frac{a'}{b'} \vartheta \right) = w' \quad (18)$$

$$\frac{\partial^2 \vartheta}{\partial x^2} - \frac{1}{a} \frac{\partial}{\partial t} \left(\vartheta - \frac{a}{b} \varphi \right) = -w \quad (19)$$

Darin sind in den Größen a' , b' , w' und a , b , w alle primären Guteigenschaften (k_φ , μ_φ , k' , λ , c , γ , v_L , ω , σ , q_E) zusammengefaßt. Es ist

$$\frac{1}{k_\varphi} \frac{1 + v_L \sigma + \frac{r}{\lambda} \frac{k'}{\mu_\varphi}}{1 + \frac{k'}{\mu_\varphi k_\varphi} \sigma + \frac{r}{\lambda} \frac{k'}{\mu_\varphi} \omega} = \frac{1}{a'} \text{ h/m}^2 \quad (20)$$

(die Größe $a' \text{ m}^2/\text{h}$ kann als äquivalente Feuchtigkeitsleitfähigkeit bezeichnet werden, die, falls keine Diffusion vorliegt, in die capillare Feuchtigkeitsleitfähigkeit k_φ übergeht),

$$\frac{\omega}{k_\varphi} \frac{\frac{k'}{\mu_\varphi} \lambda - v_L}{1 + \frac{k'}{\mu_\varphi k_\varphi} \sigma + \frac{r}{\lambda} \frac{k'}{\mu_\varphi} \omega} = \frac{1}{b'} \text{ kg h/m}^5 \quad (21)$$

$$\frac{q_E}{\lambda} \frac{\frac{k'}{\mu_\varphi} \omega}{k_\varphi + \frac{k'}{\mu_\varphi} \sigma} = w' \text{ kg/m}^5 \quad (22)$$

$$\frac{c\gamma}{\lambda} \frac{1 + \frac{k'}{\mu_\varphi k_\varphi} \sigma + \frac{r}{\lambda} \frac{k'}{\mu_\varphi} \omega}{1 + \frac{k'}{\mu_\varphi k_\varphi} \sigma + \frac{r}{\lambda} \frac{k'}{\mu_\varphi} \omega} = \frac{1}{a} \text{ h/m}^2 \quad (23)$$

(die Größe $a \text{ m}^2/\text{h}$ kann als äquivalente Temperaturleitfähigkeit bezeichnet werden, die, falls keine Diffusion vorliegt, in die Temperaturleitfähigkeit $\lambda/c\gamma$ übergeht).

$$\frac{r}{\lambda} \frac{\frac{k'}{\mu_\varphi} \lambda - v_L}{1 + \frac{k'}{\mu_\varphi k_\varphi} \sigma + \frac{r}{\lambda} \frac{k'}{\mu_\varphi} \omega} = \frac{1}{b} \text{ mh}^0/\text{kg} \quad (24)$$

$$q_E/\lambda = w \text{ }^\circ\text{m}^2 \quad (25)$$

Die beiden Gleichungen 18 und 19 sind in gewisser Weise den Gleichungen zweier gekuppelter Schwingungen ähnlich und können in Anlehnung an den von Henry¹²⁾ für einen einfachen Sonderfall eingeschlagenen Weg in gleicher Weise gelöst werden, indem man als „Normal-Koordinaten“ lineare Kombinationen von φ und ϑ bestimmt:

$$\varphi + b \left(\frac{1}{a'} - \frac{1}{p_1} \right) \vartheta = U_1(x, t) \quad (26)$$

$$\vartheta + b' \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{p_2} \right) \varphi = U_2(x, t) \quad (27)$$

Darin sind die Größen p_1 und p_2 gegeben durch die Gleichungen

$$\frac{1}{p_1} = \frac{1}{2} \left\{ \left(\frac{1}{a} + \frac{1}{a'} \right) + \sqrt{\left(\frac{1}{a'} - \frac{1}{a} \right)^2 + \frac{4}{bb'}} \right\} \quad (28)$$

$$\frac{1}{p_2} = \frac{1}{2} \left\{ \left(\frac{1}{a} + \frac{1}{a'} \right) - \sqrt{\left(\frac{1}{a'} - \frac{1}{a} \right)^2 + \frac{4}{bb'}} \right\} \quad (29)$$

Die Differentialgleichungen für die Normal-Koordinaten lauten dann:

$$\frac{\partial^2 U_1}{\partial x^2} - \frac{1}{p_1} \frac{\partial U_1}{\partial t} = h_1 \quad (30)$$

$$\frac{\partial^2 U_2}{\partial x^2} - \frac{1}{p_2} \frac{\partial U_2}{\partial t} = -h_2 \quad (31)$$

wenn

$$h_1 = w' + b \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{p_2'} \right) w \quad (32)$$

und

$$h_2 = w + b' \left(\frac{1}{a'} - \frac{1}{p_1} \right) w' \quad (33)$$

ist.

Die Gleichungen 30 und 31 haben die gleiche Form wie die bekannte Differentialgleichung der Wärmeleitung mit Quellen, deren Lösungen für einige Gruppen einfacher Randbedingungen bekannt sind¹⁸⁾.

Die allgemeine Lösung des Temperatur- und Feuchtigkeitsfeldes kann dann auf die Form gebracht werden:

$$\varphi - \varphi_a = AU_1(x, t) + B'U_2(x, t) \quad (34)$$

$$\vartheta - \vartheta_a = AU_2(x, t) - BU_1(x, t) \quad (35)$$

worin ϑ_a die Temperatur, φ_a die gleichwertige Feuchtigkeit der Umgebung und

$$A = \frac{1}{\frac{1}{a} - \frac{1}{p_1}} \frac{1}{p_1 - p_2} \quad (36)$$

$$B' = \frac{1}{b' \left(\frac{1}{p_1} - \frac{1}{p_2} \right)} \quad (37)$$

$$B = \frac{1}{b \left(\frac{1}{p_1} - \frac{1}{p_2} \right)} \quad (38)$$

bedeuten.

Die Funktionen U_1 und U_2 sind so zu bestimmen, daß sie den Differentialgleichungen 30 und 31 und den Randbedingungen genügen.

Als Randbedingung für die Feuchtigkeitsbewegung gilt, daß die an die Oberfläche durch Capillarwasserbewegung und Diffusion herangeleitete Feuchtigkeitsmenge von der Oberfläche an die Umgebung entspr. Gl. 1 abgegeben wird:

$$-k_\varphi \left[\frac{\partial \varphi}{\partial x} \right]_{x=\delta} - \frac{k'}{\mu_\varphi} \left[\frac{\partial \gamma_D}{\partial x} \right]_{x=\delta} = \beta (\gamma_{D_{x=\delta}} - \gamma_D) \quad (39)$$

worin nach Gl. 17 wiederum γ_D durch φ und ϑ dargestellt werden kann.

Die Randbedingung für die Wärmebewegung besagt, daß die Wärmemenge, die für die Verdampfung der capillar an die Oberfläche bewegten Feuchtigkeitsmenge gebraucht wird, sowie die Wärmemenge, die durch Leitung ins Innere weiterfließt, aus der Umgebung nach Gl. 2 entnommen werden muß.

$$r \cdot k_\varphi \left[\frac{\partial \varphi}{\partial x} \right]_{x=\delta} - \lambda \left[\frac{\partial \vartheta}{\partial x} \right]_{x=\delta} = \alpha (\vartheta_{x=\delta} - \vartheta_a) \quad (40)$$

Es ist mir nicht gelungen, analytische Lösungen der Gl. 30 und 31 zu finden, die den Randbedingungen 39 und 40 genügen. Jedoch war es möglich, eine graphische Integration unter

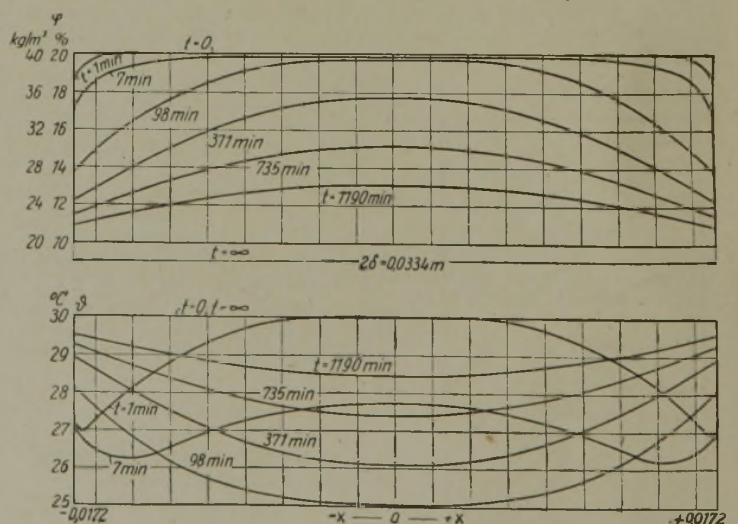


Abb. 12. Das Feuchtigkeitsfeld a und das Temperaturfeld b in einem nach plötzlicher Absenkung der Luftfeuchtigkeit trocknenden hygroskopischen Gut¹⁸⁾.

¹⁸⁾ Gröber, H. u. S. Erk: Die Grundgesetze der Wärmeübertragung, Springer, Berlin 1933.

Berücksichtigung der Randbedingungen durchzuführen¹⁷⁾. Der Weg ist naturgemäß recht verwickelt, und es soll daher nicht darauf eingegangen werden. Nur sei an Hand von Abb. 12 ein Beispiel besprochen.

In Abb. 12 ist der Feuchtigkeits- und Temperaturverlauf in einem Trocknungsgut von 3,44 cm Dicke, das die Eigenschaften eines lockeren Spinnstoffes hat, dargestellt. Dabei ist angenommen, daß das Gut eine anfänglich gleichmäßige Feuchtigkeit von 20 Gew.-% = 40 kg/m³ und eine Temperatur von 30° hatte und dann plötzlich in einen Luftstrom von ebenfalls 30°, aber einer Feuchtigkeit, die der Gleichgewichtsfeuchtigkeit des Gutes bei 10% entspricht, gebracht wird. (Im Innern sind keine Wärmequellen angenommen, d. h. h_1 und h_2 in Gl. 30 und 31 sind gleich Null.) Die Feuchtigkeitsverteilungen sind nicht mehr, wie bei den nicht hygroskopischen Gütern im ersten Trocknungsabschnitt, äquidistante Parabeln (vgl. Abb. 11), sondern asymptotisch abklingende Kurven. Aus Abb. 12b ersieht man, wie die Verdunstungskühlung allmählich das ganze Gut ergreift. Die anfänglich gleichmäßige Temperatur ϑ_0 wird durch die Verdunstung gestört. Nach 1 min sind gerade die Randschichten gekühlt. Nach 98 min ist das ganze Gut abgekühlt, u. zw. in der Mitte am stärksten (um etwa 5°). Dann klingen die Temperaturkurven ähnlich den Feuchtigkeitskurven langsam ab. (Für diesen Abschnitt ist U_2 vernachlässigbar, so daß $\varphi - \varphi_a = AU_1$ und $\vartheta - \vartheta_a = -BU_1$ wird.)

Angesichts der außerordentlichen Rechen- und Zeichenarbeit, die mit der Durchführung einer Integration der Gl. 30 und 31 unter den Randbedingungen 39 und 40 verknüpft ist, wird man nicht viele Beispiele für Trocknungsvorgänge in dieser eingehenden Weise behandeln können. Oft aber ist für den notwendigen Einblick in die Wirksamkeit eines bestimmten Verfahrens mit so einfachen Randbedingungen auszukommen, daß eine analytische Lösung der Gl. 30 und 31 möglich ist. Die einfachste Bedingung dieser Art wäre, daß mit Beginn der Trocknung die Oberfläche des Gutes gleich auf die Temperatur der Umgebung und auf diejenige Feuchtigkeit gebracht würde, die das Gut im Gleichgewicht mit der Umgebung annimmt.

Es sei die Anfangstemperatur ϑ_0 , die Anfangsfeuchtigkeit φ_0 , die Oberflächentemperatur und -feuchtigkeit, die sofort bei Beginn der Trocknung eingestellt werden, ϑ_a und φ_a , so lassen sich die Funktionen U_1 und U_2 für zweiseitig gleichermaßen trocknende Platten von der Dicke 2δ als Lösungen der Gl. 30 und 31 angeben. Es ist

$$U_1 = \left[\varphi_0 - \varphi_a - \frac{B'}{A} (\vartheta_0 - \vartheta_a) \right] \frac{4}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n-1}}{2n-1} \cos(2n-1) \frac{\pi x}{2\delta} e^{-(2n-1)^2 \pi^2 p_1 t / 4\delta^2} + \frac{h_1 \delta^2}{2} \left[\frac{x^2}{\delta^2} - 1 + \frac{32}{\pi^3} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n-1}}{(2n-1)^3} \cos(2n-1) \frac{\pi x}{2\delta} e^{-(2n-1)^2 \pi^2 p_1 t / 4\delta^2} \right] \quad (41)$$

$$U_2 = \left[\vartheta_0 - \vartheta_a + \frac{B}{A} (\varphi_0 - \varphi_a) \right] \frac{4}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n-1}}{2n-1} \cos(2n-1) \frac{\pi x}{2\delta} e^{-(2n-1)^2 \pi^2 p_2 t / 4\delta^2} - \frac{h_2 \delta^2}{2} \left[\frac{x^2}{\delta^2} - 1 + \frac{32}{\pi^3} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n-1}}{(2n-1)^3} \cos(2n-1) \frac{\pi x}{2\delta} e^{-(2n-1)^2 \pi^2 p_2 t / 4\delta^2} \right] \quad (42)$$

In den Abb. 13 und 14 sind zwei nach den Gl. 41 und 42 berechnete Trocknungsvorgänge wiedergegeben.

Bei Abb. 13 ist angenommen, das Gut mit den gleichen Stoffeigenschaften wie das von Abb. 12 und einer gleichmäßigen Anfangsfeuchtigkeit $\varphi_0 = 15\%$ werde von der gleichmäßigen Anfangstemperatur $\vartheta_0 = 40^\circ$ plötzlich am Rande auf $\vartheta_a = 20^\circ$ gebracht, während die Feuchtigkeit am Rande stets auf 15% bleiben soll. Die primär bewirkte Temperaturbewegung ist in Abb. 13a dargestellt, während Abb. 13b die durch die Temperaturbewegung ausgelöste Feuchtigkeitsbewegung wiedergibt. Man sieht, daß die Temperatur in kurzer Zeit im ganzen Gut weitgehend absinkt. In etwa 8 h sinkt sie in Gutsmitte von 40 auf 20,5°, während sie in der folgenden Zeitspanne von 74 h sich nur unwesentlich ändert und außerordentlich langsam erst dem Endwert von 20° zustrebt. Die Ursache dieses merkwürdigen Verhaltens ist darin zu sehen, daß durch die Temperaturänderung auch eine sehr rasch verlaufende Feuchtigkeitsbewegung ausgelöst wird. In den ersten 50 min ändert sich unter der Einwirkung des Temperaturfeldes die Feuchtigkeit um rd. 0,5%, u. zw. so, daß jetzt das Gut am Rande feuchter ist als innen. Aber um diese einmal angeregte Störung wieder auszugleichen, sind nach dem Zusammenbrechen des Temperaturfeldes sehr lange Zeiten erforderlich, da jetzt die Feuchtigkeitsbewegung nur noch auf Grund von Feuchtigkeitsunterschieden vor sich gehen kann. In diesem Abschnitt gilt wieder: $\varphi - \varphi_a = AU_1$ und $\vartheta - \vartheta_a = -BU_1$. Dieser Vorgang ist bei dem angenommenen Beispiel sehr viel träger als die Wärmeleitung. Diese Tatsache dürfte für alle sehr feinporigen Güter mit geringer Capillarwasserbewegung

zutreffen. Denn der hier angenommene Fall ist insofern extrem, als bei lockeren Spinnstoffen die Wärmeleitung denkbar schlecht, die Diffusion denkbar gut — fast wie in einer ruhenden Luftschicht — vor sich geht. Bei allen festen Gütern ist die Wärmeleitung besser, die Diffusion schlechter, so daß dabei die Unterschiede in

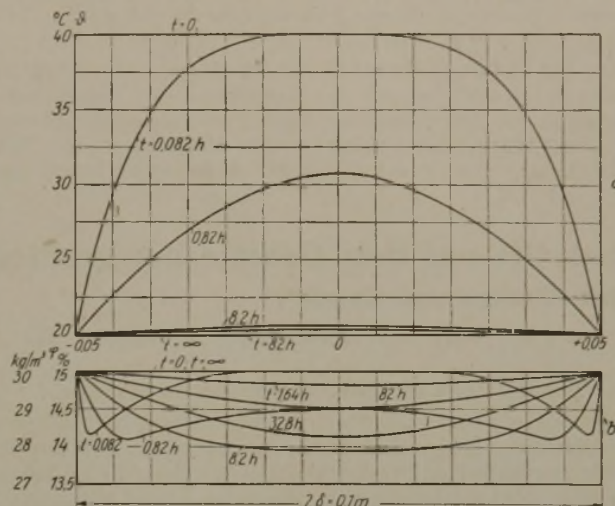


Abb. 13. Das Temperaturfeld a und das Feuchtigkeitsfeld b in einem am Rande plötzlich abgekühlten hygroskopischen Gut¹⁸⁾.

der Geschwindigkeit der durch Temperaturänderung bewirkten Feuchtigkeitsbewegung und der durch Feuchteunterschiede bewirkten mindestens von gleicher Größenordnung sein werden.

