

gläser zu stark erhitzen, die Durchsicht verschlechtert und die Aufnahmequalität vermindert werden. Bei zu starker Aufheizung der Schutzgläser kann sogar das empfindliche Objektiv des Periskops beschädigt werden.

Es ist deswegen von Nutzen, den Kühlluftmengenfluß mittels eines geeigneten Gerätes zu messen und zu überwachen und sich nicht nur auf den einmal als zum erforderlichen Kühlluftdurchfluß gehörig ermittelten reduzierten Druck am Druckminderventil zu verlassen. Es hat sich gezeigt, daß bei der Ausströmung der Kühlluft aus Flaschen die Armaturen am Druckminderventil u. U. vereisen. Wenn dadurch der Austrittsquerschnitt am Druckminderventil verengt wird, sinkt der Luftmengenstrom trotz gleichbleibender Druckanzeige am Druckminderer, so daß eine ausreichende Kühlung der Schutzgläser nicht mehr gewährleistet ist. Der einzustellende Druck am Druckminderer der Preßluftflasche richtet sich bei einer bestimmten Größe der ausströmenden Luftmenge nach den Abmessungen des Luftzuführungsschlauches und der Ausbildung der Luftanschlüsse. Zur einmaligen überschlägigen Bestimmung des notwendigen reduzierten Druckes ist der pro Zeiteinheit sich einstellende Abfall des Primärdruckes an der Preßluftflasche bei angeschlossenem Periskopkühler zu ermitteln. Ein Flattern des Ventilsitzes (Flattern der Druckanzeige) ist dabei zu vermeiden. Auf alle Fälle sicherer

für den Betrieb des Periskops ist jedoch die laufende Mengemessung der Kühlluft.

Ist der Primärdruck an der Preßluftflasche auf etwa 25 atü abgesunken, so muß der Druck an der Sekundärseite des Ventils laufend nachgeregelt (hochgeregelt) werden. Erfahrungsgemäß dauert es dann nur noch eine sehr kurze Zeit, bis der erforderliche Druck nicht mehr gehalten werden kann. In diesem Fall ist das Periskop sofort aus dem Ofen zu ziehen, um Beschädigungen der Optik zu vermeiden.

Die Füllung einer großen Preßluftflasche (40 l, etwa 150 atü) reicht gewöhnlich für eine Beobachtungszeit von 12 Minuten. Will man das Periskop ohne Unterbrechung länger im Ofen belassen, dann müssen mehrere Preßluftflaschen mittels einer geeigneten Armatur zu einer Batterie hintereinander geschaltet werden.

### 5. Zusammenfassung

Es wird über die Anpassung einer Kleinbildkamera und einer Filmkamera an das optische System eines Ofenperiskops berichtet, und es werden Empfehlungen für die Aufnahmetechnik gegeben. An Hand von Bildern werden Anwendungsmöglichkeiten beschrieben und die Leistungsfähigkeit des Gerätes belegt. Ein kurzer Abschnitt befaßt sich mit wichtigen Punkten bei der Handhabung des Periskops im Einsatz. (50236)

DK 666.1.031.391:666.342:666.11.019.23:666.11.019.245

## Die Bedeutung des Einbrennens von Glasschmelzhäfen auf die Glasqualität und Hafendanzzeit

Von DIETRICH STARZINSKY, Frankfurt (Main)

(Mitteilung aus der Hüttentechnischen Vereinigung der Deutschen Glasindustrie (HVG), Frankfurt (Main))

(Eingegangen am 21. Juli 1969)

Durch die wiederholt in Mundblashütten aufgetretenen Schwierigkeiten durch Steinchen und Schlieren im Glas bei der Hafendanzschmelze bestand für die HVG die Aufgabe, durch eingehende Untersuchungen die Ursachen dieser Störungen herauszufinden. Die Ergebnisse dieser Untersuchung wiesen eindeutig auf eine unsachgemäße Behandlung der Häfen beim Einsatz neuer Häfen hin. Bei der grundsätzlichen Bedeutung des Problems sollten die geschilderten Vorkommnisse zum Anlaß genommen werden, Richtlinien für die sachgemäße Behandlung der Häfen und mögliche Fehler zusammenfassend in einem fünf Punkte umfassenden Programm darzustellen.

