

STAHL UND EISEN

ZEITSCHRIFT FÜR DAS DEUTSCHE EISENHÜTTENWESEN

Herausgegeben vom Verein Deutscher Eisenhüttenleute

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

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

HEFT 30

24. JULI 1941

61. JAHRGANG

Grundbegriffe und Schaubilder der Thermodynamik.

Von Otto Martin in Oberhausen-Sterkrade.

(Entwicklung der wissenschaftlichen Wärmelehre, Anwendungsgebiet und Notwendigkeit einer kurzen zusammenfassenden Darstellung. Die drei Hauptsätze. Aufteilung der Wärme in innere und äußere Energien. Die Entropie: Begriff und Berechnung. Einige weitere mit Hilfe der Entropie begründete thermische Größen. Neuaufstellung des Entropie-Schaubildes.)

Die Gesetze der Thermodynamik erschließen das Verständnis und ermöglichen die mengenmäßige Vorausberechnung derjenigen Vorgänge in der Technik, bei denen die Umwandlung von Wärme in andere Energieformen von maßgebendem Einfluß ist. Mit dem zweiten Hauptsatz läßt sich die wichtige Frage beantworten, welcher Teilbetrag von einer gegebenen Brennstoffwärmemenge in einer Kraftmaschine in Arbeit verwandelt werden kann. Dasselbe Gesetz vermittelt aber auch die Kenntnis derjenigen Verhältnisse, unter denen die in einer Reaktionskammer erhitzten Verbindungen sich in ihre Elemente zerlegen oder zu neuen Stoffen vereinigen lassen. Ueber diesen praktischen Wert hinaus sind die Gesetze der Thermodynamik maßgebend für alle Vorgänge innerhalb der materiellen Welt; ihre vertiefte Erkenntnis muß deshalb vorzügliches Anliegen aller im naturwissenschaftlichen Bereich Schaffenden sein.

Der Anstoß zur Entwicklung der wissenschaftlichen Wärmelehre ging von den Konstrukteuren der Dampfmaschinen aus, die den Weg verfolgen wollten, den die aus dem Brennstoff frei gemachte Wärme beim Durchfluß des Dampfes durch die Bauteile ihrer Maschine — Kessel, Arbeitszylinder, Kondensator — durchlaufen muß. Im ganzen 19. Jahrhundert bildete diese Aufgabe den Kernpunkt der Thermodynamik, und an der Frage nach der größten Nutzarbeit aus einer gegebenen Wärmemenge erfuhren die beiden ersten Hauptsätze ihre grundlegende Fassung. Zu Beginn unseres Jahrhunderts erkannten sodann die Chemiker die Vorteile der thermodynamischen Betrachtungsweise für ihre Spalt- und Synthesvorgänge, und es gelang, zu den beiden ersten Hauptsätzen noch einen dritten hinzuzufügen, der sich inzwischen zur Vorausberechnung vieler chemischer Vorgänge als von großem Nutzen erwiesen hat.

Ein Arbeitsgebiet, in das die theoretische Wärmelehre nur sehr langsam Eingang zu finden scheint, ist die Eisenhüttenkunde. Es ist dies eigentlich etwas verwunderlich, denn gerade vom Eisenhüttenmann werden heute mancherlei Fragen gestellt, auf die nur mit Hilfe der Thermodynamik eine klare Antwort gefunden werden kann; man braucht nur an die Sauerstoffanreicherung des Hochofenwindes zu denken. Hierfür mögen zwei Gründe maßgebend sein: Einerseits ist die praktische Seite der Wärmetheorie noch im Werden, und die bis jetzt ausgeführten Messungen an den für den Eisenhüttenmann wichtigen Stoffen sind in vielen

Fällen noch nicht sicher genug, um so genaue Voraussagen über den Ablauf metallurgischer Reaktionen daraus zu errechnen, daß damit die „Erfahrungswerte“ vollwertig ersetzt werden können. Andererseits herrscht in der Bezeichnungsweise und im Gebrauch der thermodynamischen Begriffe noch ein ziemliches Durcheinander, so daß sowohl die grundlegenden Arbeiten als auch die Lehrbücher auf diesem Fachgebiet oft recht unerquicklich zu lesen sind.

Deshalb ist im folgenden der Versuch unternommen worden, die wichtigsten Begriffe der Thermodynamik kurz zu umreißen und sie durch bildliche Darstellungen anschaulich zu machen, ohne ihr Verständnis durch zu weit getriebene Abstraktion zu erschweren. Die dabei benutzten Gedankengänge sowie die Benennungen und Kennbuchstaben entstammen dem mehr ingenieurmäßigen Gesichtskreis des Verfassers und schließen sich bis auf einige Abweichungen an die von seinem Lehrer R. Mollier während dessen Lehrtätigkeit an der Technischen Hochschule Dresden gebrauchten an. Da die Eisenhüttenkunde eher zu den Ingenieurwissenschaften als zur Chemie und Physik zählt, dürfte diese Darstellungsweise der hüttenmännischen Denkart nahe liegen.

A. Die Hauptsätze.

Zunächst seien kurz die drei Hauptsätze in einer für die vorliegenden Zwecke geeigneten Fassung wiederholt, ohne an dieser Stelle auf ihre Ableitung oder ihre Beweise einzugehen.

Erster Hauptsatz (R. J. Mayer: 1842):

Wärme und mechanische Arbeit sind einander gleichwertige Erscheinungsformen derselben Energie. In Gleichungsform:

$$Q = A,$$

$$1 \text{ kcal} = 427 \text{ mkg} = \frac{1}{860} \text{ kWh.}$$

Zweiter Hauptsatz (R. Clausius: 1865):

Ein Körpersystem ist dann im thermischen Gleichgewicht mit seiner Umgebung, wenn seine durch den Umgebungszustand (P_U, T_U) bestimmte Entropie die bei diesem maximal mögliche ist,

$$S_{PT} \rightarrow \max.$$

(Fassung von Clausius: In einem abgeschlossenen System strebt die Entropie einem Maximum zu.)

Dritter Hauptsatz (W. Nernst: 1906):

Die Entropie eines chemisch homogenen kondensierten Körpers von der Temperatur $T = 0$ ist¹⁾:

$$S_* = 0.$$

¹⁾ Fassung von M. Planck.

Diese drei Gesetze bilden den Prüfstein, um ausführbare von nicht ausführbaren Vorschlägen zu scheiden. Sie enthalten den Niederschlag aller Erfahrungen aus zahlreichen erfolgreichten und noch zahlreicheren erfolglosen Bemühungen, die im Sinne einer besseren Ausnutzung der von der Natur gebotenen Rohstoffe und Energiequellen bisher angestellt worden sind. Um sie auf neue Aufgaben nutzbringend anwenden zu können, muß man über eine klare Vorstellung der thermodynamischen Grundbegriffe verfügen: Man muß innere Energie und Enthalpie voneinander unterscheiden, den Entropiebegriff erfaßt haben und wissen, in welcher Beziehung „innere“ und „freie“ Energien zueinander stehen. Diese Unterscheidungen sollen nachstehend herausgearbeitet werden.

Zunächst seien die verschiedenen Begriffe für die inneren Wärmemengen und ihre Verknüpfung mit der mechanischen Arbeit behandelt.

B. Die Aufteilung der Wärme in innere und äußere Energien.

Untersucht man das wärmetechnische Verhalten eines Stoffes, so kann man dafür zwischen zwei Möglichkeiten wählen (Bild 1). Entweder man schließt eine bestimmte

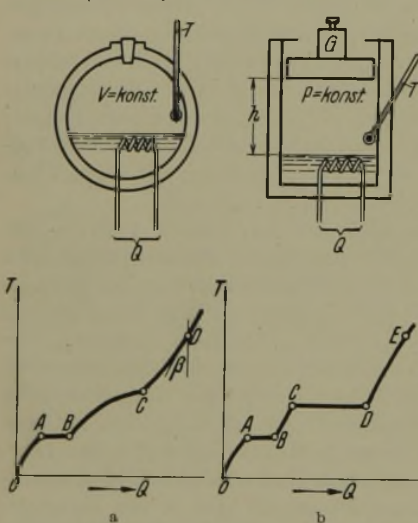


Bild 1. Erwärmung eines Stoffes bei gleichbleibendem Volumen (Bild 1 a) und bei gleichbleibendem Druck (Bild 1 b). Die Kurven zeigen den für beide Fälle kennzeichnenden Temperaturverlauf über der zugeführten Wärme. Die Neigung $\tan \beta$ ist die spezifische Wärme C_v (Bild 1 a) und C_p (Bild 1 b).

bleibt (Bild 1b). Der erste Versuch ist meßtechnisch leichter auszuführen, da keine Stoffverluste längs der Kolbendichtung auftreten können und die Isolierung des Gefäßes, die zur genauen Bestimmung der zugeführten Wärme notwendig ist, leichter anzubringen ist. Der zweite Versuch ist schwieriger, dafür von größerer praktischer Bedeutung, da ja vor allem die Arbeit festgestellt werden soll, die der Stoff durch seine Ausdehnung während der Erwärmung leistet. Mit einer der wichtigsten Aufgaben der Wärmetheorie ist es, Beziehungen aufzustellen, die aus den Versuchsergebnissen im geschlossenen Gefäß auf die Zustandsänderungen bei gleichbleibendem Druck oder gleicher Temperatur usw. schließen lassen.

Angenommen, daß die Erwärmung des Stoffes vom absoluten Nullpunkt aus möglich sei, so erhält man für die Zunahme der Temperatur im Stoff als Funktion der zugeführten Wärmemenge die in Bild 1 a dargestellte Abhängigkeit. Während der Wärmezufuhr von O bis A ist der Körper

Menge — 1 kg — des Stoffes in einen Behälter von bekannter Größe (Bild 1 a) ein und bestimmt die Abhängigkeit der sich bei Erwärmung ändernden Zustandsgrößen P und T voneinander und von der zugeführten Wärmemenge Q. Oder man läßt den Vorgang in einem Gefäß ablaufen, dessen eine Wand durch einen belasteten Kolben gebildet wird, so daß der Druck im Gefäß während der Erwärmung gleich-

fest, von A bis B schmilzt er, von B bis C verdampft er unter allmählicher Druck- und Temperaturerhöhung, und von C an ist das ganze Gefäß V mit Dampf gleichmäßig ausgefüllt. Für den gleichen Vorgang in dem Bild 1, rechts, dargestellten Gefäß erhält man die Kurve Bild 1b: Von O bis A wieder Erwärmung des festen Körpers, dann Schmelzen von A bis B, hierauf Erwärmen der Flüssigkeit von B bis C. In C beginnt der Stoff bei gleichbleibender Temperatur zu verdampfen, wobei der Kolben hochsteigt, bis bei D alles verdampft ist. Von D an steigt die Temperatur wieder an unter weiterer Ausdehnung des eingeschlossenen Dampfes.

Im Falle 1 a hat sich die gesamte zugeführte Wärme Q_* in innere Energie U_* verwandelt, da äußere Arbeit während der Erwärmung nicht geleistet wurde: $Q_* = U_*$. Im Falle 1 b teilt sich die zugeführte Wärme in innere Energie und äußere Arbeit:

$$Q_* = U_* + A L_* \tag{1}$$

Diese Beziehung gilt auch für elementare Vorgänge, wobei die Arbeit $dL = G dh = P \cdot F dh = PdV$ ist:

$$dQ = dU + APdV \tag{2}$$

In dieser Form ist die Gleichung auch dann gültig, wenn während der Beheizung des Zylinders (Bild 1b) der Druck

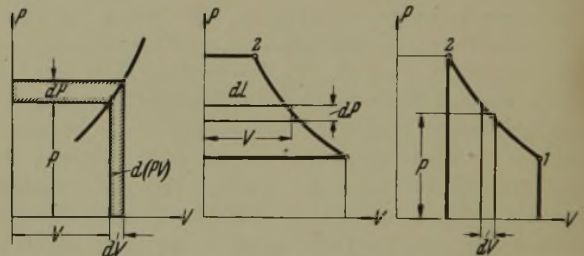


Bild 2. Die totale Änderung der Gasarbeit $d(PV)$ setzt sich zusammen aus den beiden Teildifferentialen $PdV + VdP$.

nicht gleichbleibt, sondern sich ändert; wenn beispielsweise statt das Gewicht G zu heben, eine Feder gespannt wird. Für den Sonderfall gleichbleibenden Druckes hat man der gesamten vom Körper aufgenommenen und teils in innere Energie, teils in äußere Arbeit verwandelten Wärme den Namen Enthalpie³⁾ gegeben. Man bezeichnet sie mit I, und es ist:

$$I_* = U_* + APV_* \tag{3}$$

Bei gleichbleibendem Druck wird, da hierbei die Ausdehnungsarbeit nur $dL = PdV$ sein kann:

$$dI_P = dU + APdV \tag{4}$$

Innere Energie U_* und Enthalpie I_* hängen eindeutig von dem Zustand p, V, T ab, in dem sich der Körper befindet. Es sind Zustandsgrößen, die miteinander durch bestimmte Beziehungen verknüpft sind. Die Bestimmung dieser Beziehungen ist stets durch kalorimetrische Messungen durchführbar. Will man die innere Energie U_* eines Körpers von gegebenem Druck und Volumen feststellen, so braucht man nur die Wärmemenge zu messen, die man ihm im Gefäß Bild 1 a bis zur Abkühlung auf $T = 0$ entziehen muß.

²⁾ Die großen Buchstaben bedeuten in dieser Ableitung zunächst einem beliebigen Körper zugeführte Wärmemengen. Später wird dessen Masse zu ein Mol, d. h. M kg, festgelegt. Der tiefgestellte Stern bezeichnet die vom absoluten Nullpunkt an gezählten Größen.

³⁾ Das gewöhnlich im technischen Schrifttum gebrauchte Wort „Wärmeinhalt“ drückt die Bedingung nicht klar aus, unter der I gemessen wird, deshalb wird hier die andere gebräuchliche Bezeichnung „Enthalpie“ vorgezogen. Als Kennbuchstabe wird im englischen Schrifttum statt I gewöhnlich H verwendet. Auch deutsche Forscher gebrauchen neuerdings diese Schreibweise.

Um seine Enthalpie I_* zu ermitteln, ist zu U_* der Wert $P \cdot V_*$, das Produkt aus Druck und Volumen im Bestimmungszustand hinzuzufügen.

Aus Bild 1b läßt sich noch eine weitere Beziehung für die Enthalpie ableiten: Angenommen, der Körper sei durch Beheizung von $T = 0$ aus bei gleichbleibendem Druck auf den Zustand $P_1 V_1$ gebracht worden; seine bis zu diesem Zustand aufgenommene Wärme erscheint als Enthalpie $I_{*1} = U_{*1} + A P_1 V_{*1}$. Nach Abkühlung auf $T = 0$ wiederholt man die Beheizung beim Druck P_2 , bis der Körper wieder das gleiche Volumen V_{*1} einnimmt. Seine Enthalpie ist dann $I_{*2} = U_{*2} + A P_2 V_{*1}$. Der Unterschied ist:

$$I_{*1} - I_{*2} = U_{*1} - U_{*2} + A V_{*1} (P_2 - P_1). \quad (5)$$

Hieraus folgt für die elementare Änderung von I bei $V = \text{const}$:

$$dI_V = dU + A V dP. \quad (6)$$

Für eine beliebige Zustandsänderung, bei der sich sowohl P als auch V ändert, ist dann:

$$dI = dU + A P dV + A V dP = dU + A d(PV). \quad (7)$$

Die Zusammensetzung des totalen Differential $d(PV)$ aus den beiden partiellen Differentialen $P dV + V dP$ zeigt Bild 2, es ist die Änderung der Fläche im PV -Schaubild. Zieht man von Gleichung 2 die Gleichung 7 ab, so erhält man:

$$dQ = dI - A V dP. \quad (8)$$

Diese Gleichung ermöglicht die Berechnung der Arbeit, die ein Stoff bei Entspannung ohne äußere Wärmezufuhr ($dQ = 0$) zu leisten vermag. Es ist in diesem Falle

$$A V dP = dL. \quad (9)$$

Die Integrale hiervon sind von großer praktischer Bedeutung, denn Entspannungen ohne Wärmezufuhr und -abfuhr finden in den Arbeitszylindern und Beschäufelungen der Kraftmaschinen statt.

C. Die Entropie.

1. Der Entropiebegriff.

Nicht selten findet man eine gewisse Abneigung gegen die theoretische Wärmelehre damit begründet, daß sie mit der so wenig anschaulichen Größe „Entropie“ arbeitet. Dieses von Clausius geprägte griechische Wort wird zuweilen mit „Verwandlungsgröße“ übersetzt, und damit ist auch schon der Beiklang nach Zauberei da, auf Grund dessen die Entropie für manchen aus der Physik ausscheidet und in der Metaphysik ihren Platz suchen muß. Auch ein bekanntes Lehrbuch der Thermochemie glaubte auf die Einführung des Entropiebegriffs seiner abstrakten Natur halber verzichten zu müssen, ohne jedoch den Thermalbegriff umgehen zu können, der nichts anderes als ein bestimmter Teilbetrag der Entropie ist. Zweifellos ist eine klare und wissenschaftlich einwandfreie Erklärung der „Entropie“ nicht leicht zu geben. Am sinnfälligsten Beispiel kann man aber sehr schnell feststellen, zu welchem Zweck dieser Begriff geschaffen wurde; und wenn man erst weiß, wozu er dient, hat man bald auch seinen Sinn erfaßt. Eine alltägliche Aufgabe, mit der zum Entropiebegriff hingeleitet sei, ist die folgende: In ein Bad von der Temperatur T_2 wird ein Körper von der Temperatur T_1 eingetaucht; gefragt ist: Welche Temperatur nehmen Bad und Körper nach Ausgleich des Temperaturunterschiedes an? Angenommen sei noch, daß das Bad gegen die Umgebung vollkommen wärmedicht isoliert ist und daß die Badflüssigkeit bei Abkühlung von T_2 auf eine Vergleichstemperatur T_0 (etwa $T_0 = 273^\circ \text{K}$) die Wärmemenge Q_2 abgibt, desgleichen der Körper bei Abkühlung von T_1 auf T_0 die Wärmemenge Q_1 . Damit sind alle Bestimmungsstücke zur Lösung der Aufgabe gegeben. Sie wird besonders

anschaulich (Bild 3), wenn man die beiden Wärmemengen Q_1 und Q_2 als Rechtecke nebeneinander zeichnet, und zwar so, daß das Rechteck Q_1 die Höhe $T_1 - T_0$ und das Rechteck Q_2 die Höhe $T_2 - T_0$ erhält. Die sich nach dem Ausgleich einstellende Temperatur T_m findet man dann als mittlere Höhe der aus den beiden Rechtecken gebildeten Figur, denn diese schneidet von Q_1 diejenige Wärmemenge ab, die an die Badflüssigkeit übergeht, d. h. zu Q_2 hinzugefügt wird. In Bild 3 ist diese Austauschwärme durch Striche umgrenzt.

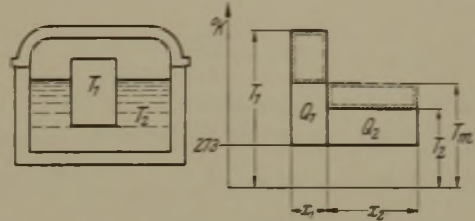


Bild 3. In das wärmeisolierte Bad von der Temperatur T_2 wird der Körper T_1 eingetaucht. Zu bestimmen ist die sich einstellende Ausgleichstemperatur T_m .

Die in Bild 3, rechts, neu eingeführte Rechteckskoordinate x sei noch näher betrachtet. Damit die im Körper enthaltene Wärmemenge Q_1 durch das Rechteck mit $T_1 - T_0$ als Höhe dargestellt wird, mußte dessen Basis offenbar $x_1 = \frac{Q_1}{(T_1 - T_0)}$ werden. Ebenso erhält man $x_2 = \frac{Q_2}{(T_2 - T_0)}$. Hiermit

kann man die Dimension von x anschreiben, sie ergibt sich zu $[\text{kcal/K}]$, denn die Rechteckseigenschaft verlangt als Dimensionsgleichung: $[\text{kcal/K}]_{\text{Abzisse}} \times [\text{K}]_{\text{Ordinate}} = [\text{kcal}]_{\text{Fläche}}$. Weiter ist festzustellen, daß x der Masse des Körpers oder der Flüssigkeit proportional ist; denn wenn man den Körper vor dem Eintauchen halbiert, wird auch x nur halb so groß, da die Höhe T die gleiche bleibt.

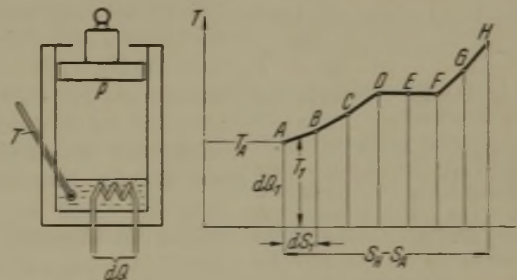


Bild 4. Ermittlung der Entropie durch bereichsweise Wärmezufuhr.