Abb. 14 soll die charakteristischen Merkmale der Temperatur- und Feuchtigkeitsverteilung zeigen, die bei Trocknungsverfahren mit innerer Wärmezufuhr auftreten, sei es nun Joulesche Wärme, die beim stromdurchflossenen Gut entsteht, oder die Wärmewirkung der Verschiebungsströme im Hochfrequenzfeld oder Wärmeentwicklung durch chemische Reaktionen, bakteriellen Zerfall (Heuboden, Getreidesilo usw.) oder Strahlungsenergie, die im Innern des Gutes absorbiert wird.

Um das Charakteristische dieser Verfahren deutlich zutage treten zu lassen, ist angenommen, daß die Trocknung nur durch innere Wärmezufuhr q_E erfolge, und daß während des Vorgangs sowohl die Randtemperatur ϑ_a als auch die Randfeuchtigkeit φ_a konstant (gleich den Anfangswerten ϑ_0 bzw. φ_0) bleiben solle. Infolge der Wärmezufuhr bildet sich dann das in Abb. 14a für die Daten von Buchenholz wiedergegebene Temperaturfeld aus. Die Heizleistung ist so bemessen, daß der maximale Temperaturunterschied zwischen innen und außen rd. 4° beträgt. Die so entstehende Temperaturbewegung hat notwendig eine Feuchtigkeitsbewegung durch Diffusion von innen nach außen zur Folge; im Endzustand ($t = \infty$) ist die Feuchtigkeit innen 5% niedriger als außen. Die Diffusion erfolgt mit

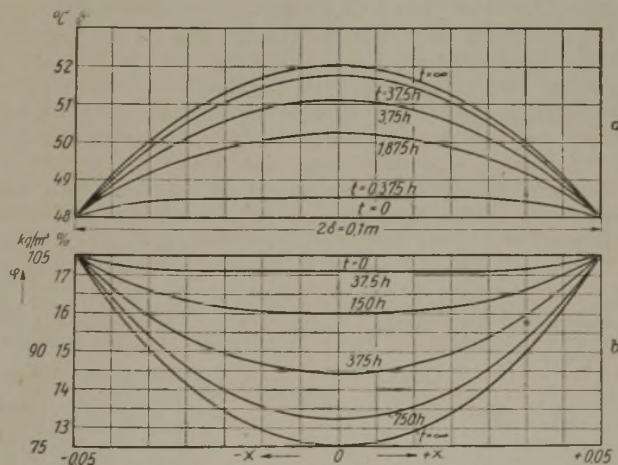


Abb. 14. Das Temperaturfeld a und das Feuchtigkeitsfeld b bei der Trocknung eines hygroskopischen Gutes durch innere Wärmezufuhr¹⁹⁾.

dem Temperaturgefälle, entgegen dem Feuchtigkeitsgefälle. Bei dieser Trocknungsart würden also in der Oberfläche nicht die gefährlichen Zugspannungen, sondern wesentlich harmlosere Druckspannungen auftreten. Auch hier sieht man die verhältnismäßig rasche Ausbildung des Temperaturfeldes und die relativ langsame Ausbildung des Feuchtigkeitsfeldes. Wie bei den anderen Beispielen gilt auch in diesem Fall für den weitaus größten Teil der Trocknung $\varphi - \varphi_a = A U_1$, $\vartheta - \vartheta_a = -B U_1$.

Aus den hier angeführten Beispielen erkennt man deutlich, daß man durch verschiedene Kombinationen der Trocknungsbedingungen — Umgebungsfeuchtigkeit und -temperatur und Stärke der Wärmeentwicklung — die Möglichkeit hat, die verschiedenartigsten Feuchtigkeitsfelder bei der Trocknung

hervorzurufen. Durch Erhöhung der Temperatur sowie durch Senkung des Außendruckes kann man die Trocknungsgeschwindigkeit erhöhen. — Eine Erhöhung der Luftgeschwindigkeit kann bei hygroskopischem Stoff oder im zweiten Trocknungsabschnitt nicht hygroskopischer Güter meist nur von untergeordnetem Einfluß sein.

Damit ist eine abschließende Beschreibung der Vorgänge bei der Trocknung grob- und feinporiger Güter erreicht, die es gestattet, bei Kenntnis der physikalischen Grundwerte im voraus den Ablauf eines jeden Trocknungsvorganges zu berechnen.

Eingeg. 7. November 1942. [7.]

Fortschritte auf dem Gebiete der großtechnischen Betriebsapparaturen

4. Das Fördern von Gasen*)

Von Dr.-Ing. BRUNO WAESER, Strausberg bei Berlin.

A. Theoretische und allgemeine Betrachtungen.

Christmann¹⁾ berichtet über die langwierigen und schwierigen Versuche über Schaffung hochwertiger Werkstoffe zum Bau neuzeitlicher Druckgasbehälter, während sich Jungbluth²⁾ über Werkstoff-Fragen im Heizungs- und Lüftungsbau verbreitet und besonders die Verwendung von Gußeisen, Stahl, Kupfer, Rotguß, Messing, Leichtmetallen, keramischem Gut und Preßstoffen bespricht. Interessant ist ein Beitrag von Towle u. Sherwood³⁾ bzw. Seder über Massenübertragung im mittleren Teile eines turbulenten Luftstromes (Reynoldszahlen 12000—180000), der sich in Rohren verschiedener Länge bewegt und in den Fremdgase (CO₂, H₂) axial eingeführt werden. Bei Untersuchung der Fremdgaskonzentrationen im inneren Drittel des Strömungsquerschnitts in verschiedenen Abständen von der Zutrittsstelle bedienen sie sich des Begriffs der Wirbeldiffusion E(cm²/s), die etwa in der Größenordnung des 100fachen mol. Diffusionsvermögens liegt. E ist für CO₂ und H₂ annähernd gleich groß, strebt mit zunehmendem Abstand der Entnahmestelle von der Zutrittsstelle einem asymptot. Wert (Zunahme ungefähr proportional der Reynolds-Zahl) zu und wird bei Einschaltung eines Drahtnetzes in den Luftstrom zunächst um über 50% hinabgedrückt, nähert sich dann aber im weiteren Strömungsverlauf wieder obigen Werten. Auf der Fachsitzung Strömungstechnik der 77. VDI-Hauptversammlung hat Sørensen⁴⁾ über das Gleichdruckgebläse berichtet. Auf weitere Untersuchungen von Elz⁵⁾ über Trockenlaufverdichter zur Erzeugung von ölfreier Druckluft, von Weydanz⁶⁾ über Vorgänge in Strahlkältemaschinen, von Pirzer⁷⁾ über Messung des spez. Kraftbedarfs von Hochdruckverdichtern, von Tanzler⁸⁾ über Spül- und Aufladegeräte für Dieselmotoren, von Wende⁹⁾ und Pohlmann¹⁰⁾ über die Verdichter in Haushaltskühlchränken sowie von Flügel¹¹⁾ über Berechnung von Strahlapparaten mag an dieser Stelle lediglich aufmerksam gemacht sein.

Grabowski¹²⁾ entwickelt aus der Formel von Bernoulli eine neue Gleichung für Vertikalströmung von Gasen und Flüssigkeiten in technischen Apparaten bei konstantem Querschnitt. Das Maximum der Durchflußmenge ist danach abhängig vom mittleren spezifischen Gewicht der strömenden Flüssigkeit und dem Druckunterschied. Von Lettschuk¹³⁾ rührt eine Untersuchung über den Wärmeaustausch und den hydraulischen Widerstand bei der Förderung von Heißluft durch ein gerades, von außen mit Wasser gekühltes Rohr bei Geschwindigkeiten bis zur Größenordnung jener des Schalls her. Allgemein beweist der Verlauf der Druckverteilungskurven längs des Rohres, daß die Länge der Anlaufstrecke 25—35 Durchmessern gleich ist, und daß die Widerstandszahl vom Verhältnis der Strömungsgeschwindigkeit zur Schallgeschwindigkeit nicht, wohl aber von der Reynoldsschen Zahl bestimmt wird. Carman¹⁴⁾ hat sich bei nicht hierher gehörigen Studien

über die technische Filtration u. a. mit der Strömung in porösem Gut beschäftigt; Sullivan u. Hertel¹⁵⁾ widersprechen diesen Befunden und verbreiten sich in Anlehnung an die hydrodynamische Kozenysche Gleichung über die Strömung von Luft in porösem Gut (kleine Glasperlen). Auch Fowler u. Hertel¹⁶⁾ machen die Gasströmung durch poröse Stoffe insofern zum Gegenstand ihrer Versuche, als sie mit Hilfe der Kozenyschen Näherungsformel (Durchflußgeschwindigkeit von Grundwasser durch Sand) die Packungsdichte von Stoffen, wie Baumwolle-, Wolle- oder Glasfäden, bzw. die Strömung von Luft durch derartige Preßkörper zu ermitteln trachten. Der Luftwiderstand hängt naturgemäß von den Abständen der Fädenoberflächen voneinander ab. Ein bestimmter Widerstand gibt gleichzeitig ein Maß für das Verhältnis von Gewebeerfläche zu Gewebevolumen. Eine Anzahl von Autoren beschäftigt sich mit den Kolbenverdichtern und ihrer Anwendung in der Gasfernversorgung¹⁷⁾, der Vielzellenbauart¹⁸⁾ bzw. den überlagerten Schwingungen¹⁹⁾ bei 2—3 Zylindern. Im Kältemaschinenbau spielt die Leistungssteigerung der Kolbenverdichter²⁰⁾ und die Hinunterdrückung²¹⁾ der Drosselverluste in den Plattenventilen eine besondere Rolle. Arbeiten von Liceni²²⁾ und Kluge²³⁾ beziehen sich auf Kreisverdichter; Pfeleiderer²⁴⁾ stellt insonderheit Hochdruckverdichter in den Mittelpunkt seiner Betrachtungen, während ein Beitrag von Schilhans²⁵⁾ den Spannungen im Laufrad eines Axialgebläses gewidmet ist.

Von Saunders u. Ford²⁶⁾ wird der Wärmeübergang beim Strömen von Gasen durch Schichten verschiedener Stärken aus Stahl-, Blei- oder Glaskugeln mit Durchmessern bis 6,35 mm mit Heißluft als Versuchsgas behandelt. Die Versuchsbefunde werden graphisch ausgewertet; sie gestatten, die Änderung der Gastemperatur in einer gegebenen Festkörperschicht zu einer bestimmten Zeit zu berechnen. Die Zeit, die dazu im Einzelfalle nötig ist, ist der spezifischen Wärme und der Dichte der Kugeln direkt, der Strömungsgeschwindigkeit hingegen umgekehrt proportional. Die Kugelgröße hat nur untergeordnete Bedeutung. Eckert u. Weise²⁷⁾ haben die Über-temperaturen gemessen, die längs und quer angeblasene (Luftströme, $t = 12-50^\circ$, $v = 100-300$ m/s) Zylinder (0,2 bis 3 mm Dmr.) annehmen. Nur bei quer angeblasenen Zylindern besteht Abhängigkeit von der Strömungsgeschwindigkeit. Unter dem Sammelbegriff Luftpflege beschäftigt sich ein Referat²⁸⁾ insonderheit mit Wärmebilanzen und Kreislaufsystemen. Einen sehr interessanten Beitrag widmen Wolf u. Rumpf²⁹⁾ dem Verlauf der Stromlinien für einen tangential in einen flachen zylindrischen Raum eintretenden Luftstrom. Die Berechnung führt bei Vernachlässigung der Reibung zu logarithmischen Spiralen, während der Versuch an mit Gut beladenen Strömen Spiralen finden läßt, die den archimedischen ähnlich sind. Auf jedes Teilchen wirken Zentrifugal- und Reibungskraft, u. zw. ist bei groben die erste, bei feinen die zweite vorherrschend. Die Feinfraktion tritt in der Mitte des

*) Zwischen 15. Febr. 1939 und 31. Dez. 1941 wurden insgesamt 181 Arbeiten und Patentschriften in veröffentlichtungs-chronologischer Reihenfolge berücksichtigt; s. Chem. Fabrik 12, 241 [1939] bzw. Waeser: Der chemische Apparatebau 1933—1940, Berlin 1942, S. 47.

¹⁾ Z. bayr. Revis.-Ver. 41, 117 [1937].

²⁾ Gesundheitsing. 62, 85 [1939].

³⁾ Ind. Engng. Chem., ind. Edit. 31, 457, 462 [1939] (C. 1939 II, 916).

⁴⁾ Z. Ver. dtsh. Ing. 83, 577, 925 [1939].

⁵⁾ Ebenda 83, 74 [1939].

⁶⁾ Ebenda 83, 609 [1939].

⁷⁾ Ebenda 83, 661 [1939].

⁸⁾ Ebenda 83, 818 [1939].

⁹⁾ Ebenda 83, 829, 1040 [1939].

¹⁰⁾ Ebenda 83, 1106 [1939].

¹¹⁾ Ebenda 83, 1065 [1939].

¹²⁾ Przemysł chem. 22, 352 [1938] (C. 1940 I, 778).

¹³⁾ J. techn. Physics 9, 808 [1939] (C. 1940 I, 1246); s. a. Techn. Physics USSR 4, 592 [1937] (C. 1938 I, 4427).

¹⁴⁾ Trans. Instr. chem. Engr. 16, 168 [1938] (C. 1939 II, 3611).

¹⁵⁾ Physic Rev. [2] 57, 943 [1940] (C. 1940 II, 3525).

¹⁶⁾ J. appl. Physics 11, 496 [1940] (C. 1941 I, 806).

¹⁷⁾ Wunsch, Z. Ver. dtsh. Ing. 84, 2 [1940]. ¹⁸⁾ Lackmann, ebenda 84, 413 [1940].

¹⁹⁾ Schmid, ebenda 84, 596 [1940].

²⁰⁾ Heinrich, ebenda 84, 201 [1940]; Fuchs, Hofmann u. Plank, ebenda 84, 265 [1940].

²¹⁾ Schüler, ebenda 85, 426 [1941].

²²⁾ Ebenda 84, 837 [1940].

²³⁾ Ebenda 84, 805 [1940].

²⁴⁾ Ebenda 84, 805 [1940]. ²⁵⁾ J. Iron Steel Inst. 141, 291 P [1940].

²⁶⁾ Forsch. Gebiete Ingenieurwes., Ausg. A 12, 40 [1941].

²⁷⁾ Chem. metallurg. Engng. 47, 325 [1940]; C. 1941 II, 1057.

²⁸⁾ Z. Ver. dtsh. Ing. 85, 601 [1941].

Sichtraums mit der Luft aus. Mittelgroße Teilchen bewegen sich in Kreisbahnen; ihre Größe sinkt mit steigenden Strömungsgeschwindigkeiten sowie bei Entgegenführung eines zusätzlichen Luftstroms. Von *Schey* u. *Schmidt*³⁰⁾ rührt eine Untersuchung über Spülluftmaschinen an *Otto*-Motoren, von *Grund* u. *Kluge*³¹⁾ eine solche über Großkreiselverdichter und von *Bošnjaković*³²⁾ eine andere über den wechselnden Betrieb von Dampfstrahlverdichtern her.

Einen allgemeinen Fortschrittsbericht erstattet *Matthias*³³⁾.

B. Neukonstruktionen und Patente.

Für eine fahrbare Verdichteranlage von *Wohlmeier*³⁴⁾ ist kennzeichnend, daß der durch eine Brennkraftmaschine angetriebene Kolbenverdichter unmittelbar auf dem Tragrahmen für das Fahrgestell (gleichzeitig den Druckluftkessel bildend) befestigt ist. *Zeissl*³⁵⁾ treibt seine Kolbenverdichter durch mit Ladepumpe ausgestattete, einzylindrische Zweitaktmotoren an; die Zylinder sitzen auf gemeinsamen Kurbelgehäusen, und die Kolben sind an gemeinsame Kurbeln angeschlossen. Die *Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg A.-G. (Hagenmüller)*³⁶⁾ baut ihre Kolbenkraftmaschinen (Verdichter für Gasmaschinenbetrieb) in der Weise, daß Spannstangen vom Ende des einen Kraftzylinders durch Verdichterdeckel und -kolben hindurch nach dem Ende des anderen Kraftzylinders führen, damit sie die Arbeitsdrücke aufnehmen können. Der Elektromotor eines Kolbenverdichters treibt nach Angaben der *Siemens-Schuckertwerke A.-G. (Weimers)*³⁷⁾ eine im Innern des Kolbens drehbar gelagerte Welle an, die eine kontinuierliche Drehung und eine axial hin und her gehende Bewegung ausführt. Die Patente von *Buchhold*³⁸⁾ erstrecken sich auf einen elektromagnetisch angetriebenen Kompressor (insbes. für Kältemaschinen) mit zwei unter dem Einfluß eines Wechselfeldes in einem Zylinder gegeneinander hin und her schwingenden, mit Rückholfedern versehenen Kolben (u. U. mit Radialschlitten im Kraftlinienbereich), in deren einem Boden das selbsttätige Saugventil liegt, während in deren anderem das entsprechende Druckventil angebracht ist. Bei dem elektromagnetisch in Resonanz angetriebenen Schwingungsverdichter für Kältemaschinen, den die *A. Teves G. m. b. H.*³⁹⁾ empfiehlt, besteht der schwingende Teil aus zwei hintereinandergeschalteten Schwingungssystemen verschiedener Eigenschwingungen. Die *Stotz-Kontakt G. m. b. H. (Schilling)*⁴⁰⁾ ordnet in ihrem elektromagnetisch betriebenen Kältemaschinen-Kolbenverdichter mit einem unter dem Einfluß eines Wechselfeldes stehenden Schwingungssystem zwei in einem Zylinder gegenläufig hin und her bewegte, mit Saugventilen versehene Kolben an, die im Innern einer Gleichstromspule polarisiert und der Wirkung je eines Pols eines Wechselstrommagneten ausgesetzt sind.

