

Schrifttum.

- (1) A. Schack: „Strahlung von leuchtenden und nichtleuchtenden Naturgasflammen“. Forschungen auf dem Gebiete des Ing.-Wesens, 4 (1933), Ausg. A, S. 255—257. (Ref. Glastechn. Ber., 12 (1934), S. 140.)
- (2) W. Trinks: „Economy and capacity of glass tanks“. Ind. Engng. Chem., 25 (1933), Nr. 8, S. 865—870. (Ref. Glastechn. Ber., 12 (1934), S. 140—142.)
- (3) Vgl. A. Schack: „Der industrielle Wärmeübergang“. Düsseldorf 1929, Verlag Stahleisen. (Besprochen Glastechn. Ber., 7 (1929/30), S. 616.)
- (4) Friedrich Siemens: „Ueber ein neues Verbrennungs- und Heizungssystem“. Sitzungsber. Verein Beförd. Gewerbefleiß, Berlin 1884, S. 263 bis 264.
- (5) Friedrich Siemens: „Bedeutung der Dissociations-Temperatur in der Pyrotechnik“. Sitzungsbericht Verein Beförd. Gewerbefleiß, Berlin 1886, S. 48.
- (6) Robert v. Helmholtz: „Die Licht- und Wärmestrahlung verbrennender Gase“. Verhandlg. Verein Beförd. Gewerbefleiß, 68 (1889), S. 317—320.
- (7) George V. MacCauley: „Fundamentals of heat flow in molten glass and in walls for use against glass“. J. Amer. ceram. Soc., 8 (1925), S. 492 bis 504. (Ref. Glastechn. Ber., 3 (1925/26), S. 456; 12 (1934), S. 323.)
- (8) A. Eucken: „Ueber die Temperaturabhängigkeit der Wärmeleitfähigkeit fester Nichtmetalle“. Annalen d. Phys., (4), 34 (1911), S. 220.
- (9) M. Fritz-Schmidt, G. Gehlhoff, M. Thomas: „Die Durchlässigkeit der Gläser im ultravioletten, sichtbaren und ultraroten Gebiet“. Z. techn. Phys., 11 (1930), S. 289—326. (Ref. Glastechn. Ber., 8 (1930), S. 429.)
- (10) B. Wrede: „Ueber die Ultrarotstrahlung feuerfester Körper“. Mitt. Kaiser Wilhelm-Inst. Eisenforschung. Düsseldorf, 13 (1931), S. 131—142.
- (11) A. Schack: „Versuche über den Wärmeübergang in Walzwerksöfen unter Berücksichtigung der Durchwärmung der Blöcke“. Mitt. 146 Wärme-stelle Verein deutscher Eisenhüttenleute, 1931.
- (12) W. H. Julius: „Ueber die Licht- und Wärmestrahlung verbrannter Gase“. Verhandl. Verein Beförd. Gewerbefleiß, 68 (1889), S. 382—383 und S. 439. (9424)

Sammelreferat über die französischen Vortragsreihen:

Studium der Flamme im Herdraum und in den Verbrennungsräumen von Industrieöfen und -Feuerungen. Wärmeübertragung durch Flammenstrahlung.

(Étude de la flamme dans les laboratoires et chambres de combustion des fours et foyers industriels. — Échanges par rayonnement entre la flamme et la source froide.)

A. Vorträge bei der 1. Sitzung des Studienausschusses am 7. Juni 1934 in Paris.

Chaleur et Industrie, 15 (1934), Nr. 174 u. 175, S. 257—265 u. 329—340.

DK 536.33 : 536.46 : 662.611

I. Bericht über die Sitzung des Studien-Ausschusses am 7. Juni 1934. Chaleur et Industrie, 15 (1934), Nr. 174, S. 257—260.

Durch die bekannten amerikanischen und deutschen Untersuchungen der letzten Jahre ist die — in der Praxis längst erwiesene — große Bedeutung der Flammenstrahlung für die Wärmeübertragung in Industrieöfen auch wissenschaftlich anerkannt. Nun will man auch in Frankreich nicht länger einseitig sich auf die alten klassischen Theorien der Wärmeübertragung beschränken, welche die Gas- und Flammenstrahlung vollständig ignorieren. Bei einer am 7. Juni 1934 in Paris abgehaltenen Sitzung von Wärmetechnikern, Physikern und Betriebsleuten — unter bemerkenswerter aktiver Beteiligung einer Reihe angesehener Hochschullehrer — wurde ein Ausschuss gegründet, der sich die Erforschung der Wärmeübertragung durch Strahlung zum Ziel setzt. In dieser konstituierenden Sitzung wurde eine Anzahl von Vorträgen gehalten, über deren Inhalt weiter unten kurz berichtet wird*). Zu Wort kamen die Vertreter beider Richtungen, deren ältere nach den klassischen Grundsätzen eine möglichst hohe theoretische Verbrennungstemperatur und energische Konvektion anstrebt, während die andere, modernere, günstige Strahlungseigenschaften der Flamme für wichtiger hält. Was die Physik heute in der Lage ist, zur Klärung der Strahlungsfragen zur Verfügung zu stellen, wurde ferner dargelegt.

