

Dezember 1950

H V G - Mitteilung Nr. 556  
-----

Der Kampf gegen Kalorienverschwendung in Glasschmelzöfen  
-----

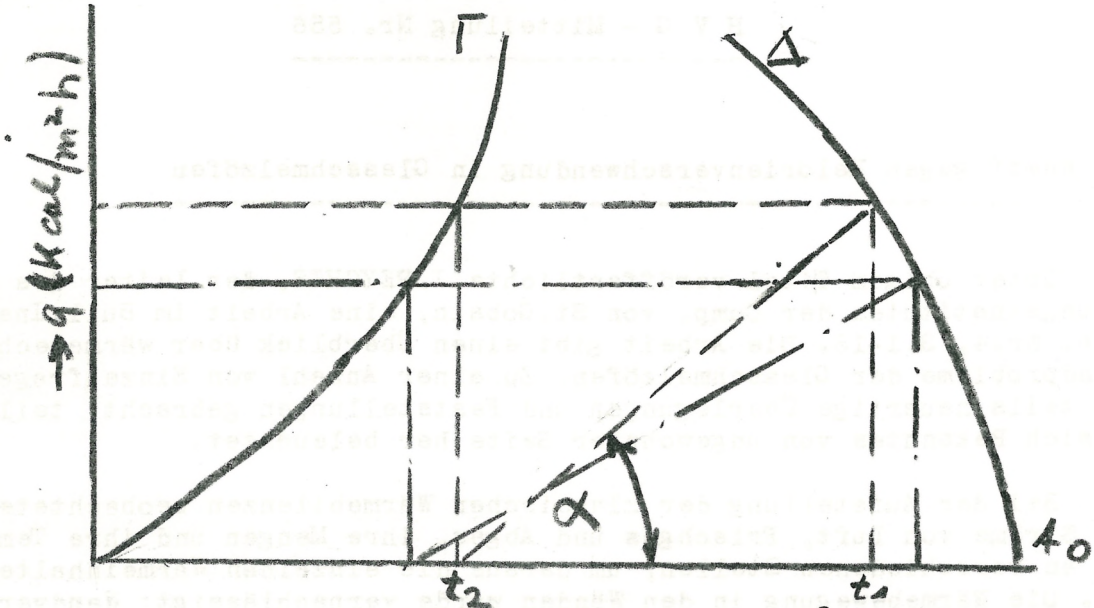
Unter obigem Titel veröffentlichte J. PEYCHES, der Leiter des Forschungsinstitutes der Comp. von St. Gobain, eine Arbeit im Bull. Inst. Verre 1946, Nr. 4, S. 1-15. Die Arbeit gibt einen Überblick über wärmetechnische Grundprobleme der Glasschmelzöfen. Zu einer Anzahl von Einzelfragen werden teils neuartige Überlegungen und Feststellungen gebracht, teils wird an sich Bekanntes von ungewohnter Seite her beleuchtet.

Bei der Aufstellung der klassischen Wärmebilanzen beobachtete man nur die Ströme von Luft, Frischgas und Abgas, ihre Mengen und ihre Temperaturen an verschiedenen Stellen, um daraus die einzelnen Wärmeinhalte abzuleiten. Die Wärmebewegung in den Wänden wurde vernachlässigt; Wandverluste erschienen in der Bilanz ungeachtet ihres hohen Anteiles am Gesamtwert als Restglieder. Die Bearbeitung der elektrischen Öfen, bei denen nur Nutzwärme und Wandverluste auftreten, das Restglied also ungewöhnlich groß geworden wäre, gab Anlaß zum Messen der Wandverluste. Es wurde ein Verfahren entwickelt, um den Wärmeübergang auf der Außenseite der Ofenwände zu bestimmen, und zwar wurden die Konvektionsströme mit einem "Thermo-Anemometer" gemessen, eine Verbindung aus empfindlichem Anemometer und gegen Strahlung geschütztem Thermo-Element. Die Strahlung wurde mit Thermoskule ermittelt. Es wurde festgestellt, daß die Konvektionsverluste wesentlich größer waren, als man meist annimmt, wozu wahrscheinlich der starke Auftrieb zwischen Keller und Obergeschoß des Hüttengebäudes beitrug.