*Bücking*⁴¹⁾ erzeugt dadurch in einer nach Art einer Heißluftmaschine betriebenen Vorrichtung (Luftansaugung durch den Kolben, Luftverdichtung, Erhitzung, Steuerung usw.) gespannte Heißluft, daß er den Kolben als Tauchglocke ausbildet und ihn mit Aufnahmekammern für die verdichtete Luft (selbsttätig gesteuerte Ventile) ausrüstet. Bei einem Verdichter von *Skärlund*⁴²⁾, der vornehmlich als Ladepumpe für Brennkraftmaschinen dienen soll und der nebeneinander zwei durch Zwischenwand getrennte, um 90° gegeneinander versetzte Einzelpumpen trägt, ist interessant, daß diese aus rahmenförmigen Kolben mit gemeinsamen Antriebskurbeln bestehen. Mehrere, sternförmig um einen Mittelpunkt liegende Einzelverdichter treiben *Lühdorff* u. *Kretzschmar*⁴³⁾ durch die Fliehkraft kreisender Wuchtmassen an. Die *Schraubenkolben G. m. b. H. (Lutz)*⁴⁴⁾ regelt die Fördermengen von Schraubenkolbenmaschinen mittels beweglicher Hubscheiben. Der Kolbenverdichter mit Wasser- oder Luftkühlung von *Czerny*⁴⁵⁾ ist insbes. so gebaut, daß die der Arbeitswelle parallelen Zylinder einen nicht umlaufenden Taumelantrieb erhalten. Die *Drehkolben-Kraftmaschinen G. m. b. H.*⁴⁶⁾ läßt in zylindrischen Sternkolbenverdichtern konzentrisch eine Zylindertrommel umlaufen, in deren länglichen Arbeitsräumen die leistenförmigen Kolben mit je zwei Kolbenstangen liegen. Die

*Himmelwerk A.-G. (Wanner)*⁴⁷⁾ läßt einen Taumelscheibenantrieb unter Zwischenschaltung eines Wälzlagers auf dem geneigten Ende einer feststehenden Achse umlaufen, wobei der hohle Motor-Läufer zugleich den Zylinder eines Kolbenverdichters bildet.

Eine Fülle von Patenten beschäftigt sich mit der maschinellen Ausgestaltung von Steuerungen, Ventilen, Kolben, Zwischenkühlern, Reglern usw. Von den zahlreichen Schutzrechten der *Frankfurter Maschinenbau A.-G. vorm. Pokorny & Wittekind (Elze, Allstädt u. a.)* seien diejenigen betreffs Doppelschiebersteuerungen⁴⁸⁾ durch gegenläufig gleitende Rohrschieber (in Schlitzreihen aufgeteilt), betreffs entlasteter Freikolbenventile⁴⁹⁾ und betreffs Zwischenkühleranordnung⁵⁰⁾ erwähnt. Die *Rob. Bosch G. m. b. H. (Weymüller)*⁵¹⁾ gibt ihrem Verdichterventil einen haubenartigen Druckkörper. Die *Knorr-Bremse A.-G. (Salehi)*⁵²⁾ stellt federlose Druckventile mit kammerartigen Hohlräumen und Regler unter Schutz. Die *Klein, Schanzlin & Becker A.-G. (Dobrovsky)*⁵³⁾ führt bei einfach wirkenden Hochvakuumumpfen das Kolbenstangenende in einer fest geschlossenen Kurvenbahn. Bei einem mehrsitzigen, selbsttätigen, ringförmigen Arbeitsventil der *Rheinmetall-Borsig A.-G. (Heinrich)*⁵⁴⁾ besitzt das ringförmige Abschlußorgan tropfenförmigen Querschnitt. *Wohlmeier*⁵⁵⁾ benutzt Ringplattendruckventile mit hohlen Kühlgehäusen vor den Ringspalten. Die soeben genannte *Rheinmetall-Borsig A.-G. (Christian u. a.)*⁵⁶⁾ stattet ihre Hochdruckkolbenverdichter (800—2000 atü) mit Kugelfingfedern, konzentrisch in den Zylinderräumen liegenden Ventilgehäusen, Druckschmiermittelbehältern, Drehschiebern, Zwischenkühlern sowie stufenlosen Reglern aus. In einem zweistufigen Kolbenverdichter von *Schaer*⁵⁷⁾ sind parallelachsige drei Zylinder vorgesehen, von denen der mittlere auf die beiden unteren aufgesetzt ist.

Die Patente von *Hoerbiger & Co. (Schabetsberger)*⁵⁸⁾ beziehen sich in erster Linie auf stufenlose Regler für Kolbenverdichter, auf Ventilsteuerungen od. dgl., und auch die hierher gehörigen Vorschläge der *Demag A.-G. (Bube)*⁵⁹⁾ haben in erster Linie Ventilanordnungen und Regler zum Gegenstand. Auf dem Gebiet der Anlasser bzw. Regler und insonderheit auf dem der stufenlosen Leistungsregler liegen des weiteren Patente der *Berliner Maschinenbau A.-G. vormals L. Schwartzkopff (Ernst)*⁶⁰⁾, von *Schramm*⁶¹⁾, der *Klein, Schanzlin & Becker A.-G. (Lackmann)*⁶²⁾, der *Ges. für Linde's Eismaschinen A.-G. (Göttert, Pickel)*⁶³⁾, der *Gebr. Sulzer A.-G.*⁶⁴⁾, von *Lampel*⁶⁵⁾ und der *Andreas Hofer Hochdruck-Apparatebau G. m. b. H. (Baentsch)*⁶⁶⁾ vor, auf die an dieser Stelle nur insgesamt verwiesen sei, um etwaige Nachforschungen hinsichtlich solcher Fragen zu erleichtern. *Poth*⁶⁷⁾ beschreibt einen Druckluftwasserabscheider.

Einzelheiten von Membranpumpen rühren in der Hauptsache von der *Siemens-Schuckertwerke A.-G. (Semsch, Wirth, Hintze, Bischof, Kühnel)* her und betreffen z. B. Blatfederpleuelstangen⁶⁸⁾ und Abschließung⁶⁹⁾ der Arbeitsräume durch zwei elastisch bewegliche, sternförmige Blechränder, die sich am Ende des Druckhubes in ihren Mittelbereichen berühren, wobei die Räume selbst in begrenztem Maße vergrößert oder verkleinert werden können, was z. B. für Kältemaschinenkompressoren⁷⁰⁾ dieser Art von Bedeutung ist. Die *Auergesellschaft*⁷¹⁾ hat sich ein Schaltgetriebe für eine ähnliche Luftfördervorrichtung (in Prüfstationen) schützen lassen. Ein Membranverdichter von *Soeding*⁷²⁾ arbeitet mit Übergangsflüssigkeit und einer zweiten Hilfsmembran. Die Membranpumpe der *Ulvir G. m. b. H.*⁷³⁾ mit elektromagnetischem Antrieb weist eine feste Membran mit einstellbarer Haltevorrichtung und eine bewegliche Membran auf.

- ³⁰⁾ Z. Ver. dtsch. Ing. 85, 229 [1941].
³¹⁾ Ebenda, S. 157.
³²⁾ Chemiker-Ztg. 63, 653 [1939].
³³⁾ D. R. P. 705025 [1937].
³⁴⁾ D. R. P. 710319 [1937].
³⁵⁾ D. R. P. 715342 [1939].
³⁶⁾ D. R. P. 689488 [1935].
³⁷⁾ D. R. P. 701334 [1938].
³⁸⁾ D. R. P. 713155, 713156 [1940].
³⁹⁾ Ebenda, S. 389.
⁴⁰⁾ D. R. P. 644160 [1934], 703794 [1938].
⁴¹⁾ D. R. P. 713646 [1938].
⁴²⁾ D. R. P. 714705 [1938], 717221 [1938].
⁴³⁾ D. R. P. 719022 [1938].
⁴⁴⁾ D. R. P. 680132 [1936].
⁴⁵⁾ D. R. P. 712749 [1938].
⁴⁶⁾ D. R. P. 719305 [1935].
⁴⁷⁾ D. R. P. 677149 [1937], 719306 [1939].
⁴⁸⁾ D. R. P. 686201 [1937], 702084 [1938].
⁴⁹⁾ D. R. P. 673371 [1935], 677352 [1937].
⁵⁰⁾ D. R. P. 712057 [1939], 681288, 681654, 683593 [1938].
⁵¹⁾ D. R. P. 713255 [1939]; D. R. P. 696845 [1937] betrifft einen Zylinder und D. R. P. 714898 [1936] einen Kolben.
⁵²⁾ D. R. P. 720169 [1939]; vgl. ferner D. R. P. 712910 [1936].
⁵³⁾ D. R. P. 720554 [1938].
⁵⁴⁾ D. R. P. 664566 [1935], 674056 [1936], 682908 [1937], 687979 [1936], 712750 [1938], 720212 [1936].
⁵⁵⁾ D. R. P. 672628 [1936], 674206, 674474, 677917 [1937], 682036 [1936], 688429 [1938], 716352 [1939], 721745 [1936].
⁵⁶⁾ D. R. P. 662739 [1936], 681228, 681257 [1937], 683594 [1938], 716628 [1940].
⁵⁷⁾ D. R. P. 673232, 673229 [1936], 688737 [1937].
⁵⁸⁾ D. R. P. 673230, 673231 [1937], 701811 [1936], 701812, 701813 [1937].
⁵⁹⁾ D. R. P. 681705 [1937].
⁶⁰⁾ D. R. P. 712111 [1938].
⁶¹⁾ D. R. P. 657463 [1935], 721565 [1938].
⁶²⁾ D. R. P. 689641 [1938].
⁶³⁾ D. R. P. 710321 [1937].
⁶⁴⁾ D. R. P. 713767 [1940].
⁶⁵⁾ D. R. P. 677149 [1937], 719306 [1939].
⁶⁶⁾ D. R. P. 704775 [1939].
⁶⁷⁾ D. R. P. 690154 [1937].
⁶⁸⁾ D. R. P. 693242, 693243, 693818, 695450 [1938].
⁶⁹⁾ D. R. P. 704457 [1939].
⁷⁰⁾ D. R. P. 721336 [1940].

³⁰⁾ Z. Ver. dtsch. Ing. 85, 229 [1941].

³¹⁾ Ebenda, S. 157.

³²⁾ Chemiker-Ztg. 63, 653 [1939].

³³⁾ D. R. P. 705025 [1937].

³⁴⁾ D. R. P. 710319 [1937].

³⁵⁾ D. R. P. 715342 [1939].

³⁶⁾ D. R. P. 689488 [1935].

³⁷⁾ D. R. P. 701334 [1938].

³⁸⁾ D. R. P. 713155, 713156 [1940].

³⁹⁾ Ebenda, S. 389.

⁴⁰⁾ D. R. P. 644160 [1934], 703794 [1938].

⁴¹⁾ D. R. P. 713646 [1938].

⁴²⁾ D. R. P. 714705 [1938], 717221 [1938].

⁴³⁾ D. R. P. 719022 [1938].

⁴⁴⁾ D. R. P. 680132 [1936].

⁴⁵⁾ D. R. P. 712749 [1938].

⁴⁶⁾ D. R. P. 719305 [1935].

⁴⁷⁾ D. R. P. 677149 [1937], 719306 [1939].

⁴⁸⁾ D. R. P. 686201 [1937], 702084 [1938].

⁴⁹⁾ D. R. P. 673371 [1935], 677352 [1937].

⁵¹⁾ D. R. P. 704775 [1939].

⁵⁰⁾ D. R. P. 712057 [1939], 681288, 681654, 683593 [1938].

⁵²⁾ D. R. P. 713255 [1939]; D. R. P. 696845 [1937] betrifft einen Zylinder und D. R. P. 714898 [1936] einen Kolben.

⁵³⁾ D. R. P. 720169 [1939]; vgl. ferner D. R. P. 712910 [1936].

⁵⁴⁾ D. R. P. 720554 [1938].

⁵⁵⁾ D. R. P. 664566 [1935], 674056 [1936], 682908 [1937], 687979 [1936], 712750 [1938], 720212 [1936].

⁵⁶⁾ D. R. P. 672628 [1936], 674206, 674474, 677917 [1937], 682036 [1936], 688429 [1938], 716352 [1939], 721745 [1936].

⁵⁷⁾ D. R. P. 662739 [1936], 681228, 681257 [1937], 683594 [1938], 716628 [1940].

⁵⁸⁾ D. R. P. 673232, 673229 [1936], 688737 [1937].

⁵⁹⁾ D. R. P. 673230, 673231 [1937], 701811 [1936], 701812, 701813 [1937].

⁶⁰⁾ D. R. P. 681705 [1937].

⁶¹⁾ D. R. P. 712111 [1938].

⁶²⁾ D. R. P. 657463 [1935], 721565 [1938].

⁶³⁾ D. R. P. 689641 [1938].

⁶⁴⁾ D. R. P. 710321 [1937].

⁶⁵⁾ D. R. P. 713767 [1940].

⁶⁶⁾ D. R. P. 677149 [1937], 719306 [1939].

⁶⁷⁾ D. R. P. 704775 [1939].

⁶⁸⁾ D. R. P. 690154 [1937].

⁶⁹⁾ D. R. P. 693242, 693243, 693818, 695450 [1938].

⁷⁰⁾ D. R. P. 704457 [1939].

⁷¹⁾ D. R. P. 721336 [1940].

Die Frankfurter Maschinenbau A.-G. vorm. Pokorny & Wittekind (Allstadt)⁷⁴⁾ legt bei ihren Verdichteranlagen auf gute Geräuschdämpfung Wert, während sich die Siegener Maschinenbau A.-G. (Morlock)⁷⁵⁾ eine besondere Kolbenstangenabdichtung für Hochdruckverdichter schützen läßt und die Knorr-Bremse A.-G. (Peterson)⁷⁶⁾ bei ihren Verdichtern einen Ölsumpf im Kurbelgehäuse vorsieht bzw. die Mahle K.-G. (Irmer)⁷⁷⁾ ineinandergeschaltete Hohlkörper als Sauggeräuschdämpfer benutzt.

Die Drehkolbenmaschinen bzw. Vielzellenverdichter sind durch so zahlreiche Patente vertreten, daß an dieser Stelle nur ein sehr gedrängter Überblick geboten werden kann. Pisa⁷⁸⁾ läßt die Trennwand der beiden Arbeitskammern um einen Gehäuselagerzapfen schwingen. Steinmann u. Claus⁷⁹⁾ sehen hinter der Abflachung des Drehkolbens in seiner Achsrichtung Nuten mit entsprechenden Buchsbohrungen vor. Die R. Bosch G. m. b. H. (Passera, Vielmo)⁸⁰⁾ baut in die Gehäuse radial bewegliche, federbelastete Trennschieber ein, während Wieser⁸¹⁾ zwischen Pumpenein- und -austritt federnde Widerlager anordnet. Johnson⁸²⁾ lagert die Läufer in Axialzapfen und gestaltet die Flügel gleitend. Die Vielzellenverdichter der Klein, Schanzlin & Becker A.-G. (Lackmann)⁸³⁾ haben sichelförmige Arbeitsräume, wobei die Kolben durch Laufringe abgestützt werden. Nach Bischof⁸⁴⁾ dienen Gehäuselaufringe auch zur Unterstützung der Schieber. Voith⁸⁵⁾ arbeitet mit Hilfsflüssigkeitskolben und Schleppzylindern. Die Knorr-Bremse A.-G. (Müller)⁸⁶⁾ ordnet die Schieberkolben sternförmig an und gibt ihnen zwecks teilweisem Massenausgleich Rahmenform. Reising (Figge)⁸⁷⁾ läßt außermittig einen Läufer kreisen. Kuphal⁸⁸⁾ führt die in Hängelagern unterstützten Schaufeln seines Kapselgebläses mit exzentrischem Läufer zentrisch zum Gehäuse. Der Vielzellenverdichter der Mapag Maschinenfabrik Augsburg-Plattling A.-G. (Fränkl, Kiermeier)⁸⁹⁾ trägt außermittig im Gehäuse Trommelläufer und, mittig im Gehäuse aufgehängt, Trennschieber. Braunstein⁹⁰⁾ legt in seinen Vielzellenverdichter eine Rinne als Abscheidervorrichtung für Fremdkörper. Schottler⁹¹⁾ gibt dem im Läufer radial verschiebbaren Trennschieber Gleitbacken. Göransson⁹²⁾ sieht wenigstens zwei zylindrische Drehkolben mit profilierten Läufern vor. Die zwei Läufer der Drehkolbenpumpe von Northey Rotary Engines Ltd.⁹³⁾ weisen je einen flügelartigen Kolben und je eine diesen entsprechende Aussparung auf. Die Gebläse-Konstruktion der Fr. Krupp Germaniawerft A.-G. (Rieprich)⁹⁴⁾ ist durch zwei entgegengesetzt umlaufende zweizahnige Drehkolben gekennzeichnet. Ein Zahnverdichter von Fuchs⁹⁵⁾ enthält achsparallele Zahnräder, von denen das eine hohl ist und den feststehenden Steuerzylinder umschließt. Der Drehkolben des Roots-Gebläses der Daimler-Benz A.-G. (Hoess)⁹⁶⁾ besteht aus einem axialen Tragkreuz für den Mantel und verschweißten Einzelblechen. Bei einem Verdichter von Milo (Lysholm, Nilsson)⁹⁷⁾ vom Schraubenrädertyp liegen die Hochdruckenden der Doppelschrauben einander gegenüber.