In die Aussprache griff Altmeister Le Chatelier ein, indem er kurz aber treffend die heutige Sachlage skizzierte und zeigte, daß die Divergenz der beiden Richtungen nur scheinbar vorhanden ist. Aus

*) Eine zweite Sitzung des Studienausschusses hat am 20. Dezember 1934 in Paris stattgefunden. Die dabei gehaltenen Vorträge über Strahlungsfragen sind abgedruckt in „Chaleur et Industrie“, Januar, Februar und März 1935, und weiter unten (unter B) referiert worden.

allen Vorträgen ging aber hervor, daß man von einer verlässlichen Erkenntnis oder gar von einer Beherrschung der Wärmeübertragung durch Strahlung noch weit entfernt ist. Zum Schluß wurde daher ein Programm für die weitere Arbeit vorgelegt, das folgendermaßen unterteilt ist:

1. Theoretische Untersuchungen und Terminologie;
2. Laboratoriums-Untersuchungen über die Strahlung nichtleuchtender und leuchtender Flammen; sie sollen im Laboratorium der Pariser Gasgesellschaft und in der Versuchsanstalt der Technischen Hochschule Paris durchgeführt werden;
3. Untersuchungen an Öfen der Glas- und der Stahlindustrie; es sollen bestimmt werden der Anteil der Strahlungsübertragung im Herdraum verschiedener Öfen und die Abhängigkeit der Strahlung von der Menge der in der Flamme schwebenden festen Teilchen.

Bem. des Ref.: Wissenschaft und Industrie wollen diese Arbeiten großzügig fördern, so daß man auf baldige Erfolge hoffen kann. Neue Erkenntnisse — und mögen sie zunächst noch so abstrakt erscheinen — werden früher oder später auch praktisch wertvolle Ergebnisse bringen. Eine für die Glasindustrie bedauerliche Lücke enthält das Forschungsprogramm insofern, als es sich, soweit nach den bisherigen Mitteilungen und Vorträgen anzunehmen ist, ausschließlich auf die Strahlungsverhältnisse auf der Flammenseite erstreckt, aber nichts enthält über die Strahlungsaufnahme auf der Glasseite. Wie aber aus den amerikanischen Arbeiten von Sherman¹⁾ und Trinks²⁾ hervorgeht, und wie Schneekloth in seinem ausgezeichneten

¹⁾ Vgl. A. Schack: „Strahlung von leuchtenden und nichtleuchtenden Naturgasflammen“, Forschung a. d. Gebiete des Ing.-Wesens, 4 (1933), H. 5, S. 255—256; Ref. Glastechn. Ber., 12 (1934), S. 140.

²⁾ W. Trinks: „Wirtschaftlichkeit und Leistung der Glasschmelzwannen“, Ind. Engng. Chem., 25 (1933), August, S. 865—870; Ref. Glastechn. Ber., 12 (1934), S. 140—142.

Vortrag bei der 18. Glastechnischen Tagung, Berlin 1934 (vgl. Abdruck im vorliegenden Heft), zum Schluß unterstreicht, ist die Erforschung der Strahlungsdurchlässigkeit bzw. Absorption des feurig-flüssigen Glases in Abhängigkeit von seinen chemischen und physikalischen Eigenschaften unerlässlich, um die Wärmeaufnahme des Glases im Ofen und die Temperaturverteilung zu beherrschen.

DK 536.462 : 662.611

II. Vortrag von Prof. Damour: **Das Studium der Flamme. Die Wichtigkeit der theoretischen Verbrennungstemperatur.** (Étude de la flamme, Importance de la température théorique de combustion.) Chaleur et Industrie, 15 (1934), Nr. 174, S. 260—261.

Der um die Ausbildung der französischen Wärmetechniker verdiente und auch in der Glasindustrie erfahrene Lehrer betont, wie er es seinerzeit von Le Chatelier gelernt hat, die ausschlaggebende Wichtigkeit der theoretischen Verbrennungstemperatur für die Wärmeübertragung. Er gibt einige praktische Beispiele aus seiner Beratungstätigkeit dafür, wie durch ihre Erhöhung (z. B. mittels Steigerung des Wasserstoffgehaltes oder mittels höherer Vorwärmung von Gas und Luft) der Gang der Glasöfen verbessert werden konnte. Er kann aber nicht umhin, zuzugeben, daß auch die Wärmeübertragung durch Strahlung der leuchtenden Flamme eingehend geklärt werden muß, und empfiehlt zu diesem Zweck eine Zusammenarbeit von Physikern und Ingenieuren.

DK 662.749 : 666.1.031.3 Boëtius

III. Vortrag von G. de Frémenville: **Betrieb von Boëtius-Öfen mit Koks.** (Alimentation au coke de fours Boëtius de verrerie.) Chaleur et Industrie, 15 (1934), Nr. 174, S. 261—262.