Unter Benutzung der gemessenen Wandverluste wurde der früher allein bekannten "inneren" Bilanz eine "äußere" gegenübergestellt, welche auch die Wandverluste im einzelnen nach dem Ort ihres Entstehens berücksichtigt. Zur Bestimmung der Wandverluste muß eine große Anzahl von Punkten der Ofenwand abgetastet werden. Zuerst wurden an einer normalen Wanne etwa 300 Punkte untersucht. Die Zahl wurde später vermindert mit dem Ergebnis, daß eine Messung der Wandverluste zwei Tage in Anspruch nimmt. Die Bilanzen, die auf diese Weise aufgestellt wurden, lassen nach Angabe des Verfassers den Verbleib der Wärmemengen sehr genau und ohne große Restposten erkennen. Die Einflüsse der Ecken und Kanten wurden nicht nach dem HEILIGENSTAEDT-schen Verfahren berechnet, sondern geschätzt.

Sehr instruktiv ist ein graphisches Verfahren zur Darstellung der Zusammenhänge zwischen Wärmeübergang auf der Innen- und Außenseite des Ofens

und Wärmeleitung in der Wanne (s. Abbildung), welches von M. HEYMES angegeben wurde.



In der Darstellung sind die Wandverluste  $q$  in  $\text{kcal/m}^2\text{h}$  über der Temperatur aufgetragen. Die Kurven  $\Gamma$  und  $\Delta$  repräsentieren zugehörige Wandverluste auf der Außenseite bzw. der Innenseite der Wand. Die Konstruktion dieser Kurven hängt von den Wärmeübergangsverhältnissen ab. Leider wird außer einem Hinweis auf McCauley nichts darüber ausgesagt, wie der Wärmeübergang auf der Innenseite des Ofens gefunden wird.  $t_1$  ist die Temperatur der Innenseite,  $t_2$  die der Außenseite der Wand;  $t$  die Glasktemperatur an einer von Wandverlusten unabhängigen Stelle des Wannenbeckens. Das Rechteck zwischen  $t_1$ ,  $t_2$  und den beiden Kurven repräsentiert die Wärmeleitung in der Wand, und zwar ist  $t \alpha = \lambda/s$ , wobei  $\lambda$  die Wärmeleitfähigkeit und  $s$  die Dicke des benutzten Steines ist. Die Darstellung zeigt, wie bei einer Verminderung von  $\alpha$ , z.B. durch Steine niedrigerer Wärmeleitfähigkeit oder größerer Dicke, das Rechteck der Wandverluste niedriger wird, wie sich aber auch die Innen- und Außentemperaturen der Wand nach oben bzw. unten verschieben. Daraus kann abgeleitet werden, daß eine Wand so viel Wärme ableiten muß, daß die Temperatur der Innenseite ein gewisses zulässiges Maß nicht überschreitet. Auch die Wirksamkeit der Corhartsteine wird damit besser verständlich. Mit ihrer hohen Wärmeleitfähigkeit ergeben sie ein hohes und schmales Rechteck und damit verhältnismäßig niedrige Temperaturen an der Innenseite der Wand, allerdings auch hohe Außentemperaturen und entsprechende Wandverluste. Die Einwirkung der Wannenabkühlung läßt sich nach diesem System ebenfalls darstellen. Ihr Einfluß verschiebt die Kurve je nach der angewendeten Windgeschwindigkeit mehr oder weniger.

Zur Frage der Isolierung wird allgemeingültig ausgeführt, daß zum mindesten der Aufwand für Isoliersteine und Mehrabnutzung der heißgehenden Innenseite der isolierten Wand durch die erwartete Wärmeersparnis gedeckt werden muß. An eine Isolierung kann immer dann gedacht werden, wenn die Innentemperatur des Steines verhältnismäßig niedrig liegt.