Tänzler⁹⁸⁾ verwendet in seiner Drehkolbenmaschine Pendelgleitschieber, Trümpener⁹⁹⁾ Exzenter-Wellen-Lagerung, die Seld & Böhmer G. m. b. H.¹⁰⁰⁾ Plattenkolben, die Läufer scheiben durchdringen, und Dabert¹⁰¹⁾ elliptische Gehäusequerschnitte. Die Klein, Schanzlin & Becker A.-G. (Kraft, Lackmann)¹⁰²⁾ stattet ihre zweistufige Drehkolben-Vakuumpumpe mit vielen Zellen, sichelförmigen Arbeitsräumen und Vorrichtung n zur Verhinderung von Rostablagerungen zwischen Wellen und Kolbentrommeln aus. E. Leybold's Nachfolger (Kammerer)¹⁰³⁾ steuern bei ihren umlaufenden Ölluft-pumpen das Saugleitungsventil so, daß es bei Stillstand der Pumpen selbsttätig abschließt. In den Pumpen von Gaede¹⁰⁴⁾ sind ölüberdeckte Rückschlagventile und darüber selbsttätig offen gehaltene obere Ventile vorgesehen. Die A. E. G. (Bancroft)¹⁰⁵⁾ hat sich selbsttätige Schlußventile zwischen Vakuum-pumpe und den zu evakuierenden Gefäßen sowie Gleitschieber

schützen lassen. Die Rahmesol & Schmidt A.-G. (Röben)¹⁰⁶⁾ bedient sich einer Wälzkolbenluftpumpe mit Ölschmierung, einem Ölbehälter auf der Ansaugseite und einem Drosselorgan in der Verbindungsleitung. Patente anderer Anmelder beziehen sich auf Schmiervorrichtungen¹⁰⁷⁾ und Lager¹⁰⁸⁾.

Nichols u. Tilghman's Patent Sand Blast Co.¹⁰⁹⁾ kühlen Läufer und Gehäuse durch je einen Kühlmittelstrom, auch Sorge¹¹⁰⁾ legt Wert auf gleichmäßigen Wärmeausgleich, während die Demag A.-G. (Strucksberg)¹¹¹⁾ bei ihrem zweistufigen, direkt gekuppelten Umlaufverdichter mit Luftkühlung arbeitet.

List¹¹²⁾ benutztschwingende Kolben, die Rob. Bosch G. m. b. H. (Vielmo, Passera)¹¹³⁾ Trennschieber, die mittels Federn gegen die Drehkolben gedrückt werden, die Schweizer Lokomotiv- und Maschinenfabrik (Bremi)¹¹⁴⁾ saugseitige Drosselklappen und automatischen Leitungsabschluß sowie endlich Wernert¹¹⁵⁾ außermittig umlaufende Läufer aus Buna od. dgl. Im Druckstutzen eines Kapselgebläses der Maschinenfabrik Rheinwerk Nachf. Heinen & Co. (Volke)¹¹⁶⁾ liegt ein Leitkörper, der bis an die Überschneidungsstelle der beiden Kolbenbahnen reicht.

Die Aevex Ltd.¹¹⁷⁾ baut ihren Schraubenlüfter mit seinem Antriebsmotor als Ganzes in einen das Flügelrad umfassenden Tragring ein. Die Siemens-Schuckertwerke A.-G.¹¹⁸⁾ ordnet hinter einem Axialgebläse einen besonderen Luftkanal an. Gyger¹¹⁹⁾ führt seinem mehrstufigen Axialgebläse das Fördermittel unter Druck zu und schaltet vor jedes Laufrad ein Leitrad. Bei einem Mehrstufen-Axialverdichter für hohe Laufradumfangsgeschwindigkeiten von Enke¹²⁰⁾ haben die Laufradflügel bei jeder Stufe geometrisch ähnliche Profilabmessungen; bei sich von Stufe zu Stufe verkleinernden Durchtrittsgeschwindigkeiten nehmen die Laufraddurchmesser gleichzeitig entsprechend zu. Voith (Marcinowski)¹²¹⁾ ordnet bei Axialgebläsen gleichmäßig zu den Außenrohren vor und hinter den Laufrädern Zwischenrohre an. Die Radscheiben der beiden Laufräder eines Zweistufigen Gebläses der Westfalia Dinnendahl Gröppel A.-G. (Boving)¹²²⁾ werden kegelförmig gestaltet. Schicht¹²³⁾ hält es bei Axialgebläsen für vorteilhaft, wenn u. a. das Verhältnis der Ringflächen der Laufradaustrittsöffnungen bzw. der Diffusoreintrittsöffnungen zu den Ringflächen der Laufradeintrittsöffnungen kleiner als 3 zu 5 ist.

Ein Schraubenlüfter der Klöckner-Humboldt-Deutz A.-G.¹²⁴⁾ zeichnet sich dadurch aus, daß bei ihm der Anstellwinkel der Lüfterflügel in Abhängigkeit von der Umlaufgeschwindigkeit durch Verdrehen geändert werden kann. Zwei Patente der A. B. Svenska Fläktfabriken (Löfgren)¹²⁵⁾ betreffen die Tragflächenprofile von Schraubenlüfterrädern und die Erleichterung der Gasverteilung über die Laufradschaufeln. Die Siemens-Schuckertwerke A.-G. (Stieber, Eysler)¹²⁶⁾ beschreibt einen zweiseitig saugenden Fliehkraftlüfter, dessen Antriebsmotor auf beiden Wellenstümpfen je 1 Lüfterrad trägt. Die A. E. G. (Hoffmann, Schmidt, Rückert)¹²⁷⁾ ordnet bei einem Kreiselverdichter gasgesperrte Stopfbüchsen (Sperrgas aus der Saugleitung) an bzw. sie bedient sich bei Mehrstufenverdichtern der Zwischenkühlung und einer nachgeschalteten Überschlußluftturbine. Die Ges. für Ventilatorzug m. b. H. (Klose)¹²⁸⁾ versieht die hintere Laufradwand von Fliehkraftgebläsen mit Laufradschaufeln und mit Öffnungen zum Ausschleiden von Verunreinigungen; Danneberg & Quandt¹²⁹⁾ rüsten Gebläseläufer mit dreieckigen Verschleißverhütungsblasen aus, während sich die Siemens-Schuckertwerke A.-G. (Peineke, Hahn)¹³⁰⁾ Befestigungsvorrichtungen für Lüfterräder mit taschenförmigen Aussparungen sowie die Geräuschdämpfung durch frei unter- oder oberhalb des Motors hängende Flügelräder schützen läßt. Die Escher Wyss A.-G.¹³¹⁾ baut in ein- oder mehrgewölbte Vielstufen-Axialverdichter mindestens einen äußeren Zwischenkühler ein. Die General Motors Corp. (Bowry, Arnold)¹³²⁾ beschreibt ein Flügelrad mit veränderlicher Drehzahl und elastischen Flügelblättern, während C. H. Jaeger & Co. (Liebrecht)¹³³⁾ den Laufrädern kegelige

⁷⁴⁾ D. R. P. 714866 [1938].
⁷⁵⁾ D. R. P. 718399 [1939].
⁷⁶⁾ D. R. P. 674209 [1934].
⁷⁷⁾ D. R. P. 694938 [1935].
⁷⁸⁾ D. R. P. 673233 [1935].
⁷⁹⁾ D. R. P. 686452 [1932].
⁸⁰⁾ D. R. P. 688689 [1938].
⁸¹⁾ D. R. P. 700112, 704034 [1937].
⁸²⁾ D. R. P. 715216 [1939].
⁸³⁾ D. R. P. 693372 [1938].
⁸⁴⁾ D. R. P. 678867 [1937].
⁸⁵⁾ D. R. P. 696509 [1937].
⁸⁶⁾ D. R. P. 675561 [1937].
⁸⁷⁾ D. R. P. 712751 [1935].
⁸⁸⁾ D. R. P. 671679 [1936], 696640, 707071 [1937], 714088 [1938], 716631 [1939].
⁸⁹⁾ D. R. P. 673497 [1936].
⁹⁰⁾ D. R. P. 694846 [1936], 716593 [1938].
⁹¹⁾ D. R. P. 716630 [1940], 717610 [1939].
⁹²⁾ D. R. P. 719387 [1939].
⁹³⁾ D. R. P. 677288 [1937].
⁹⁴⁾ D. R. P. 719388 [1938], 722009 [1937].
⁹⁵⁾ D. R. P. 677668 [1937].
⁹⁶⁾ D. R. P. 686937 [1935].
⁹⁷⁾ D. R. P. 690863 [1937].
⁹⁸⁾ D. R. P. 699844, 704250 [1938].
⁹⁹⁾ D. R. P. 716353, 722010 [1940].
¹⁰⁰⁾ D. R. P. 677150 [1934].
¹⁰¹⁾ D. R. P. 679397 [1937].
¹⁰²⁾ D. R. P. 699260 [1939].
¹⁰³⁾ D. R. P. 696469 [1938].
¹⁰⁴⁾ D. R. P. 715217 [1939].
¹⁰⁵⁾ D. R. P. 706905 [1939].
¹⁰⁶⁾ D. R. P. 706503 [1939].
¹⁰⁷⁾ D. R. P. 675264 [1936].
¹⁰⁸⁾ D. R. P. 680741 [1935], 709715 [1937].
¹⁰⁹⁾ D. R. P. 698930 [1938].
¹¹⁰⁾ D. R. P. 703460 [1939]; vgl. a. D. R. P. 699902 [1936].
¹¹¹⁾ D. R. P. 701616 [1939].
¹¹²⁾ D. R. P. 697997 [1936].
¹¹³⁾ D. R. P. 707013 [1936].
¹¹⁴⁾ D. R. P. 711834 [1939].
¹¹⁵⁾ D. R. P. 675377 [1936].
¹¹⁶⁾ D. R. P. 712027 [1938].
¹¹⁷⁾ D. R. P. 691578 [1936], 720171 [1939]; vgl. a. D. R. P. 705523 [1939].
¹¹⁸⁾ D. R. P. 676527 [1936].
¹¹⁹⁾ D. R. P. 713187 [1936], 717646 [1938]; vgl. a. D. R. P. 694061, 718587 [1927].
¹²⁰⁾ D. R. P. 671913, 712870 [1937], 721337 [1940].
¹²¹⁾ D. R. P. 692752 [1937].
¹²²⁾ D. R. P. 716717 [1940].
¹²³⁾ D. R. P. 709567 [1935].
¹²⁴⁾ D. R. P. 688432 [1937].
¹²⁵⁾ D. R. P. 700062, 700387 [1938].
¹²⁶⁾ D. R. P. 673125 [1935].
¹²⁷⁾ D. R. P. 700968 [1933].
¹²⁸⁾ D. R. P. 709144 [1938].
¹²⁹⁾ D. R. P. 713617 [1937].
¹³⁰⁾ D. R. P. 685079 [1936], 691824 [1937].
¹³¹⁾ D. R. P. 698234 [1938].
¹³²⁾ D. R. P. 698234 [1938].
¹³³⁾ D. R. P. 705901 [1937], 712208 [1938].

Durchstromrichtungen geben bzw. die Flügel bis zur Nabe durchführen und mit ihr verschweißen. Die *Sachsenwerk A.-G.* (*Hartwagner*)¹³⁴) baut trichterförmige Leitbleche in die Luftansaugwege von Fliehkraftlüftern ein.

*Steltzner*¹³⁵) setzt ein trommelförmiges Fliehkraftlüfterrad aus gewellten Ringen zusammen, die sich mit ihren Wellenbergen und -tälern berühren und dort mit rillenartigen Erhöhungen bzw. Vertiefungen ineinandergreifen. Ein Fliehkraftgebläse der *A. E. G.*¹³⁶) weist zwei trommelförmige Schaufelräder in einem gemeinsamen Gehäuse mit beiderseitigem axialen Lufttritt auf; der Abstand der Schaufelräder voneinander ist doppelt so groß wie der des Einzelrades von der benachbarten Gehäusewand. Die Luftbewegungsanlage der *Turbon G. m. b. H.*¹³⁷) umfaßt zwei parallel geschaltete Fliehkraftlüfter; die Ausblasesutzen münden in der Strömungsrichtung hintereinander in eine gemeinsame Druckleitung; der letzte Quadrant des vorn liegenden Lüfters ist als schwenkbare Regelklappe eingerichtet. *Müller*¹³⁸) ordnet die Aus- und Eintrittsstutzen tangential zum Spiralgehäuse an; die Firma *Jul. Pintsch (F. v. Schütz)*¹³⁹) bevorzugt Leitkanäle mit Umlenkschaufeln. Die stufenlose Regelung der Drehzahlen von Fliehkraftverdichtern bewirkt die *Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt*¹⁴⁰) durch Einschaltung von gleichachsigen Planetengetrieben in die Antriebswelle. Der Beaufschlagungsregelung bei Kreisverdichtern dient nach Angaben der *Ges. für Linde's Eismaschinen A.-G. (Spannhake, Sorg)*¹⁴¹) eine verstellbare Blende zur Teilabdeckung des Laufrades. Andere Erfinder lassen sich Fliehkraftverdichter¹⁴²) für zwei verschiedene Förderhöhen, Sauggebläse¹⁴³) mit axial verschieb- und einstellbaren Flügelrädern und Ringraumregler¹⁴⁴) für Schleudergebläse mit veränderlichen Förderhöhen bzw. -mengen bei ungefähr gleichbleibenden Drehzahlen schützen.

Nach *Bergmann*¹⁴⁵) bilden die Laufradkanäle mit den Kanälen eines ortsfesten Leitrades einen abgeschlossenen Arbeitsraum mit umlaufender Hilfsflüssigkeit. Die *Engng. Inc.*¹⁴⁶) läßt in ihrer Saugpumpe das zu fördernde Mittel durch

einen Strahlsauger mit Düsensystemen ansaugen. Von der *Siemens-Schuckertwerke A.-G.* bzw. der *Siemens & Halske A.-G.* und ihren Mitarbeitern rühren ferner Vorschläge betr. Verwendung von unter Flüssigkeitskolben¹⁴⁷) umlaufenden Rohren mit mindestens zwei Vollkreiswindungen, von Wasserringpumpen¹⁴⁸) mit mehreren Saug- und Druckstufen auf dem Laufradumfang, von ebensolchen Pumpen¹⁴⁹), bei denen das Betriebswasser gleichzeitig dem Niederschlagen von Dämpfen dient, von Flügelradverdichtern¹⁵⁰) mit abdichtendem, kreisendem Flüssigkeitsring und selbsttätigem Auslaßventil, von zweistufigen¹⁵¹) Flüssigkeitsringpumpen mit Zufluß-, Gas- wie Querschnittsregelung und Anlaufvorrichtungen, von Eisen- (Stahl-) Flügeln¹⁵²) mit Gußeisennaben und Halteringen sowie endlich von Dünnwandrohrkühlung¹⁵³) bei Diffusionspumpen her. Ein Patent von *Roy*¹⁵⁴) beschreibt ein Verdichterlaufrad mit zwei Schaufelkreuzen, ein solches der *Nash Engng. Corp.*¹⁵⁵), eine Flüssigkeitspumpe mit axialen Verteilerstücken, die in das Gehäuse hineinragen, und ein solches von *Lamort Fils*¹⁵⁶), einen Flügelradverdichter mit abdichtend kreisendem Flüssigkeitsring und Flüssigkeitsentnahme während des Betriebes.