Der Vortragende will ein Beispiel dafür geben, daß auch nichtleuchtende Flammen in jeder Beziehung für den Betrieb von Glasschmelzöfen geeignet sind. Wegen der starken Preisschwankungen nach dem Krieg ist er seinerzeit als Ingenieur der Kristallglashütte Baccarat dazu übergegangen, Boëtius-Öfen mit Koks zu beheizen. Es handelte sich um große Öfen von 7,2 m Durchmesser mit je 21 gedeckten Häfen von 1200 kg Inhalt. Die Flamme war derart durchsichtig und farblos, daß man alle Einzelheiten im Herdraum genau sehen konnte. Die normale Temperatur von 1450° wurde monatelang eingehalten, und die Glasqualität war ebenso ausgezeichnet wie vorher bei dem Betrieb mit gasreichen Steinkohlen, die mit langer und leuchtender Flamme verbrannten.

DK 535.23 : 536.33 : 662.611

IV. Vortrag von Prof. Ribaud: **Die Wärmestrahlung der Gase und der Flammen.** (Rayonnement thermique des gaz incandescents et des flammes.) Chaleur et Industrie, 15 (1934), Nr. 174, S. 262—265.

Der Vortragende erläutert die klassischen Strahlungsgesetze von Kirchhoff und Stefan sowie die Planckschen Kurven für die Intensitätsverteilung der Strahlung des schwarzen Körpers in Abhängigkeit von der Wellenlänge und trennt diese Gesetze scharf von den Hypothesen über die Strahlung der Gase und der Flammen. Sehr anschaulich ist die graphische Darstellung der Kohlensäurestrahlung für verschiedene Schichtstärken und Temperaturen im Vergleich zu der Strahlung des schwarzen Körpers. Die in einer Zahlentafel zusammengestellten Absorptionzahlen (Schwärzegrade) für Kohlensäure, Wasserstoff und Verbrennungsgase verschiedener Brenntypen, berechnet aus dem Quotienten der 4. Potenzen der gemessenen schwarzen und wahren Temperaturen, weichen zum Teil wesentlich ab von den in Veröffentlichungen Schacks angegebenen Werten. — Aus einfachen Laboratoriumsversuchen wird die bedeutende Steigerung der Gesamtstrahlung durch die

in der Flamme schwebenden festen Teilchen bestätigt. Es sind aber genauere Untersuchungen darüber nötig. Freilich wird auch bei verlässlicher Kenntnis der Strahlungseigenschaften der Flammen die Berechnung der Strahlungsübertragung in Industrieöfen sehr schwierig sein: einmal, weil die Gastemperaturen im Herdraum keineswegs gleichmäßig sind, sodann, weil die Strahlung von der Dicke der Gasschicht abhängt, die ihrerseits wieder sich ändert mit der Strahlungsrichtung.

DK 536.33 : 536.462 : 662.611

V. Vortrag von Prof. Le Chatelier: **Berechnung der theoretischen Verbrennungstemperaturen und Einfluß der Strahlung auf die Beheizung der Öfen.** (Calcul des températures théoriques de combustion et influence du rayonnement sur le chauffage des fours.) Chaleur et Industrie, 15 (1934), Nr. 175, S. 329—332.

Le Chatelier weist auf die Unstimmigkeiten hin, die bei der Berechnung der theoretischen Verbrennungstemperatur vorkommen, dadurch, daß die Dissoziation berücksichtigt wird oder nicht. Er schlägt vor, als theoretische Verbrennungstemperatur jene Temperatur zu bezeichnen, welche die Verbrennungsprodukte erreichen würden bei Wegfall jeder fremden Ursache für eine Abkühlung; die Dissoziation ist dabei nicht als fremde, sondern als eine zu dem Prozesse gehörende Erscheinung zu betrachten. Da die in Zahlentafeln oder aus Formeln zur Verfügung stehenden Werte der spezifischen Wärmen durch Messung der von den Verbrennungsprodukten abgegebenen Wärme ermittelt sind und die bei der Verbrennung auftretende Dissoziation darin schon berücksichtigt ist, ist es falsch, bei der Berechnung der Verbrennungstemperaturen mit diesen „scheinbaren“ spezifischen Wärmen die Dissoziationswärmen noch einmal abzuziehen, wie es vereinzelt von Autoren geschieht, die besonders genau sein wollen.

Zu der strittigen Frage, ob für die Wärmeübertragung eine hohe theoretische Verbrennungstemperatur oder günstige Strahlungseigenschaften der Flamme wichtiger sind, äußert sich Le Chatelier folgendermaßen: Die Wärmeübertragung resultiert aus einer Kombination der Wirkungen von Temperatur, Konvektion und Strahlung. Die Gesetze dieser Erscheinungen sind verwickelt und zum Teil wenig bekannt; man weiß aber bestimmt, daß jede Steigerung der Temperatur oder der Turbulenz die Wärmeübertragung verbessert, und kann sich daher bei der Anwendung dieser Mittel wohl quantitativ, nicht aber qualitativ irren. Was hingegen die Strahlung betrifft, so muß man, solange man sie nicht genau berechnen kann, vorsichtig in den Schlüssen sein, weil bei einer Steigerung der Strahlungseigenschaften (des Schwärzegrades der Flamme) die Wärmeübertragung nicht dauernd wächst, sondern nach Erreichung eines gewissen Höchstwertes wieder abnimmt (vgl. VI: Vortrag Bruhat). Es wäre verkehrt, sich einseitig für Konvektion oder für Strahlung zu entscheiden, sondern man muß ihre gegenseitigen Beziehungen studieren, um die günstigste Kombination zu suchen. Das scheint zunächst die Aufgabe umständlich zu gestalten. Der Vortrag Bruhat zeigt aber, daß die Berechnung der Strahlung leuchtender Flammen keine unüberwindliche Schwierigkeit bereitet (aber nur, wenn die Menge der in der Flamme schwebenden Rußteilchen verlässlich berechnet werden könnte, was bis jetzt keineswegs möglich ist. D. Ref.). Was die Gasstrahlung betrifft, so muß man zunächst die Fortschritte der Physik abwarten.