Wenn sich auch die gefundene Lösung obiger Aufgabe sehr einfach darstellen ließ, so wird doch gerade der Metallurgen gewisse Bedenken gegen ihre allgemeine Anwendbarkeit haben. Die Lösung gilt nämlich nur für den Fall, daß je Grad Temperaturabnahme auch stets die gleiche Wärmemenge dQ vom Körper abgegeben wird, oder anders ausgedrückt, daß über den ganzen Bereich der Abkühlung $\frac{dQ}{dT} = \text{const}$ wird. Das ist in Wirklichkeit bekanntlich nicht der Fall. Wenn man beispielsweise bei der Abkühlung eines Metallblockes an einen Umwandlungspunkt kommt, so wird in dem Bereich dT , in dem die Umwandlungstemperatur liegt, eine viel größere Wärmemenge dQ frei als im vorhergehenden oder folgenden. Um solche Abkühlungs- oder Erwärmungsvorgänge in allen Einzelheiten zu erfassen, muß man sie in möglichst kleine Bereiche zerlegen und beobachten, wie sich die gesamte Wärmemenge Q allmählich aus kleinen Teilwärmern dQ aufrechnet. Da die Darstellung der

Wärmemengen als Flächen in der Aufgabe (Bild 3) so anschaulich war, soll sie auch bei dieser verfeinerten Betrachtungsweise benutzt werden.

Man wiederholt also den Versuch (Bild 1b) mit einer Flüssigkeit, der, nachdem ihre Temperatur zu T_A bestimmt ist, eine kleine Wärmemenge dQ_1 zugeführt wird (Bild 4). Infolge der Erwärmung steigt die Temperatur auf T_B ; ihr Mittelwert während des Versuchs sei T_1 . Um dQ_1 als Fläche mit T_1 als Ordinate darzustellen, berechnet man die Basis dS_1 zu:

$$dS_1 = \frac{dQ_1}{T_1}$$

Nachdem dQ_1 über dS_1 aufgezeichnet ist (Bild 4, rechts), führt man wieder eine kleine Wärmemenge dQ_2 zu und zeichnet auch diese als Fläche mit $T_2 = \frac{(T_B + T_C)}{2}$ über der

Basis $dS_2 = \frac{dQ_2}{T_2}$ in das Schaubild ein. Das Verfahren setzt

man fort, bis man ein endliches Flächenstück $Q = \int_A^H \frac{dQ}{T}$ erhält, dessen Breite zu

$$S_H - S_A = \int_A^H dS = \int_A^H \frac{dQ}{T}$$

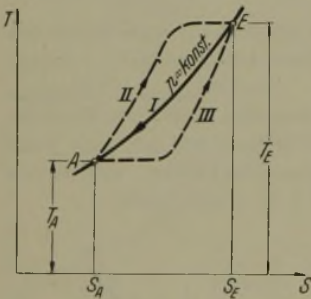


Bild 5. Die bei Uebergang von einem Stoffzustand $p_A T_A$ zu einem anderen $p_E T_E$ zugeführte Wärme $\int dQ$ ist je nach dem Integrationsweg verschieden groß. Die Entropiezunahme $S_E - S_A$ ist jedoch stets dieselbe und nur durch die Stoffzustände bestimmt.

Größe auf die Gewichtseinheit der eingeschlossenen Flüssigkeit beziehen und in [kcal/kg · K] angeben; bei chemischen Untersuchungen ist sie mit Vorteil auf die Äquivalenzmenge zu beziehen und in [kcal/Mol · K] zu messen. Die auf 1 kg bezogenen Mengen sollen künftig mit kleinen Kennbuchstaben bezeichnet, für die auf M kg bezogenen die großen Buchstaben beibehalten werden. Wenn man die Messungen nochmals mit gleichen Stoffmengen wiederholt, so ergibt sich immer die gleiche Linie A B ... H im Schaubild. Zu jedem Zustand P, T des Körpers gehört auch ein bestimmter Wert S, deshalb wird neben Druck, Temperatur, spezifischem Volumen, innerer Energie und Enthalpie auch die Entropie als Zustandsgröße bezeichnet. Wollte man nun noch die Frage: „Was ist die Entropie?“ kurz beantworten, so müßte die Antwort nach der Ableitung zweckmäßig lauten: „Die kapazitive Koordinate der Wärme.“ Die Temperatur wäre dann im Gegensatz dazu als „intensive Koordinate“ anzusprechen.

Es bleibt jetzt noch eine Frage zu behandeln, die man zwar gerne vor einer solchen Ableitung, wie der eben ent-

wickelten, gestellt bekommt, aber leider manchmal erst hinterher beantworten kann, nämlich die nach dem Sinn der Sache. Was bringt die Darstellung einer Wärmemenge als Schaubildfläche im Temperatur-Entropie-Koordinatensystem für Vorteile? Um diese deutlich werden zu lassen, sei der Versuch nach Bild 4 noch einmal mit geänderten Versuchsbedingungen durchgeführt (Bild 5), indem der Kolben während der Wärmezufuhr so lange festgehalten wird, bis die Temperatur im Gefäß auf T_E gestiegen ist. Hierauf wird er freigegeben, wobei während der nun folgenden Ausdehnung des Zylinderinhaltes noch so viel Wärme zugeführt wird, daß die Temperatur T_E gleichbleibt. Die Ausdehnung wird so lange fortgesetzt, bis wieder der Anfangsdruck p_A im Zylinder herrscht. Die hierbei erhaltene Zustandslinie II in Bild 5 steigt zunächst schneller an, als beim vorher unter $p_A = \text{const}$ durchgeführten Versuch I beobachtet wurde; sie verläuft dann ein Stück waagrecht; die insgesamt zugeführte Wärme ist bei II größer als bei I. Hierauf geht man längs der Linie $p = \text{const}$ wieder nach Punkt A zurück. Da das Gefäß eine wärmedichte Isolierung trägt und die Wärmemenge im Gefäß bei Punkt A beide Male entsprechend dem unveränderten Zustand P, T die gleiche ist, kann sich die von den Kurven II und I umschlossene Fläche nur in Kolbenarbeit verwandelt haben, welche als Massenbeschleunigung, zum Gewichtheben und als Kolbenreibung verbraucht wurde. In dieser Möglichkeit, die während eines „Kreisprozesses“ — um einen solchen handelt es sich bei dem von den

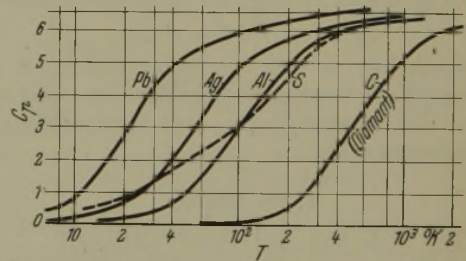


Bild 6. Temperaturabhängigkeit der spezifischen Wärme fester Körper bei tiefer Temperatur. Die Kurven $C_p = f(\log T)$ sind bis auf einige Ausnahmen, z. B. Schwefel, durch Parallelverschiebung mit guter Näherung zur Deckung zu bringen. Von links nach rechts gruppieren sich die Stoffe nach steigender Härte.

Kurven II und I beschriebenen Vorgang — in mechanische Arbeit verwandelte Wärme zu bestimmen, liegt der große Wert der Darstellung von Wärmemengen im T-S-Schaubild. Man kann in Bild 5 über beliebige Zustandsänderungen I,

II, III ... von A nach E gelangen, jedesmal wird $\int_A^E dQ$

einen anderen Wert, aber $\int_A^E dS$ denselben ergeben; und

wenn man auf einer Kurve hin- und einer anderen zurückgelangt, liefert stets die umschlossene Fläche die gewonnene mechanische Arbeit.

Wie bei Ableitung der Gleichung 3 vereinbart, sei die bei $p = \text{const}$ zugeführte Wärme mit I und die bei $v = \text{const}$ zugeführte mit U bezeichnet. Demgemäß kann man auch zwei Ermittlungsgleichungen für die Entropie anschreiben:

$$S_v = \int \frac{dU}{T} = \int \frac{C_v}{T} dT \quad (10a)$$

$$S_p = \int \frac{dI}{T} = \int \frac{C_p}{T} dT \quad (10b)$$

Mit der einen lassen sich Linien $v = \text{const}$, mit der anderen solche $p = \text{const}$ in das T-S-Schaubild eintragen.

2. Die Berechnung der Entropie.

In Bild 1b hat die Kurve $T = f(Q)$ in ihren verschiedenen durch die jeweils im Gefäß anwesenden Phasen abgegrenzten Gebieten eine verschiedene Neigung. Diese Neigung $\text{tg } \beta = \frac{dQ}{dT}$ bezeichnet man als spezifische Wärme C des Körpers, oder wenn man die Gewichtseinheit eines Stoffes der Unter-

zweiatomige Gase näherungsweise durch die Beziehung $C_p = 6.57 + 0,00106 T$ ausgedrückt wird.

Mit $dQ = C dT$ kann die Entropie berechnet werden:

$$dS = \frac{dQ}{T} = C \cdot \frac{dT}{T} = C d(\ln T). \quad (11)$$

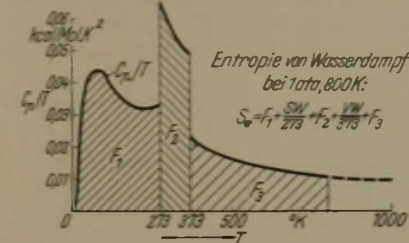
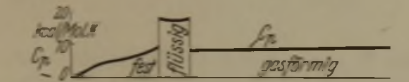


Bild 7. Aus Versuchswerten $C_p = f(T)$ kann nach Aufzeichnen der Werte C_p/T über T die Entropie durch Ausmessen der Flächenstücke $S = \int (C_p/T) dT$ gefunden werden.

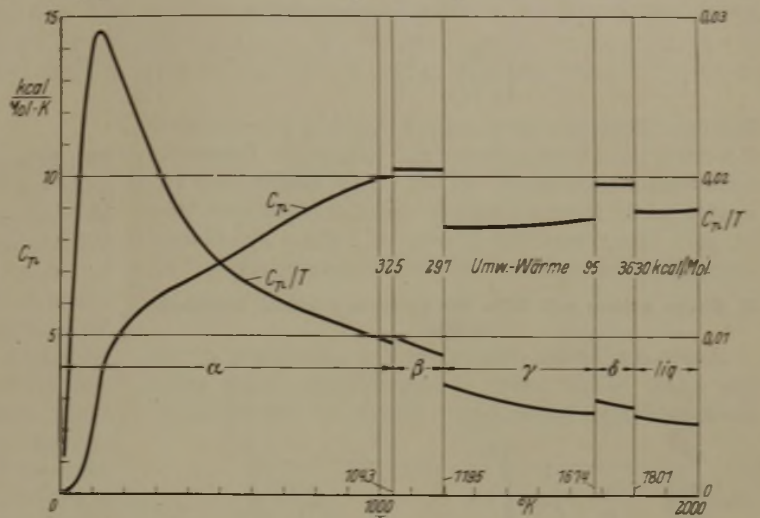


Bild 9. Die spezifische Wärme des Eisens und die Bestimmungsgrößen für die Entropie: die Werte C_p/T und die verschiedenen Umwandlungswärmen.

suchung zugrunde legt, als spezifische Wärme c des Stoffes. Sie ist verschieden je nach den Versuchsbedingungen. Hat man die Erwärmung im Gefäß Bild 1a vorgenommen, so gibt die Neigung $\text{tg } \beta$ die spezifische Wärme bei gleichbleibendem Volumen $C_v = \frac{dU}{dT}$ an, im Gefäß Bild 1b erhält man die spezifische Wärme bei gleichbleibendem Druck $C_p = \frac{dI}{dT}$.

Ihre endlichen Beträge sind zu ermitteln durch die Integration:

$$S_2 - S_1 = \int_{T_1}^{T_2} C \frac{dT}{T}. \quad (12)$$

Für den Fall, daß $C = \text{const.}$ wird:

$$S_2 - S_1 = C (\ln T_2 - \ln T_1) = C \ln \frac{T_2}{T_1}. \quad (13)$$

Für feste Körper und Flüssigkeiten bei Temperaturen unterhalb der kritischen begnügt man sich gewöhnlich damit, C_p zu messen. Für die Gasphase gilt bekanntlich $C_p - C_v = R$, worin $R = 1,987 \text{ kcal/Mol} \cdot \text{K}$ die Gas-konstante ist. Aus den umfangreichen Messungen, die im Laufe der Zeit zur Ermittlung der spezifischen Wärmen für die verschiedensten Stoffe angestellt wurden, hat man einige Regeln abgeleitet, die zu Interpolationen und zur Kritik von Messungen dienen können: Das Dulong-Petitsche Gesetz: $C_v = 6,4$ als Grenzwert der spezifischen Wärme vieler fester Körper bei höheren Temperaturen, $C_v = 0,36 \cdot 10^{23} \frac{T^3}{v^3}$ in der Nähe des absoluten Nullpunktes und eine erfahrungsmäßig gefundene, neuerdings auch aus der Frequenz der Atomschwingungen ν berechenbare Kurve für den Zwischenbereich von T (Bild 6). Für Flüssigkeiten ist noch keine klare Gesetzmäßigkeit gefunden, jedoch sind die Werte der spezifischen Wärmen meist etwas höher als die des Stoffes in fester Form. Bei Gasen gilt nach der kinetischen Gastheorie $C_v = n \cdot \frac{R}{2}$,

Wenn C linear mit der Temperatur zunimmt, $C = a + b T$, wird:

$$S_2 - S_1 = \int \left(a \frac{dT}{T} + b dT \right) = a \ln \frac{T_2}{T_1} + b (T_2 - T_1). \quad (14)$$

Ist der Verlauf von C über T schaubildlich (Bild 7, oben) oder zahlenmäßig gegeben, dann zeichnet man am besten die Funktion $\frac{C}{T}$ über T auf, das Integral $\int \frac{C}{T} dT$ ist dann gleich der von der Funktion begrenzten Fläche.

Innerhalb der Erwärmungen AB und CD in Bild 1b wird vom Körper Wärme aufgenommen, ohne daß seine Temperatur zunimmt. Diese Wärmemengen werden zur Phasenumwandlung verbraucht, sei es als Umwandlungswärme (Umkristallisation der Metalle), als Schmelz- oder Verdampfungswärme. Die Entropieänderung in diesen Bereichen ist proportional Q :

$$S_D - S_C = \frac{1}{T_c} (Q_D - Q_C). \quad (15)$$

Die Gesamtentropie S_{*E} eines Gases von der Temperatur T_B (nach Bild 1b) ist schließlich durch Zusammenzählen der Teilentropien der einzelnen Bereiche zu ermitteln:

$$S_{*E} = \int_O^A \frac{C_5}{T} dT + \frac{1}{T_A} Q_{AB} + \int_B^C \frac{C_1}{T} dT + \frac{1}{T_c} Q_{CD} + \int_D^E \frac{C_p}{T} dT. \quad (16)$$

wobei $n = 3$ für einatomige und $n = 5$ für zweiatomige Gase ist. Nach Beobachtungen besteht jedoch auch eine Abhängigkeit von der Temperatur, die z. B. für

Die Integrale werden nach Auftragen der Werte $\frac{C}{T}$ über T durch Ausmessen der so entstandenen Flächenstücke ge-

funden (Bild 7 und 9), die Umwandlungsentropien nach Gleichung 15 berechnet.

Auf eine Eigenschaft der spezifischen Wärme im T-S-Schaubild möge noch hingewiesen werden, die in Bild 8 dargestellt ist: Aus $C_p = \frac{d I}{d T}$ und $d S_p = \frac{d I}{T}$ folgt:

$$\left(\frac{d S}{d T}\right)_P = \frac{C_p}{T} \tag{17}$$

Mit dieser Beziehung ist es möglich, Linien P = const in ein T-S-Schaubild näherungsweise mit Hilfe einer Tangentenkonstruktion einzutragen, bei der C_p als Subtangente verwendet wird. Diese schaubildliche Näherungskonstruktion ist auch dann brauchbar, wenn C_p nicht gleichbleibt, sondern als beliebige Funktion der Temperatur gegeben ist.

D. Einige weitere mit Hilfe der Entropie gebildete thermische Größen.

Außer den beiden Wärmebegriffen „Enthalpie I“ (die von einem Körper unter gleichbleibendem Druck aufgenommene Wärme) und „Innere Energie U“ (die bei gleich-

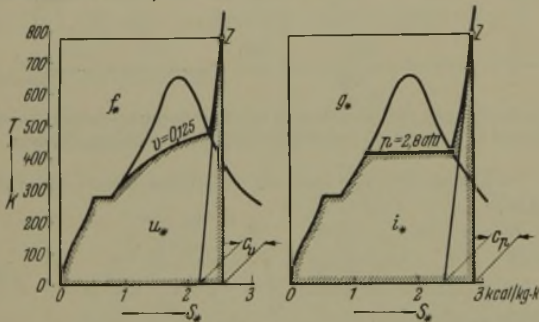


Bild 10. Die thermodynamischen Potentiale U_* , I_* , F_* und G_* dargestellt im T-S-Schaubild. Die kleinen Buchstaben bezeichnen die Größen für 1 kg als Bezugsmenge.

bleibendem Volumen aufgenommene) sind noch zwei weitere im Gebrauch, die man ebenfalls im T-S-Schaubild darstellen kann; es sind dies die „freie Energie F“ und die „freie Enthalpie G“. Die Bestimmungsgleichungen der vier Größen lauten in ihrer absoluten (von T = 0 gezählten) Form:

$$U_* = \left(\int T d S_*\right)_{V = \text{const}} \tag{18}$$

$$I_* = \left(\int T d S_*\right)_{P = \text{const}} \tag{19}$$

$$F_* = T S_* - U_* \tag{20}$$

$$G_* = T S_* - I_* \tag{21}$$

Ihr geometrisches Bild kann man sich leicht einprägen; Bild 10 zeigt als Beispiel die vier „thermodynamischen Potentiale“ für Wasserdampf von 2,8 ata und 500°. Der Ausdruck „freie Energie“ ist von Helmholtz geprägt worden und rührt daher, daß mit dieser Größe die bei isothermischer Ausdehnung frei werdende Arbeit gefunden werden kann. Beide Größen F und G verwendet man gern zur Berechnung von Vorgängen thermochemischer Art. Man darf jedoch nicht übersehen, daß nur die Größen U_* und I_* wirkliche in den Körper hineingesteckte Wärmemengen sind. Sowohl F_* als auch G_* haben nicht die Bedeutung realer Wärmemengen, sondern sind nur Rechengrößen von der Dimension der Wärme, genau wie das Produkt $T S_*$, das Helmholtz „gebundene Energie“ nannte. Der Unterschied zweier Werte $F_2 - F_1$ oder $G_2 - G_1$ kann jedoch wieder eine reale Wärmemenge sein, beispielsweise ist bei isothermischer Dehnung nach Bild 11 die Zunahme der freien Enthalpie

$$\Delta G = (G_2 - G_1) = T (S_2 - S_1) - (I_2 - I_1)$$

gleich der während des Vorganges frei werdenden Ausdehnungsarbeit.

Aus den vier Größen U, I, F, G von Energiedimension kann man noch eine Anzahl Größen von Entropiedimension ableiten, die einfach durch Teilung mit der Temperatur entstehen; mit eigener Benennung werden verwendet:

$$\Phi_* = \frac{F_*}{T} \tag{22}$$

und

$$\Psi_* = \frac{G_*}{T} \tag{23}$$

Man bezeichnet Φ und Ψ nach Planck als Thermiale. Von praktischer Bedeutung ist hier wiederum das bei gleichbleibendem Druck gebildete Thermial Ψ . Die funktionale Verknüpfung von Ψ mit den Größen T, S, I, G und C_p ist in Bild 12 verdeutlicht, in welchem die gebräuchlichsten Wärmeschaubilder, das I_* -T-Schaubild, das T- S_* -Schaubild und das Ψ_* -T-Schaubild miteinander verglichen sind. Bemerkenswert ist bei dem letzten, daß die beim Umkristallisieren, beim Schmelzen und Verdampfen auftretenden treppenförmigen Absätze im T-S- und I-T-Schaubild zu Knickpunkten im Ψ -T-Schaubild zusammenschumpfen.

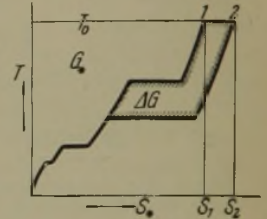


Bild 11. Die bei isothermischer Ausdehnung geleistete Gasarbeit ist gleich der Zunahme der freien Enthalpie G_* .