*Gaede*¹⁵⁷) hat eine Vakuum-Absperrvorrichtung konstruiert, bei der ein Barometerrohr in Druckabhängigkeit so gehoben bzw. gesenkt wird, daß sich die Eintauchtiefe entsprechend dem Außendruck regelt. Mehrstufige Diffusionspumpen werden nach Mitteilungen der *A.E.G. (Partzsch)*¹⁵⁸) in der Weise gekühlt, daß die Hochvakuumstufe einen Kühlwasserkreislauf für sich erhält. Die *Gutehoffnungshütte Oberhausen A.-G. (Schürmann)*¹⁵⁹) gestaltet den schaufellosen Teil des Diffusorkanals ihres Fliehkraftverdichters konisch.

Auf einige Beiträge über Wirkungsweise von Kolben- bzw. Turbokompressoren und Vakuumpumpen¹⁶⁰), Dosierung kleiner Gasmengen¹⁶¹), Druckabfall in Gasrohrleitungen¹⁶²) und über Ventilatoren¹⁶³) sei abschließend verwiesen.

Eingeg. 11. Januar 1943. [6.]

- ¹³⁴) D. R. P. 707996 [1937].
- ¹³⁵) D. R. P. 708357 [1936].
- ¹³⁶) D. R. P. 722059 [1940].
- ¹³⁷) D. R. P. 700163 [1934].
- ¹³⁸) D. R. P. 706213 [1938].
- ¹³⁹) D. R. P. 713583 [1937].
- ¹⁴⁰) D. R. P. 702144 [1935].

- ¹⁴¹) D. R. P. 682822, 712871 [1937].
- ¹⁴²) D. R. P. 675785 [1936].
- ¹⁴³) D. R. P. 689927 [1937].
- ¹⁴⁴) D. R. P. 713036 [1938].
- ¹⁴⁵) D. R. P. 707767 [1939].
- ¹⁴⁶) D. R. P. 686613 [1935].

- ¹⁴⁷) D. R. P. 697773 [1937].
- ¹⁴⁸) D. R. P. 689345 [1935].
- ¹⁴⁹) D. R. P. 689970, 689971 [1938], 697264, 697913, 707769 [1937].
- ¹⁵⁰) D. R. P. 707768 [1937].
- ¹⁵¹) D. R. P. 671418 [1935].
- ¹⁵²) D. R. P. 716534 [1938].
- ¹⁵³) D. R. P. 685169 [1937].
- ¹⁵⁴) Chem. Fabrik 14, 410 [1941]; D. R. P. 709266 [1936].
- ¹⁵⁵) Chem. Fabrik 12, 320 [1939].
- ¹⁵⁶) Ebenda 14, 347 [1941].
- ¹⁴⁶) D. R. P. 672383, 688886 [1937].
- ¹⁴⁷) D. R. P. 689489 [1936].
- ¹⁴⁸) D. R. P. 696374 [1938].
- ¹⁴⁹) D. R. P. 675378 [1936].
- ¹⁵⁰) D. R. P. 684664 [1936], 686470 [1938].
- ¹⁵¹) Ebenda 14, 121 [1941].
- ¹⁵²) Ebenda 14, 364 [1941].

BERICHTE AUS DER CHEMISCHEN TECHNIK

VEREINE UND VERSAMMLUNGEN

Gießerei-Institut der T. H. Aachen.

10. Wintercolloquium, 21. — 23. Januar 1943.

O. Junker, Lammersdorf: *Über die bauliche Entwicklung des Graphitabschmelzofens.*

Die Graphitabschmelzöfen werden hauptsächlich für kleinere und mittlere Schmelzeinheiten von 100—1000 kg Fassung gebaut. Die gebräuchlichste Form ist die runde Schmelztrommel mit zentral liegendem Stab. Der Graphitheizstab ist unabhängig von der Schmelztrommel feststehend gelagert. Die Schmelztrommel kann während des Schmelzens geschaukelt werden. Der Einstabschmelzofen erfordert aber für Anschlußwerte oberhalb 250 KVA kostspielige elektrotechnische Anlagen. Es wurden deshalb in einen runden Trommelöfen zentral mehrere Stäbe eingebaut, oder es wurde die runde Form verlassen und die Konstruktion eines flachen Herdofens mit mehreren nebeneinander stehenden Stäben gewählt. Bei der Stromzuführung wird in Deutschland die wärme-wirtschaftlich ungünstige Anordnung wassergekühlter Metallkontakte der Zuleitung durch massive Graphitblöcke vorgezogen, weil bei diesen der Graphitverschleiß groß und die Temperatur des Mauerwerks hoch ist. Im elektrischen Wirkungsgrad liegt der Graphitabschmelzofen zwischen Lichtbogen- und Hochfrequenzöfen. Er ist entsprechend seiner Bauweise ein reiner Strahlungs- ofen, z. T. gibt er seine Stromwärme durch Strahlung unmittelbar an das Schmelzgut ab, z. T. wird die Strahlung erst mittelbar durch Zwischenschaltung der Ofenwände an das Schmelzgut abgegeben. Infolge Anwendung anderen Mauerwerkmaterials sind neuerdings konstruktive Änderungen vorgenommen worden, die eine geringe Badtiefe bei gleichzeitig größerer Badoberfläche und eine bessere Anordnung des Graphitstabs zur Folge hatten.

Dipl.-Ing. E. Bertram, Fa. Karl Schmidt G. m. b. H. Neckarsulm: *Erfahrungen mit elektrischen Großraumöfen im Aluminium-Umschmelzbetrieb.*

Es wurde zusammen mit der Firma Otto Junker, Lammersdorf, ein Herdschmelzofen-Mischer entwickelt, um einerseits aus

feinstückigen Abfällen in Spänen und Krätzen diese zu sammeln, zu mischen bzw. flüssig zu gattieren und andererseits grobstückiges Material einzuschmelzen; eine Doppelaufgabe, die von den seither verwendeten Drehtrommelöfen nicht gemeistert wurde. Dabei ergab sich mit diesem neuen Ofen noch der Vorteil der Entgasung der Schmelze und vor dem Abguß der Schmelze die Möglichkeit zur Probenentnahme für eine Analyse, um u. U. die Zusammensetzung sofort zu berichtigen (Spektralanalyse). Das Fassungsvermögen des neuen Ofens beträgt 15000 kg gegenüber 3000 kg der seither verwendeten Drehtrommelöfen; seine Beheizung wird durch freitragende *Junkers*-Folgen vermittelt, die gegenüber den gewöhnlichen Heizspiralen wertvolle Metalle einsparen. Der Herdschmelzofen-Mischer ist nicht kippbar, er hat 3 Abstiche. Der Gießvorgang geht leicht vor sich und kann von Frauen vorgenommen werden. Die Schmelzzuführung wird durch eine Kranpfanne bewerkstelligt, die nur 1 Mann zur Bedienung benötigt. Um die Heizkörpermaterialien gegen Aluminium-Spritzer zu schützen, wurden mit großem Vorteil rolladenartige Schutzbleche zur Abdeckung entwickelt. Die Schutzbleche werden beim Zugeben neuen Materials vorgezogen und während der Heizperiode zurückgestellt. Der Herdschmelzofen-Mischer entspricht den heutigen Anforderungen des Vd d A, ein in der analytischen Zusammensetzung absolut gleichwertiges Material zu erzeugen; er spart weiterhin beim Schmelzprozeß Energie und beim Gießprozeß Arbeitskräfte.

Dipl.-Ing. Ph. Schneider, Rautalwerke G. m. b. H. Wernigerode: *Über das Erschmelzen von Aluminium-Gußlegierungen in neuartigen Niederfrequenz-Induktionsöfen.*

Dem Leichtmetallgießer fehlt ein Schmelzaggregat, wie es der Eisen-Gießer im altbewährten Kupolofen hat. Die bisher üblichen elektrischen Öfen haben ausnahmslos eine geringe Schmelzleistung, die in ungünstigem Verhältnis zu den hohen Anlagekosten steht.

Der aus Amerika stammende, in Deutschland fortentwickelte Niederfrequenz-Induktionsofen, der zunächst in der Schwermetallindustrie verwendet wurde, hat sich in den letzten sieben Jahren allmählich auch in den Aluminium-Gießereien eingeführt. Um die Einführung dieses Ofens hat sich *E. Fr. Russ*

besonders verdient gemacht. Der Ofen hatte seither eine unbefriedigende Schmelzleistung bei schwieriger Rinnenreinigung. Aus diesem Grunde haben sich sämtliche Induktionsofenbau-firmen lebhaft mit der Weiterentwicklung dieses Ofentyps befaßt. Diese Entwicklung erstreckte sich auch auf die Erhöhung des nutz-baren Abstichgewichts. Im Gebrauch befinden sich heute Öfen für Einsatzgewichte von 1—6 t.

Die Firma BBC hat einen Ofen mit zwei parallel liegenden Doppelrinnen und einem Anschlußwert von 450 kW heraus-gebracht. Diese Schmelzrinnen sind an ihrem Austritt in das Ofen-gefäß konisch erweitert. Außerdem sind die Rinnenäste schräg nach unten geführt, wodurch der tiefste Punkt der Doppelrinnen unterhalb des Mittelastes zu liegen kommt. Eine sehr geringe Badbewegung ergab sich aus dieser Maßnahme. Außerdem setzen sich die Rinnen nicht mehr so leicht zu und sind bequemer zu reinigen. Der BBC-Ofen ist mit einem seitlichen Ausguß versehen. Das Ausgießen erfolgt senkrecht zur Kipprichtung durch einen oder zwei hohle Drehzapfen. Der Sumpf bleibt in der 90°-Lage während des Reingens im Ofen. Der BBC-Ofen erreicht im Dauerbetrieb eine Schmelzleistung von 850 kg flüssigem Aluminium von 750° je Stunde.

Der von S. & H. entwickelte Aluminium-Induktions-schmelzofen hat sich seit 1940 sehr gut eingeführt. Er hat in Ab-weichung von den bisher üblichen Niederfrequenzöfen zwei Ofen-gefäße, die beim Drehstromofen durch vier gerade Rinnen mit-einander verbunden sind. Der Ofen ist mit einfachen Werkzeugen sehr bequem zu reinigen und weist auch nur eine geringe Bad-bewegung auf. Er wird hauptsächlich für ein Abstichgewicht von 3000 kg gebaut und weist bei 420 kW Anschlußwert eine Schmelz-leistung von 720 kg flüssigem Aluminium von 750° je Stunde auf.

Das Problem der Rinnenstampfmasse ist für sämtliche Nieder-frequenzofensysteme noch nicht befriedigend gelöst. Beim *Siemens*-Ofen sind Versuche im Gange, bei denen an Stelle der gestampften Rinnen gebrannte Korund- oder Magnesit-Rohre eingesetzt werden. Ein großer Vorteil des *Siemens*-Ofens besteht darin, daß die Rinnen ohne Beschädigung des übrigen Mauerwerks jederzeit erneuert werden können. Mit den heute auf dem Markt befindlichen Nieder-frequenz-Induktionsöfen können ausnahmslos alle Aluminium-Guß- und Knetlegierungen mit höchster Qualität erschmolzen werden.

Dr. W. Patterson, Leipziger Leichtmetallwerk Rackwitz: *Metallurgisch-metallkundliche Beobachtungen beim Stranggießen von Leichtmetallen.*

Kokillenguß stellt ein metallurgisch unvollkommenes Mittel zur Herstellung von Leichtmetall-Gußblöcken dar. Durch neu-zeitliche Stranggießverfahren werden neben wirtschaftlichen Vor-teilen die metallurgischen Vorbedingungen zur Erzeugung eines feinkörnigen lunker-, gasblasen- und seigerungsfreien Gußblockes gegeben. Das *Junghans*-Gießverfahren und das Wasserguß-Verfahren der VLW nach *Zunckel* erreichen kontinuierliche Arbeits-weise durch Zulassung einer Bewegung zwischen Block und Ko-killenwand. Die Kokillen bestehen aus wassergekühlten Rohr-stützen, die zu Beginn des Gießens durch einen beweglichen Boden geschlossen werden. Nach Füllung der Kokillen und Er-starrung der Randzonen wird der Boden abgesenkt und im oberen Teil der Kokillen durch Nachfüllen weiteren Metalls ein konstanter Gießspiegel eingehalten. Durch diese Maßnahmen überlagert sich der seitlichen Wärmeableitung zu den Kokillenwänden ein Wärme-entzug nach unten, so daß die Isotherme der Erstarrungsfront muldenförmig ausgebildet ist. Da die Blockseigerung der Richtung des Wärmeabflusses folgt, wird sie bei diesem Gießverfahren be-sonders in den Innenzonen bevorzugt in die Blockrichtung verlegt und damit praktisch unwirksam. Eine Lunkerbildung wird durch die Form der Erstarrungsfront völlig unterbunden. Gasblasen können leicht durch die flüssige Schmelze aufsteigen. Der rasche Wärmeentzug begünstigt die Feinkornbildung und drängt die Neigung zur Transkristallisation zurück. Durch die zusätzliche Anwendung unmittelbarer Wasserkühlung beim Wasserguß-Verfahren wird der Sumpf gegenüber dem *Junghans*-Verfahren wesentlich verflacht, so daß die Neigung zur Blockseigerung weiter zurückgeht und das Gefüge erheblich feinkörniger wird. Die An-wendung des Wassergusses bei Legierungen, die im Kokillenguß grobkörnig erstarren, schafft seigerungsarme Gußblöcke aus-gezeichneter Warmwalzbarkeit. Bei feinkörnig fallenden Legierun-gen beobachtet man jedoch gelegentlich eine Verschlechterung der Warmwalzbarkeit. Offenbar gibt es eine untere Grenze der Fein-körnigkeit, die zu unterschreiten im Hinblick auf die Warmwalz-barkeit keinen Vorteil bringt. Die letztgenannten Legierungen lassen sich vorteilhafter nach dem *Junghans*-Verfahren vergießen. Die scharfen Abkühlbedingungen beim Wasserguß-Verfahren rufen in den Blöcken oft sehr starke Spannungen hervor, die zu Rissen und spontanem Aufplatzen während des Gießens oder infolge Aushärtungserscheinungen beim Lagern führen können. Durch Beeinflussung der Form des Erstarrungssumpfes und Milderung der Kühlwirkung kann dem entgegen gearbeitet werden. Die Form des Erstarrungssumpfes ist durch strömungstechnische Gestaltung des Metallzulaufes beeinflussbar. Angestrebt wird eine horizontale Erstarrungsfront, die Seigerungen und das Entstehen von Spannun-

gen weitgehend unterbindet. Die Stranggießverfahren finden neuerdings auch in Zink- und Kupfer-Halbzeugwerken Anwendung. Die in Rackwitz beim Gießen von Blöcken aus Magnesium-Legierungen angewandte unmittelbare Flüssigkeitskühlung bringt beträchtliche metallurgische Vorteile.

Prof. Dr. G. Kritzer, T. H. Braunschweig: *Über Verbund-guß, insbes. auf Basis Stahl-Kupfer-Legierungen.*

Die Herstellung von Verbundmetallen hat heute, infolge höherer Anforderungen an Lagermetalle sowie kriegsbedingter Einsparungen wertvoller Buntmetalle, besondere Bedeutung. Vortr. erörtert die bei der Paarung von Metallen zu Verbund-metall auftretenden Fragen anhand des Beispiels Kupfer-Stahl und unterscheidet zwischen Haftung, Bindung und Diffusion. Die Untersuchungen ergaben, daß Temperatur und Zeit sich bezgl. der Ausbildung der Diffusionszone gegenseitig vertreten können. Zu hohe Temperatur und zu lange Zeit können bei den teilweise nur geringen Auflagedicken von ~ 1 mm zu grundlegenden Ände-rungen der Eigenschaften des Deckmetalls führen. Vortr. be-spricht das Diffusionsglühverfahren, wo eine bestimmte Zeit über eine bestimmte Temperatur am Werkstück gehalten wird, und das Schleuderverfahren, das hauptsächlich für die Innen-auskleidung von Büchsen für die Herstellung von Lagern angewandt wird.

Prof. Dr. E. Piwowarsky, Gießerei-Inst. der T. H. Aachen: *Über Siluminguß.*

Die Bedeutung des Silumins als bevorzugte Gußlegierung wurde herausgestellt und begründet. Hervorragende Gießbarkeit, geringe Schwindung, geringe Neigung zu Warmbrüchigkeit und Warmrißbildung bei hervorragenden Festigkeitseigenschaften ins-bes. im veredelten Zustand sichern auch weiterhin die Sonder-stellung des Silumins als bevorzugte Gußlegierung auf Aluminium-Basis. An Hand von Versuchen konnte gezeigt werden, daß auch für Silumin die Fragen der Gießtemperatur, des Anschnitts, der Gießhöhe usw. zünftig gelöst werden müssen, um einen vollen gießereitechnischen Erfolg zu erzielen. Die bei Silumin auftretende Gasporosität durch Wasserstoff läßt sich bei geeigneter Schmelz-führung wesentlich, und bei geeigneter Formtechnik unter Ver-wendung von Schreckplatten vollkommen zurückdrängen. Schmelzen und Gießen unter höherem Druck (5—8 atü), wie dies einem Vorschlag der Metallgesellschaft entspricht, äußert sich weniger in einer starken Erhöhung der Festigkeit, dagegen in einer 30%igen Steigerung der Dauerwechselfestigkeit. Ein vom Vortr. aufgezeigtes Verfahren der Behandlung der Schmelze mit nitrierten Spänen führt zu einer merklichen Kornverfeinerung und läßt entsprechende Gütesteigerungen erwarten. Die Entwicklung des Silumins scheint noch nicht völlig abgeschlossen, vielmehr liegen u. a. in der Anwendung verschiedener Spezialelemente noch weitere erfolgversprechende Entwicklungsmöglichkeiten vor.