DK 536.33 : 662.611

VI. Vortrag von Prof. Bruhat: **Bemerkungen über die Wärmeübertragung durch Strahlung.** (Remarques sur la transmission de la chaleur par rayonnement.) Chaleur et Industrie, 15 (1934), Nr. 175, S. 332—335. Der Vortragende erläutert die in der Astrophysik verwendeten Verfahren zur Berechnung von Ab-

sorption und Strahlung von Gasschichten und versucht, Schlüsse auf die Strahlungsübertragung in Öfen zu ziehen. Bei der Berechnung wird angenommen, daß zwischen Gewölbe und Badoberfläche eine Flammenwolke aus schwarzen Teilchen liegt, die einerseits einen Teil der Strahlung absorbiert, andererseits aber auch selbst strahlt. Aus den Berechnungen folgt, daß die durch Strahlung ausgetauschte Wärmemenge nur dann unbeschränkt mit dem Schwärzegrad steigt, wenn die Temperatur in der ganzen Flamme gleich ist. Ist die Temperaturverteilung ungleichmäßig, so wird, wenn die Wärmeübertragung ohne jede Konvektion erfolgt, für eine gegebene höchste Temperatur im Flammenkern die abgestrahlte Wärme nicht unbeschränkt mit dem Schwärzegrad wachsen, sondern einen Höchstwert bei einem bestimmten Schwärzegrad erreichen. Das ist dadurch zu erklären, daß in einem ruhenden Gas mit starker Absorption die Wärmestrahlung aus dem Inneren der Flamme nicht wirksam werden kann, weil sie von den den Kern umgebenden Gasschichten absorbiert wird. Anders liegt der Fall, wenn das Gas nicht ruht, sondern wenn durch Wirbelung immer neue Teilchen in die Nähe der Wände gelangen können, an die sie ihre Wärme abgeben sollen. Im Gegensatz zu der Annahme, daß die Bewegung innerhalb der Flamme bei der Strahlungsübertragung keine Rolle spielt, wird demnach festgestellt, daß eine solche Bewegung wichtig ist, sobald die Flamme ziemlich schwarz strahlt.

DK 536.33 : 535.23

VII. Vortrag von Malcor: **Skizze einer mathematischen Studie über die Strahlung einer Staubwolke.** (Ébauche d'une étude mathématique du rayonnement d'un image de poussières.) Chaleur et Industrie, 15 (1934), Nr. 175, S. 335—337.

Unter der Annahme, daß die einzelnen Staubteilchen Kugeln mit vollkommen schwarzer Oberfläche darstellen, und daß sie in einem vollkommen strahlungsdurchlässigen Gas schweben, wird folgendes abgeleitet:

1. Eine Schicht mit gleichmäßiger Temperatur und bestimmter Dicke, jedoch unendlich großer Länge und Breite, absorbiert und strahlt wie ein grauer Körper, dessen Strahlungskoeffizient (Schwärzegrad) eine bestimmte Funktion ist des Produktes aus Schichtstärke und totaler Oberfläche der in der Raumeinheit enthaltenen Teilchen: bei unendlicher Dicke absorbiert und strahlt sie wie ein schwarzer Körper.
2. Je nachdem, unter welchem Winkel die strahlende Schicht anvisiert wird, ergeben die Messungen verschiedene Schwärzegrade. Für die Strahlung der gesamten Schicht auf ein außerhalb befindliches Flächenelement ist der Koeffizient etwa doppelt so groß wie derjenige, der sich für die rechtwinklig zur Schicht liegende Richtung ergibt, vorausgesetzt, daß die Schicht nur wenig absorbiert. Die auf das Flächenelement gestrahlte Wärme ist dann unabhängig von der Entfernung.

B. Vorträge bei der 2. Sitzung des Studien-Ausschusses am 20. Dezember 1934 in Paris.

Chaleur et Industrie, 16 (1935), Nr. 177, 178 u. 179, S. 15—24, 71—74 u. 131—142.