In letzter Zeit sind wiederholt in Mundblashütten bei der Hafendanzschmelze von Blei- und Kaligläsern Schwierigkeiten durch Steinchen und Schlieren im Glas beobachtet worden.

Es bestand für die HVG die Aufgabe, die Herkunft der störenden Steinchen und Schlieren herauszufinden. Die vorgefundene Meinung, die Ursache des häufigen Auftretens der Steinchen ist in der fehlerhaften Einlege- und Schmelztechnik oder evtl. sogar in der Gemengezusammensetzung und den Rohstoffen zu suchen, konnte durch mikroskopische und chemische Untersuchungen der Fehlerproben im Labor widerlegt werden.

Diese Untersuchungen ließen vielmehr erkennen, daß die Steinchen aus einem tonerhaltigen Material stammen müssen. Der in den Fehlerproben festgestellte Tonerdegehalt von über 20%  $\text{Al}_2\text{O}_3$  sowie das Vorhandensein von dichtverfilzten Mullitnadeln und Tridymit in den größeren und einer netzartigen Nephelinstruktur in den kleineren Relikten wiesen auf eine starke Korrosion und Ablösung des Hafendanzmaterials hin.

Die Untersuchung der ausgetragenen Häfen bestätigte diese Ergebnisse. Bei einigen Häfen waren teilweise beulenartige Aufblähungen an der Innenseite der Hafendanzwandungen und bei fast allen Häfen eine starke Korrosion und Ribbildung, bevorzugt im Bodenbereich, zu erkennen.

Diese Fehlerquellen, die für die Häufung der Steinchenbildung verantwortlich sind und zu Tagesausschußquoten von nahezu 40% bei der Bleiglasschmelze führten, wiesen eindeutig auf eine unsachgemäße Behandlung der Häfen beim Tempern und Dichtbrennen hin. Durch sorgfältiges Behandeln und Dichtbrennen der Häfen gelang es, den Steinchenanfall stark zu reduzieren. Die Herkunft der Steinchen wurde somit richtig erkannt, und es gelang, durch entsprechende Maßnahmen die Fehler abzustellen. Bei der grundsätzlichen Bedeutung des Problems sollen die Vorkommnisse zum Anlaß genommen werden, die richtige Behandlung von Häfen und mögliche Fehler zusammenfassend darzustellen. Dies soll in dem nachfolgenden, fünf Punkte umfassenden Programm einer richtigen Behandlung der Häfen geschehen.