Dr. H. Jungbluth, Fried. Krupp A.-G. Essen: *Die Be-ziehungen zwischen Winddruck, Windmenge und Ofenabmessungen im Kupolofen.*

Eigene Untersuchungen über die Beziehungen zwischen Wind-druck und Windmenge sowie Feststellungen von H. Bansen über den Einfluß von Ofendurchmesser, Ofenhöhe und Stückgröße der Beschickung bei Hochöfen zeigen, daß man allgemein die Be-ziehung in der Formel zusammenfassen kann:

$$p = k_4 \cdot W^a \cdot h^b \cdot d_o^{-c} \cdot d_B^{-f}$$

wobei W = Windmenge in m³/min, h die Ofenhöhe in m, d_o den Ofendurchmesser in m und d_B den ungefähren Durchmesser des Beschickungsgutes in mm angibt. Da beim normalen Kupol-ofenbetrieb i. allg. überall ein Koks verhältnismäßig gleicher Stück-größe benutzt wird, zieht man die Größe d_B^{-f} am besten mit in die Konstante k₄, so daß man als allgemeine Formel erhält:

$$p = k \cdot W^a \cdot h^b \cdot d_o^{-c}$$

Dabei liegt a in der Größenordnung von 1,5—2, b ungefähr 0,86—1, c ungefähr 3; k ist etwa 0,15—0,2. Eine allgemeine Dis-kussion der Formel zeigt, daß bei konstantem Winddruck und bei konstanter Schachthöhe die minütlichen Windmengen und damit die stündlichen Schmelzleistungen sich zueinander verhalten müssen wie die Ofenquadrate oder wie die Quadrate der Ofen-durchmesser, was der Fall ist.

Ein Vergleich der oben angegebenen Formel mit den von G. Buzek, E. Leber und B. Osann angegebenen läßt erkennen, daß diese dann zu richtigen Ergebnissen führen, wenn sie nur auf eine minütliche Windmenge von 100 m³/m² Ofenquerschnitt bezogen werden, und wenn darüber hinaus sich der Ofendurchmesser zur Ofenhöhe wie etwa 1:6 verhält. Die Koizidenz der Formeln beweist dann, daß die oben angegebenen Ziffern für die Faktoren und Exponenten annähernd richtig sein müssen. Man wird im praktischen Gebrauch der Formeln aber bald feststellen, daß sie mangels Besserem für Überschlagsrechnungen vielleicht ganz brauchbar sind, daß man aber gut daran tut, z. B. für die Voraus-berchnung von Gebläseleistungen einen angemessenen Sicher-heitszuschlag zu den vorhandenen Kupolofendruckern zu machen, um auch Störungen im Kupolofen zu vermeiden.

Prof. Dr. E. Piwowarsky, Gießerei-Inst. der T. H. Aachen: *Der Aachener Heißwindkuppelofen.*

Der Aachener Heißwindkuppelofen ist betriebstechnisch weiterentwickelt worden, und entsprechende Schmelzversuche konnten die früheren guten Erfahrungen mit diesem Ofensystem bestätigen. Vf. weist darauf hin, daß die Anwendung von hocherhitztem Gebläsewind (400—700° Windtemperatur) das eleganteste und für deutsche Verhältnisse wirtschaftlichste Hilfsmittel ist, unter Ersparnis erheblicher Koksmengen ein qualitativ hochwertiges Gußeisen im Kuppelofen zu erzeugen. Nachdem in Amerika weit über 80 Heißwindkuppelöfen zur größten Zufriedenheit laufen, ist es unverständlich, daß von dieser Maßnahme der wirtschaftlichen Gestaltung des Kuppelofenschmelzens in Deutschland bisher so wenig Gebrauch gemacht worden ist. Die hervorragenden Erfahrungen, welche die Eisen- und Stahlwerke vorm. Georg Fischer in Schaffhausen (Schweiz) seit etwa 3 Jahren mit dem Aachener Heißwindkuppelofen gemacht haben, haben allerdings die deutsche Fachwelt außerordentlich interessiert, so daß nunmehr mit einer zunehmenden Einführung des Kuppelofenschmelzens zu rechnen ist, insbes. bei denjenigen großen Gießereien, welche über genügende Mengen Hochofengas für den Betrieb der Rekuperatoren des Kuppelofens verfügen.

Dipl.-Ing. M. Bader u. Prof. Dr. E. Piwowarsky, Gießerei-Institut der T. H. Aachen: *Über Betriebserfahrungen mit dem Heißwindkuppelofen.*

Es wurden die Betriebserfahrungen bekanntgegeben, welche die Eisen- und Stahlwerke vormals Georg Fischer in Schaffhausen (Schweiz) mit einem dort aufgestellten Heißwindkuppelofen von 700 mm Dmr. gemacht haben. Mit diesem Versuchsöfen, der mit Windtemperaturen bis zu 600° arbeitete und in dem etwa 1000 t hochwertiges Gußeisen der laufenden Produktion zugeführt werden konnten, konnte erneut der Beweis erbracht werden, daß das Schmelzen mit überhitztem Heißwind nicht nur möglich ist, sondern ganz erhebliche betriebstechnische und qualitative Vorteile erbringt. Auf Grund der guten Erfahrungen mit dem Versuchs-kuppelofen wurden bei der genannten Firma inzwischen weitere 4 Kuppelöfen von 900 mm Dmr. auf das Schmelzen mit Heißwind umgestellt.

Dr. H. Jungbluth, Fried. Krupp A.-G. Essen: *Über Schleuderguß, vor allem über geschleuderte Zylinderlaufbüchsen.*

Selbst Technikern ist i. allg. kaum bekannt, daß bereits im Jahre 1809 A. C. Eckardt ein englisches Patent auf Schleuderguß erhielt, welches sämtliche theoretischen Ausführungsmöglichkeiten beim Schleudern um senkrechte, waagerechte und geneigte Drehachsen, sowie gleichzeitiges Schleudern um horizontale und senkrechte Drehachse enthielt. 1849 bereits stellte der Engländer *Shanke* in London gußeiserne Rohre von 3 m Länge und 75 mm Durchmesser her. Jedoch wurde die Weiterentwicklung des Schleudergusses erst möglich, als seinerzeit durch den Elektromotor ein geeigneter mechanischer Antrieb gefunden wurde und als andererseits ein Massenbedarf an Schleudergußstücken einfacher Konstruktion auftrat. So ist es nicht verwunderlich, daß gerade die Gebiete der Herstellung von gußeisernen Rohren und Zylinderlaufbüchsen die wichtigsten Anwendungsgebiete für Schleuderguß sind. Daneben werden auch noch andere Gegenstände, wie Bremsstromeln, Radreifen usw., aus Schleuderguß hergestellt. Eine Diskussion der beim Schleudern auftretenden physikalischen Verhältnisse zeigt, daß beim Schleudern von zylindrischen Körpern um eine senkrechte Drehachse stets Wanddickendifferenzen zwischen oben und unten auftreten, die um so größer werden, je kleiner die Umdrehungsgeschwindigkeit, je kleiner der Durchmesser und je größer die Höhe ist. Beim Schleudern um eine waagerechte Drehachse tritt ein solcher Wanddickenunterschied nicht auf. Daraus ist abzuleiten, daß man i. allg. nur Körper von geringer Höhe und großem Durchmesser durch Schleudern um senkrechte Drehachse herstellen wird, z. B. Radreifen. Das beim Schleudern durch die Zentrifugalkraft auftretende Kraftfeld wächst mit dem Durchmesser und mit dem Quadrat der Umdrehungsgeschwindigkeit. Es beträgt beim Schleudern um horizontale Drehachse etwa das 30—70fache des Erdschwerfeldes. Die Beanspruchung der Kokille durch Rotation und durch den Druck der Schmelze gegen die Kokille ist praktisch so unerheblich, daß die Wahl des Werkstoffs für die Kokille hierauf keine Rücksicht zu nehmen braucht. Maßgebend sind vielmehr andere Gesichtspunkte, wie Verschleißfestigkeit, gutes Loslösen des geschleuderten Gußstückes von der Kokille usw.

In Deutschland werden augenblicklich praktisch nur 2 Werkstoffe zur Herstellung geschleudert Zylinderlaufbüchsen verwendet, nämlich unlegiertes Gußeisen, das allerdings 0,1—0,3% Cr enthält, und Nitrierguß mit etwa 1,5% Cr und 0,7% Al. Beim unlegierten Grauguß muß die Zusammensetzung des Werkstoffes so gewählt werden, daß trotz Schleudern in heißer metallischer Kokille der Werkstoff mit perlitischem Grundgefüge und eingeleagertem Graphit anfällt ohne eine weiße Härteschicht am Außenmantel, so daß eine Glühbehandlung, wie sie z. B. bei Abflußrohren üblich ist, nicht erforderlich ist. Der Graphit liegt zwar in etwas feinerer Form als bei Sandguß vor, jedoch zeigt die

Praxis, daß diese Ausbildung des Graphits nicht schadet. Selbst geringfügige Mengen Ferrit beeinträchtigen die Qualität der Schleudergußbüchsen nicht erheblich. Ein nennenswerter Unterschied in der Gefügeausbildung außen und innen ist praktisch nicht feststellbar. Sollte in der Tat einmal Graupelgraphit mit etwas größeren Mengen Ferrit auftreten, so liegt diese Zone meist an der Außenseite der Büchse, wo sie nicht schadet und durch Drehen i. allg. entfernt wird. Durch das hohe Kraftfeld, das beim Schleudern aufgebaut wird, werden Schlacken, vor allem Mn-Sulfide und Mn-Oxyde, zum Innern der Büchse hingedrängt. Bei der Bemessung der Bearbeitungszugabe ist darauf Rücksicht zu nehmen. Es ist meist nicht möglich, den Nitrierguß gleichfalls grau erstarrt als Schleuderguß herzustellen. Es ist vielmehr vorteilhaft, für diesen Werkstoff nach dem Schleudern eine Glühbehandlung vorzusehen. Die mechanischen Eigenschaften des Schleudergusses sind ausgezeichnet. Man stellt allerdings fest, daß das Arbeitsvermögen, d. h. die Fläche unter der Spannungsdehnungskurve, beim Schleuderguß meist etwas kleiner ist als beim Sandguß. Das weist darauf hin, daß bei der Montage derartiger Büchsen die nötige Sorgfalt aufzuwenden ist, um Spannungen zu vermeiden. Die Schwingungsfestigkeit des Schleudergusses beträgt wie üblich 40—50% der Zugfestigkeit. Eine Kerbempfindlichkeit ist nicht oder nur in geringem Umfang feststellbar. Die Verschleißfestigkeit ist ausgezeichnet und der von Zylinderguß überlegen. Beim Nitrierguß tritt als weiterer Vorteil noch hinzu, daß auch eine gewisse Korrosionsfestigkeit vorhanden ist, die nach *Ricardo* gerade für Motoren eine Rolle spielt.

Die hohen Stückzahlen, die heute an Zylinderlaufbüchsen gefordert werden, drängen die Fabrikation automatisch zum Schleuderguß. Auf der anderen Seite erfordert aber auch der Schleuderguß eine genügend hohe Stückzahl, da sonst die zur Einhaltung gleichmäßiger Qualität erforderlichen Gleichgewichte zwischen chemischer Zusammensetzung, Kokillentemperatur und Arbeitsrhythmus im praktischen Betrieb nicht aufrechtzuerhalten sind.

Dr. H. Wahl, Amt für techn. Wissenschaften, Stuttgart-Bad Cannstatt: *Einige Überlegungen zum Verschleißproblem.*

Ausgehend von der Bedeutung des Verschleißproblems wurden Verschleißbegriff, Verschleißbedingungen, Verschleißart, Verschleißform, Gruppen, Methoden und Probleme der gesamten Verschleißabwehr dargelegt. Im Vordergrund stand die Frage der Verschleißprüfung als Voraussetzung planmäßiger Stoffentwicklung. Die Notwendigkeit der Ausarbeitung zusammenfassender Stofftabellen wurde von verschiedenen Beispielen abgeleitet. Anwendungsgrenzen, Vereinheitlichung, Wiederholbarkeit, Betriebstreue und Ähnlichkeitsbedingungen für Modellversuche wurden besprochen. Gestreift wurden die Methodik der betrieblichen Verschleißabwehr, ausgewählte Fragen der speziellen Grundlagenforschung (z. B. Stoßkräfte und Flächenpressung beim Aufprall von festen Teilchen bei Strahlverschleißvorgängen), Aufgabe und Ziel der allgemeinen Grundlagenforschung. Abschließend wurde auf die Notwendigkeit der Zusammenfassung heutiger Erkenntnisse über Verschleiß und geordneter Gemeinschaftsarbeit hingewiesen.

Dr. F. Roll, Eisen- und Stahlwerke Meier u. Weichelt, Leipzig: *Die Entwicklung des hochwertigen Tempergusses.*

Anhand von Schaubildern, die an einem Temperguß aus dem Siemens-Martin-Ofen zusammengestellt worden sind, ließ sich die Entwicklung der Festigkeit und Dehnung von weißem Temperguß ganz besonders einprägsam zeigen. Auch von schwarzem Temperguß ist die Festigkeit und Dehnung im Laufe der Jahre außerordentlich angestiegen. Auf dem Gebiet des Sondertempergusses sind Werte erzielt worden, mit denen die deutschen Tempergießer die Spitze der zurzeit möglichen Werte erreichen. Bei diesem Sondertemperguß ist unter anderem die Festigkeit auch noch abhängig von der Art und Weise des Einsatzes und seiner Erschmelzung. Das, was man unter Schnelltemperguß versteht, gehört ebenfalls hierher. Wenn man die Temperkurven so führt, daß auf die Keimzahl und Wachsgeschwindigkeit des Temperkohleknotens Rücksicht genommen wird, erzielt man bei möglichst kleiner Korngröße außerordentlich hohe Werte. Stimmt man die Zerfallsgeschwindigkeit und Entkohlungsgeschwindigkeit so aufeinander ab, daß keine oder fast keine Temperkohle entsteht, dann wird in einem Werkstoff im unvergüteten Zustand (bis 10 mm Dmr.) das Maximum an Festigkeit erreicht. Die statischen Festigkeiten des hochwertigen weißen und schwarzen Tempergusses sind somit außerordentlich beachtenswert. In gleichem Sinne sind die dynamischen Festigkeiten sehr gut. Weißer Temperguß läßt sich gut schweißen, wenn er gewisse Voraussetzungen in der chemischen Analyse und im Gefüge erfüllt. Die Korrosionsfestigkeit hat das Anwendungsgebiet an Stelle von Bronze geöffnet. Weißer Guß ist korrosionsfester als schwarzer Temperguß und verhält sich z. B. in Seewasser für Schieber praktisch einwandfrei. Für Kesselwasserspumpen (136° und 2½ atü) hat sich dieser Werkstoff selbst bei 3000 Umdrehungen je Minute besser bewährt als Spezialbronze. Anhand weiterer Beispiele wird der Einsatz dieser beiden hochwertigen Temperguß-Sorten

besprochen. Sie lassen erkennen, daß selbst für Gußstücke mit höchster Beanspruchung, wie Kurbelwellen, Getriebe, Bohrspindeln, Lager usw., beide Werkstoffe, entsprechend eingesetzt, sehr wertvoll sind.

Prof. Dr. E. Piwowarsky u. Dr. A. Evers, Gießerei-Institut der T. H. Aachen: *Über das Glühen von Stahlguß.*

Vortr. gab die Ergebnisse einer sehr umfangreichen, gemeinsam mit A. Evers auf der Friedrich-Wilhelm-Hütte in Mülheim-Ruhr durchgeführten Arbeit bekannt. Es galt nachzuweisen, ob beim Glühen von mittelharterm unlegiertem bzw. leichtlegiertem Stahlguß, wie bisher üblich, eine um 30—50° oberhalb des oberen Umwandlungspunktes gelegene Glühtemperatur zu wählen oder ob mit Rücksicht auf eine mögliche weitere Erhöhung der Schlagzähigkeit, gemäß Angaben im neueren Schrifttum, ein Glühen im Umwandlungsintervall vorzuziehen sei. Die vorliegende Arbeit, in deren Rahmen 12 Versuchsschmelzen aus dem sauer bzw. basisch zugestellten Martin-Ofen, aus dem basisch zugestellten Elektroofen sowie aus der sauer zugestellten Bessemer Birne zum Abguß gelangten, konnte nachweisen, daß für die Erzielung höchster Schlagzähigkeit keine bevorzugte Glühtemperatur existiert, daß vielmehr nur durch sinngemäße Zuordnung einer bestimmten Glühzeit zu einer bestimmten Temperatur gewisse Optima für die Schlagzähigkeit erzielbar sind. Auf Grund von über 20000 Einzelwerten konnten idealisierte Raumdiagramme entworfen werden. Daraus ergab sich, daß auch bei relativ geringen Glühtemperaturen hohe Werte für die Schlagzähigkeit erreichbar sind, wenn die Zeitdauer der Glühung ausreicht. Beim Glühen im Umwandlungsintervall oder kurz darüber zeigten die Legierungen die besten Werte für die Schlagzähigkeit in ziemlich großer Abhängigkeit von der zugeordneten Glühdauer, während bei zunehmender Überhitzung über dem Umwandlungspunkt mit zunehmender Glühdauer die Gefahr eines Abfalls der Schlagzähigkeit besteht.