DK 662.611

I. Bemerkung des Referenten.

Ueber die Ergebnisse der bei der ersten Sitzung angeregten strahlungstechnischen Untersuchungen konnte noch nichts mitgeteilt werden. Auch die zweite Sitzung erschöpfte sich daher in Vorträgen und Erörterungen über begriffliche Grundlagen und rechnerische Ueberlegungen, denen gegenüber die Mitteilungen über Feststellungen im praktischen Ofenbetrieb in den Hintergrund traten. Im Folgenden sind nur die bemerkenswertesten Beiträge im knappsten Auszug wiedergegeben. Für die nächste Sitzung, die im Juni 1935 in Paris stattfinden soll, wird der Bericht eines Ausschusses vorbereitet, der die Ergebnisse der beiden

3. Für eine wenig absorbierende Schicht von gegebenen Abmessungen nimmt die Strahlung auf ein Flächenelement schnell mit der Entfernung ab.

DK 536.33 : 662.953

VIII. Vortrag von Malcor: **Die Wärmeübertragung im Herdraum von Siemens-Martin-Öfen.** (Les échanges de chaleur dans le laboratoire du four Martin.) Chaleur et Industrie, 15 (1934), Nr. 175, S. 338—340.

Auf Grund von Temperaturmessungen in einem mit Generatorgas beheizten S.-M.-Ofen kommt der Verfasser unter Heranziehung der bekannten Arbeiten von Bansen, Schack, Lent, Kofler u. a. zu dem Schluß, daß die Beheizung des Bades und des Gewölbes überwiegend durch Strahlung erfolgt, und weiter, daß dabei die Strahlung der in der Flamme schwebenden festen Teilchen eine wichtige Rolle spielt. Er erörtert dann die Ergebnisse seiner Annäherungsrechnungen über die Strahlung einer Staubwolke (vergl. VII). Als Mittel zur Strahlungssteigerung nennt er — aber nicht auf Grund eigener Versuche — die Karburierung des Gases mit flüssigen Brennstoffen und die pyrogene Zersetzung der gasförmigen Kohlenwasserstoffe in den Regeneratorkammern. (Nicht zuzustimmen ist der Behauptung — wenigstens in ihrer allgemeinen Form —, daß diese Zersetzung nur bei hohem Methangehalt einen Wert hat, und daß eine zu hohe Vorwärmung schädlich ist, weil ein großer Teil des Rußes in den Kammern bleibt. Vereinzelt Beobachtungen bei Glasschmelzöfen zeigen, daß auch bei dem niedrigen Methangehalt des Generatorgases eine Spaltung durch hohe Vorwärmung die Flammestrahlung beträchtlich steigern kann; nach den Untersuchungen von Hülsbruch³⁾ ist der aus den gasförmigen Kohlenwasserstoffen entstehende Ruß — im Gegensatz zu dem aus Teer — so fein, daß er sich nicht in den Kammern absetzt, sondern in den Ofen mitgerissen wird. D. Ref.) Die entleuchtende Wirkung des Wasserdampfes wird erörtert. Dafür, daß trotz des überwiegenden Einflusses der Strahlung die Beheizung des Bades erfahrungsgemäß wirkungsvoller ist, wenn die Flamme unmittelbar auf dem Bad liegt, gibt der Verf. die bekannten Erklärungen:

1. Die Konvektion trägt immerhin auch zur Wärmeübertragung bei.
2. Zwischenschichten ausgebrannter Gase schwächen infolge Absorption die Wärmeübertragung.
3. Die auf ein Badelement geworfene Strahlung nimmt mit der Entfernung ab.

WBG/Friedmann. (9534—9541/20)

³⁾ Hülsbruch, Stahl und Eisen, 45 (1925), S. 1746—1751, vgl. auch Bericht Stahlwerksausschuß Verein Deutscher Eisenhüttenleute Nr. 120.

ersten Sitzungen vom wissenschaftlichen und praktischen Standpunkt aus beleuchten soll.

Ohne diesem Bericht vorgreifen zu wollen, sei der Gesamteindruck dahingehend gekennzeichnet, daß eine Entscheidung in der Hauptfrage: „Soll man für einen guten Wärmeübergang auf möglichst hohe theoretische Verbrennungstemperatur oder auf möglichst hohen Schwärzegrad der Flamme hinarbeiten?“ keineswegs erzielt wurde. Soviel kann man aber wohl schon erkennen, daß die in verschiedenen amerikanischen Berichten der letzten Jahre herausgestellte These der außerordentlichen Ueberlegenheit eines weitgehend gesteigerten Schwärzegrades keine allgemeine Gültigkeit beanspruchen darf. Nach dem heutigen Stand der Erkenntnisse wird man überhaupt nicht allgemein, sondern nur für den jeweils vorliegenden Fall und

nur auf Grund planmäßiger Versuche entscheiden können, durch welche Mittel die Wärmeübertragung am wirksamsten zu fördern ist. Voraussagen über die Wirkung von Maßnahmen können nur bedingt und nur in qualitativer Beziehung gemacht werden. Eine allgemeinere Klärung, vor allem quantitativer Natur, erfordert genaue meßtechnische Untersuchungen über die Wärmeübertragung, insbesondere Strahlungsmessungen auf der Sende- und Empfangsseite, deren Auswertung ihrerseits an genaue Temperaturmessungen gebunden ist. Derartige Untersuchungen sind in dem französischen Programm vorgesehen, und auch in vereinzelt, fortschrittlich eingestellten deutschen Glashütten hat man damit begonnen (vgl. den vorstehend veröffentlichten Vortrag von W. Schneekloth). Naturgemäß treten dabei in Betriebsöfen ungleich größere Schwierigkeiten auf als im Laboratorium, und die Notwendigkeit, dafür z. T. erst noch exakte Meßverfahren entwickeln zu müssen, hemmt den Fortschritt dieser Arbeiten bedeutend.