Für die unmittelbare Berechnung des Thermials Ψ aus der spezifischen Wärme erhält man mit:

$$\Psi = \frac{G}{T} = S - \frac{I}{T}$$

$$d \Psi = d S - d \left(\frac{I}{T}\right) \tag{24}$$

$$= \frac{d I}{T} - \left(\frac{d I}{T} - \frac{I}{T^2} d T\right) = \frac{I}{T^2} d T$$

die Gleichung:

$$\Psi_* = \int_0^T \frac{I}{T^2} d T = \int_0^T \frac{d T}{T^2} \int_0^T C_p d T. \tag{25}$$

Die Funktion $\Psi_* = f(T)$ ist in manchen Lehrbüchern der Thermochemie tabelliert; da sie jedoch nach Gleichung 24 leicht aus den häufiger gebrauchten Größen I_* und S_* zu bestimmen ist, kann man auf besondere Tafeln dafür verzichten, wenn Zahlenwerte für Entropie und Enthalpie zur Hand sind.

Im thermochemischen Schrifttum findet man im Gegensatz zu den Gleichungen 20 und 21 die freie Energie und die freie Enthalpie gewöhnlich bestimmt zu:

$$(F) = U - T S \quad (G) = I - T S^*$$

Diese aus historischen Gründen zu erklärenden Fassungen ergeben, sobald man auf absolute Koordinaten übergeht, die vorstellungsmäßige Schwierigkeit, daß beim Uebergang von einem Zustand $p_1 T_1$ auf einen anderen $p_1 T_2$ mit gleichem Druck, jedoch höherer Temperatur die wahre Enthalpie I_* zu-, die freie Enthalpie (G_*) dagegen abnimmt, obgleich das geometrische Bild für beide Potentiale, die Fläche im T-S-Schaubild, größer wird. Aus diesem Grunde ist die Bestimmung nach Gleichung 20 und 21 zweckmäßiger, mit deren Annahme alle vom absoluten Nullpunkt aus gezählten thermischen Größen mit positiven Beträgen erscheinen.

⁴⁾ Die Klammern sollen den Unterschied zu der vorliegenden Bezeichnungweise kennzeichnen.

E. Neuaufstellung eines Entropie-Schaubildes.

Bei vielen wärmetechnischen Untersuchungen kann ein Entropie-Schaubild die Arbeit wesentlich erleichtern, z. B. bei der Entwurfsberechnung von Gasverdichtern, Rohrleitungen und Expansionsmaschinen, aber auch bei der Vorausbestimmung des chemischen Gleichgewichts bei thermischen Reduktionen oder Synthesen. Deshalb sei der Weg zur Aufstellung solcher Zustandsbilder kurz umrissen.

gleich sein. Die Entwicklung des I-S-Bildes aus dem T-S- und I-T-Bild ist so einfach, daß darüber nichts weiter gesagt zu werden braucht.

Etwas schwieriger ist die Aufstellung eines Entropie-Schaubildes für Stoffe in Gasphase. Bild 16 zeigt als Beispiel ein T-S-Schaubild für Sauerstoff. Bis zum Punkte A unterscheidet sich die Ermittlung nicht von dem soeben beschriebenen Beispiel: von A bis B steigt die Entropie um den

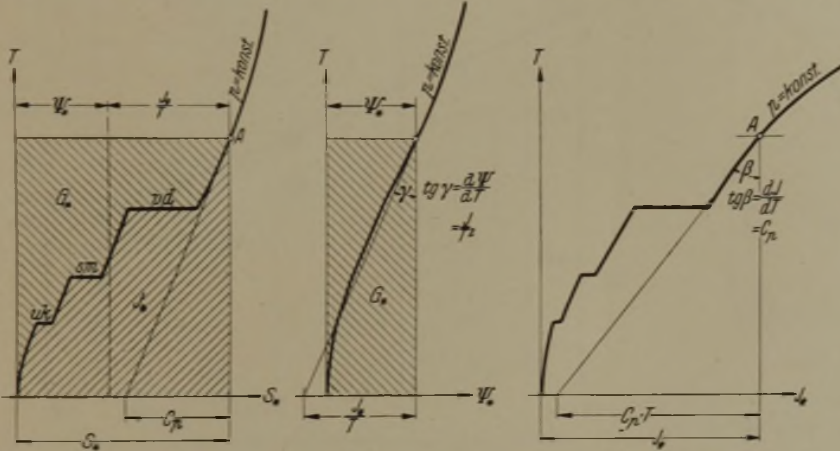


Bild 12. Die Darstellung der wichtigsten thermischen Größen in Schaubildern (uk: umkristallisieren, sm: schmelzen, vd: verdampfen).

Als erstes Beispiel soll ein T-S- und ein I-T-Schaubild für reines Eisen entwickelt werden. Zur Vorbereitung sucht man aus den veröffentlichten Messungen die glaubwürdigen Werte für die spezifische Wärme heraus und trägt die Zahlen für die wahre spezifische Wärme als Kreuze, die für die mittlere spezifische Wärme als Strecken über der Temperatur auf, diese mit Endstrichen zur Abgrenzung des Gültigkeitsbereichs (Bild 13). Durch die erhaltene Punktreihe legt man eine Kurve; die Strecken sind so zu schneiden, daß sie zu mittleren Höhen der Kurve werden. Das Ergebnis überträgt man in genügend großem Maßstab auf ein Blatt mit Millimeterteilung; die Umwandlungstemperaturen, bei denen Cp un stetig auf andere Werte springt, kennzeichnet man durch senkrechte Gerade; Bild 9. Die Ermittlung der Enthalpiewerte kann nunmehr durch Integration der Kurve Cp = f(T) erfolgen. Hierfür genügt schätzungsweise Eintragen der mittleren Höhen für Bereiche von 50°. Das Zusammenzählen der Produkte Cp · 50 liefert die Zunahme der Enthalpie innerhalb der einzelnen Phasenbereiche, wobei der letzte Bereich im allgemeinen eine von 50° verschiedene Temperaturbreite hat. An den Phasenübergängen nimmt die Enthalpie jeweils um die Umwandlungswärme zu, die somit am Ende jedes Phasenbereichs beizuzählen ist. Das Bild der ermittelten Kurve I* = f(T) zeigt Bild 14. Man kann daraus abgreifen, wie der Pfeil zeigt, daß zum Erwärmen und Schmelzen von 1 Mol = 55,84 kg Eisen von 1000° K (= 727° C) an die Wärmemenge 11 700 kcal gebraucht wird.

In ähnlicher Weise findet man die Entropiewerte durch Integration der Kurve Cp/T = f(T). Wegen ihres starken Anstiegs empfiehlt es sich, für die Temperaturen von 0 bis 150 K kleinere Temperaturbereiche zu nehmen. Die Entropiezunahme an den Umwandlungspunkten erhält man jeweils nach Gleichung 15. Das Ergebnis ist die Kurve des Bildes 15; für beide Darstellungen wählt man zweckmäßig die Temperatur als Ordinate. Zur Prüfung der richtigen Aufzeichnung kann man noch die Fläche unter der Kurve S* = f(T) im T-S-Schaubild planimetrieren, diese muß dem Wert I* des entsprechenden Punktes im I-T-Schaubild

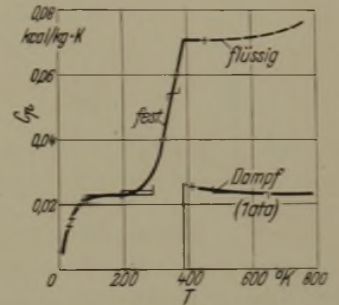


Bild 13. Auftragen der Tafelwerte für die spezifische Wärme.

Betrag $S_g - S_l = S_B - S_A = \frac{r_s}{T_s}$ worin r_s die Verdampfungswärme des unter 1 ata bei der Temperatur T_s siedenden Stoffes ist. Für Sauerstoff beträgt sie $r_s = 1630$ kcal/Mol bei $T_s = 91$ K. Hat man die Strecke $S_B - S_A$ in das Schaubild eingetragen, berechnet man die Entropiezunahme in der Gasphase $\Delta S_g = C_p \cdot \ln \left(\frac{T}{100} \right)$ nach Gleichung 13 oder 14 für

verschiedene Temperaturen und trägt diese Funktion von der Ordinatenachse aus ab. Durch den Punkt B zieht man sodann eine Aequidistante hierzu bis zu einer genügend weit oberhalb der kritischen liegenden Temperatur, bei der anzunehmen ist, daß das Verhalten des Gases nicht mehr allzusehr vom Boyle-Mariotteschen Gesetz $p \cdot v = R \cdot T$ abweicht.

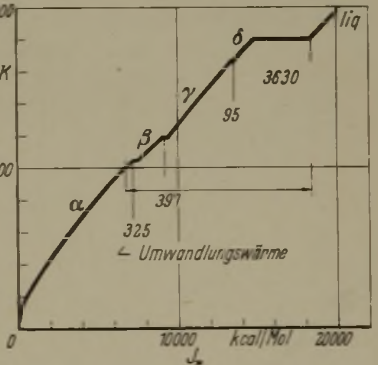


Bild 14. IT-Schaubild für Eisen.

In dem so festgelegten Punkt C trägt man einen Maßstab an für die Entropieänderung mit dem Druck bei gleichbleibender

Temperatur: $\Delta S = R_c \cdot \ln \left(\frac{p}{p_0} \right)$, welcher die waagerechte Ent-

fernung der Linien $p = \text{const}$ voneinander liefert. Die Schnittpunkte dieser Linien $p = 0,1 \ 1 \ 10 \ 100 \dots$ ata mit den Siedetemperaturen bei diesen Drücken legen im Bereich der tieferen Drücke die rechte Grenzkurve für die Flüssigkeit fest, wie in Bild 16 dünn gestrichelt eingetragen. Eine geeignete Aufzeichnung der Siedekurve zur Interpolation der Siedetemperaturen aus wenigen Meßpunkten ist das $\frac{1}{T} / \log p$ -Schaubild; man erhält in diesem einen nahezu geradlinigen Verlauf der Siedekurve (Bild 17).

Die linke Grenzkurve des Flüssigkeitsgebietes liefert wieder eine Hilfsfunktion $\Delta S_1 = C_{p1} \cdot \ln \left(\frac{T}{100} \right)$, zu der eine Aequidistante durch den Punkt A zu legen ist. Gegen den kritischen Punkt zu weichen sowohl die rechte als auch die linke Grenzkurve von den dünn gestrichelten Linien ab. Liegen genauere Angaben für die spezifische Wärme der

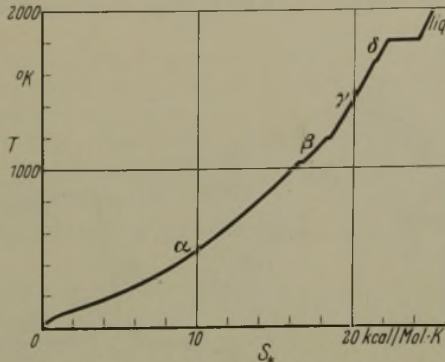


Bild 15. T-S-Schaubild für Eisen.

Flüssigkeit und für die Verdampfungswärme bis in die Nähe des kritischen Punktes vor, so kann man die linke Grenzkurve durch stückweise Integration und die rechte durch Zuzählen der Verdampfungsentropie finden. Hat man keine solchen Angaben, so hilft die Annahme, daß die Verdampfungswärme mit der dritten Wurzel des Temperaturunterschiedes gegen die kritische abnimmt, und man berechnet die Verdampfungsentropie als Funktion von T zu:

$$\Delta S_{vd} = \Delta S_{vd0} \cdot \frac{T_0}{T} \sqrt[3]{\frac{T_k - T}{T_k - T_0}} \quad (26)$$

Diese Funktion ist in der Nebenfigur (Bild 16, links) dünn eingetragen; die wirkliche Verdampfungsentropie weicht in der Regel der dick gezeichneten Linie folgend von diesem errechneten Verlauf ab. Aus dieser Nebenfigur überträgt man die Entropiestrecken in die Hauptfigur; zwischen die ge-

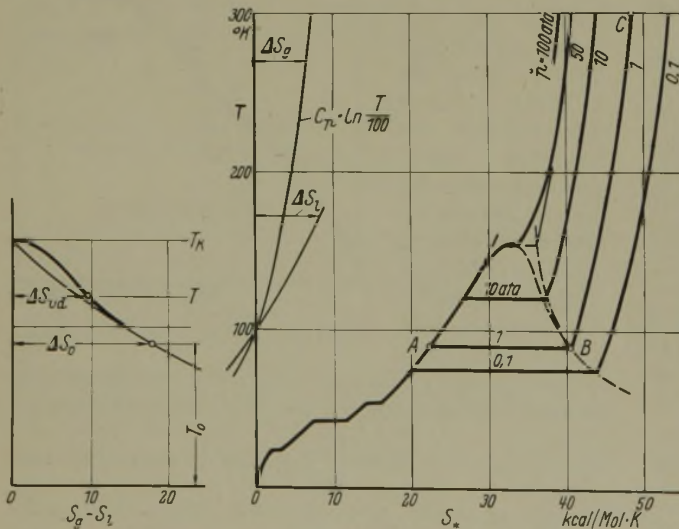


Bild 16. T-S-Schaubild für Sauerstoff.

strichelten Hilfs-grenzkurven eingemittelt liefern sie mit guter Näherung die wirkliche Grenzkurve der Flüssigkeitsphase.

Man kann also schon aus wenigen Angaben — spezifische Wärme der Flüssigkeit und des Gases, einige Punkte der Siedekurve, Verdampfungswärme unter Atmosphärendruck, kritischer Druck und Temperatur — ein ziemlich gutes Bild über das thermische Verhalten eines Stoffes entwerfen⁵⁾.

Natürlich richtet sich die Genauigkeit des so ermittelten Schaubildes nach derjenigen der Meßwerte; für viele technische Untersuchungen, Bestimmung der adiabatischen Arbeit, des Thomson-Joule-Effekts u. a. m., wird es jedoch bereits einen guten Anhalt bieten.

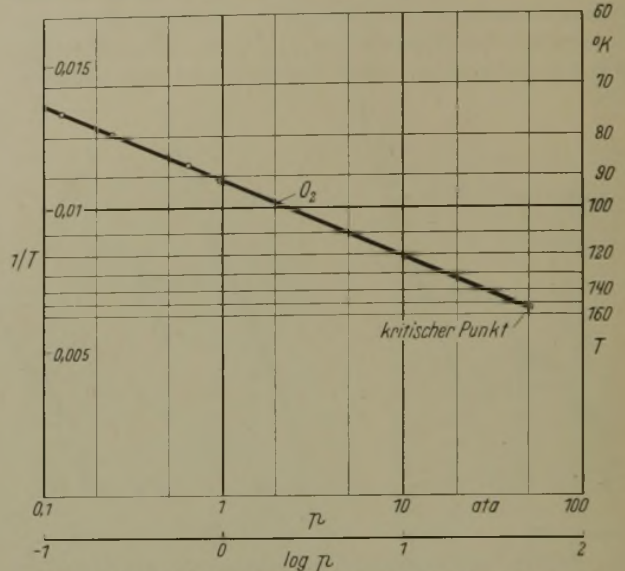


Bild 17. Zweckmäßige Auftragung der Siedekurve.

Wie schon angedeutet wurde, benötigt man zur Ermittlung der Konstanten des chemischen Gleichgewichts⁶⁾:

$$\ln K_p = \frac{1}{R_c} \left(\sum n \Psi_{*nach} - \sum m \Psi_{*vor} - \frac{W_*}{T} \right) \quad (27)$$

statt der Entropie ein Teilbetrag von dieser, das absolute Thermal Ψ_* . Nach Gleichung 24 kann diese Größe aus I_* und S_* berechnet werden; wenn man das T-S_{*}-Schaubild aufgezeichnet hat, führt die schaubildliche Integration der Fläche G_{*} gemäß Bild 12 zum gleichen Ziel. Sie besteht im Ausmessen derselben den Linien p = const folgend etwa von 50 zu 50°. Das Ψ_* -T-Schaubild hat nur eine Grenzkurve für das Flüssigkeitsgebiet, von der aus die Linien p = const abzweigen; Bild 18 zeigt dieses Schaubild für Wasserdampf. Der Maßstab für den Abstand der Isobaren voneinander wird nach der gleichen Ueberlegung wie oben beim T-S-Schaubild bestimmt. In der Nähe des kritischen Gebiets sind die Abweichungen vom idealen Gasgesetz leicht schätzungsweise zu berücksichtigen.

Mit diesen Beispielen möge die Darstellung der thermodynamischen Grundbegriffe abschließen; ihre Erkenntnis wurde durch Ausführung praktischer Berechnung zu erschließen versucht. Der methodische Weg zu ihrem Verständnis: die Herleitung aus den Grundsätzen der physikalischen Erfahrung — etwa aus der Unmöglichkeit des Perpetuum mobile erster und zweiter Art — soll damit nicht ersetzt werden. Dem im Beruf stehenden Ingenieur fehlt jedoch manchmal Zeit und Muße, die diesbezüglichen Ableitungen an Hand eines oder besser mehrerer guten Lehrbücher durchzudenken. Ihm soll diese

⁵⁾ Ueber das kritische Gebiet vgl. Plank, R.: Forsch. Ing.-Wes. 7 (1936) S. 161/73. Zur empirischen Berechnung thermischer Daten vgl. Pfaff, P.: Forsch. Ing.-Wes. 11 (1940) S. 125/33 u. 188/202. Brauchbare Zahlenwerte für einige wichtigere Stoffe siehe bei Doczekal, R.: Absolute thermische Daten und Gleichgewichtskonstante. Berlin 1935.

⁶⁾ Vgl. Martin, O.: Mitt. Forsch.-Anst. Gutehoffnungshütte 9 (1941) S. 77/84.

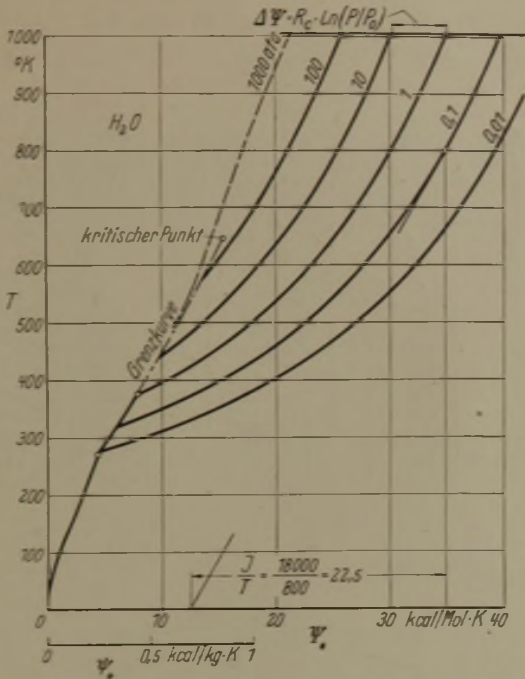


Bild 18. Ψ -T-Schaubild für Wasserdampf.

Arbeit die Ueberprüfung seines wärmetechnischen Wissens ermöglichen und ein klares Bild von denjenigen Größen vermitteln, die ob ihrer abstrakten Natur nicht immer leicht zu erfassen sind.

Die Vergasung westdeutscher Steinkohlen.

Von Erwin Ruß in Essen.

[Mitteilung Nr. 296 der Wärmestelle des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute. — Schluß von Seite 698.]

(Halbgasfernung, angebaute Gaserzeuger, Vergasung in Schacht- und Drehrostgaserzeugern; Vergasung verschiedener Kohlenarten und -körnungen. Kaltgas; Gasreinigung. Durchsatzleistungen.)

Je nach dem gewünschten Reinheitsgrad des Gases unterscheidet man zwischen Grobreinigung und Feinreinigung. Das grob gereinigte Gas enthält noch 0,1 bis 0,2 g Teer je m³, während das fein gereinigte Gas bis auf einen Teergehalt von 0,02 bis 0,03 g gereinigt ist. Bei der Grobreinigung des Gases (Bild 2) wird das Rohgas in dem Vorkühler auf eine Temperatur von etwa 60 bis 70° heruntergekühlt, wobei neben dem im Gas enthaltenen Staub bereits ein gewisser Teil des Teeres ausgeschieden wird. In dem Kreiselwäscher, der mit Wasser betrieben wird, wird der im Gas enthaltene Teer ausgeschleudert. Er enthält infolge dieser Betriebsweise bis zu 25 % Wasser und ist deshalb kaum verkäuflich. Auch ist er bei der Arbeitstemperatur von etwa 70° bereits zähflüssig, so daß er nicht gepumpt werden kann, sondern ausgeschöpft werden muß. In dem Schlußkühler werden die Leichtöle ausgeschieden, die sich von dem außerdem anfallenden Kondenswasser des Gases leicht abscheiden lassen.