Prof. Dr. E. Piwowarsky, Gießerei-Institut der T. H. Aachen: *Der Werkstoff Gußeisen.*

Vortr. gab noch einmal eine zusammenhängende Übersicht über die Entwicklung der Qualität von Gußeisen und zeigte vor allem, wie durch die Befruchtung durch die moderne Metallurgie, die Gefügelehre und die Chemie die Herstellungsverfahren im Gießereibetrieb so verbessert wurden, daß im Laufe von 2 Jahrzehnten zweimal eine Normung von Gußeisen mit ständiger Erhöhung der Werte für die einzelnen Güteklassen zustande kam. Diese enorme Entwicklung war weiterhin begünstigt worden durch die Erkenntnisse der modernen Stoffmechanik, welche dem an sich dehnungsfreien Gußeisen einen bevorzugten Platz unter den heutigen metallischen Werkstoffen sichert. Auch die Entwicklung der Schweißtechnik war nicht imstande, den Absatzsektor des Gußeisens wesentlich einzuengen. Auf vielen Gebieten ist sogar wieder eine Rückkehr zu dem ehemals weniger geschätzten Gußeisen erfolgt. Vortr. zeigte dann die mögliche Weiterentwicklung des Gußeisens an Hand von 2 besonders ausgeprägten Beispielen, nämlich der Möglichkeit, Gußeisen durch plastische Warmverformung für die verschiedensten Verwendungszwecke nutzbar zu machen, ferner geeignete Gußeisensorten durch Stahleinlagen erfolgreich zu armieren. Auch auf dem Gebiet des Spritzens von Gußeisen sind erfolgreiche Ansätze zu verzeichnen.

Doz. Dr. R. Bertschinger, Gießerei-Institut der T. H. Aachen: *Theorie des armierten Gußeisens.*

Der Armierungsgedanke, der beim Betonbau zu einer grundlegenden Änderung der Bauweise geführt hat, verspricht auch beim Grauguß Vorteile. Vortr. zeigte in theoretischen Überlegungen, in welchen Grenzen sich die Erwartungen über die Verbesserung der Festigkeit in Abhängigkeit vom Armierungsgrad bewegen dürften, und legte anhand von Versuchen dar, daß und warum die untersuchten Zug- und Biegefestigkeiten meist über den theoretischen Werten liegen, und daß schon bei geringen Armierungen von 5—10% sehr beachtliche Steigerungen, z. T. bis auf den doppelten Wert des Arbeitsvermögens des unarmierten Gußeisens, festzustellen sind. Allerdings ist gute Verschweißung von größter Bedeutung. Darum werden auch die besten Werte mit einer Armierungseinlage aus hochsilicierterem Stahl nach dem Vorschlag von Piwowarsky erzielt, wodurch ein schädliches Zementnetz in der Übergangszone Stahl—Gußeisen vermieden werden kann.

Dr. F. Roll, Eisen- und Stahlwerke Meier u. Weichelt, Leipzig: *Über Kernbinder.*

In den Gießereien für Leicht- und Schwermetalle werden Kernbinder verwendet, die zu Kernen verarbeitet werden. Ein Kern setzt sich aus einem geeigneten Kernsand, der meist tonfrei ist, und einem gewissen Anteil an Binderstoffen zusammen. Vor dem Krieg standen verhältnismäßig große Mengen Rohstoffe für diesen Zweck zur Verfügung. Nun ist aber durch den Krieg eine Verknappung eingetreten, der vor kurzem durch die Anordnung 43 vom 30. November 1942 gesteuert worden ist. Die drei Gruppen von Binderstoffen haben eine sehr breite Basis im Rohmaterial. Bei den öllöslichen Stoffen sind es reine Öle, Holzöle, Trane, Talkölestillate, Harze usw., die in entsprechender Mischung verwendet

werden. Bei den Naßbindern benutzt man dazu auch noch in großem Anteil Sulfitablauge, die als Emulgator weitere Rohstoffe, wie z. B. Sulfatpech, Stearinpech usw. enthält. Die Trockenbinder sind zum größten Teil auf der Basis der Kartoffelstärke, der Sulfitablauge in gepulvertem Zustand, der Pech usw. aufgebaut. Von einem Kernbinder wird vor allen Dingen unbedingte Gleichmäßigkeit gefordert. Bei den Kernen wird eine bestimmte Festigkeit, Gasdurchlässigkeit, eine beschränkte Gaszahl, geringe Hygrokopazität usw. verlangt. Schließlich wurden die Prüfvorschriften gestreift, die sich auf Schieds- und Betriebsverfahren aufbauen und von der Erfahrungsgemeinschaft 20 mit der Herstellergruppe und dem Verein deutscher Gießereifachleute zusammengestellt wurden. Die Veröffentlichung dieser Kernbinderprüfvorschriften erfolgt demnächst.

Dr. C. Pardun, Deutsche Eisenwerke A.-G. Gelsenkirchen: *Vorschläge zu einem Prüfverfahren für Kernbinder.*

Der große Bedarf von Kernbindern in den Gießereien und die durch die Zeitverhältnisse bedingten Schwierigkeiten in der Beschaffung und der hierdurch erforderlichen schnellen Beurteilungsmöglichkeit haben die Aufstellung eines Prüfverfahrens für diesen Werkstoff nötig gemacht. Ein solches Prüfverfahren muß sich, wie auch in sonstigen Fällen, eng an die Bedürfnisse der Betriebe anschließen. Es soll sich weniger mit der Zusammensetzung als mit der Gleichmäßigkeit der Lieferung und mit der Feststellung der Verarbeitungsbedingungen sowie den Eigenschaften der damit hergestellten Körper befassen.

Das vorgelegene Prüfverfahren sieht unter den genannten Gesichtspunkten eine chemische und eine technologische Prüfung vor, unter Berücksichtigung des Anlieferungszustandes der Binder, die in flüssiger, pastenförmiger und fester Form zur Verfügung stehen. Vorgesehen sind die Bestimmungen von Wichte, Aschengehalt, wasserlöslichen Bestandteilen und benzol-löslichen Bestandteilen, gegebenenfalls noch die Verseifungszahl. Andere Prüfungen, wie Jod-Zahl, Neutralisationszahl und Viscosität, sind für die betriebsmäßige Beurteilung nicht unbedingt erforderlich, zudem sind die vorliegenden Erfahrungen mit diesen Bestimmungen noch nicht für eine allgemeine Anwendung ausreißend.

Für die technologischen Prüfungen der mit den zu untersuchenden Bindern hergestellten Körper ist die Probenahme und die Anfertigungsweise der Proben von ausschlaggebender Bedeutung, wobei in erster Linie über den anzuwendenden Versuchs-Formsand klare Vereinbarungen zu treffen sind; in Betracht zu ziehen ist ein Normensand. Von weiterem Einfluß sind die Verdichtung des Formsand-Binder gemisches sowie Brenntemperatur und Brennzeit.

Die technologische Prüfung unterteilt sich in Prüfungen der Probekörper vor, während und nach dem Guß. Die Prüfung vor dem Guß, d. i. die sog. Grünfestigkeit, ist erforderlich für die Beurteilung der Handhabungsmöglichkeit der noch ungebrannten Körper mit geringer Festigkeit. Vorgesehen wird die Beobachtung von zylindrischen Probekörpern von gleichem Durchmesser aber steigenden Höhen nach Verlauf einer bestimmten Zeit. Für die Ermittlung der Brenntemperatur und Brennzeit werden entsprechende Temperatur- und Zeitstufen festgelegt. Ein wichtiger Punkt ist das Wasseranziehungsvermögen von gebrannten Kernen oder Formteilen vor dem Guß. Ein entsprechendes Prüfverfahren ist vorgesehen. Für das Verhalten fertig gebrannter Kerne und Formstücke während des Gusses ist die Widerstandsfähigkeit gegen die auftretenden Kräfte von Bedeutung. Es wird eine Untersuchung von Druck- und Biegefestigkeit an entsprechenden Probekörpern vorgeschlagen. Weiterhin ist die Kenntnis der Gasdurchlässigkeit von Bedeutung, deren Bestimmung nach einem bereits vorliegenden Prüfverfahren vorgesehen ist. Ein Hauptvorteil von Kernen und Formteilen, die mit Zusatzbindern erzeugt sind, ist deren Zerfall nach dem Guß, wodurch die Putzarbeit an den Gußstücken erheblich vermindert wird. Die Zerfalltemperatur kann mit einfachen Mitteln festgestellt werden.



**BEKANNTMACHUNGEN
DER BERUFGENOSSENSCHAFT
DER CHEMISCHEN INDUSTRIE**

Entscheidung bezüglich der Verwendung von Sondereiselkraftstoff I in explosionsgefährdeten und Sprengstoffbetrieben. Auf Grund der Untersuchungsergebnisse der Chemisch-Technischen Reichsanstalt an einem explosionsgeschützten Primus-Diesel-Schlepper P 20 am 14. Mai 1943 bestehen gegen die Verwendung von SDK I in explosionsgeschützten, den Kraftfahrzeug-Richtlinien entsprechenden Dieselfahrzeugen keine Bedenken. Dies gilt auch für Dieselfahrzeuge in anderen explosionsgefährdeten Anlagen (z. B. explosionsgefährdeten Teilen von Hydrierwerken), wenn im übrigen die an das Fahrzeug gestellten Sicherheitsforderungen eingehalten werden. (8)

PATENTE

Alle Patente, welche nicht die chemische Apparatur und den chemischen Betrieb, sondern rein chemische Verfahren betreffen, sind im Chemischen Zentralblatt referiert.

I. Allgemeine chemische Technologie

D. Arbeitsgänge

4. Wärmeaustausch, Erhitzen, Kochen

Heizsystem aus Rohrschlangen für zylindrische Verdampfer und Verkocher, bestehend aus in mehreren parallelen Bahnen geführten Schlangen, die schraubenförmig übereinanderliegend angeordnet sind und deren in gleicher Höhe liegende Dampfeingangsenden in eine Rohrplatte eingewalzt bzw. mit ihr verschweißt oder verlötet sind, die in einer Dampfkammer außerhalb der Wandung des Verdampfers eingeschraubt ist. — Dadurch werden die Nachteile der Schlangen- und Lyra-Heizsysteme aufgehoben. 3 weitere Anspr. u. Zeichn. **M. Stuntz**, Magdeburg. (D. R. P. 727092, Kl. 89e, Gr. 4, vom 28. 7. 1938, ausg. 26. 10. 1942.) *Rr.*

Elektrisches Verfahren zur Bekämpfung der Krustenbildung in leitenden Behältern, wie Dampfkesseln u. dgl., dad. gek., daß kurzzeitige, durch einen sich dauernd wiederholenden elektrischen Kippvorgang ausgelöste Stromstöße (Kippimpulse) mit hoher elektrischer Spannung auf den Behälter einfallen, um diesen durch die auftretenden, gleichsinnig aufeinanderfolgenden induktiven Gegenspannungsimpulse wirksam zu beeinflussen. — Bei stark versteineten Kesseln ist es von Vorteil, zur Erhöhung der Lösungstension und rascheren Entsteinung das Verfahren auch während der Betriebspausen zeitweise in Betrieb zu halten. 4 weitere Anspr. u. Zeichn. **Dipl.-Ing. A. Schirmer**, Wien. (D. R. P. 727627, Kl. 13b, Gr. 18., vom 28. 3. 1939, ausg. 7. 11. 1942.) *Rr.*

12. Klären, Filtrieren, Zentrifugieren

Rückspülbares Flüssigkeitsfilter, bestehend aus einer Anzahl aufeinandergestapelter, um ein als Filtratabfluß dienendes Zentralrohr angeordneter Filterelemente, dad. gek., daß innerhalb des Zentralrohres zwecks Führung der Filtrat- oder der Rückspülflüssigkeit ein kolbenschieberartiges, in axialer Richtung verschieb- und drehbares Leitorgan vorgesehen ist, das in angehobener Stellung während des Filtervorganges den vollen Zentralrohrquerschnitt für den Filtratabfluß oder in gesenkter Stellung nur einen Teilquerschnitt für den Durchfluß der Rückspülflüssigkeit durch eine sektorförmige Teilzone des Filterelementestapels freigibt, wobei die übrigen Sektorzonen des Filterelementestapels durch Drehen des Leitorgans wahlweise rückspülbar sind. — Dadurch werden die Nachteile der bekannten Zylindersiebe vermieden. Zeichn. **Fr. August Neidig Söhne**, Mannheim. (Erfinder: E. Neidig, Mannheim.) (D. R. P. 728407, Kl. 12d, Gr. 27, vom 16. 7. 1939, ausg. 26. 11. 1942.) *Rr.*

V. Anorganische Industrie

Schmelzen von Superoxyden und deren Gemischen mit anderen Stoffen. Verfahren zum —, dad. gek., daß ihnen die nötige Wärmemenge durch ein heißes, indifferentes Gas unmittelbar in der Weise zugeführt wird, daß man den heißen Gasstrom nur auf einen Teil des Stoffes richtet, so daß nur dieser geschmolzen wird und die Schmelze allseitig in noch ungeschmolzener, vorzugsweise durch äußere Erhitzung bis knapp unter ihren Schmelzpunkt erhitzter Substanz ruht. — Hierzu dient ein Schmelzriegel aus Porzellan, dessen Wandungen durch Staufflächen abgeschirmt sind und über dem ein elektrisch geheizter, vorteilhaft bis in den Tiegel hineinreichender Gaserhitzer in Form eines wärmeisolierten Stahlrohres angeordnet ist. Da das Peroxyd an den Wandungen des Tiegels ungeschmolzen bleibt, werden diese geschont. Weiterer Anspr. u. Zeichn. **Drägerwerk Heinr. u. Bernh. Dräger**, Lübeck. (D. R. P. 726712, Kl. 12i, Gr. 16, vom 9. 7. 1937, ausg. 19. 10. 1942.) *Rr.*

Gleichzeitige Gewinnung von reinem Stickstoff und Krypton. Verfahren zur — als Kombination des bekannten Verfahrens zur Zerlegung von Luft in reinen Stickstoff und mehr oder weniger reinen Sauerstoff durch Verflüssigung und Rektifikation der Luft mit dem bekannten Verfahren zur Gewinnung von Krypton durch Waschung gasförmiger Luft mittels flüssiger Stickstoff-Sauerstoff-Gemische, dad. gek., daß man mittels in einer Hauptrektifikationsssäule sich bildender, herabrieselnder flüssiger Stickstoff-Sauerstoff-Gemische in einer Zusatzrektifikationsssäule im Gegenstrom eine im Verhältnis zu dem flüssigen Gemisch sehr große zusätzliche vorgekühlte Luftmenge vom Krypton befreit, worauf die gewaschene Zusatzluft bis auf einen etwaigen kleinen Bruchteil, der zur Stickstoffgewinnung mit herangezogen werden kann, der Zusatzssäule unzerlegt entnommen wird, während in bekannter Weise die kryptonhaltige Wasch-

flüssigkeit sich in dem unteren Teil der Hauptrektifikationsssäule sammelt und der reine Stickstoff am oberen Ende desselben abgeführt wird. — Ein und dieselbe Menge flüssigen Stickstoffs wird also gleichzeitig zur Trennung von Luft und zur Gewinnung des Kryptons einer weiteren, erheblich größeren Menge Luft nutzbar gemacht, so daß bei der Bildung von Waschflüssigkeit, die mit einem erheblichen Aufwand an Arbeit verbunden ist, gespart wird. Zeichn. **L'Air Liquide Société Anonyme pour l'Etude et l'Exploitation des Procédés Georges Claude**, Paris. (Erfinder: J. L. Schlitt, Darien, Conn., V. St. A., und E. Gomonet, Paris.) (D. R. P. 727107, Kl. 12i, Gr. 27, vom 31. 3. 1937, Prior. V. St. A. 6. 4. 1936, ausg. 26. 10. 1942.) *Rr.*