DK 536.46 : 662.611

II. Definition der „Flamme“ und der Flammentemperatur. (Définition de la flamme.) Bruhat, mit Ergänzungen von Le Chatelier und Damour. *Chaleur et Industrie*, 16 (1935), Nr. 178, S. 71–73.

Man muß unterscheiden zwischen Verbrennung mit und ohne vorherige Mischung von Gas und Luft. Von einer „Flamme“ kann man eigentlich nur in letzterem Falle sprechen, der in den Industrieöfen in der Regel vorliegt. Bruhat empfiehlt, die „Flamme“ begrifflich zu begrenzen durch das „Aufhören der nicht umkehrbaren Energieerzeugung“. Da es aber in der Wärmeübertragung keine Diskontinuität gibt zwischen der Zone, wo die Verbrennung erfolgt (Flamme), und der der heißen Verbrennungsprodukte im Herdraum, muß sich die Untersuchung der Wärmeübertragung natürlich auch auf die letztere erstrecken.

Damour will als „Flamme“ den Raum definieren, den die miteinander reagierenden Gase vom Beginn der Zündung bis zum Ende der Verbrennung einnehmen. Die Flamme ist also dadurch gekennzeichnet, daß in ihr chemische Reaktionen erfolgen. Diese Auffassung der Flamme hat praktische Bedeutung für den Ofenbauer, weil sie die Abmessungen des Herdraumes bestimmt, und für die Ofenführung, weil umgekehrt das Flammenvolumen dem Herdraum angepaßt werden muß. [Das „Ende der Verbrennung“, das nach den Definitionen Bruhats und Damours die „Flamme“ begrenzt, ist eigentlich noch für sich zu definieren: Da mit abnehmender Konzentration der brennbaren Gase die Reaktionsgeschwindigkeiten immer kleiner werden, tritt das Ende der Verbrennung streng genommen nicht mehr im Herdraum ein. Man muß daher ein „praktisches Ende der Verbrennung“ kennzeichnen. Rummel und Schack†) schlagen vor, die Verbrennung als beendet anzusehen, wenn entweder die Analyse vollkommene Verbrennung bis auf 0,1 oder 0,2% brennbare Bestandteile anzeigt, oder wenn, ohne Rücksicht auf die Analyse, die Gase die Zündtemperatur von etwa 700 bis 800° unterschreiten. D. Ref.]

Da die Temperaturen in dem als Flamme bezeichneten Gasgemisch nach allen drei Dimensionen sich ändern, ist die Definition einer „praktischen Verbrennungstemperatur“ außerordentlich schwierig. Der Vorschlag Damours, dafür das Mittel aus den mittleren Temperaturen der einzelnen Gasstrahlen der Flamme im Herdraum anzugeben, dürfte auch (abgesehen von der Schwierigkeit der Bestimmung) nicht befriedigen. Deshalb wiederholt Le Chatelier seine bekannten Ansichten über die ausschlaggebende Bedeutung der „theoretischen Verbrennungstemperatur“. Er ergänzt seinen Vorschlag für ihre Berechnung (vgl. Teil V des vorstehenden Sammelreferates) durch folgenden Zusatz: „Wenn nicht ausdrücklich erwähnt, erfolgt die Berechnung mit den scheinbaren spezifischen Wärmen; das sind diejenigen,

welche ohne besondere Berücksichtigung der Dissoziation errechnet sind.“

Damour unterstützt diesen Vorschlag durch den Hinweis auf die allgemein verwendeten Formeln und Tabellen von Mallard und Le Chatelier, die ohne Berücksichtigung der Dissoziation aufgestellt sind. (Ihre Bestimmung erfolgt bei Temperaturen, wo die Dissoziation noch bedeutungslos ist).

Um den jahrelangen Auseinandersetzungen in diesen Fragen ein Ende zu bereiten, wollen die Berichterstatter gemeinsame Vorschläge dafür ausarbeiten.

DK 536.45 : 536.33

III. Emissions- und Absorptions-Faktor der Gasstrahlung. (Facteur d'émission et d'absorption.) Ribaud. *Chaleur et Industrie*, 16 (1935), Nr. 177, S. 23–24.