Bei der Feinreinigung des Gases wird das Rohgas im Vorkühler nur auf eine Temperatur von etwa 120° abgekühlt, das Waschwasser des Vorkühlers enthält lediglich Staub und keinen Teer. In dem ersten Kreiselwäscher, der mit dem aus dem Gas ausfallenden Teer bei einer Temperatur von etwa 120° betrieben werden muß, scheidet sich

Zusammenfassung.
Ausgehend von der geschichtlichen Entwicklung der Wärmelehre wird auf die Bedeutung der Grundgesetze der Thermodynamik, der drei Hauptsätze, hingewiesen. Deren nutzbringende Anwendung verlangt eine klare Erfassung der Grundbegriffe, besonders desjenigen der Entropie. Dieser wird abgeleitet, wobei die absolute Temperatur und der dritte Hauptsatz von vornherein in die Betrachtung einbezogen werden, so daß unbestimmte Integrationskonstanten nicht auftreten. Unter Verzicht auf mathematisches Beiwerk wird der Entropiebegriff auf möglichst einfache und anschauliche Weise erklärt. Die Berechnung der absoluten Entropie wird gezeigt; da alle Stoffe bei Abkühlung nacheinander mindestens in drei Phasen erscheinen — dem gasförmigen, flüssigen und festen Aggregatzustand —, besteht die Formel hierfür aus einem mehrgliedrigen Ausdruck (Gleichung 16). Das wichtigste Hilfsmittel zur Veranschaulichung thermodynamischer Betrachtungen ist das T-S-Schaubild; deshalb werden sein Aufbau und die zahlenmäßige Ermittlung seiner Bestandteile eingehend erläutert. Mit diesem Schaubild lassen sich alle wärmetechnischen Grundbegriffe verdeutlichen, z. B. innere und freie Energie und Enthalpie; dazu die Thermiale, die bestimmte Teilbeiträge der Entropie darstellen. Diese werden zur Berechnung des chemischen Gleichgewichts benötigt⁶⁾, ihre Ermittlung aus Enthalpie oder innerer Energie und Entropie sowie ihre zeichnerische Darstellung wird gezeigt.

der Teer aus, der auf Grund dieser Arbeitsweise unter 1 % Wasser enthält. Zwischen dem ersten und dem zweiten Kreiselwäscher muß ein zweiter Kühler geschaltet werden,

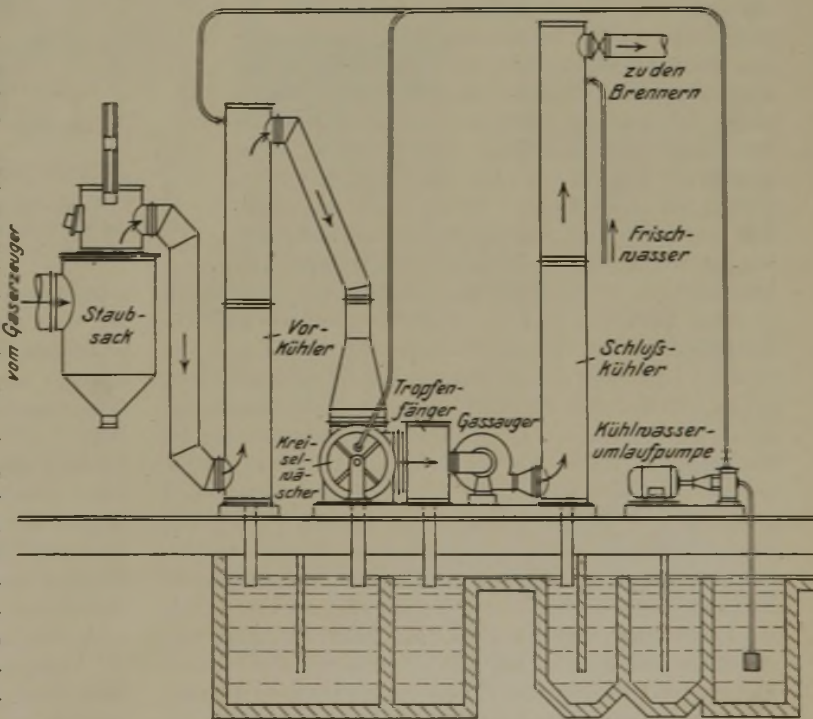


Bild 2.

Beispiel einer nassen Gasreinigung für teerhaltige Brennstoffe.

Zahlentafel 4. Ergebnisse von Vergasungsversuchen mit Anthrazit Nuß IV und V.

Kohlenart	Anthrazit Nuß IV			Anthrazit Nuß III		Anthrazit Nuß IV			Anthrazit Nuß IV			Anthrazit Nuß V				
	Drehrost mit gemauertem Schacht						Drehrost mit Wassermantel						Drehrost mit Wassermantel und Brennstoffverteiler			
Gaserzeugerbauart																
Betrieb des Gaserzeugers	Gebläse			Gebläse			Gebläse	Gebläse	Saugzug	Saugzug	Gebläse	Saugzug	Gebläse	Gebläse		
Durchm. des Gaserzeugers m	2,1	2,6	2,6	2,6	3,0		1,3	1,6	1,9	2,1	2,25	2,3	3,0	2,3	2,25	2,25
Durchsatz kg/h	295	320	345	415	560		166	242	335	435	480	540	950	435	460	400
Leistung kg/m ² h	85	60	65	78	80		125	120	118	125	120	130	136	105	115	100
Temperatur des Dampf-Luft-Gemisches . . . °C	63	60	58	59	62		56	58	57	56	58	56	57	59	56	60
Temperatur des Gases . . °C	490	480	540	560	680		390	360	360	340	320	380	480	320	360	380
CO ₂ %	4,0	2,7	2,2	3,1	0,8		4,8	4,2	4,8	5,0	4,2	4,6	3,0	3,8	3,3	4,2
CO %	28,3	30,4	30,6	30,0	32,1		27,7	28,4	27,6	27,6	28,6	28,0	30,3	28,8	30,4	28,6
CH ₄ %	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0		0,7	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8	1,0	0,9	1,0	1,0
H ₂ %	19,4	18,4	14,8	16,9	15,8		17,4	16,6	16,2	16,0	19,0	17,2	16,2	15,8	14,8	19,0
N ₂ %	47,5	47,5	51,4	49,0	50,3		49,4	49,8	50,4	50,4	47,2	49,4	49,5	50,7	50,5	47,2
Heizwert kcal/Nm ³	1322	1477	1390	1426	1461		1344	1361	1336	1331	1438	1356	1417	1353	1384	1438

der vorteilhaft als Röhrenkühler ausgebildet wird und das Gas auf etwa 50° abkühlt, bevor es in den zweiten Kreiselwäscher eintritt. In diesem Wäscher, der mit Wasser betrieben wird, werden die Leichtöle abgeschieden. In dem anschließenden Schlußkühler, in dem das Gas auf eine Temperatur von 20° abgekühlt wird, fallen noch die phenolhaltigen Abwässer an. An Stelle des zweiten Kreiselwäschers kann bei Feinreinigung des Gases auch ein Elektrofilter aufgestellt werden, in dem die letzten Spuren von Teer und Oel abgeschieden werden können.

Nachteilig ist bei der Entteerung auf mechanischem Wege der hohe Kraftverbrauch der Kreiselwäscher. Man muß bei der Entteerung von Generatorgas aus teerhaltigen Kohlen immerhin mit einem Kraftverbrauch der Gesamtanlage von 90 bis 120 kWh je t Brennstoff rechnen, wovon etwa 85 % auf die Kreiselwäscher entfallen. Dabei ist zu berücksichtigen, daß der zweite Kreiselwäscher gleichzeitig als Gasförderer wirkt. Da die Zähflüssigkeit des Teeres von der Temperatur in der Vorwärmszone des Gaserzeugers abhängt, empfiehlt es sich, diese Gaserzeuger mit Gastemperaturen zu betreiben, die nicht höher als 500° liegen. Aus diesem Grunde müssen sämtliche Gaserzeuger für Reingasanlagen mit wassergekühlten Mänteln versehen sein. Anlagen dieser Art sind bis jetzt im engeren Absatzgebiet der westdeutschen Kohlen vorerst noch selten ausgeführt worden, da für die Erzeugung von gereinigtem Generatorgas bisher fast ausschließlich Anthrazit und Magerkohlen sowie Koks verwendet worden sind. Während früher dieses Gas hauptsächlich als Kraftgas zum Antrieb von Gasmotoren in Frage kam, wird es heute in immer größerem Maße für die Beheizung von Industrieöfen aller Art verwendet. Der Grund hierfür liegt sowohl in der hohen Gasausbeute dieser Brennstoffe und dem aus ihnen erzeugten heizkräftigen Gas als auch vor allem in der verhältnismäßig einfachen Art der Reinigung des Gases. Für die meisten Verwendungszwecke genügt die Naßreinigung, nur für die heute immer mehr gebauten Düsenbrenner ist noch eine besondere Feinreinigung erforderlich, die in nachgeschalteten Kreiselwäschern erfolgt. Man findet allerdings auch Fälle, wo selbst diese Reinigung nicht ausreicht und deshalb noch als letzte Stufe ein Elektrofilter angeordnet ist. Auf diese allerdings umständliche Weise ist es möglich, ein Gas mit einem Reinheitsgrad zu erzeugen, der für die empfindlichsten Brenner ausreicht und dem des Leuchtgases gleichkommt.

Die ersten Gaserzeuger für Anthrazit und Magerkohlen zur Herstellung von Kraftgas wurden mit ge-

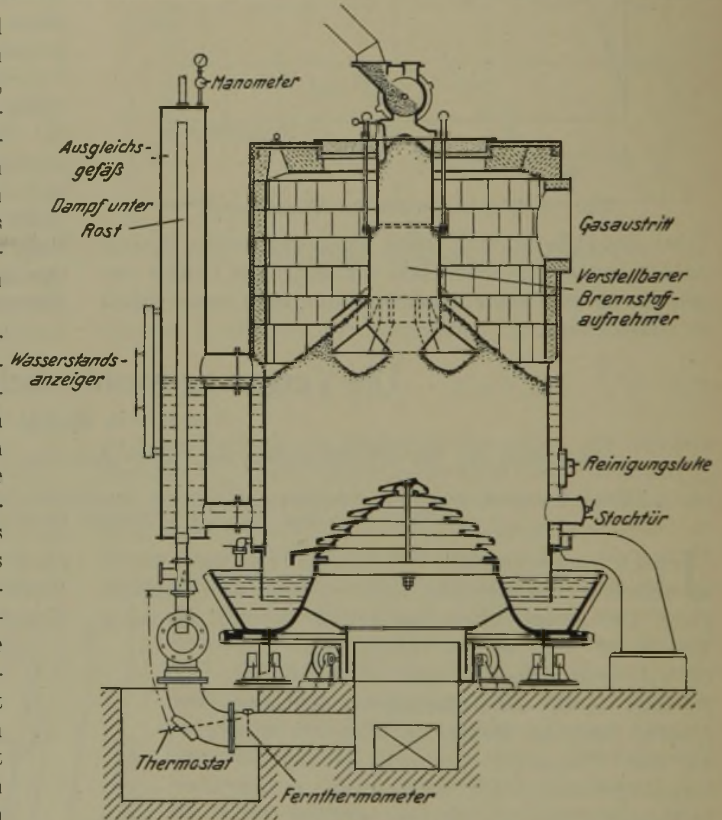


Bild 3. Vollautomatischer Drehrostgaserzeuger mit unterteiltem Füllschacht und Wassermantel für hohe Leistungen für nichtbackende Brennstoffe von verschiedener Körnung.

mauertem Schacht ausgeführt, während seit der Anwendung der Gase für Heizzwecke der Gaserzeuger mit wassergekühltem Mantel vorherrscht. Er wird als Drehrostgaserzeuger von 600 bis 3000 mm Durchmesser ausgeführt; Gaserzeuger mit kleinerem Durchmesser haben in der Regel einen Planrost. Sie arbeiten entweder mit Saugzug oder mit Gebläse. Als Brennstoffe kommen für diese Gaserzeuger die kleinen Nüsse der Anthrazit- und Magerkohlengruppe in Betracht; besonders bevorzugt wird Anthrazit Nuß IV in der Körnung 10/18 mm. Grobe Nüsse scheiden dagegen wegen der Gefahr des Kornzerfalls im Gaserzeuger aus. Infolge der durch die starke Nachfrage nach Anthrazit Nuß IV eingetretenen Knappheit gewinnt die Vergasung von Anthrazit Nuß V (6/10 mm) erhöhte Bedeutung. Seine Verwendung war bisher nur beschränkt möglich, da die kleine Körnung infolge ihrer dichten Lagerung einen höheren Widerstand bietet, der bei den meisten Gaserzeuger-Bauarten nicht überwunden werden konnte.

Die Folge davon war ein gewisser Abfall der Leistung des Gaserzeugers. Dieser Leistungsabfall tritt jedoch nicht ein, wenn der Gaserzeuger einen Brennstoffverteiler hat, der den Brennstoff auf den ganzen Querschnitt des Gaserzeugers



Bild 4. Gaserzeugeranlage für teearme Brennstoffe mit Beschickung von einem Hochbunker aus.

Abkühlung in der Reduktionszone durch den Wassermantel bedingt ist. Man soll deshalb die Höhe des Wassermantels stets dem Durchmesser des Gaserzeugers anpassen. Während bei kleineren Durchmessern die im Wassermantel erzeugte Dampfmenge für den Betrieb des Gaserzeugers meist ausreicht, tritt bei Gaserzeugern von 3 m Schachtdurchmesser bereits ein gewisser Dampfangel auf, so daß man gezwungen ist, mit zusätzlichem Fremddampf zu arbeiten.

Ein großer Teil dieser Gaserzeuger wird mit Saugzug betrieben; für Heizgasanlagen hat sich der kombinierte Druck-Zug-Betrieb immer mehr eingeführt. Diesem ist besonders bei der Vergasung von Anthrazit Nuß V der Vorzug zu geben. Der geringe Mehrverbrauch an Strom, der durch die Aufstellung des zusätzlichen Windventilators bedingt ist, wird durch die Vorteile dieser Betriebsweise immer ausgeglichen.

Infolge der zunehmenden Verbreitung der Anthrazitanlagen entstanden im Laufe der letzten Jahre Bauweisen, die nahezu vollautomatische Beschickung und Betrieb dieser Gaserzeuger gewährleisten (Bild 3). So vorteilhaft es auch erscheinen mag, den Betrieb eines Gaserzeugers von den Bedienungsleuten unabhängig zu machen, bestehen doch gegen den vollautomatischen Betrieb gewisse Bedenken. Vor allem wird dabei das Korn der Kohle sehr stark beansprucht, so daß man immer mit einem bestimmten Gehalt an Gruß und Staub im Gaserzeuger rechnen muß. Da aber bei dem geringsten Gehalt des Brennstoffes an Fein-

gleichmäßig schüttet, wobei die Schütthöhe über Rostspitze 700 mm nicht überschreiten soll. Ferner muß die Tauchtiefe des Gaserzeugermantels so bemessen sein, daß mit Winddrücken bis zu 400 mm WS gefahren werden kann.

Ueber die Gaserzeugerleistung bei Vergasung der verschiedenen Körnungen sowie die Zusammensetzung des erzeugten Gases gibt *Zahlentafel 4* Aufschluß. Man sieht hieraus, daß in einem Gaserzeuger mit gemauertem Schacht zwar ein sehr gutes und gleichmäßiges Gas erzeugt werden kann; der Durchsatz ist jedoch gering und der Gaserzeuger erfordert eine aufmerksame und mitunter schwierige Wartung. Wenn die Schwierigkeiten, die sich bei Gaserzeugern mit gemauertem Schacht bei Vergasung von Anthrazit ergeben, beim Wassermantelgaserzeuger auch erheblich geringer sind, so soll doch vermieden werden, diese Gaserzeuger mit zu hohen Leistungen zu betreiben. Durchsatzleistungen von 150 kg/m²h sind auch bei Gaserzeugern, die mit Saugzug arbeiten, im Dauerbetrieb nach Möglichkeit zu vermeiden; als gute Durchschnittswerte können bei Vergasung von Nuß IV rd. 130 kg/m²h, bei Vergasung von Nuß V 100 bis 110 kg/m² h zugrunde gelegt werden. Es ist sogar möglich, auch bei Nuß V mit Leistungen bis zu 125 kg/m² h im Dauerbetrieb zu fahren. Wie *Zahlentafel 4* außerdem zeigt, steigt der Heizwert des Gases mit dem Durchmesser des Gaserzeugers, und man sieht, daß sich das Gas eines Kühlmantelgaserzeugers mit 3 m Dmr. dem des Gaserzeugers mit gemauertem Schacht bereits sehr stark nähert. Bei kleinen Durchmessern von Gaserzeugern mit Wassermantel ist es selbstverständlich, daß das Gas einen höheren Kohlensäuregehalt aufweist, der durch die starke

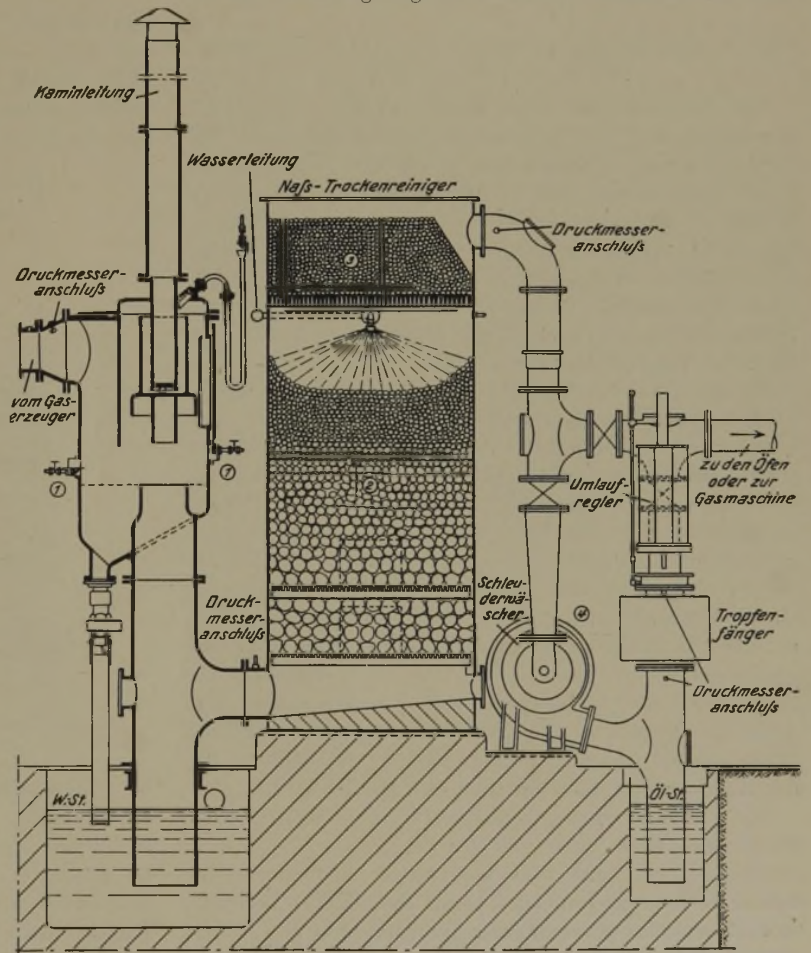


Bild 5 a. Beispiel einer nassen Gasreinigung für teearme Brennstoffe.

korn die Leistung des Gaserzeugers sofort sinkt, so muß der Beschickung durch Greifer oder Kübel der Vorzug gegeben werden, denn hierbei wird das Korn der Kohle mehr geschont. Die Vorteile des vollautomatischen Betriebes

mit Elevatoren usw. in Personalersparnis und Zubringungskosten sind nicht so wesentlich. Versuche haben ergeben, daß z. B. bei einer Anlage mit drei Gaserzeugern bei einem stündlichen Verbrauch von 900 kg und einem Fassungsvermögen der über dem Gaserzeuger angebrachten verhältnismäßig kleinen Brennstoffbunker von 4000 kg das Beschicken dieser drei Bunker mit einem Greifer in Verbindung mit einer Laufkatze in 70 min erfolgte. Da bei einer solchen Anlage ohnehin mindestens zwei Mann je Schicht vorhanden sind, die das Füllen der Brennstoffbunker nebenher vornehmen können, so entstehen bei dieser Art der Beschickung keine zusätzlichen Lohnkosten (Bild 4).

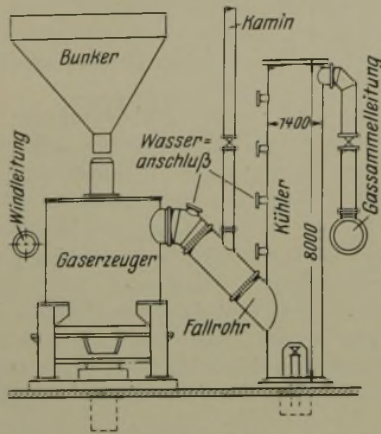


Bild 5 b. Naßreinigung für Generatorgas aus teearmen Brennstoffen mit hohem Kühler.