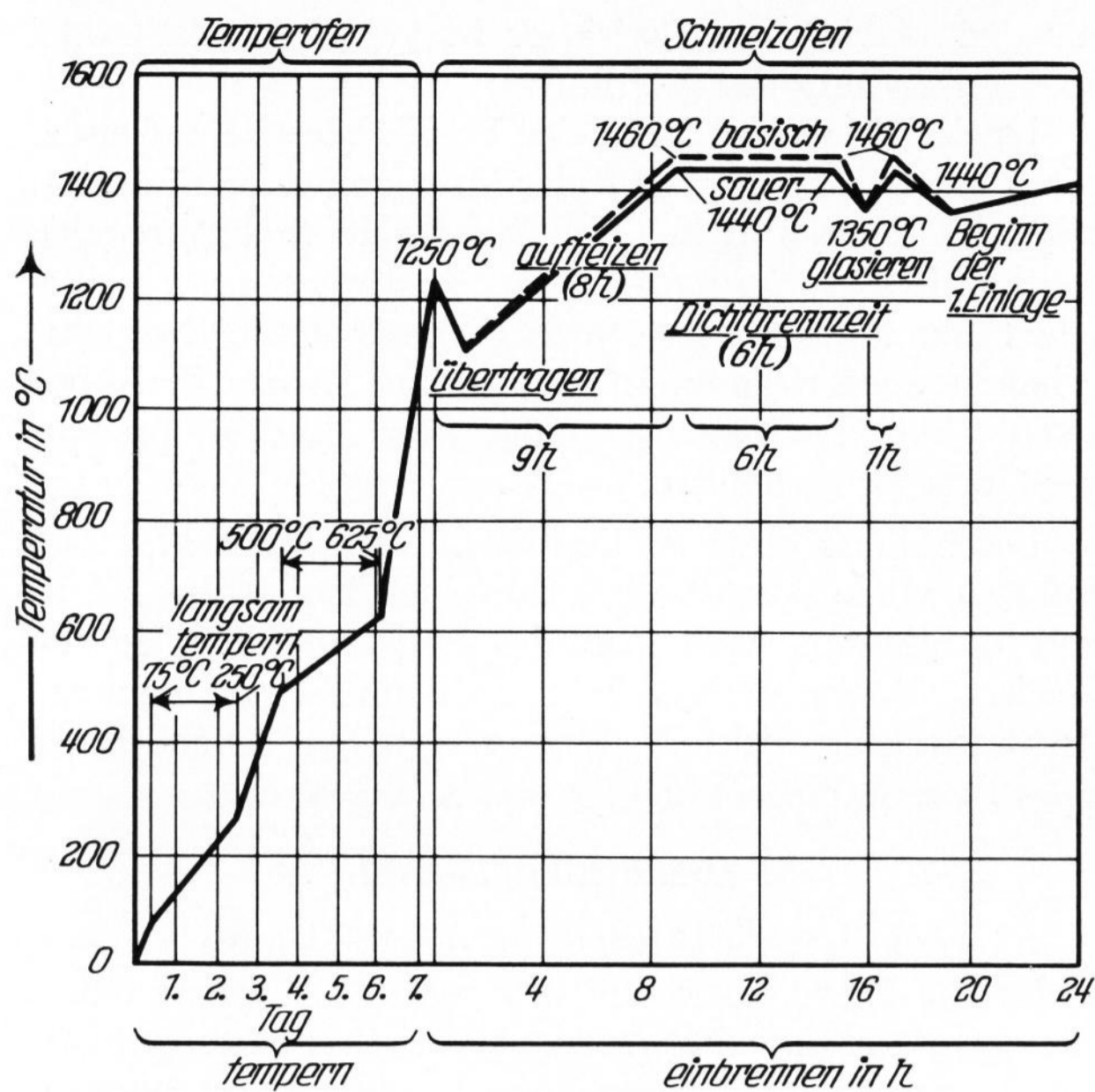


Bild 1. Temperaturverlauf während des Temperns und Dichtbrennens eines Hafens.

## 1. Richtlinien für die sachgemäße Behandlung neuer Häfen

### 1.1. Hafenvorbereitung

Um eine gleichlange Lebensdauer von Hafen und Ring zu erreichen, sollten beide zusammen getempert und dichtgebrannt werden.

Nach der Säuberung von Hafen und Ring durch Abkehren wird der Ring auf den Boden des Hafens entweder auf 4 bis 5 würfelförmige Schamotteklötzchen oder auf die gleiche Anzahl Häufchen aus grobem Quarzsand aufgelegt, um ein Anbacken während des Einbrennens zu vermeiden. Durch den Quarzsand, 200 g sind als ausreichend anzusehen, und die Schamottewürfel sind bei der späteren Schmelze keine Störungen zu erwarten, da sich der Quarzsand auflöst und die Klötzchen wie das gesamte andere Material dichtbrennen. Es können auch bereits dichtgebrannte Klötzchen zum Unterlegen des Ringes eingesetzt werden. Falls diese nicht am Hafenboden oder am Ring haften bleiben, können sie jederzeit aus der Schmelze entfernt werden, da sie auf Grund ihres gegenüber der Schmelze geringeren spezifischen Gewichtes aufschwimmen.