Es werden kurz die Ergebnisse der neueren Messungen von Tingwaldt*) über die Strahlung der Kohlensäure besprochen. Die Messungen wurden bei atmosphärischem Druck für eine Wellenlänge von 2,7 μ , für Temperaturen bis 900° und für Stärken der Gasschicht von 5 bis 11 cm durchgeführt. Bei 900° und 11 cm Schichtstärke ergab sich ein Schwärzeegrad von 0,027. Die Messungen wurden mit einem Spektrometer für infrarote Strahlen durchgeführt, einer umständlichen und kostspieligen Apparatur. Ribaud beurteilt dieses Verfahren als nicht ganz einwandfrei, weil das Absorptions-Spektrum aus feinen, gedrängt liegenden Streifen besteht, während der Empfang eine ziemlich große Breite im Spektrum umfaßt. Die Berechnung des Gesamtfaktors erfordert dann eine Integration, die übrigens bei Wasserdampf nicht anwendbar ist.

Eine zweite, einfachere Methode besteht darin, einerseits die „schwarze“ Temperatur des Gases mit einem Gesamtstrahlungs-pyrometer, andererseits die wahre Gastemperatur zu messen. Der Schwärzeegrad berechnet sich als Quotient aus den vierten Potenzen dieser Temperaturen. Dieses Verfahren wird bei den im Gange befindlichen französischen Untersuchungen verwendet.

DK 662.763.1 : 666.1.031.2/3

IV. Beheizung von Glasschmelzöfen mit gereinigtem Generatorgas. Morange. *Chaleur et Industrie*, 16 (1935), Nr. 179, S. 131–132.

Der Vortrag ist ausführlich enthalten in „Génie Civil“ vom 15. Dezember 1934. Der vorliegende Auszug zählt die Nachteile des Rohgases im Vergleich zum Reingas auf:

1. Die Teerdämpfe haben eine sehr geringe Verbrennungsgeschwindigkeit und brauchen viel Sauerstoff; bei größerem Teergehalt ist daher schwer eine vollkommene Verbrennung im Herdraum erzielbar. Die entsprechende Verbrennungsluft kühlt die Flamme auf der Brennerseite ab.

2. Der Wasserdampf des nicht gereinigten Gases verringert gleichfalls die Flammentemperatur. Die Schwankungen des Feuchtigkeitsgehaltes verhindern eine feine Regelung.

3. Die fühlbare Wärme des nicht gereinigten Gases wird praktisch nicht ausgenützt, denn wenn das Gas heiß in das Gitterwerk der Regeneratoren eintritt, strömen die Abgase mit entsprechend hoher Temperatur ab.

Andererseits kann das Reingas höher vorgewärmt werden. Trotzdem die Flamme vollständig durchsichtig ist, wird der Wärmeaustausch verbessert: Leistungs- und Wirkungsgrad eines Ofens wachsen beim Uebergang von Rohgas auf Reingas. [Wenngleich die Erfahrungen in Deutschland nicht in allen diesen Punkten mit den französischen übereinstimmen und die Gründe für die Entteerung des Generatorgases anderer Art sind, werden bekanntlich auch in Deutschland eine Anzahl von Glasschmelzöfen erfolgreich mit entteertem Gas betrieben**). D. Ref.]

†) Mitt. Nr. 75 Wärmestelle Verein Dtsch. Eisenhüttenleute.

*) Tingwaldt, *Physikal. Z.*, 18 (1934), S. 715–720.

**) Vgl. FA-Bericht DGG Nr. 14.

DK 621.733 : 66.041 : 662.93

V. Beheizung eines großen Schmiedeofens mit rußhaltiger Flamme. Verdeaux. Chaleur et Industrie, 16 (1935), Nr. 179, S. 132—134; 1 Abb.

Der Vortrag berichtet über Erfahrungen aus dem Jahre 1913 an einem mit Rostfeuerung arbeitenden Schmiedeofen. Sowohl die Betriebserfahrungen, als die durch sie veranlaßten Versuche und Messungen bei verschiedener Flammeneinstellung zeigten den außerordentlich günstigen Einfluß eines hohen Rußgehaltes der Flamme auf den Wärmeübergang. Wo, wie in dem vorliegenden Fall, aus technologischen und wirtschaftlichen Gründen das Temperaturgefälle zwischen Flamme und Einsatz und daher auch die Flammentemperaturen möglichst gering gehalten werden müssen, kann eine Leistungssteigerung nur mit Hilfe eines möglichst hohen Rußgehaltes der Flamme erreicht werden.

DK 662.951

VI. Beheizung eines Stoßofens mit nichtleuchtender Flamme*). M. Poupet. Chaleur et Industrie, 16 (1935), Nr. 179, S. 134—139.

Der Vortrag berichtet über Messungen an einem Stoßofen. Es werden daraus folgende Schlüsse gezogen:

1. Es ist ohne Schwierigkeiten möglich, einen Ofen mit nichtleuchtender Flamme bei gutem Wirkungsgrad zu betreiben. Der Wärmeübergang erfolgt in diesem Fall vorwiegend durch Strahlung des Gewölbes (Gewölbestrahlung 66%, Gasstrahlung 19%, Konvektion 15%).

2. Die Leistung kann gesteigert werden durch Erhöhung der Flammentemperatur (bzw. der theoretischen Verbrennungstemperatur). Diese Möglichkeit wird bei dem betreffenden Ofen seit einigen Jahren benützt, um die Leistung des Ofens mit Hilfe der Gaszusammensetzung zu regeln: Wenn eine Durchsatzsteigerung erforderlich ist, so wird der Heizwert des Mischgases erhöht, indem der Anteil an Koksofengas vergrößert wird.