Die Reinigung des Gases, die für gasarme Brennstoffe gewöhnlich als Naßreinigung ausgeführt wird, hat den Zweck, das Gas zu kühlen und zu waschen (Bild 5 a). In dieser Naßreinigung wird das vom Gaserzeuger kommende Rohgas in einem Vorkühler, der mit mehreren Wasserbrausen (1) versehen ist, abgekühlt und in dem nachfolgenden Skrubber, der in seiner unteren Lage (2) mit Brechkoks (40/80 mm) angefüllt ist und mit Wasser berieselt wird, von seinem letzten Gehalt an Staub befreit. Der darüber befindliche Trockenreiniger (3) enthält feinkörnigen Koks (10/20 mm) und hat die Aufgabe, das mitgerissene Wasser abzuscheiden. Die Feinreinigung des auf diese Weise naßgereinigten Gases erfolgt in einem Schleuderwäscher (4), der sowohl mit Wasser als auch mit Öl betrieben werden kann. Um einen ausreichenden Reinheitsgrad des Gases zu erzielen, ist es erforderlich, den Kühler, in dem die Hauptarbeit zu geschehen hat, genügend groß zu wählen. Bei zu kleinem Kühler und zu großen Gasgeschwindigkeiten enthält das Gas immer noch einen gewissen Anteil an Staub und Teer, der meist in den nachfolgenden Skrubbern nicht mehr ausgeschieden werden kann, selbst wenn diese Wascheinrichtungen noch so groß gewählt sind. Ein Ventil über dem Vorkühler gestattet, den Skrubber von der Gasleitung abzuschließen, wobei zu gleicher Zeit die Verbindung mit der Kaminleitung (links im Bilde) hergestellt wird.

Bei genügend großen Kühlern erübrigt sich sogar jeder weitere Skrubber (Bilder 5 b und 6).

Hierbei wird das vom Gaserzeuger kommende Gas bereits in dem Fallrohr des Gases mit Wasser berieselt, so daß es schon mit niedrigerer Temperatur in den Kühler eintritt. Dieser Kühler arbeitet im Gegensatz zu der in Bild 4 a angegebenen Reinigung im Gegenstrom. Das auf diese Weise gekühlte und gereinigte Gas ist so gut gereinigt, daß es in vielen Fällen bereits verwendet werden kann. Ist eine Feinreinigung des Gases erforderlich, so wird auch hier der übliche Kreiswäscher angeordnet.

Da es trotz sorgfältiger Reinigung immer wieder vorkommt, daß sich gewisse Mengen Teer vor den Brennern absetzen, sind in letzter Zeit Anlagen entstanden, bei denen das erzeugte Gas nicht mehr naß gereinigt, sondern lediglich auf trockenem Wege bei höheren Temperaturen ent-

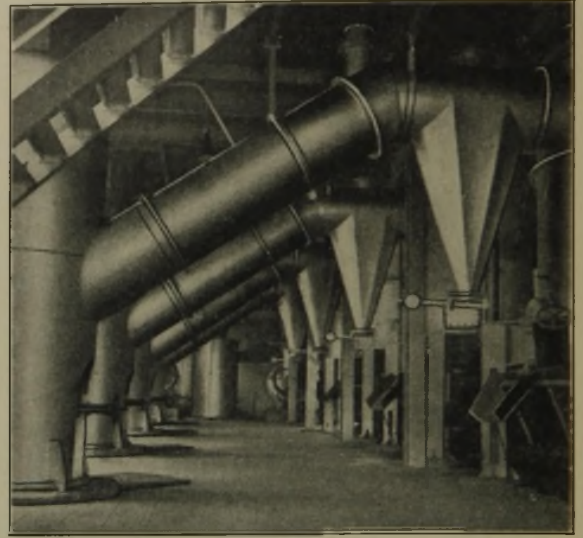


Bild 6. Gaserzeugungsanlage für teearme Brennstoffe mit hohem Kühler.

staubt wird (Bild 7). Diese Betriebsweise hat den Vorteil, daß nahezu die gesamte fühlbare Wärme des Gases erhalten bleibt; daneben genügt der Reinheitsgrad des Gases in den meisten Fällen. Die heute gebauten Sichter entstauben das Gas bis zu 95 %; der im Gas verbleibende letzte Staub

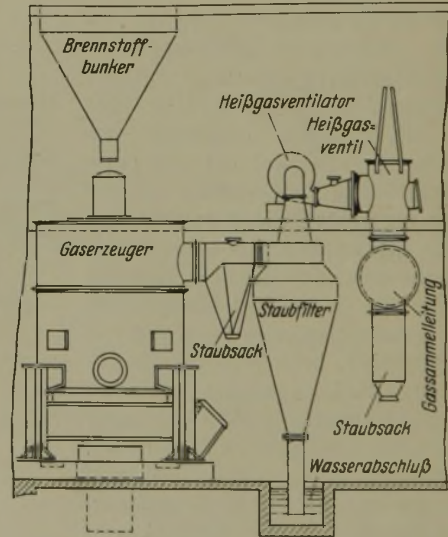


Bild 7. Trockenreinigung für Generatorgas aus teearmen Brennstoffen.

ist so fein, daß er fast durch alle gebräuchlichen Brenner hindurchgeht. Man hat darauf zu achten, daß sich das Gas in den Leitungen keinesfalls unter seinen Taupunkt abkühlt, da sich sonst der durch das Kondenswasser des Gases angefeuchtete Staub in den Leitungen festsetzen kann. Dies kann dadurch vermieden werden, daß man die Gasleitungen gut isoliert und mit größeren Gasgeschwindigkeiten arbeitet. Es ist ohne weiteres möglich, diese bis auf 20 m/s zu erhöhen. Es entsteht so eine Preßheißgasanlage, die allen Betriebsanforderungen gewachsen ist. Solange die Temperatur des Gases unter 400° bleibt, kann der Sichter aus gewöhnlichem Blech hergestellt werden, erst bei Temperaturen

Zahlentafel 5. Ergebnisse von Vergasungsversuchen mit Koks.

Koksart	Breckkoks IV			Gebr. Großkoks 20 bis 40 mm	Breckkoks IV		Kleinkoks			
							unter 10 mm		10 bis 40 mm	
							35,4 %	25,3 %	24,4 %	30,1 %
							64,6 %	74,7 %	75,6 %	69,9 %
Gaserzeugerbauart	Drehrost mit gemauertem Schacht				Drehrost mit Wassermantel		Drehrost mit Wassermantel und Brennstoffverteiler			
Art des Betriebes	Gebläse			Gebläse	Gebläse		Gebläse			
Durchmesser des Gaserzeugers m	1,6	2,6	2,6	2,6	1,3	1,8	2,6	2,6	2,6	2,6
Durchsatz kg/h	260	670	690	750	150	320	960	1090	1150	1400
Leistung kg/m ² h	130	126	130	140	112,5	125	181	195,7	215,6	265
Temperatur des Dampf-Luft-Gemisches °C	56	62	59	58	52	56	etwa 45 bis 50			
Temperatur des Gases °C	540	600	560	650	380	350	etwa 300 bis 400			
CO ₂ %	2,6	4,2	4,6	5,4	6,0	3,8	6,1	4,8	4,6	5,4
CO %	30,5	28,0	27,8	26,6	25,3	28,0	26,2	29,6	29,3	27,3
CH ₄ %	0,6	0,3	0,4	0,4	0,3	0,4	0,0	0,2	0,0	0,0
H ₂ %	12,9	15,8	14,6	13,8	12,8	14,2	12,4	11,1	10,7	11,1
N ₂ %	53,4	51,7	52,6	53,8	55,6	53,6	55,3	54,3	55,4	56,2
Heizwert kcal/Nm ³	1304	1278	1249	1192	1119	1245	1113	1180	1164	1113

über 400° muß ein hitzebeständiger Baustoff verwendet werden. Wegen des Heißgasventilators darf die Temperatur des Gases vor Eintritt in den Ventilator 400° nicht übersteigen. Der Kraftbedarf bei dieser Art der Reinigung ist trotz der Ventilatorarbeit für die größeren Gasgeschwindigkeiten geringer als bei einer Naßreinigung. Während man für den Gesamtbetrieb einer Naßreinigung mit einem Kraftbedarf von etwa 40 bis 45 kWh je t durchgesetzten Brennstoffes rechnen kann, beträgt er bei der Entstaubung lediglich 18 bis 25 kWh je t Brennstoff.

Mengen an Schwefelwasserstoff enthält, die leicht zu Geruchsbelästigungen Anlaß geben können. Aus diesem Grunde ist der Heißgasentstaubung besondere Aufmerksamkeit zu widmen.

Bei der Vergasung von Koks ergeben sich ähnliche Betriebsverhältnisse wie bei Anthrazit und Magerkohle. Die Leistungen der mit Koks betriebenen Gaserzeuger sind allerdings wesentlich größer, das erzeugte Gas hat aber einen geringeren Heizwert und bei Gaserzeugern, die ohne Brennstoffverteiler arbeiten, am Gasabzug eine höhere Eigentemperatur. Als Brennstoffe kommen hier vor allem Perlkoks, Brechkoks IV und Brechkoks III sowie Mischungen dieser Körnungen in Frage.

Die Notwendigkeit der Vergasung von Brennstoffmischungen, die einen gewissen Anteil an Koksgrus von 0 bis 10 mm enthalten, führte zum Einbau von Brennstoffverteilern, die im Gegensatz zu den bei Anthrazitvergasung üblichen Verteilern drehbar angeordnet sind. Diese Verteiler, von denen die Ausführung der Firma Koppers, Essen (Bild 8), am bekanntesten ist, bezwecken eine gleichmäßige Verteilung des Brennstoffes über den ganzen Querschnitt des Gaserzeugers und verhindern die Entmischung bei Verwendung von Brennstoffmischungen. Der Brennstoff wird dabei so verteilt, daß er am Rande des Gaserzeugers höher liegt als in der Mitte. Mit dieser Vorrichtung gelingt es, Mischungen mit sehr verschiedenem Korn, z. B. Koks von 0 bis 30 mm, zu verarbeiten, wobei bis zu 50 % unter 10 mm Korngröße enthalten sein können. Mit wachsendem Anteil des Korns unter 10 mm fällt natürlich die Leistung des Gaserzeugers. Zahlentafel 5 zeigt die Ergebnisse von Vergasungsversuchen mit Koks in den verschiedenen Gaserzeugern.

Die Reinigung des Generatorgases aus Koks erfolgt ebenfalls wie bei Anthrazit auf nassem Wege, wobei meist die einfache Naßreinigung, wie sie in Bild 5 a und 5 b gezeigt wird, für den erforderlichen Reinheitsgrad des Gases ausreicht.

Zusammenfassung.

Der erhöhte Bedarf an Generatorgas zwingt häufig den Verbraucher zu einer Umstellung seiner Gaserzeugungsanlage auf eine andere Kohlensorte oder zu einem Umbau der Anlage. Bei Neuanlagen soll nach Möglichkeit eine Gaserzeugungsanlage errichtet werden, die einen hohen Durchsatz gewährleistet. Als Anhaltzahlen für solche Anlagen werden die in den verschiedenen Gaserzeugern erzielbaren Leistungen sowie Versuchsergebnisse bei der Vergasung der einzelnen westdeutschen Kohlensorten und -arten angegeben.

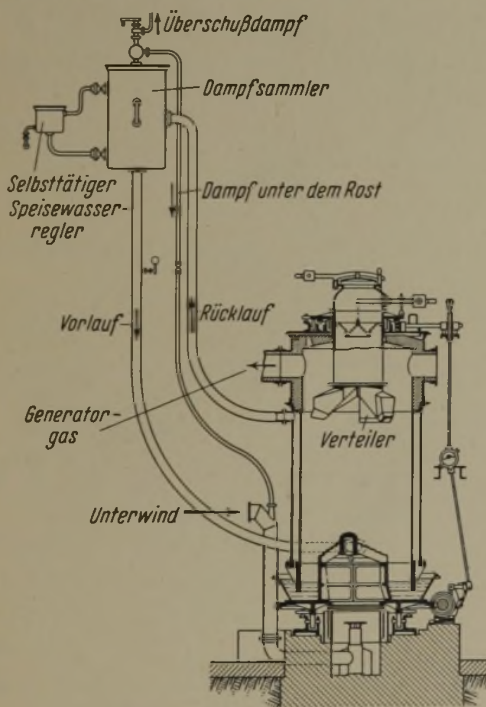


Bild 8. Gaserzeuger für Koks mit Niederdruckdampferzeugung und Brennstoffverteiler.

Solche Anlagen sind besonders dort zu empfehlen, wo die Wasserverhältnisse keine Naßreinigung gestatten. In vielen Fällen wird von den Behörden verboten, die Abwässer von Gasreinigungsanlagen in Flüsse oder Kanäle abzuleiten, so daß man gezwungen ist, im Umlaufverfahren zu arbeiten. Für die Rückkühlung des Wassers sind dann entweder Klärgruben oder Kühltürme erforderlich, die immer einen gewissen Platzbedarf haben. Dabei ist es nicht ratsam, derartige Anlagen in bewohnten Gegenden aufzustellen, weil das verdunstende Wasser immer gewisse

Umschau.

Magnesia und Tonerde in der Hochofenschlacke.

Vom Standpunkt des Betriebsmannes aus teilte L. F. Sattelle¹⁾ seine Erfahrungen mit über den Einfluß von Magnesia- und niedrigen Tonerdegehalten in Hochofenschlacken auf den Ofengang und die Entschwefelung im Hochofenwerk der National Tube Company McKeesport, Pa. In einem früheren Zeitabschnitt wurde so gearbeitet, daß Roheisen und Schlacke die in *Zahlentafel 1* unter A angegebene Zusammensetzung hatten.

Zahlentafel 1. Zusammensetzung von Roheisen und Schlacke in verschiedenen Betriebszeiten.

Betriebszeit	Schwefelgehalt des Kokses	Roheisen			Schlacke				
		Si	Mn	S	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	S
		%	%	%	%	%	%	%	%
A	0,78	1,6 bis 1,8	0,7 bis 0,8	0,025 bis 0,035	37,9	12,4	45,5	2,05	1,65
B	0,78	1,2 bis 1,4	0,6 bis 0,7	0,025 bis 0,030	37,6	11,0	47,99	2,00	1,52
C	1,00 bis 1,25	1,25 bis 1,0	0,4 bis 0,5	0,021	35 bis 37	7,5 bis 9,0	52 bis 50	1 bis 5	1,9 bis 2,2
D	1,00 bis 1,25	1,25 bis 1,0	0,4 bis 0,5	0,021	35 bis 37	7,5 bis 9,0	52 bis 50	1 bis 5	1,9 bis 2,2

In der darauffolgenden Zeit wurden dann solche Bedingungen eingehalten, daß Schlacke und Roheisen gemäß B entstanden. Da der Siliziumgehalt des Roheisens auf 1,2 bis 1,4 % gesenkt werden mußte, wurde damals der Kalkgehalt der Schlacken von 45 % auf 49 % erhöht. Der Magnesiagehalt betrug dabei etwa 2 %. Bei Stufe A und B war die Entschwefelung zufriedenstellend, vor allem deshalb, weil die Zähigkeit der Schlacken bei allen Schwankungen der Ofentemperaturen immer niedrig genug war. In *Bild 1* sind die Kurven gleicher Zähflüssigkeit (in Poise angegeben) von Hochofenschlacken mit 2 % MgO bei 1500° eingezeichnet, die aus den grundlegenden Untersuchungen von R. S. McCaffery²⁾ entnommen wurden. Als Punkt A und B ist die Lage der beiden genannten Schlackenarten eingetragen. Aus dem Bild ist abzulesen, daß die Zähigkeit dieser beiden Schlacken nicht wesentlich beeinflußt wird, wenn der Kalkgehalt zwischen

gehalten der Schlacke von 12 auf 7,5 bis 9 %. Außerdem war der Schwefelgehalt des Kokses auf 1,0 bis 1,25 % gestiegen. Deshalb wurde zunächst auf eine Schlacke mit 1 % MgO und 52 % CaO hingearbeitet, wobei aber bei jedem Absinken der Ofentemperatur ernsthafte Schwierigkeiten infolge zu zäher Schlacke und dadurch verursachter schlechter Entschwefelung auftraten. Die Erklärung gibt *Bild 2*, das die Isoviskosität von Schlacken mit 0 % MgO bei 1500° zeigt. Punkt C entspricht den im Zeit-

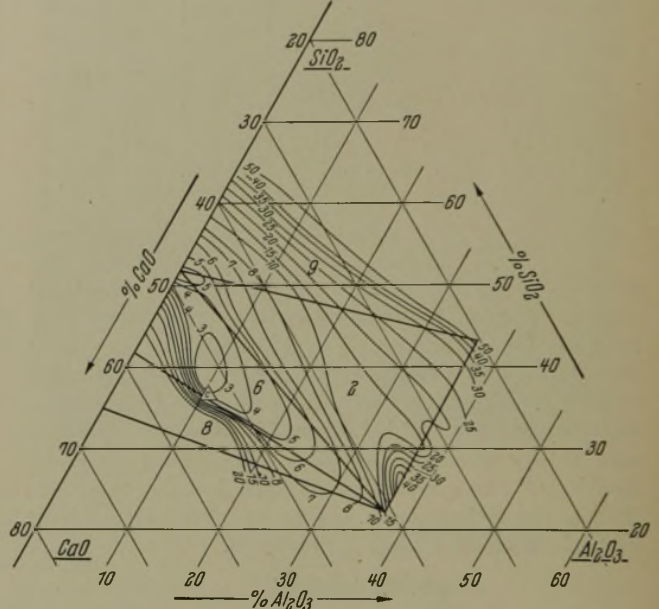


Bild 2. Isoviskosität von Schlacken mit 0 % MgO bei 1500° nach McCaffery.

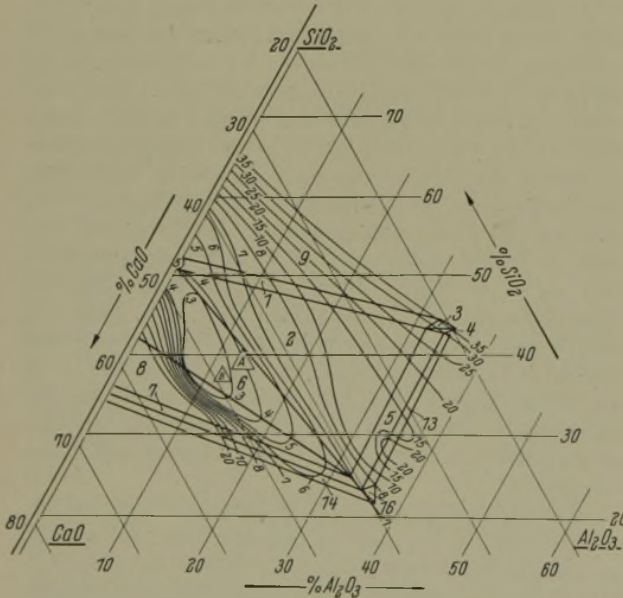


Bild 1. Isoviskosität von Schlacken mit 2 % MgO bei 1500° nach McCaffery.

42 und 53 %, der Tonerdegehalt zwischen 5 und 15 % und der Kieselsäuregehalt zwischen 35 und 45 % schwanken. In Uebereinstimmung damit wurde auch im Betrieb gefunden, daß gewisse Schwankungen in der Zusammensetzung der Schlacke den Betrieb nur wenig beeinflussten. Vor allem war die Entschwefelung in dieser Zeit immer befriedigend.

In einem dritten Zeitabschnitt (C in *Zahlentafel 1*) mußte jedoch der Schwefelgehalt des Roheisens unter 0,025 %, der Siliziumgehalt auf 1,0 bis 1,25 % gesenkt werden. Gleichzeitig sank infolge Aenderung der Erzzusammensetzung der Tonerde-

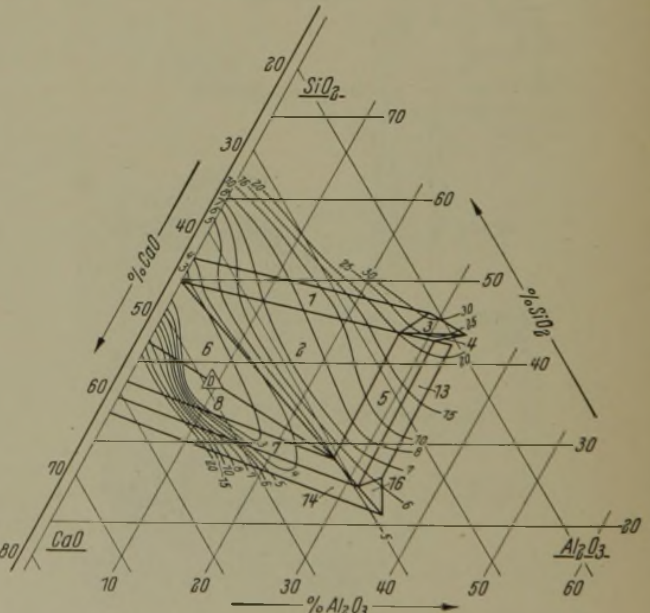


Bild 3. Isoviskosität von Schlacken mit 4 % MgO bei 1500° nach McCaffery.

abschnitt C entstandenen Schlacken; dabei läßt die geringste Erhöhung des Kalkgehaltes die Zähigkeit der Schlacken ganz wesentlich ansteigen. Es bestand demnach keine Möglichkeit, durch Steigerung des Kalkgehaltes die Entschwefelung zu erleichtern. Auch eine Erhöhung des Tonerdegehaltes ergab offenbar nach *Bild 2* wesentlich zähere Schlacken und damit eine Verschlechterung der Entschwefelung. Es wurde der Ausweg gewählt, die Basizität der Schlacke durch Erhöhung des Magnesiagehaltes auf 4 bis 5 % zu steigern. Der Kalkgehalt wurde dabei auf 48 bis 50 % erniedrigt. Bedingt durch die Eigenart der Erze betrug der Tonerdegehalt 7,3 bis 10 %. Wie *Bild 3* zeigt, in dem

¹⁾ Blast Furn. 28 (1940) S. 659/64.