Weiter behandelt die Arbeit die Glasströmungen. Es wird eine Übersicht über die bisher bekannten Arbeiten gegeben und das Zustandekommen der Strömungen aus den Temperaturunterschieden erläutert ebenso wie die strömungshemmende Wirkung von Durchlässen. Weiter wird gezeigt, aus wel-

chem Grunde die Höhe des Durchlasses wichtiger ist als dessen Breite; und schließlich wird versucht, die Strömungsgeschwindigkeit in offenen Wann Becken und in Durchlässen rechnerisch zu bestimmen. Der Rechnung liegen vereinfachende Annahmen zu Grunde, insbesondere konstante Temperatur und damit konstante Zähigkeit in einer Querschnittsebene. Die Glasströmungen sind verantwortlich für einen großen Teil des Wärmeverbrauches, da sie Glas hoher Temperatur in den Bereich niedriger Temperatur bringen, wo es seine Wärme abgibt und entscheidend zum Warmhalten der kältergehenden Ofenteile beiträgt. Aus Rücksicht auf die Qualität des Glases kann man auf die Strömungen nicht verzichten, denn sie wirken homogenisierend. Man wird die Strömungen z.B. mit Hilfe von Durchlässen um so mehr einschränken, je geringer die Qualitätsanforderungen sind. (Dabei ist zu berücksichtigen, daß Strömungen nicht der einzige Faktor sind, der die Qualität beeinflusst.) Einige weitere Verlustquellen sind sonntägliche Stillstandspausen oder das Anwärmen der Formen mit Glas bei Inbetriebnahme der Maschine. Beide Arten von Verlusten können aus praktischen Gründen schlecht vermieden werden.

Von entscheidender Bedeutung für die Wirtschaftlichkeit eines Ofens ist das Temperaturgefälle, das zwischen Flamme und Glasbad verfügbar ist. Es läßt sich unter Benutzung vereinfachender Maßnahmen ausrechnen, daß bei den üblichen Temperaturen nur etwa  $\frac{1}{3}$  der Badoberfläche mit Gemenge bedeckt sein darf, da die übrige Fläche benötigt wird, um genügend Wärme zur Deckung der Wandverluste des Beckens durchzulassen. Der Wert dieser Rechnung liegt nicht in ihren zahlenmäßigen Ergebnissen, sondern in der anschaulichen Darstellung der Bedeutung des freien Glasspiegels für die Wärmezufuhr an das Bad. Bei normalem Ofenbetrieb steht zwischen Gewölbe und Glasspiegel nur ein geringes Temperaturgefälle zur Verfügung. Man braucht also eine große Fläche, um die notwendige Wärme hindurchzuleiten. Es wäre mit einer wesentlich geringeren Fläche auszukommen, wenn man die Badtemperatur z.B. um  $200^{\circ}$  senken könnte. Unter vereinfachenden Annahmen läßt sich feststellen, daß eine Verminderung der Badtemperatur von  $1440$  auf  $1277^{\circ}$  eine Verkleinerung des freien Glasspiegels auf  $\frac{1}{5}$  gestattet. Entsprechend größer kann die mit Gemenge bedeckte Fläche sein. Diese Feststellung führt zur Empfehlung der elektrischen Läuterzellen<sup>1)</sup>. Wenn man die Läuterung aus dem Schmelzofen heraus in die Läuterzelle verlegen kann, wird es möglich, bei tieferer Badtemperatur zu schmelzen. Bei der niedrigeren Temperatur bekommt man einen überaus lebhaften Wärmeaustausch zwischen Flamme und Glasbad, der freie Glasspiegel braucht dann nur wesentlich kleiner zu sein und man kann einen größeren Teil der Fläche mit Gemenge bedecken und somit die Schmelzleistung erheblich steigern (sofern die Schmelzreaktionen tatsächlich bei niedrigerer Temperatur etwa ebenso schnell ablaufen wie bei höherer).

<sup>1)</sup> BOREL, E.V.: Die Praxis der elektrischen Glasschmelze. Glastechn.Ber. 23 (1950), S.213-219; vgl. HVG-Mitt.543.