Die leider häufig angewandte Methode, das Anbacken der Ringe durch eingelegte Scherben zu verhindern, ist falsch. Durch diese Scherbeneinlage wird — nach deren Erweichen — der Hafenboden hermetisch abgedeckt. Ein Austreten der Restfeuchte und des Kristallwassers aus dem Hafenmaterial wird behindert und weiterhin durch die isolierende Wirkung der geschmolzenen Scherben die Wärmezufuhr zum Hafenboden gehemmt und das Dichtbrennen mit den notwendigen Umwandlungen im Schamottmaterial des Hafens verzögert und behindert. Die Folge ist ein gegenüber der korrodierenden Wirkung der Schmelze nicht ausreichend resistenter Hafenboden.

Die richtige Hafenvorbereitung und ein sorgfältig geführter Temperprozeß sind mit die wichtigsten Voraussetzungen für eine lange Lebensdauer der Glas-

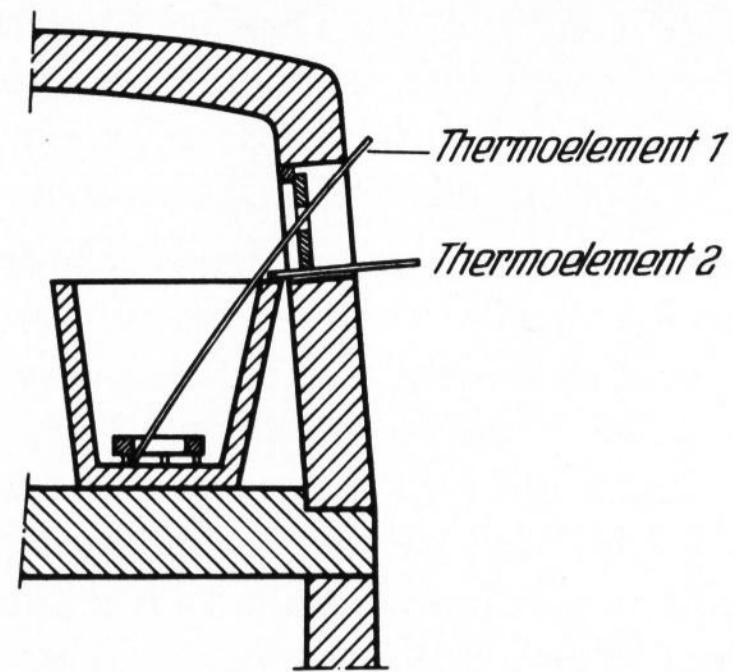


Bild 2. Temperaturmessung an einem Hafen während des Dichtbrennens.

schmelzhäfen und die Qualität des in ihnen erschmolzenen Glases.

### 1.2. Tempern der Häfen

Die Temperzeit beträgt im allgemeinen eine Woche. Beim Auftempern der Häfen sind zwei wichtige Temperaturspannen zu beachten (Bild 1).

Infolge der starken Wärmeausdehnung der Hafennasse, die durch die  $\beta$ - $\alpha$ -Cristobaliumwandlung zwischen 75 und 250 °C und die  $\beta$ - $\alpha$ -Quarzumwandlung zwischen 500 und 700 °C hervorgerufen wird, sind diese Temperaturspannen sehr langsam zu durchfahren, um ein Reißen der Häfen zu verhindern und eine ausreichende Umwandlung des Hafenmaterials zu erzielen.