3. Die Haltbarkeit der Gewölbe beträgt bei Betrieb mit Reingas rund 7 Wochen, bei Betrieb mit Kohlenstaub aber nur etwa die Hälfte. Daß die Gewölbe trotz der höheren Flammentemperatur bei Reingas länger halten, wird dadurch erklärt, daß das Gewölbe den größten Teil der von dem Gas gelieferten Wärme wieder auf den Einsatz abstrahlen kann; demgegenüber wird eine solche Abstrahlung bei rußhaltigen Flammen durch deren stärkere Absorptionsfähigkeit behindert, so daß die Gewölbetemperatur viel näher der Flammentemperatur liegt.

WBG/Friedmann. (9780 bis 9785/20)

*) Vgl. Mitt. Wärmestelle Verein Dtsch. Eisenhüttenleute, Nr. 81 (1925), Nr. 94 (1926), Nr. 125 (1928), Nr. 146 (1931).

DK 264-035 : 748.5(045)

Glas in der Liturgie.

Von P. Theodor Bogler, O. S. B., Maria Laach.

(Vortrag bei der 18. Glastechnischen Tagung, Berlin, 15. XI. 1934.)

Von den verschiedenen Aufgaben des Glases in der katholischen Liturgie ist die der Verwendung als Glasbild die wichtigste. Das Glasbild ist nicht nur Schmuck des Kultbaues, sondern vom inneren Wesen des katholischen Kultes gefordert. Es erfüllt einen doppelten Zweck, grenzt als durchscheinender Teil der Wand den Raum nach außen ab und erfüllt ihn als Bildfläche mit Darstellungen von Heiligem.

Umschreibung und Gliederung des Themas.

Glas in der Liturgie — ein eigenartig gestelltes Thema. Im wörtlichen Sinne läßt sich darüber eigentlich nur wenig sagen. Glas „in“ der Liturgie beschränkt sich fast auf die Verwendung von ein paar kleinen Gefäßen, wie es die Ampullen sind, in denen Wein und Wasser zum Altare getragen werden. Und nicht einmal sie brauchen notwendigerweise aus Glas zu sein. Wohl hat es eine Zeit gegeben, die selbst den Opferkelch aus dem zerbrechlichen Werkstoff Glas hergestellt hat. Heute jedoch, und schon lange, verbieten das die kirchlichen Vorschriften. Der Kelch wird für seinen erhabenen Gebrauch feierlich konsekriert. Die Weihe darf deshalb nur einem Gefäß aus edlem Metall erteilt werden. Gewiß gibt es Aufgaben für die Glaskunst und die Glasindustrie auch bei den kleinen und bescheidenen Gefäßen, deren man im Gottesdienste bedarf: würdiges Gestalten selbst dieser kleinen und bescheidenen Geräte ist allezeit für Künstler und Kunsthandwerker ein vornehmeres und edles Werk gewesen. Es sei bei dieser Gelegenheit z. B. an die Blumengefäße auf dem Altar erinnert, die gut aus Glas hergestellt sein können, oder an die Behältnisse, die das sog. „ewige Licht“ aufnehmen. Auch die kleinen Handwaschgefäße, die man am Altar gebraucht, sind vielfach aus Glas gefertigt. So läßt sich schließlich doch eine ganze Reihe „liturgischer“ Gläser auf-

stellen. Auch die Frage der Beleuchtungskörper sei wenigstens genannt; wie wichtig die „Innen“-Beleuchtung für den Kultraum ist, werden wir noch sehen.

Was immer im Heiligtum verwandt wird, soll der Würde des Raumes und dem heiligen Zwecke entsprechend gestaltet sein, soll auch dem Werkstoff nach das Beste darstellen, was die Technik beizubringen vermag. Lange genug hat eine unverständige Zeit geglaubt, die billigste Dutzendware genüge hier. Doch das ist durchaus abwegig und falsch. Daß es viele gute Ansätze heute gibt, gerade auch das Glas wieder in edler Formung für den kirchlichen Gebrauch zu bereiten, dafür bürgen die Namen von Künstlern und Kunsthandwerkern, die sich um „Glasveredelung“ bemühen. Dennoch wird es noch einiger Mühen bedürfen, bis unsere Erzeugnisse wieder jene Vollendung erreichen, die wir an den Kultgeräten vergangener Jahrhunderte bewundern.

„Glas in der Liturgie“ — es soll das Thema jedoch anders gefaßt werden. Und genauer gesehen gibt es so einen sehr tiefen und für die Glaskunst der Gegenwart einen wirklich aktuellen Sinn. Zwei Techniken sind es, die den edlen Werkstoff des Glases für den Kultraum gestalten: das Mosaik und die Glasmalerei. Wiederum soll vom Mosaik nur gelegentlich die Rede sein, jedoch wird manches grundsätzlich zu Sagende auch von ihm Geltung