²⁾ Trans. Amer. Inst. min. metallurg. Engrs., Iron Steel Div., 100 (1932) S. 64/85 u. 135/40; vgl. Stahl u. Eisen 51 (1931) S. 1030/32.

³⁾ Trans. Amer. Inst. min. metallurg. Engrs., Iron Steel Div., 120 (1936) S. 99/120; vgl. Stahl u. Eisen 56 (1936) S. 1146/47.

Punkt D dieser Schlackenzusammensetzung entspricht, war dadurch eine so günstige Ausweitung des Feldes niedriger Zähigkeit eingetreten, daß bei Einhaltung von 4 % MgO in der Schlacke die anderen Bestandteile in recht weiten Grenzen schwanken konnten, ohne daß die für alle Betriebswerte wichtige Leichtflüssigkeit der Schlacke gestört wurde. Nach Mittelung des Verfassers ergaben sich bei dieser Arbeitsweise günstige Werte für die Höhe der täglichen Erzeugung, den Koksverbrauch, die Gichtstaubmenge, den Schrottzusatz, die Schlackenmenge und den Siliziumgehalt des Roheisens in längerer Beobachtungszeit. Die Ersetzung eines Teiles des Kalkes durch Magnesia wirkte sich auch auf die Entschwefelung günstig aus. In Bild 4 sind als Ergebnisse einer längeren Betriebszeit die Verhältniszahlen $\frac{S(\text{Schlacke})}{S(\text{Metall})}$ in Beziehung zum Basengehalt (CaO + MgO) dargestellt. Zum Vergleich sind die Werte eingezeichnet, die sich nach W. F. Holbrook und T. L. Joseph²⁾ errechnen lassen. Beide Kurven zeigen ähnlichen Verlauf. Sattelle fand demnach, daß solche Schlacken mit 4,5 % MgO die beste Entschwefelung ergaben, die etwa 55 % (CaO + MgO) enthielten. Schlacken mit höherer Basizität dagegen ergaben schlechtere Entschwefelung, wahrscheinlich wegen der starken Zunahme der Zähigkeit. Nach den Zähigkeitsmessungen von McCaffery war ferner eine weitere Verflüssigung der Schlacken zu erwarten, wenn der Magnesia-gehalt von 4 auf 6 % gesteigert wurde. Ein zweimonatiger Betriebsversuch mit solcher Schlackenführung ergab jedoch keine Vorteile.

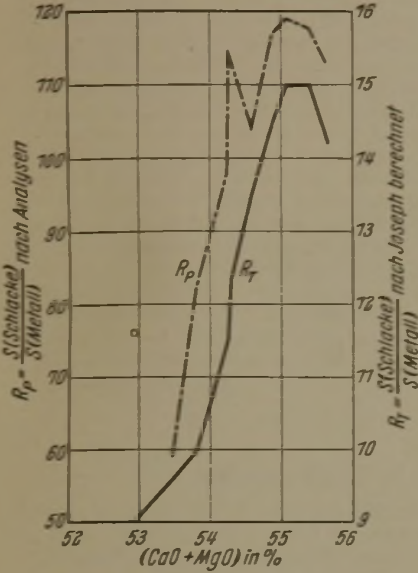


Bild 4. Zusammenhang zwischen Basizität und Entschwefelung.

gebnisse einer längeren Betriebszeit die Verhältniszahlen $\frac{S(\text{Schlacke})}{S(\text{Metall})}$ in Beziehung zum Basengehalt (CaO + MgO) dargestellt. Zum Vergleich sind die Werte eingezeichnet, die sich nach W. F. Holbrook und T. L. Joseph²⁾ errechnen lassen. Beide Kurven zeigen ähnlichen Verlauf. Sattelle fand demnach, daß solche Schlacken mit 4,5 % MgO die beste Entschwefelung ergaben, die etwa 55 % (CaO + MgO) enthielten. Schlacken mit höherer Basizität dagegen ergaben schlechtere Entschwefelung, wahrscheinlich wegen der starken Zunahme der Zähigkeit. Nach den Zähigkeitsmessungen von McCaffery war ferner eine weitere Verflüssigung der Schlacken zu erwarten, wenn der Magnesia-gehalt von 4 auf 6 % gesteigert wurde. Ein zweimonatiger Betriebsversuch mit solcher Schlackenführung ergab jedoch keine Vorteile.

Fritz Hartmann.

Zerstörungsfreie Feststellung von Dopplungen in Blechen.

Werner Jellinghaus und Fritz Stäblein¹⁾ berichten über ein Verfahren zur zerstörungsfreien Feststellung von Dopplungen in Blechen. Die Dopplungen sind flächenhafte Werkstofftrennungen im Innern von Blechen, die meist ungefähr parallel zur Blechoberfläche liegen. Der mit Gasen oder Schlacken gefüllte Zwischenraum kann außerordentlich dünn sein. Da die elektrische Leitfähigkeit dieser Stoffe um mehrere Größenordnungen kleiner ist als die von Stahl, kann man die Dopplung daran erkennen, daß ein quer zur Oberfläche durch das gedoppelte Blech hindurchgehender elektrischer Strom einen höheren Widerstand vorfindet als beim gesunden Blech. Die Widerstandserhöhung läßt sich bei gegebener Blechstärke und Größe (Durchmesser) der Dopplung und gegebenem spezifischem Widerstand der Größenordnung nach berechnen. Das Verfahren zur Feststellung besteht darin, ein Netz von Meßpunkten über das Blech zu legen und an diesen Punkten den Querwiderstand zu bestimmen.

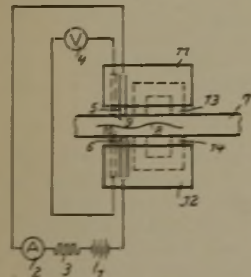
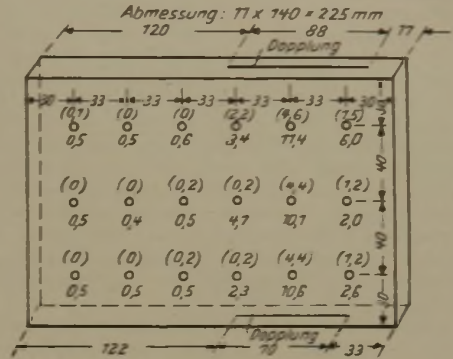


Bild 1. Schaltkizze des elektrischen Dopplungsprüfers.

Das für die Prüfung entwickelte Gerät besteht aus zwei symmetrischen Teilen, die je eine stromzuführende Elektrode 5, 6 und eine zum Spannungsabgriff dienende Hilfselektrode 9, 10 sowie einen Elektromagneten 11, 12 enthalten, der die Elektroden am Blech 7 festhält; ferner werden eine Stromquelle 1 (Gleich- oder Wechselstromnetz mit Trockengleichrichter), ein Amperemeter 2, ein Vorwiderstand 3 und ein empfindlicher Spannungsmesser 4 benötigt (Bild 1). Ein nicht eingezeichneter Relaisstromkreis sichert den Spannungsmesser gegen Stromstöße beim Aufsetzen und Abheben des Geräts.

Die Stromstärke beträgt zweckmäßig etwa 10 A; die zu messende Spannung liegt bei Stahl je nach Blechstärke und Größe der Dopplung in der Größenordnung 0,02 bis 0,5 mV. Bild 2 zeigt ein Beispiel einer Prüfung mit dem Dopplungsmesser.

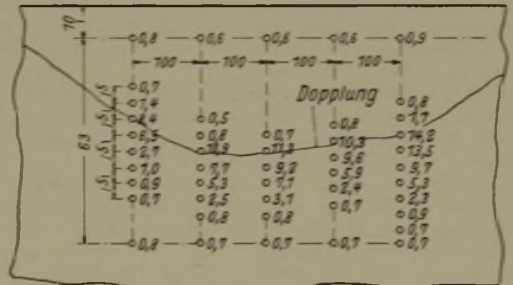


Meßstellen verزندert = eingeklammerte Werte
" überschrieben = nicht eingeklammert

Bild 2. Beispiel einer Messung mit dem Dopplungsprüfer.

An den Meßpunkten sind die Ausschläge des Spannungsmessers angeschrieben (1 Skalenteil = 2×10^{-5} V). Die Dopplung macht sich durch starke Erhöhung des Spannungsabfalls bemerkbar. Im gesunden Teil des Bleches beträgt die Anzeige etwa 0,5 Skalenteile, im gedoppelten bis ungefähr 10 Skalenteile; an den Rändern der Dopplung ist der Spannungsabfall naturgemäß kleiner als in der Mitte. Bei verزندerten Blechen ist es zweckmäßig, die Meßpunkte durch kurzes Anschleifen metallisch blank zu machen. Ein weiteres Beispiel zeigt eine Ueberwälzung (Bild 3). Am Rande der Ueberwälzung steigen die Anzeigen von etwa 1 Skalenteil auf 10 bis 15 Skalenteile und fallen dann am Auslauf der Ueberwälzung wieder auf normale Werte ab.

Abmessung: 71 x 145 x 1200 mm



Abstand der Meßpunkte 5 mm jeweils von der Dopplung beginnend

Bild 3. Beispiel einer Ueberwälzung.

Bei dicken Blechen kann der Fall eintreten, daß der Durchmesser der Dopplung gleich oder kleiner als die Blechstärke wird. In diesem Falle kommt der Querwiderstand des gedoppelten Bleches dem des gesunden so nahe, daß die Feststellung unsicher wird.

Das Verfahren ist schließlich auch zur Feststellung von Bindungsfehlern bei plattierten Blechen geeignet; da der in dünner Schicht aufgebrachte edle Schutzwerkstoff meist einen merklich höheren spezifischen Widerstand aufweist als der Grundwerkstoff, ist es hier sehr empfindlich.

Werner Jellinghaus.

Einige Erfahrungen an Prismenspektrographen hoher Dispersion.

A. Gatterer und J. Junkes²⁾ berichten über spektralanalytische Untersuchungen an linienreichen Spektren wie solche von legierten Stahlproben. Hierfür sind Geräte mit hohem Auflösungsvermögen erforderlich. Daher ist das vorliegende Thema auch für das Eisenhüttenlaboratorium wichtig. Die Verfasser behandeln das Auflösungsvermögen und dessen Steigerung, Beeinträchtigung der Bildgüte durch „Geister“ und Fragen des mechanisch optischen Aufbaues von Hochleistungsspektrographen. Die Ausführungen stützen sich im wesentlichen auf Erfahrungen mit Drei-Prismen-Spektrographen der Firmen Steinheil und Zeiss und auf von den Verfassern versuchsmäßig erprobte Zusammenstellungen.

¹⁾ Città del Vaticano 1940 (= Ricerche Spettroscopiche 1, Nr. 3).

²⁾ Techn. Mitt. Krupp, A: Forsch.-Ber., 4 (1941) S. 31/36.

Nach Erläuterung und Ableitung der das Auflösungsvermögen kennzeichnenden Werte werden diese für Quarz- und Glasprismenspektrographen in Abhängigkeit von der Spaltbreite überprüft und verglichen. Sie vergegenwärtigen den Einfluß der Kamerabrennweite auf die Mindestabstände von Linien, die bei unendlich schmalen und endlich breitem Spalt und auf Grund der Auflösung der photographischen Schicht noch erreicht werden können. Durch Schaltung in Autokollimation werden im Bereich von λ 4000 Å benachbarte Linien bis zu Abständen von 0,02 Å Wellenlänge getrennt; das Zurückbleiben der versuchsmäßig ermittelten Auflösung hinter der theoretisch zu erwartenden Größe wird durch die natürliche Linienbreite des Objektes wie auch durch schwer vermeidbare Abbildungsmängel der Apparate begründet. Bemerkenswert sind weiterhin die zwischen Kollimatorbrennweite, Spaltbreite, Öffnung und Art der Spaltbeleuchtung dargelegten Beziehungen, aus denen wichtige Rückschlüsse für die Vergrößerung des Auflösungsvermögens sich ergeben.

Im zweiten Hauptteil wird das Auftreten von falschen Nebenlinien — „Geister“ — in Quarz- und Glasprismengeräten

beschrieben und ihre Entstehungsursache erörtert. Sie werden teils auf ungenügende Kompensation der Zirkularpolarisation des Quarzes, teils auf Beugungserscheinungen zurückgeführt. Im letzten Hauptabschnitt werden Hinweise zu Einzelfragen des Aufbaues gegeben, die für Hersteller und Benutzer Beachtung verdienen. Sie betreffen die Störung der Bildschärfe durch äußere Schwingungen und empfehlen die Aufstellung als starres System auf einer breiten, festen Grundlage, entsprechend der Bauart amerikanischer Prismen- und Gittergeräte. Besondere Zustimmung beansprucht auch die Forderung nach einer einheitlichen Höhe der optischen Achse der Spektrographenmodelle verschiedener Herstellerfirmen, welche beim technisch-analytischen Gebrauch die Handhabung vereinfachen würde. Alle Messungen sind jeweils durch ausgezeichnete Bilder der Spektren und deren Registrierkurven belegt und veranschaulicht.

Die vorliegende Schrift ist in Fortsetzung der bekannten Pionierarbeiten beider Forscher ein wertvoller Beitrag für die Weiterentwicklung dieser Arbeitstechnik. Der von umfassender Sachkenntnis getragene Inhalt bietet dem Leser im Verein mit der gewandten und klaren Darstellung einen besonderen Genuß.

Otto Schließmann.

Patentbericht.

Deutsche Patentanmeldungen¹⁾.

(Patentblatt Nr. 29 vom 17. Juli 1941.)

Kl. 7 a, Gr. 3, I 63 885. Verfahren zum Walzen von breitflanschigen Profilen. Erf.: Dr. Erich Cords, Peine. Anm.: Ilseder Hütte, Peine.

Kl. 7 a, Gr. 27/04, Sch 117 747. Vorrichtung zum Heben und Senken der Wipptische von Walzwerken. Erf.: Wilhelm Becker, Düsseldorf-Oberkassel. Anm.: Schloemann A.-G., Düsseldorf.

Kl. 7 b, Gr. 4/15, F 84 834. Ziehscheibe zum Ziehen von Draht od. dgl. Erf.: Dr.-Ing. Hermann Unckel, Finspong (Schweden). Anm.: Finspongs Metallverks Aktiebolag, Finspong (Schweden).

Kl. 7 b, Gr. 7/01, M 141 991. Einrichtung zur Herstellung langer, insbesondere dünnwandiger Rohre in ununterbrochenem Arbeitsgang aus einem Metallband. Erf.: Albert Dreyer, Luzern. Anm.: Metallschlauch-Fabrik Pforzheim, vorm. Hch. Witzemann, G. m. b. H., Pforzheim.

Kl. 18 c, Gr. 6/10, D 78 702; Zus. z. Anm. D 78 686. Verfahren und Vorrichtung zur Wärmebehandlung von fertig verarbeiteten Stahldrahtlitzen. Adolf Deichsel, Drahtwerke und Seilfabriken, A.-G., Hindenburg (O.-S.).

Kl. 18 c, Gr. 8/40, D 77 198. Wärmebehandlung von Chrom-Nickel-Stählen, die interkristallin beständig sein müssen. Erf.: Dr.-Ing. Gerhard Riedrich, Krefeld. Anm.: Deutsche Edeltahlwerke, A.-G., Krefeld.

Kl. 18 c, Gr. 9/01, Sch 120 985; Zus. z. Pat. 689 349. Glühmuffel zur Wärmebehandlung von Metallgegenständen unter Vakuum. Erf.: Artur Schoeller, Hellenthal (Eifel). Anm.: Schoeller-Werk, K.-G., Hellenthal (Eifel).

Kl. 21 c, Gr. 62/60, L 98 672; Zus. z. Pat. 692 332. Steuerung für ein elektromotorisch angetriebenes Walzwerk, insbesondere Tandem-Kaltwalzwerk. Erf.: Francis Mohler, Schemectady (V. St. A.). Anm.: Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft, Berlin.

Kl. 21 c, Gr. 62/60, L 100 509; Zus. z. Pat. 654 600. Regulierung für elektromotorisch angetriebene Aufwickelvorrichtungen. Erf.: Dipl.-Ing. Heinz Bechmann, Berlin-Charlottenburg. Anm.: Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft, Berlin.

Kl. 24 k, Gr. 1, B 186 442. Elektromechanisch betätigte Hubvorrichtung für die Türen von Industrieöfen. Erf.: Sebastian Herbst und Peter Becker, Dortmund. Anm.: Brown, Boveri & Cie., A.-G., Mannheim-Käfertal.

Kl. 24 k, Gr. 4/02, A 81 594. Verfahren zum Betriebe von Wärmeregeneratoren. Dr.-Ing. E. h. Edmund Altenkirch, Neuenhagen b. Berlin.

Kl. 42 k, Gr. 20/02, Sch 115 476. Verfahren zum Untersuchen des gesamten Bruchvorganges von wechselnder Belastung unterworfenen Werkstoffen. Erf.: Dr.-Ing. Hans Oschatz, Darmstadt. Anm.: Carl Schenck, Maschinenfabrik Darmstadt, G. m. b. H., Darmstadt.

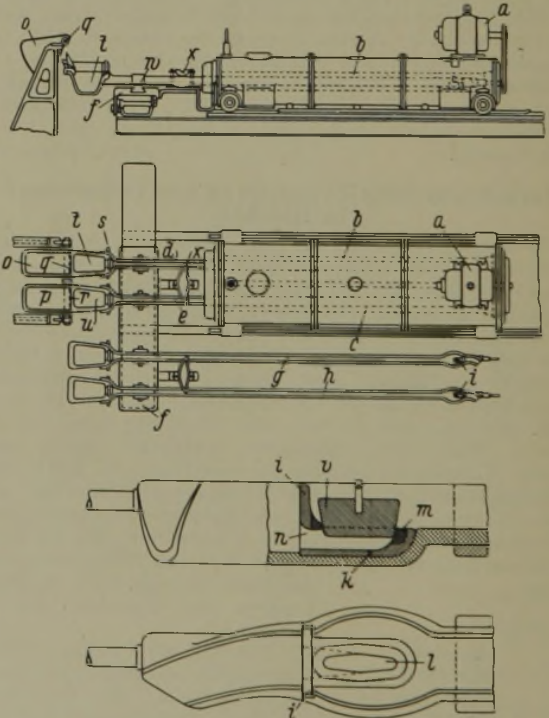
Kl. 48 a, Gr. 9, B 186 730. Vorrichtung zum galvanischen Verzinnen von Blechen, Bändern od. dgl. Erf.: Erich Weiß, Dinslaken a. Ndrh. Anm.: Bandeisen-Walzwerke, A.-G., Dinslaken a. Ndrh.

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

Deutsche Reichspatente.

Kl. 31 c, Gr. 18₀₁, Nr. 701 475, vom 19. August 1939; ausgeben am 17. Januar 1941. Deutsche Eisenwerke, A.-G., in Mülheim, Ruhr. (Erfinder: Dipl.-Ing. Albrecht v. Frankenberg und Ludwigsdorf † in Mülheim, Ruhr.) *Verfahren und Vorrichtung zum gleichzeitigen Gießen mehrerer Hohlkörper in einer Schleudergußmaschine.*

In einem gemeinsamen vom Motor a angetriebenen Maschinengehäuse sind die Schleudergußformen b und c gelagert, für die je eine besondere Gießgutterinne auf dem Wagen f vorgesehen ist; dieser trägt noch zwei Gießrinnen g, h zur abwechselnden Benutzung und kann während des Gießens gegenüber den Formen verschoben werden. Kurz vor dem Auslaufende haben die Rinnen eine schieberartig eingesetzte Stauwand i mit Ansatz k

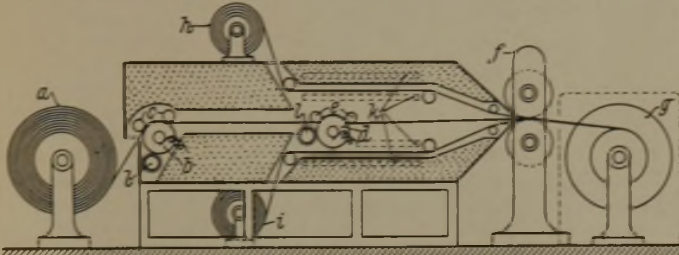


und Stopfenloch l sowie mit dem Einlegering m und dem Auslaufschlitzen n. Um einen gleichmäßigen Stau in den Rinnen zu erhalten, fließt der Gießwerkstoff aus den Kumpeln o, p über Kanten q, r in die um Zapfen s drehbaren oder stoßweise schüttelbar gelagerten Ausgleichbehälter t, u und von da über deren Ueberläufe in die Rinnen d, e; in diesen sammelt er sich vor der Stauwand i. Nach Erreichen gleicher Stauhöhe werden die Stopfen v von beiden Rinnen gleichzeitig gezogen, z. B. von einem Steuerstand aus, so daß die Enden beider Schleudergußformen gleichzeitig die gleichen Werkstoffmengen erhalten, worauf die axiale Verschiebewegung der Maschine beginnt. Die Rinnen können, wie bei w angedeutet, kippbar gelagert werden. Durch

ein vom Steuerstand wahlweise nach der einen oder andern Rinne kippbares Zusatzgefäß x für Gießgut kann ein gleich hoher Stau in den Rinnen notfalls hervorgerufen werden.