VI. Glas, Keramik, Zement, Baustoffe

Hochfeuerfeste Steine. Verfahren zur Herstellung von — aus Sinterdolomit oder Schmelzdolomit oder ähnlichen kalkreichen Sinter- oder Schmelzerzeugnissen in gekörntem Zustande unter Zusatz von unter Wasserzugabe erhärtenden Stoffen, wie Zement oder Gips, Anmachen mit Wasser, Formen, Trocknen und Brennen, dad. gek., daß die Trocknung der Formlinge im Vakuum erfolgt. — Weitere Zusatzstoffe, welche die Hydratation des Kalkes verhindern, aber die Feuerbeständigkeit und Schlackenbeständigkeit des fertigen Produktes nicht wesentlich herabsetzen, sind z. B. Chromerz (5–10%), Stahlwerkschlacke, z. B. vom Martinofen (3–5%), Serpentin (5%). Weiterer Anspr. **Dynamidon-Werk Engelhorn & Co. G. m. b. H.**, Mannheim-Waldhof. (Erfinder: Dr. J. Schaefer, Mannheim-Freudenheim, und F. Baumhauer, Mannheim.) (D. R. P. 722159, Kl. 80b, Gr. 8₀₂, vom 2. 8. 1938, ausg. 6. 7. 1942.) *Rr.*

Entlüfteter Faserzement, Beton od. dgl. Verfahren zur Herstellung von —, bei welchem das Gut unter Unterdruck entlüftend aufbereitet und in unmittelbar darauffolgendem Arbeitsgang in einem ebenfalls im Unterdruck liegenden Arbeitsraum verdichtet wird, dad. gek., daß während der entlüftenden Aufbereitung unter Unterdruck Zusatzstoffe an sich bekannter Art zusammen mit Dampf eingeführt werden und die entlüftende Verdichtung unter erhöhtem Unterdruck, vorzugsweise Hochvakuum, und unter Einwirkung von Wärme vorgenommen wird. — Der Unterdruck im Aufbereitungsraum ist ungefähr halb so groß wie im Verdichtungsraum. Das Verfahren ist ebenso anwendbar auf Kunstkohlen bzw. Elektrodenkohlen usw. 9 weitere Anspr. u. Zeichn. **Ing. O. Manfred**, Wien. (D. R. P. 722372, Kl. 80a, Gr. 47₁₀, vom 4. 4. 1940, ausg. 8. 7. 1942.) *Rr.*

IX. b) Pharmazeutische Präparate, Desinfektion und Sterilisation

Hochwirksame Präparate des thyreotropen Hypophysenvorderlappenhormons. Verfahren zur Gewinnung — unter Reinigung mit sauren Eiweißfällungsmitteln und Fällung des Hormons mit eiweißfällenden Mitteln vom Charakter der Nitrophenole oder mit komplexen Metallsäuren der 7. Gruppe des Periodischen Systems, dad. gek., daß man die Lösung des rohen Hormons bei einem p_H von 2 und darunter, zweckmäßig in mineral-saurer Lösung mit einem Überschuß von stark sauren, eiweiß-fällenden Mitteln, wie Sulfosalicylsäure oder Trichloressigsäure, versetzt, den Niederschlag gegebenenfalls mehrfach umfällt, aus den erhaltenen Filtraten das Hormon mit einem der obengenannten Hormonfällungsmittel niederschlägt und den Niederschlag in bekannter Weise zerlegt. — Durch Dialyse oder Ultrafiltration erzielt man einen Reinheitsgrad von 50–80 Meerschweinchen-einheiten, bei Wiederholung bis zu 160 Einheiten. Weiterer Anspr. **Schering A.-G.**, Berlin. (Erfinder: Dr. H. Maier-Hüser und Dr. K. Junkmann, Berlin.) (D. R. P. 726636, Kl. 30h, Gr. 2₁₀, vom 18. 1. 1938, ausg. 17. 10. 1942.) *Rr.*

X. a) Anorganische Farbstoffe, Anstrichwesen

Aktiver Gasruß. Verfahren zur Herstellung von — durch unvollständiges Verbrennen von verdampfte Kohlenwasserstoffe enthaltenden Gasgemischen aus Loch- oder Schlitzbrennern und Niederschlagen des ausgeschiedenen Rußes an gekühlten Flächen, dad. gek., daß unter praktisch vollständigem Ausschluß von Sauerstoff oder sauerstoffhaltigen Gasen brennbare, nicht wesentlich mehr als 20% Kohlenoxyd enthaltende Trägergase mit verdampften Anthrazenrückständen beladen werden und das so entstandene Gemisch aus Lochbrennern mit nicht wesentlich mehr als 0,75 mm oder Schlitzbrennern mit nicht wesentlich mehr als 0,5 mm weiten Öffnungen unvollständig verbrannt wird. — Man erhält so Ausbeuten von 60–70% der verwendeten Anthrazenrückstände, wobei Verkrustungen oder Verstopfungen in den Leitungen und den Brennern während langer Zeiträume völlig vermieden werden. **Deutsche Gold- und Silber-Scheideanstalt vormals Roessler**, Frankfurt a. M. (Erfinder: Dr. H. Kloepfer, Frankfurt a. M., Dr. R. Hupe, Köln, und Dr. H. Backe, Dortmund.) (D. R. P. 724740, Kl. 22f, Gr. 14, vom 13. 10. 1937, ausg. 8. 9. 1942.) *Rr.*

AUS DER CHEMISCHEN INDUSTRIE UND VERWANDTEN GEBIETEN

10 Jahre Reichs-Röntgenstelle. Die „Röntgenstelle beim Staatlichen Materialprüfungsamt Berlin-Dahlem“ begann ihre Tätigkeit am 1. Juli 1933¹⁾. Sie wurde von einer Fördergemeinschaft (vorwiegend Verbände, Gesellschaften, Firmen; seit 1936 „Gesellschaft zur Förderung zerstörungsfreier Prüfverfahren e.V.“) gegründet. Ihre Hauptaufgabe²⁾ ist die Entwicklung, Anwendung und Verbreitung aller zerstörungsfreien Prüfverfahren. Mit Wirkung vom 1. April 1941 wurde die R.-R. verstaatlicht und eine apl. Hauptabteilung des Staatl. Materialprüfungsamtes, mit Wirkung vom 1. Oktober 1942 wurde die Forschungsabteilung der R.-R. von der Prüfabteilung verwaltungsmäßig abgetrennt und zum Vierjahresplan-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren ernannt. Zweigstellen der R.-R. wurden in Düsseldorf, Nürnberg, Wien, Stuttgart, vorübergehend auch in Halle, errichtet; dadurch und durch enge Zusammenarbeit mit der Röntgenstelle beim Staatl. Materialprüfungsamt Breslau, dem Röntgen Technischen Dienst N. V. Rotterdam, dem Röntgeninstitut an der T. H. Stuttgart, dem Institut für Werkstoffkunde an der T. H. Hannover, der Materialprüfstelle Halle und dem Deutschen Verband für Schweißtechnik und Acetylen wurde eine einheitliche Beurteilung der Prüfbefunde erreicht. Die R.-R. wird von Dr. Berthold geleitet; ihm untersteht auch die Normung auf dem Gebiet der zerstörungsfreien Prüfverfahren.

Von den wichtigsten Leistungen der R.-R., über die in unserer Zeitschrift wiederholt berichtet wurde³⁾, seien genannt: Arbeiten über Röntgen- und Gamma-Durchstrahlung, über Weiterentwicklung und Verbreitung der Magnet-Pulverprüfung; es wurde ein magnetoinduktives Prüfgerät für Stahlseile entwickelt, ferner das erste deutsche Wirbelstrom-Prüfgerät zum Nachweis von Fehlern in Rohren, Stangen und Profilen aus nichtmagnetischem Material, ebenso die ersten technischen Zählrohre zum Prüfen von dicken Gußteilen auf Hohlstellen, von Zündschnüren auf Unterbrechungen, von Hohlkörpern auf Korrosion, für Strahlenschutzmessungen usw. Untersuchungen über den Zusammenhang zwischen Wärmebehandlung und magnetischen Eigenschaften von Stählen führten zum Bau eines einfachen Permeabilitäts-Meßgerätes, Verfeinerung der elektrischen Widerstandsmessung zum Nachweis von Bindefehlern an plattierten oder aufgespritzten Werkstoffen. Im Thermocolor-Verfahren⁴⁾ wird die Wärmeleitfähigkeit des Prüflings zum Nachweis größerer Doppelungen und Bindefehler benutzt. Auch Ultraschall-Geräte wurden entwickelt. Alle grundsätzlichen Möglichkeiten der zerstörungsfreien Prüfung sind planmäßig durchgearbeitet worden; weitere Fortschritte werden sich nun durch Weiterentwicklung an sich bekannter Verfahren erzielen lassen.

Die Aufgaben der Prüfabteilung erstrecken sich über das gesamte Reichsgebiet, das Protektorat Böhmen und Mähren, die besetzten Gebiete in Holland, Belgien und Frankreich, z. T. auch auf Rumänien. Es werden insbes. Schweißungen, Gußteile und verformte Werkstücke zum Bau von Waffen, Land-, Wasser- und Luftfahrzeugen, von Brücken, Kesseln, Rohrleitungen, Beton, Drahtseilen, Füllkörpern u. a. m. untersucht. Die Strahlenschutz-Ausmessung aller technischen Röntgenanlagen im Reich untersteht ebenfalls der Prüfabteilung. Sie verfügt über 7 fahrbare Prüfstationen, die mit Dunkelkammer-Einrichtung, elektrischer Krafterzeugung und zerstörungsfreien Prüfgeräten ausgerüstet sind. (5088)

In der belgischen Glasindustrie schlossen sich die Gesellschaften Sopaverre, Verrerie de Jumet, Verrerie de Dampremy-Zeebrugge und Verreries Mécaniques de Charleroi zur Union des Verreries Mécaniques zusammen. (5012)

Mit inländischen Treibstoffen in Belgien werden rd. 14000 Fahrzeuge betrieben, davon 1072 Personenwagen, 3359 Lieferwagen, 7539 Lastwagen und rd. 1800 Traktoren mit Preß-, Generator-, Anthrazit- oder Holzgas. (5058)

Marzipanersatz aus Roßkastanien in Dänemark wird von der Kalundborger Margarinefabrik hergestellt. Die Kastanien werden in Salzwasser eingeweicht, geschält, geschnitten und in Behälter gebracht, wo sie mit Alkohol übergossen werden, um den Bitterstoff aus den Kastanien zu entfernen. Nach einigen Tagen wird die Masse getrocknet und den Schokoladefabriken zugestellt. (5057)

Zur Herstellung von Briketts in Dänemark aus Sägemehl, Torf- und Braunkohlenabfall hat die Firma Briketin eine Presse konstruiert, die in 1 h $\frac{1}{2}$ t erzeugt und leichter und billiger ist und mit geringerem Stromverbrauch arbeitet als ähnliche Konstruktionen. Die Briketts aus Sägemehl sollen einen besseren Heizwert als die aus Braunkohle haben. Neben Heizbriketts will man auch Briketts für Kraftwagenmotoren herstellen. (5023)

¹⁾ Vgl. diese Ztschr. 6, 328 [1933].

²⁾ Vgl. R. Berthold, „Überblick über die Entwicklungsaufgaben der Reichs-Röntgenstelle“, ebenda 10, 335 [1937].

³⁾ Vgl. Angew. Chem. 47, 484 [1934]; diese Ztschr. 8, 255 [1935]; 9, 98, 101 [1936]; 10, 339 [1937]; 11, 120 [1938]; 12, 463 [1939]; 14, 339 [1941].

⁴⁾ Vgl. dazu Penzig, „Ein chemisches Verfahren zur Bestimmung von Temperaturen“, ebenda 12, 358 [1939].

Eine staatliche technische Forschungsanstalt in Finnland (Leitung Prof. M. Levon) wurde eingeweiht. Sie besitzt ein bau- und metalltechnisches, ein metallurgisches, ein Wegebau-, ein statistisches und ein Lebensmittel-Laboratorium, ferner umfangreiche Vorrichtungen für Materialprüfungen. Das Hauptarbeitsgebiet soll der Ersatz natürlicher Rohstoffe durch künstliche sein. (5065)

Eine neue Rohstoffquelle für natürliche Fasern in Bulgarien wurde in einer Flachsart entdeckt, die bisher in ziemlich großem Umfang nur für die Gewinnung von Öl für Firnisse u. ähnl. angebaut wurde. Die Stengel dieser Flachssorte liefern eine für die Herstellung von gröberen Kleidungs- und Sackstoffen geeignete Faser. Die Getreidedirektion, Inhaberin des Monopolhandels mit Flachs, wird die Stengel in eigenen Anlagen verarbeiten lassen. (5024)

Zur Industrialisierung Albanien wurde ein Ministerium geschaffen. Die vorhandenen Bodenschätze, insbes. Erdöl-, Kohle-, Eisen- und Chrom-Vorkommen, sollen besser erschlossen werden. Eisen findet sich vor allem in Lagern zwischen Elbassan und Pogradec (schätzungsweise 20 Mio. t), die Chrom-Vorkommen werden auf 500000 t geschätzt. Jedoch ist das Transportproblem noch nicht gelöst, und die Verarbeitungsmöglichkeiten im Lande sind auch nicht gegeben. (5062)

Große Molybdän-Vorkommen in Canada, die einen Abbau in großem Umfang gestatten, wurden bei Treis in der Provinz Quebec entdeckt. — In den USA. werden jährlich rd. 17500—20000 t Mo erzeugt; in den drei weiteren Haupterzeugungsländern Mexiko, Norwegen und Französisch-Marokko wurden rd. 870 t bzw. 500—700 t und rd. 40 t gewonnen. (5025)

Zur Erweiterung der canadischen Zink-Industrie hat die Hudson Bay Mining and Smelting Co. die Kapazität ihrer Anlagen zwischen Manitoba und Saskatschewan auf 6000 t erweitert. Sie prüft ferner die Verwertbarkeit der auf der Halde seit 1930 gesammelten Abfälle in einer besonderen Versuchsanlage. Es handelt sich um 300000 t Abfälle, die 23 % Zink enthalten sollen. Die Gesellschaft beabsichtigt ferner, Chromit-Vorkommen in Manitoba auszubeuten. (5084)

Die Leimerzeugung in Canada betrug 1940 (1939) an Knochen- und Hautleim 2982 (2258) short t, an pflanzlichen Leimen 4307 short t, d. h. 13% weniger als 1939. (5029)

Die argentinischen Erzschorfarbeiten wurden dem Staat unterstellt. (5081)

Die argentinische Erzeugung von Pflanzenölen betrug 1931 30474 t, 1939 91498 t, 1940 116248 t und 1941 169043 t. 101000 t Öl wurden aus Sonnenblumenkernen erzeugt. Die Anbaufläche soll noch weiter vergrößert und das Tempo der Verarbeitung in den Ölfabriken gesteigert werden. (5044)

Die argentinische Cellulose-Erzeugung betrug 1941 rd. 32000 t, u. zw. 22000 t aus Weizenstroh, 2500 t aus Bambus und 7600 t Papiermasse. Verarbeitet wurden 53000 t Weizenstroh, 12000 t Bambusrohr und 5000 t Papierholz. (5034)

Die argentinische Kohlenproduktion soll stark erhöht werden, da Kohle als Ersatz für die nicht ausreichenden Erdöl-derivate benötigt wird, aber nicht genügend eingeführt werden kann. Der normale Kohlenverbrauch beträgt 3 Mio. t jährlich. Es stehen zurzeit aber nicht einmal 10% dieser Menge zur Verfügung. Es wurden nun durch besondere Kommissionen Vorkommen in der Provinz Mendoza (dreischichtiges Kohlenlager mit mehr als 2 km Ausdehnung), in San Juan, in den Gebieten von Chubut, Neuquen, Rio Negro und Santa Cruz (Braunkohle) festgestellt, ferner auf Feuerland ein Torflager von rd. 60 Mio. t. Die Gewinnungsmöglichkeiten werden überprüft. (5060)

PERSONAL-UND HOCHSCHULNACHRICHTEN

Kriegsauszeichnungen: Prof. Dr. H.-J. Schumacher¹⁾, Direktor des Instituts für Physikal. Chemie der Universität Frankfurt a. M., wurde zum Leutnant befördert und erhielt das Infanteriesturmabzeichen in Silber.

Geburtstage: Dr. K. Arndt, Berlin, emer. n. b. ao. Prof. für Elektrochemie und ehem. Leiter des Elektrochem. Instituts der T. H., Mitglied des VDCh seit 1908, feiert am 5. August seinen 70. Geburtstag.

Ernannt: Dr. rer. nat. habil. K. Lauer, Leiter des Instituts für chem. Technologie synthet. Fasern an der T. H. Breslau²⁾, zum Dozenten für Chem. Technologie.

Gestorben: Dr. F. Becker, Harzburg, langjähriger Mitarbeiter der I. G. Farbenindustrie A.-G. (Agfa) auf dem Gebiete der Cellulose und Derivate, im Mai im Alter von 65 Jahren.

¹⁾ Vgl. Chemie 56, 140 [1943]. ²⁾ Vgl. ebenda S. 61.

Redaktion: Dr. W. Foerst.
Redaktion: Berlin W 35, Potsdamer Straße 111. Fernsprecher: Sammelnummer 219501, Nachruf 211606. — Verlag und Anzeigenverwaltung: Verlag Chemie, G. m. b. H., Berlin W 35, Woynschstraße 37. Fernsprecher: Sammelnummer 219736. Postscheckkonto: Verlag Chemie; Berlin 15275.

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung der Redaktion.