Das Tempern sollte bis zu einer Temperatur von 1250 °C erfolgen. Der Hafen wird anschließend zügig und ohne große Erschütterung in den Schmelzofen übertragen. Dieser sollte zur Zeit des Übertragens vom Temperofen her mindestens 1100 °C haben. Der aufgesetzte Schmelz- und Temperofen sollte mit Überdruck gefahren werden, um ein Einziehen von Kaltluft und das damit verbundene Reißen des Hafens zu vermeiden. Die Erwärmung soll gleichmäßig geschehen, damit unzulässige Wärmespannungen vermieden werden.

Ein Reißen kann auch durch zu kalte, beim Übertragen und Hafensetzen anzulegende Werkzeuge verursacht werden.

Während des Temperns ist sorgfältig auf eine oxydierende Flammenführung zu achten, da reduzierende Abgase zur schädlichen Kohlenstoffablagerung in der Hafennasse führen.

### 1.3. Dichtbrennen

Die leeren und getemperten Häfen werden, nachdem der Schmelzofen wieder zugesetzt und sorgfältig abgedichtet ist, innerhalb von 8 Stunden auf 1440 °C bei sauren bzw. 1460 °C bei basischen Qualitäten aufgeheizt. Diese am Hafenrand gemessenen Temperaturen sollten 6 bis 8 Stunden gehalten werden, damit die Häfen die erforderliche Dichte erhalten (s. Bild 1). Eine scheinbare Porosität des Hafenmaterials von < 20% muß erreicht werden, um eine ausreichende Resistenz gegenüber der Glasschmelze zu gewährleisten.

Wie beim vorhergehenden Tempern, so sollte auch beim Dichtbrennen an allen Hafenpartien annähernd die gleiche Temperatur herrschen. Dies ist durch konstruktiv bedingte Gegebenheiten bei der Flammen- und Abgasführung nicht immer einwandfrei zu erhalten. Leider