Kl. 7 a, Gr. 12, Nr. 702 241, vom 20. Februar 1936; ausgegeben am 3. Februar 1941. Emil Vits in Düsseldorf. *Walzwerk mit unmittelbarer Erwärmung des Walzgutes vor den Walzen durch elektrischen Strom mittels Kontaktwalzen.*

Von der Ablauftrommel a geht das Band über die Kontaktwalze b, wobei es durch Rollen c unter Druckspannung gehalten



wird, sodann über die zweite Kontaktwalze d mit der Andrückrolle e, von wo es zum Walzgerüst f und zum Aufwickelhaspel g geleitet wird. Zu beiden Seiten des Bandes kommen von den Haspeln h, i an zusätzlichen Heizkörpern k vorbei Plattierungsbänder, die kurz vor dem Walzgerüst f mit dem Hauptband zusammenstoßen. Zum Reinigen der Kontaktwalzen sind die Bürsten l angeordnet.

Kl. 18 d, Gr. 2₀₀, Nr. 702 285, vom 8. Februar 1938; ausgegeben am 4. Februar 1941. Tschechoslowakische Priorität vom 2. Oktober 1937. Poldihütte in Prag. (Erfinder: Dr.-Ing. Erich Becker in Kladno, Protektorat Böhmen und Mähren.) *Jagdgewehre und Jagdgewehrteile aus Chromstahl.*

Der Stahl enthält 0,07 bis 0,40% C, 4,7 bis 7% Cr, Rest Eisen mit den üblichen Bestandteilen an Mangan, Silizium, Schwefel, Phosphor usw.; der Stahl kann noch bis zu 1% Mo oder bis zu 2% Cu oder beide Metalle gemeinsam enthalten.

Kl. 48 a, Gr. 16, Nr. 702 305, vom 7. September 1938; ausgegeben am 4. Februar 1941. Siemens & Halske A.-G. in Berlin-Siemensstadt. *Verfahren zur ununterbrochenen elektrolytischen Oxydation von metallischen Bändern, Drähten usw.*

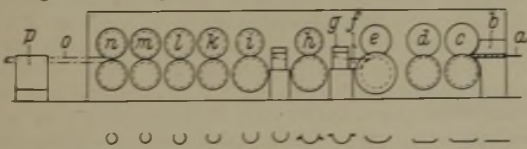
Der zu behandelnde Teil läuft von der Kontaktstelle mit der elektrischen Stromzuführung bis zum Eintritt in den Elektrolyten in einer Flüssigkeit, die sich mit dem Elektrolyten nicht mischt und den elektrischen Strom nicht oder nur schlecht leitet. Als überschichtender Elektrolyt kann z. B. Toluol, Xylol, Benzol usw., als unterschichtender Elektrolyt z. B. halogenierte Kohlenwasserstoffe verwendet werden.

Kl. 80 b, Gr. 9₀₂, Nr. 702 384, vom 21. Mai 1939; ausgegeben am 6. Februar 1941. Deutsche Eisenwerke, A.-G., in Mülheim, Ruhr. (Erfinder: Dr.-Ing. Johannes Eicke in Gelsenkirchen.) *Verfahren zum Herstellen von Werkstoffen und Werkstücken aus künstlicher Mineralwolle.*

Zu der zu einzelnen losen Klümpchen oder Bällchen zusammengeballten Mineralwolle, besonders Schlackenwolle, wird das mit der Abbindeflüssigkeit bereits versetzte hydraulische Bindemittel, besonders Zement, z. B. in einer Trommel, zugemischt.

Kl. 7 b, Gr. 8₀₁, Nr. 702 421, vom 20. Februar 1935; ausgegeben am 7. Februar 1941. Großbritannische Priorität vom 19. Februar 1934. Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft in Berlin. *Verfahren zum Herstellen eines Metallrohres aus einem ebenen Flacheisen.*

Das Blech a wird durch eine Führung b dem ersten Walzenpaar c zugeführt und gleitet durch diese hindurch zu dem zweiten

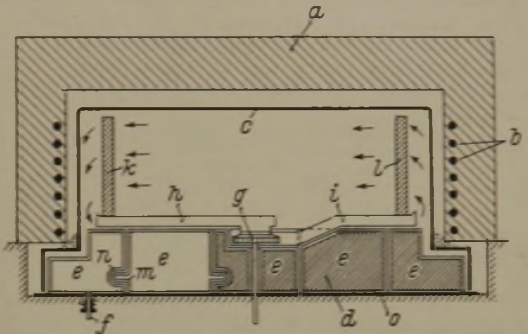


und dritten Walzenpaar d, e, in denen es wie im ersten Walzenpaar ohne Vorbiegen seiner Mittelzone nur an den beiden Randseiten fortschreitend umgebogen wird. Dann geht es durch die Hilfsvorrichtung f zur Düse g, gelangt dann zwischen das Walzenpaar h und durch Düse i zu den fünf Walzenpaaren i, k, l, m, n, in denen es endgültig zum Rohr gestaltet wird. Das fertige Rohr o geht schließlich durch Düsen p, in denen die Blechkanten zum Durchführen des Schweißens einander vollkommen genähert werden.

Kl. 18 c, Gr. 8₀₀, Nr. 702 422, vom 29. August 1939; ausgegeben am 7. Februar 1941. Siemens-Schuckertwerke, A.-G.,

in Berlin-Siemensstadt. (Erfinder: Ing. Hans Stransky in Wien.) *Glühofenboden.*

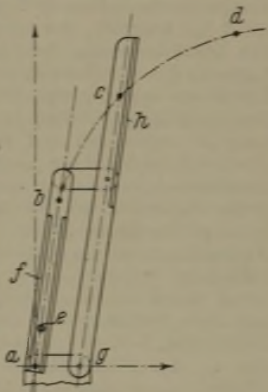
Der Ofen besteht aus der äußeren Glühhaube a mit dem Heizkörper b, der Schutzhaube c und dem Sockel d mit Polstern e und ihren gasdicht geschweißten geschlossenen Blechhüllen.



Im Innern können die Polster entweder eine Ausmauerung aus Wärmeschutzsteinen oder auch einen pulver-, luft- oder gasförmigen Wärmeschutz haben, wobei zum Vermeiden von Ueberdruck das Polsterinnere mit der Außenluft durch Rohr f in Verbindung steht. Durch den Luftbeweger g, Rohrleitungen h, i und durchbrochene Wände k, l wird die Luft verteilt. Zum Ausgleichen der Wärmedehnungen werden an den Polstern Dehnungsfalten m, n vorgesehen, die ineinandergreifen können und so die unmittelbare Bestrahlung des Sockelbleches o verhindern.

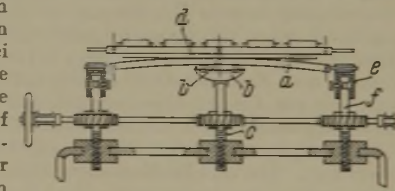
Kl. 42 k, Gr. 21₀₃, Nr. 702 505, vom 20. Januar 1939; ausgegeben am 10. Februar 1941. Vereinigte Leichtmetallwerke, G. m. b. H., in Hannover-Linden. (Erfinder: Hans Güth in Westerfeld über Hannover.) *Vorrichtung zum selbsttätigen Bestimmen der Streckgrenze an Probestäben auf elektrischem Wege.*

Ein der Spannungs-Dehnungs-Linie a, b, c, d des zu prüfenden Werkstoffes folgender Stift e bringt eine Schiene f in die Bahn des geradlinigen Teils a bis b der Spannungs-Dehnungs-Linie hinein und richtet gleichzeitig eine nach dem Parallelogrammprinzip mit der Schiene f beweglich verbundene, im Abstand einer Dehnungszunahme a bis g von 0,2% der Meßlänge angeordnete Kontaktplatte h gleichgerichtet zur Schiene f aus. Nach Verlassen der Schiene f folgt der Stift e der Spannungs-Dehnungs-Linie weiter, berührt beim Erreichen der genannten Dehnungszunahme die Kontaktplatte h und schließt einen Strom für das Anzeige- oder Schreibgerät.



Kl. 7 c, Gr. 1, Nr. 702 527, vom 6. Oktober 1936; ausgegeben am 10. Februar 1941. Dipl.-Ing. Fritz Ungerer in Pforzheim. *Blechrichtmaschine.*

Beim Richten werden die Richtwalzen a durch Heben der ihre größte Durchbiegung bestimmenden Stützmittel b mit Hilfe der Schraube c gegen das Richtgut d hin durchgebogen, wobei sich gleichzeitig die die Richtwalzenlager e stützenden Mittel f senken, weil die Lager e derart in fester Verbindung mit den Stützmitteln f stehen, daß sie, wenn diese gesenkt werden, zwangsweise mitgenommen werden.



Kl. 18 c, Gr. 1₀₀, Nr. 702 561, vom 5. November 1931; ausgegeben am 14. Februar 1941. Dr.-Ing. Wilhelm Kroll in Luxemburg. *Verfahren zur Steigerung der mechanischen Härte von Aluminium und Nickel enthaltenden Eisenlegierungen.*

Diese Legierungen, die gegebenenfalls einen Zusatz von einem oder mehreren der Elemente Mangan, Vanadin, Wolfram, Kobalt, Molybdän, Uran, Titan, Zirkon, Kohlenstoff und Silizium haben, in denen das Eisen vorwiegend im Alphazustand vorhanden ist und auch vorhanden bleibt, werden von Temperaturen zwischen 700 und 1350° schnell auf Raumtemperatur abgekühlt und anschließend auf Temperaturen zwischen 320 und 600° angelassen.

Statistisches und Wirtschaftliche Rundschau.

Die Roheisen- und Flußstahlerzeugung der Vereinigten Staaten von Nordamerika im ersten Halbjahr 1941.

In seinem Gutachten über die Leistungsfähigkeit der amerikanischen Stahlindustrie hat Gano Dunn bereits auf den bestehenden Unterschluß an Roheisen hingewiesen¹⁾. In der Tat ist in der Roheisenerzeugung seit Beginn dieses Jahres kein Fortschritt mehr zu verzeichnen, wie nachstehende Uebersicht erkennen läßt:

	Roheisenerzeugung insgesamt	Arbeitstätige Roheisenerzeugung (in 1000 t)	In Betrieb befindliche Hochöfen
1941			
Januar	4 233	137	205
Februar	3 813	136	202
März	4 267	138	205
April	3 932	132	195
Mai	4 169	134	206
Juni	4 129	138	211
Insgesamt	24 543	—	—

Gegenüber dem ersten Halbjahr 1940 mit 19 097 000 t ist allerdings eine Zunahme um 5,4 Mill. t oder 28,5 % festzustellen, aber gegenüber dem zweiten Halbjahr mit 23 902 000 t hat die Erzeugung nur um rd. 642 000 t oder 2,7 % gesteigert werden können. Im Verlauf des Juni 1941 ist eine größere Anzahl ausgebesselter Hochöfen wieder unter Feuer gekommen. Man beabsichtigt überhaupt, von den insgesamt vorhandenen 229

¹⁾ Vgl. Stahl u. Eisen 61 (1941) S. 461/63.

Hochöfen die noch brauchbaren unbenutzten möglichst bald in Betrieb zu nehmen, da sich die Roheisenknappheit stark fühlbar macht. Der Preiskommissar hat sich bereits gezwungen gesehen, für Roheisen einen Preisstopp anzunehmen.

Die Flußstahlerzeugung zeigte im ersten Halbjahr 1941 folgende Entwicklung (in 1000 t):

Januar	6 299
Februar	5 670
März	6 483
April	6 131
Mai	6 443
Juni	6 170
Insgesamt	37 196

Von diesen Mengen entfielen auf Siemens-Martin-Stahl 33 649 000 t, auf Bessemerstahl 2 348 000 t und auf Elektrostahl 1 199 000 t. Gegenüber dem ersten Halbjahr 1940 mit einer Flußstahlerzeugung von 29 413 000 t betrug die Zunahme 7 783 000 t oder 26,5 %, während sie gegenüber dem zweiten Halbjahr 1940 mit 37 580 000 t einen kleinen Rückgang von 384 000 t aufweist. Man hält es in amerikanischen Fachkreisen durchaus für möglich, daß die gegenwärtige Knappheit an Roheisen und der wachsende Mangel an Stahlschrott zu einer weiteren Verminderung der Flußstahlerzeugung führen.

Begrenzung von Gewinnausschüttungen.

Das Gesetz über die Gewinnverteilung bei Kapitalgesellschaften (Anleihestockgesetz) vom 4. Dezember 1934 legte den Kapitalgesellschaften die Verpflichtung auf, bei Ausschüttungen, die 6 % (Regelfall) des verantwortlichen Kapitals überstiegen, den überschießenden Betrag zugunsten des Dividendenberechtigten an den Anleihestock abzuführen. Das wirtschaftspolitische Ziel dieser Regelung war, die Unternehmungen dazu anzuhalten, den erarbeiteten Gewinn in erster Linie zu ihrer inneren Stärkung zu verwenden und sich bei ihren Ausschüttungen eine gewisse Zurückhaltung aufzuerlegen. Die Geltungsdauer des Anleihestockgesetzes ist nicht verlängert worden. Eine allgemeine Erhöhung der Dividendenausschüttungen ist aber auch heute politisch unerwünscht. In breiten Schichten besteht die Auffassung, daß die Ausschüttung einer hohen Dividende der natürliche Ausdruck dafür sei, daß ungerechtfertigt hohe Gewinne erzielt worden wären. Wenn auch die Dividendenziffer nur eine Verhältniszahl darstellt, die den zur Ausschüttung bestimmten Teil des erzielten Gewinns in einem Hundertsatz des in der Handelsbilanz ausgewiesenen verantwortlichen Kapitals ausdrückt, so muß doch politisch den Vorstellungen und Voreingenommenheiten weiter Kreise der Bevölkerung Rechnung getragen werden. Um eine Dividendenpolitik sicherzustellen, die auch bei der Verteilung von wirtschaftlich durchaus berechtigten Gewinnen das optische für die Höhe von Dividenden erwünschte Ausmaß nicht überschreitet, bedurfte es auch in Deutschland in gleicher Weise wie in anderen Ländern besonderer gesetzlicher Maßnahmen. In Anlehnung an eine Erklärung des Führers, daß während des Krieges eine Dividende von 6 % wohl ausreichend sei, hat der Ministerrat für die Reichsverteidigung in einer Verordnung zur Begrenzung von Gewinnausschüttungen (Dividendenabgabeverordnung) vom 12. Juni 1941 (RGBl. I S. 323 ff.) alsdann bestimmt, daß während der Dauer des Krieges Aktiengesellschaften, Kommanditgesellschaften auf Aktien, Gesellschaften mit beschränkter Haftung, Kolonialgesellschaften und bergrechtliche Gewerkschaften einen Gewinn nicht ausschütten dürfen, der bestimmte Hundertsätze übersteigt. Das sind für Kapitalgesellschaften, die für das letzte nicht unter die Bestimmung der Verordnung fallende Geschäftsjahr nicht mehr als 6 % des eingezahlten Geschäftskapitals ausgeschüttet haben, höchstens 6 %, für Kapitalgesellschaften mit einer höheren Ausschüttung höchstens der zuletzt ausgeschüttete Hundertsatz. Letztes Geschäftsjahr im Sinne dieser Bestimmung ist immer das Geschäftsjahr, das vor dem 31. 12. 1940 abgeschlossen wurde. Bei einer Berichtigung des Kapitals zum Ausgleich von Unterbewertungen darf während der Dauer des Krieges der Betrag, der auf die alten und auf die zusätzlichen Anteilsrechte ausgeschüttet wird, nicht größer sein als der Ausschüttungsbetrag, der gemäß der vorerwähnten Bestimmung zulässig wäre, wenn eine Kapitalerhöhung nicht stattgefunden hätte. Begrenzt ist nicht nur der Hundertsatz der Gewinnausschüttung, sondern auch die Auszahlung. Es dürfen während der Dauer des Krieges die vorgenannten Kapital-

gesellschaften von dem ausgeschütteten Gewinn nur den Teilbetrag auszahlen, der, berechnet auf das Geschäftskapital, zu Ende des letzten, nicht unter die Bestimmungen der neuen Verordnung fallenden Geschäftsjahrs folgende Hundertsätze nicht übersteigt: Bei Kapitalgesellschaften, die für das letzte, nicht unter die Bestimmungen der neuen Verordnung fallende Geschäftsjahr nicht mehr als 6 % des eingezahlten Geschäftskapitals ausgeschüttet haben, höchstens 6 %, bei Kapitalgesellschaften mit einer höheren Ausschüttung den zuletzt ausgeschütteten Hundertsatz, jedoch nicht mehr als 8 %. Kapitalgesellschaften, deren Anteile weder zum amtlichen Handel an einer deutschen Börse zugelassen sind, noch im freien Verkehr gehandelt werden, oder für die ein festes Gesellschaftskapital nicht vorgeschrieben ist, sind berechtigt, bei der Berechnung dieser Hundertsätze ihr Vermögen zugrunde zu legen. Die Gesellschaften haben den Teil des ausgeschütteten Gewinns, der den Anteilseignern nicht ausgezahlt wird, für diese unverzüglich in Schatzanweisungen des Reiches anzulegen. Die Schatzanweisungen sind treuhänderisch für die Anteilseigner zu verwalten. Sie unterliegen nicht der Zwangsvollstreckung. Der Reichswirtschaftsminister bestimmt den Zeitpunkt, zu dem die Schuldverschreibungen des Reiches zugunsten der Anteilseigner zu verwerten sind.

Darüber hinaus haben die obenerwähnten Gesellschaften während der Dauer des Krieges, soweit sie für ein Geschäftsjahr auf ihr Gesellschaftskapital mehr als 6 % des eingezahlten Gesellschaftskapitals ausschütten, eine Abgabe an das Reich (Dividendenabgabe) zu leisten, die bei der Ermittlung des steuerlichen Einkommens der Kapitalgesellschaft nicht abzugsfähig ist. Die Dividendenabgabe bemißt sich nach der Mehrausschüttung. Als Mehrausschüttung gilt der Betrag, der zu einer Ausschüttung erforderlich ist, welche 6 % des eingezahlten Gesellschaftskapitals übersteigt. Die Abgabe beträgt je nach der Höhe der Ausschüttung 50 bis 400 % der Mehrausschüttung. Die Dividendenabgabe wird nur mit 50 % der Mehrausschüttung erhoben, wenn eine Kapitalgesellschaft nicht mehr als 8 % des Gesellschaftskapitals ausschüttet und im Durchschnitt der drei letzten, nicht unter die Bestimmung der neuen Verordnung fallenden Geschäftsjahre mehr als 7 % des eingezahlten Gesellschaftskapitals ausgeschüttet hat. Erhebungszeitraum ist das Kalenderjahr, der erste Erhebungszeitraum das Kalenderjahr 1941. Bemessungsgrundlage für die Dividendenabgabe sind die Ausschüttungen für die Geschäftsjahre, für die im Erhebungszeitraum von den Gesellschaftsorganen ein Gewinnverteilungsbeschluß gefaßt wird. Die Abgabe wird erstmals für das Geschäftsjahr erhoben, das am 31. Dezember 1940 endet. Ist eine Ausschüttung von mehr als 6 % vor der Verkündung der Verordnung beschlossen worden, so sind Kapitalgesellschaften insoweit von der Abgabe befreit, als sie auf das Ende des Geschäftsjahrs, für das die Ausschüttung beschlossen wurde, ihr Gesellschaftskapital berichtigen und die Ausschüttung, bezogen auf das berichtigte Gesellschaftskapital, 6 % nicht übersteigt.

Die Bestimmungen der neuen Verordnung finden keine Anwendung auf Aktiengesellschaften und Kommanditgesellschaften auf Aktien, deren Grundkapital den Betrag von 300 000 *RM* nicht übersteigt, und auf andere Kapitalgesellschaften, insbesondere Gesellschaften mit beschränkter Haftung, deren in der Handelsbilanz ausgewiesenes Eigenkapital den Betrag von 1 Mill. *RM* nicht übersteigt. Hierfür ist maßgebend die Schlussbilanz des Geschäftsjahres, für das die Ausschüttung beschlossen wird.

Die vorerwähnte gesetzliche Regelung würde zu einer Ungerechtigkeit führen in den zahlreichen Fällen, in denen das ausgewiesene dividendenberechtigte Kapital und die Vermögenswerte, die tatsächlich zur Erzielung des steuerlichen Gewinns eingesetzt worden sind, nicht übereinstimmen (Unterkapitalisierung, Rücklagen). Unterbewertungen des Betriebsvermögens und eine zum Teil willkürliche Verteilung des Gesamtkapitals auf ausgewiesenes Grund- oder Stammkapital und Reservefonds sind bei der Aufstellung insbesondere der Goldmarkeröffnungsbilanz oder der Sanierungsbilanz die Regel gewesen. Handelsbilanzen, die eine Unterkapitalisierung enthalten, sind vielfach der Ausdruck kaufmännischer Vorsicht und Gewissenhaftigkeit. Sie dürfen den Unternehmungen, bei denen sie vorliegen, dann nicht zu einem steuerlichen Nachteil ausschlagen, wenn aus politischen Gründen die Ausschüttung von Dividenden, die 6 % übersteigen, unmöglich gemacht oder mindestens sehr erschwert werden soll. Die neue Verordnung sieht deshalb in ihrem Abschnitt II die Möglichkeit vor, Handelsbilanzen in vereinfachter Form zu berichtigen. Hierfür gilt folgendes. Kapitalgesellschaften können ihr Gesellschaftskapital erhöhen: a) um die in der Handelsbilanz für das im Kalenderjahr 1938 endende Geschäftsjahr ausgewiesenen offenen Rücklagen, soweit sie 10 % des damaligen Gesellschaftskapitals überschreiten. Die offenen Rücklagen erhöhen sich um die ausgewiesenen Gewinne einschließlich der Gewinnvorträge, soweit sie für das Geschäftsjahr 1938 nicht ausgeschüttet worden sind, und vermindern sich um die ausgewiesenen Verluste und Verlustvorträge in der Handelsbilanz für das Geschäftsjahr 1938. b) um die Summe der Unterschiedsbeträge, die die Handelsbilanz für das im Kalenderjahr 1938 endende Geschäftsjahr gegenüber der zeitlich entsprechenden Steuerbilanz (Körperschaftsteuerbilanz) aufweist. Das Kapital darf höchstens auf einen Nennbetrag berichtigt werden, der durch den Stand des Vermögens nach der letzten Steuerbilanz begrenzt wird. Die im Zuge der Kapitalberichtigung entstehenden zusätzlichen Anteilsrechte stehen den Anteilseignern im Verhältnis ihrer bisherigen Beteiligung zu. Die Kapitalberichtigung ist durchzuführen, ohne daß den Anteilseignern eine Verpflichtung zu Zuzahlungen auferlegt wird und ohne daß Auszahlungen an sie erfolgen.

Die Berichtigung des Gesellschaftskapitals kann frühestens mit Wirkung für das am 31. Dezember 1940 endende oder für das zu diesem Zeitpunkt laufende Geschäftsjahr, spätestens für ein Geschäftsjahr, erfolgen, das vor dem 1. April 1942 endet. Sie kann im allgemeinen nicht mehr vorgenommen werden, wenn über die Gewinnausschüttung für das Geschäftsjahr Beschluß gefaßt worden ist. Eine wiederholte Kapitalberichtigung ist unzulässig. Der Vorstand hat die Kapitalberichtigung vorzuschlagen und die Bilanz aufzustellen. Der Aufsichtsrat beschließt die Kapitalberichtigung. Weicht der Beschluß des Aufsichtsrates von dem Vorschlag des Vorstandes ab, so beschließt die Hauptversammlung. Beschließt der Aufsichtsrat entsprechend den Vorschlägen des Vorstandes, so bindet der Beschluß vorbehaltlich der Bestimmung über den Minderheitenschutz die Hauptversammlung. Die Kapitalberichtigung ist, bevor über sie Beschluß gefaßt werden kann, durch einen oder mehrere sachverständige Prüfer (Abschlußprüfer) daraufhin zu prüfen, ob der daraus sich ergebende Jahresabschluß den gesetzlichen Vorschriften über den Jahresabschluß entspricht. Sind nach dem abschließenden Ergebnis der Prüfung keine Ein-

wendungen zu erheben, so haben die Abschlußprüfer dieses durch einen Vermerk zu bestätigen. Die Berichtigung kann nicht ohne die Bestätigung der Abschlußprüfer beschlossen werden.

Schüttet eine Gesellschaft, die in den zwei letzten, nicht unter die Bestimmung dieser Verordnung fallenden Geschäftsjahren mehr als 6 % des eingezahlten Kapitals als Gewinn ausgeschüttet hat, nach Inkrafttreten der Verordnung weniger als neun Zehntel des Betrags aus, der im Durchschnitt der letzten drei Geschäftsjahre ausgeschüttet worden ist, so kann eine 10 % des bei der Beschlußfassung über die Gewinnausschüttung vertretenen Gesellschaftskapitals umfassende Minderheit verlangen, daß der Betrag zur Ausschüttung kommt, der im Durchschnitt der letzten drei Geschäftsjahre ausgeschüttet wurde, oder daß eine entsprechende Berichtigung des Kapitals nach den Vorschriften der Verordnung vorgenommen wird. Das Verlangen ist spätestens in der Hauptversammlung zu stellen, in der über die Gewinnausschüttung für das Geschäftsjahr beschlossen wird, für das die Bilanzberichtigung hätte erfolgen können.

Der Zweck der Berichtigung ist es, arbeitendes und ausgewiesenes Kapital in der Handelsbilanz wieder in ein angemessenes Verhältnis zueinander zu bringen, das Zahlenwerk der Steuerbilanz und das der Handelsbilanz einander anzunähern und auf diese Weise zu Dividendenfestsetzungen zu gelangen, die Mißdeutungen weitgehend entzogen sind. Dieser Zweck ist nur erreichbar, wenn er weder bei der Gesellschaft noch bei dem Dividendenberechtigten zu übermäßigen Steuerbelastungen führt. Die Verordnung sieht deshalb vor, daß der Zuwachs an Anteilsrechten im Zuge der Berichtigung bei den Anteilseignern einkommensteuerfrei bleibt. Diese Behandlung rechtfertigt sich aus der Tatsache, daß wohl in der überwiegenden Zahl der Fälle die Berichtigung, auch wenn sie in Form der Ausgabe von Freiaktionen erfolgt, den Vermögensbestand des Anteilberechtigten nicht ändert. Andererseits kann aber auch die Berichtigung nicht zu leicht gemacht werden, um eine zu weit gehende Offenlegung stiller Reserven in der Handelsbilanz zu vermeiden. Sie müßte zu Lasten der inneren Stärke der Unternehmungen gehen. In der Verordnung ist deshalb bestimmt, daß die Einkommensteuer oder Körperschaftsteuer der Anteilseigner, die auf den Zuwachs an Anteilsrechten entfällt, im Wege der Pauschbesteuerung bei den Kapitalgesellschaften erhoben wird. Sie bemißt sich nach dem Nennbetrag der zusätzlich zugeheilten Anteilsrechte und beträgt je nach dem Grade der Erhöhung des Gesellschaftskapitals 10 bis 20 %. Die Pauschsteuer ist bei der Ermittlung des steuerlichen Einkommens der Kapitalgesellschaften nicht abzugsfähig. In der Zielsetzung und dem Wesen einer Dividendensteuer ist es begründet, daß sie die Ausschüttung von tatsächlich erzielten Gewinnen bei Körperschaften erschwert oder verhindert, daß also von ihr ein Zwang zu verstärkter Eigenkapitalbildung ausgeht. Wegen der damit verbundenen Verschiebung der Kräfteverhältnisse in der Wirtschaft und der voraussichtlich sich daraus ergebenden Strukturveränderungen kann es bedenklich sein, wenn Gewinne erzielt werden können, deren Ausmaß das volkswirtschaftlich berechnete übersteigt. Diese Bedenken können zurückgestellt werden, weil der Reichskommissar für die Preisbildung Maßnahmen getroffen hat, die angemessene Preisstellungen gewährleisten und die Möglichkeit bieten, dem Grundsatz des § 22 der Kriegswirtschaftsverordnung widersprechende Gewinne abzuschöpfen.

Die Dividendenabgabeverordnung ist mit der Verkündung (21. Juni 1941) in Kraft getreten. Sie gilt auch in den eingegliederten Ostgebieten. Mit ihrem Inkrafttreten traten die Vorschriften des Anleihestockgesetzes sowie der zu seiner Durchführung und Ergänzung ergangenen Verordnungen außer Kraft, soweit sie nicht auf die Auflösung und Verteilung des Anleihestocks sich beziehen. Die Auszahlung des Anleihestocks ist auf einen vom Reichswirtschaftsminister zu bestimmenden Zeitpunkt nach dem Kriege verschoben worden.

Buchbesprechungen.

Muthesius, Volkmar, Dr.: Peter Klöckner und sein Werk. Essen: Verlag Glöckner, G. m. b. H., 1941. (63 S.) 8°. 1,50 *RM*. (Schriftenreihe Ruhr und Rhein. Hrsg. von Dr. Fritz Pudor. Heft 1.)

Mit der vorliegenden Biographie Peter Klöckners hat die neue Schriftenreihe, deren Einzelscheinungen jeweils an Veröffentlichungen in der „Ruhr- und Rhein-Wirtschaftszeitung“ anknüpfen sollen, einen recht guten Anlauf gewonnen. Muthesius, einer der besten deutschen Wirtschaftsschriftleiter, zeichnet ein lebensvolles, mit anekdotischen Einzelzügen versehenes Bild von dem „alten Geheimrat“ und gibt zugleich eine flotte Darstellung

von der Entstehung des Klöckner-Konzerns, die ein gedrängtes Kapitel deutscher Industriegeschichte verkörpert.

Heute wird der Abschnitt über die Beteiligung Klöckners bei „Aumetz-Friede“ und den Ausbau des Lothringer Hütten- und Bergwerks-Vereins besondere Beachtung finden. Aber auch der gesamte Werdegang des unter so hervorragendem persönlichen Einfluß von Klöckner aufgebauten Konzerns gibt einen dankbaren Stoff, eine lange Kette bemerkenswerter Einzelvorgänge und -maßnahmen, beginnend mit der um die Jahrhundertwende erfolgten Gründung der Firma Klöckner & Co. und der schon vorher gesicherten Einflußnahme auf das Hasper Eisen-

und Stahlwerk, über die Beteiligung an der Düsseldorfer Eisen- und Drahtindustrie A.-G., an den Fasson-Eisen-Walzwerken L. Mannstaedt & Co., an der Sieg-Rheinischen Hütte A.-G. in Troisdorf, die Angliederung der Zechen Victor Ickern (aus Waldhausen'schem Besitz) an den Lothringer Hüttenverein bis zu dem schmerzlichen Einschnitt, den der unglückliche Kriegsausgang mit dem Verlust von Ametz-Friede und Kneuttingen für die Konzernentwicklung bedeutete.

Muthesius schildert dann, wie Peter Klöckner mit Erfolg den Verlust des eigentlichen Kerns seiner Konzerngruppe in der Nachkriegszeit überwand, indem er unter straffer Zusammenfassung der übrigen Konzernteile und gleichzeitiger Einbeziehung der Georgsmarienhütte sowie Uebernahme der Königsborn-A.-G. für Bergbau eine neue sichere Grundlage für den Konzern schuf, auf der sich die 1923 gegründeten Klöckner-Werke aufbauen konnten. Leider war es dem Schöpfer des Konzerns nicht mehr vergönnt, die Rückübernahme von Kneuttingen zu erleben, dessen früherem Aufbau seine Arbeit und Neigung in ganz besonderem Maße gegolten hatte.

Klöckner war, wie Muthesius zeigt, ein Meister der industriellen und finanziellen Reorganisation. Eine ganze Reihe von Unternehmen wurde durch ihn saniert und im Wege der vertikalen Zusammenfassung im Bestand endgültig gesichert. Der Verfasser weist überzeugend nach, daß der Ausbau des Konzerns dabei von vornherein ebenso planmäßig wie weitsichtig angelegt wurde und durchaus organisch erfolgte. Das gilt auch für die Eingliederung von Verarbeitungsbetrieben, sei es das 1918 übernommene Eisenwerk Quint bei Trier, die im Laufe der Jahre planmäßig verstärkte Beteiligung bei den Humboldt-Deutz-Motorenwerken oder die Gemeinschaftsgründung mit Wintershall zur Erzeugung synthetischen Stickstoffs, später auch zur Gewinnung von Benzin aus Kohle.

So führt die Schilderung zu dem Gesamteindruck, daß hier mit kaufmännischem Weitblick, unternehmerischem Wagnis und gründlich vorbedachter Planung Stein für Stein ein harmonischer Bau geschaffen wurde, der überall das Zeichen seines Schöpfers trägt und die Einheit von Mann und Werk eindrucksvoll sichtbar werden läßt.

W. S.

Vereins-Nachrichten.

Verein Deutscher Eisenhüttenleute.

Änderungen in der Mitgliederliste.

- Bickenbach, Karl*, Dipl.-Ing., Walzwerksingenieur, Mannesmannröhren-Werke, Abt. Rath, Düsseldorf-Rath; Wohnung: Düsseldorf 10, Litzmannstr. 18. 34 017
- Busson, Werner*, Dr. mont., Oberingenieur, Direktionsassistent, Mannesmannröhren-Werke, Hauptverwaltung, Düsseldorf 1, Mannesmann-Ufer 1 b; Wohnung: Leopoldstr. 15. 29 029
- Gaertner, Friedrich-Wilhelm*, Dr., Hütteningenieur, Direktor, Reichswerke A.-G. für Erzbergbau u. Eisenhütten „Hermann Göring“, Berlin W 8, Mohrenstr. 18; Wohnung: Berlin-Charlottenburg 9, Olympische Str. 12. 08 024
- Hellenbroich, Peter*, Oberingenieur, Chef der Warmbetriebe der Fa. Schmidt & Clemens, Edelmetallwerk, Berghausen (Bz. Köln); Wohnung: Haus Kamp. 38 261
- Kudicke, Karl*, Oberingenieur, Mannesmannröhren-Werke, Abt. Heinrich-Bierwes-Hütte, Duisburg-Huckingen; Wohnung: Schulz-Knaudt-Str. 12. 24 053
- Linden, Karl von der*, Dipl.-Ing., Betriebsleiter, Berg- u. Hüttenwerks-Gesellschaft Karwin-Trzynietz A.-G., Eisenwerk Trzynietz, Trzynietz (Oberschles.); Wohnung: Werkshotel. 34 132
- Löhr, Adolf*, Ingenieur, Betriebsleiter, Prokurist, Metall-, Walz- u. Plattierwerke Hindrichs-Auffermann A.-G., Wuppertal-Barmen; Wohnung: Wuppertal-Beyenburg, Wilhelm-Wolf-Str. 34. 35 326
- Meier-Cortés, Carl*, Dipl.-Ing., Betriebsführer des Martinwerks I der Fried. Krupp A.-G., Essen; Wohnung: Kruppstr. 41. 35 351
- Nierlich, Helmut*, Dipl.-Ing., Betriebsleiter, Mannesmannröhren-Werke, Abt. Rath, Düsseldorf-Rath; Wohnung: Düsseldorf 10, Feldstr. 83. 39 046
- Poppy, Vitalis Ritter von*, Berg- und Hütteningenieur, Wien XVIII/114, Ulmer Str. 56. 13 140
- Pribyl, Robert*, Dr.-Ing., Betriebschef, Leiter der Versuchsanstalt u. der Qualitätsstelle der Eisenwerke Oberdonau G. m. b. H., Linz (Oberdonau), Zizlauer Str. 54; Wohnung: Schwayerstr. 43. 36 337
- Rieß, Otto*, Dipl.-Ing., Walzwerkschef, Eisenwerke Oberdonau G. m. b. H., Linz (Oberdonau), Zizlauer Str. 54; Wohnung: Spallerhof, Ertlstr. 282. 36 358
- Ritter, Egon*, Dr.-Ing., Betriebsassistent, Mannesmannröhren-Werke, Abt. Heinrich-Bierwes-Hütte, Duisburg-Huckingen; Wohnung: Schulz-Knaudt-Str. 32. 35 445
- Schmidt, Kurt*, Dipl.-Ing., Gutehoffnungshütte Oberhausen A.-G., Oberhausen (Rheinl.); Wohnung: Lohstr. 74. 35 475
- Schneider, Otto*, Dr.-Ing., Oberregierungsrat, stellv. Leiter des Landeswirtschaftsamtes und Leiter der Gruppe Gewerbliche Wirtschaft im Führungsstab Wirtschaft für den Wehrwirtschaftsbezirk XII, Wiesbaden; Wohnung: Rheinstr. 111. 30 140
- Schoeck, Walter*, Dipl.-Ing., H. A. Brassert & Co. G. m. b. H., Berlin-Charlottenburg 2, Hardenbergstr. 7. 35 481
- Schönberger, Fritz*, Dipl.-Ing., Oberingenieur, Mannesmannröhren-Werke, Abt. Grillo-Funke, Gelsenkirchen, König-Wilhelm-Str. 1; Wohnung: Hotel Monopol. 39 216

- Schwarz, Carl*, Dr.-Ing. habil., Chefmetallurge der H. A. Brassert & Co. G. m. b. H., Berlin-Charlottenburg 2, Hardenbergstr. 7; Wohnung: Berlin-Wilmersdorf, Umlandstr. 147. 20 114
- Serno, Selpert*, Betriebsingenieur im Grobwalzwerk der Eisen- u. Stahlwerke Kneuttingen, Kneuttingen (Lothringen); Wohnung: Kneuttingen-Nilvingen (Lothringen), Vogesenstr. 7. 35 500
- Stadler, Fritz*, Dipl.-Ing., Gesellschaft für Elektrometallurgie Dr. Paul Grünfeld, Berlin-Charlottenburg 2, Hardenbergstraße 3. 40 012
- Toncourt, Rudolf Edler von*, Dipl.-Ing., Eisenwerke Oberdonau G. m. b. H., Linz (Oberdonau), Zizlauer Str. 54; Wohnung: Ertlstr. 261. 20 129
- Treuheit, Leonhard*, Dr.-Ing., Hüttendirektor, Famo, Fahrzeug- u. Motorenwerke G. m. b. H., Breslau; Wohnung: Breslau 6, Grundstr. 12. 29 203
- Welter, Friedrich*, Betriebsdirektor, Hüttenverwaltung Westmark G. m. b. H. der Reichswerke „Hermann Göring“, Werk Hagendingen, Hagendingen (Lothringen); Wohnung: Bergstraße 16. 22 203
- Werwach, Harro*, Dipl.-Ing., Betriebsleiter, Elektrowerk Böhlen, Lippendorf über Borna (Bz. Leipzig). 35 579
- Wünnenberg, Hans*, Dr.-Ing., Direktor, Rud. Sack K.-G., Leipzig W 31; Wohnung: Berlin-Charlottenburg 9, Lindenallee 25. 32 095
- Zahlbruckner, August*, Dr. mont. E. h., Bauleiter, Deutsche Bergwerks- u. Hüttenbau-G. m. b. H., Geschäftsstelle Linz, Linz (Oberdonau), Postfach 62. 00 058

Gestorben:

- Clerf, Franz Ludwig*, Generaldirektor, Denain. * 22. 4. 1888, † 26. 6. 1941. 23 027
- Fuchschwanz, Cornel*, Geschäftsführer, Frankfurt (Main). * 13. 9. 1890, † 12. 7. 1941. 35 140

Den Tod für das Vaterland fand:

- Hasenclever-Goldenberg, Ernst*, Betriebsleiter, Einsal. * 10. 6. 1913, † 27. 6. 1941. 38 331

Neue Mitglieder.

- Deckert, Hans*, Dr. rer. pol., Dipl.-Kfm., Prokurist und Einkaufschef, Eisen- und Hüttenwerke A.-G., Werk Thale, Thale (Harz); Wohnung: Adolf-Hitler-Str. 4. 41 285
- Dolch, Paul*, Dr.-Ing., Essen, Von-Einem-Str. 25. 41 286
- Krause, Otto*, Ingenieur, Betriebsassistent, Ruhrstahl A.-G., Gußstahlwerk Witten, Witten; Wohnung: Wannen 122. 41 287
- Müller, Albert*, Maschineningenieur, Bergbau- u. Hütten-A.-G. Friedrichshütte, Herdorf (Sieg); Wohnung: Wehbach (Sieg), Koblenz-Olper-Str. 101 a. 41 288
- Robiczek, Alfred*, Betriebsleiter, Steirische Gußstahlwerke A.-G., Judenburg (Steiermark); Wohnung: Bahnhofstr. 16. 41 289
- Schmidke, Ernst*, Dipl.-Ing., Poldihütte A.-G., Kladno (Böhmen); Wohnung: Maßhaupt, Rieger Str. 1000. 41 290
- Zankel, Karl*, Dipl.-Ing., Betriebsleiter, Fa. Johann Pengg, Thörl b. Aflenz (Steiermark); Wohnung: Haus 35. 41 291

Diesem Hefte liegt das Inhaltsverzeichnis zum I. Halbjahresband 1941 bei.