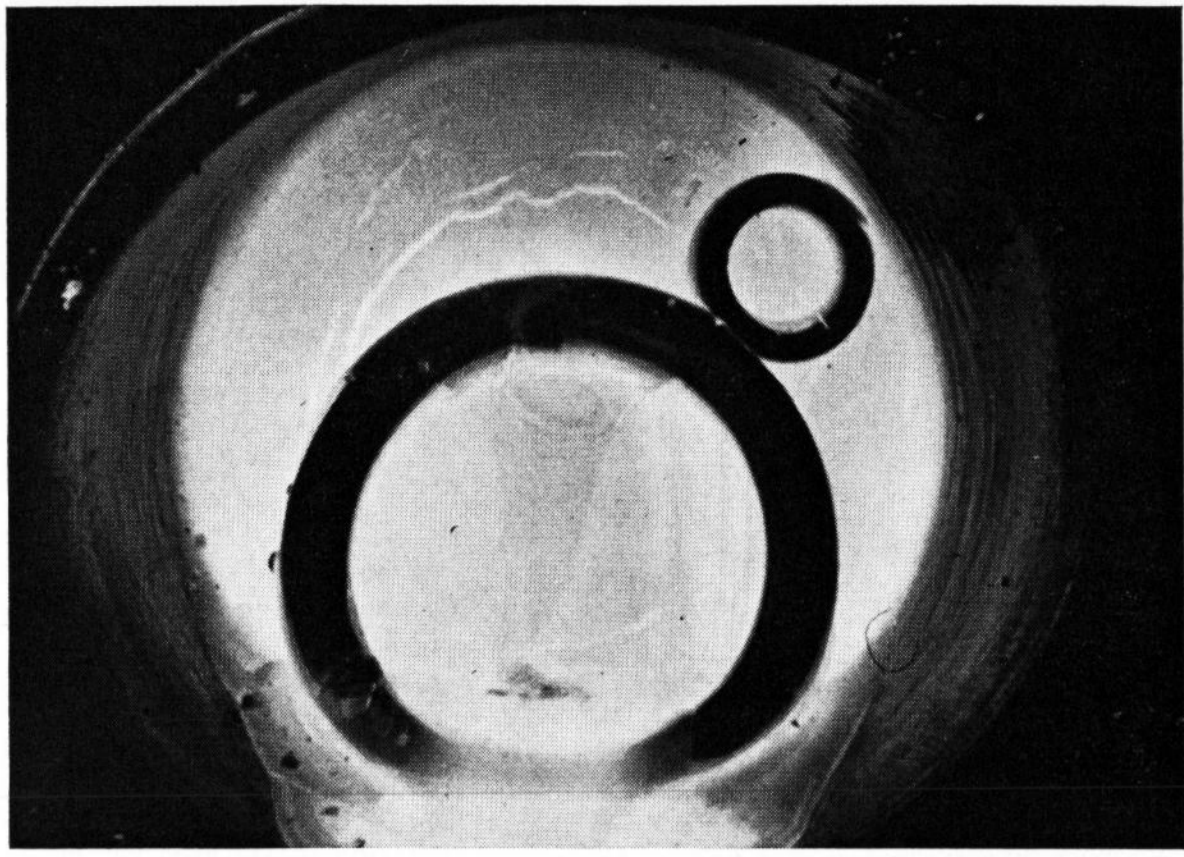


Bild 3. Blick in den ausgetragenen und noch heißen Hafen I.

werden bei der Ofenkonstruktion auf diese Punkte zu wenig geachtet.

Da das Hafensetzen nach dem Ausarbeiten durchgeführt wird, sind die Abgaskanäle und somit auch die Gesäßpartie des Schmelzofens sowie der gesamte Unterofen stark ausgekühlt. Dieser Umstand, der Einfluß eines kalten Unterofens auf die Zugverhältnisse und somit auch die Flammenführung sowie auf das Temperaturniveau im Oberofen, wird selten berücksichtigt.

Temperaturmessungen an neugesetzten Häfen beim Dichtbrennen zeigen eindeutig, daß Temperaturunterschiede zwischen dem oberen Hafenrand und dem Hafenboden bei einem kalten und heißen Unterofen bzw. Gesäß auftreten.

Entsprechende Messungen wurden an einem Ein-Hafen-Zellenofen durchgeführt. Die vom 1. Thermoelement am Hafenboden und vom 2. Thermoelement am Hafenrand sowie die vom Gewölbethermoelement ermittelten Temperaturen wurden auf einem Kompensationsschreiber registriert. Zusätzlich wurde von Zeit zu Zeit mit einem Pyropto die Hafenrandtemperatur überprüft (Bild 2).

Die Temperaturmessungen zeigten, daß bei einem kalten Unterofen — d. h. das Hochschüren für den Dichtbrennprozeß begann sofort nach der Ausarbeitungsperiode und dem Hafensetzen — ein Temperaturunterschied von 150 grd zwischen Hafenrand und Hafenboden bestand, der sich erst nach 10 bis 12 Stunden auf 20 bis 40 grd verringert hatte. Berücksichtigt man, daß der Dichtbrennprozeß 14 bis 16 Stunden dauert, erkennt man leicht, wie stark die Temperatur des Bodenbereiches hinter der oberen Hafenpartien nachhängt. Die vorgesehene Temperaturkurve, die die Abhängigkeit von Temperatur und Zeit beim Dichtbrennen berücksichtigt, wird also nicht erreicht. Im anderen Fall, bei dem der Dichtbrennprozeß erst am darauffolgenden Tag, d. h. 15 Stunden nach dem Hafensetzen, begann, konnten wesentlich günstigere Temperaturen ermittelt werden. Während der Zeitspanne von 15 Stunden wurde der Schmelzofen auf einer konstanten Temperatur von 1250 °C gehalten. Beim anschließenden Dichtbrennen stellte sich nahezu von Anfang an ein Temperaturunterschied von nur 20 grd zwischen Hafenboden und -rand ein.

Die in beiden Fällen ermittelte Temperaturdifferenz von 20 bis 30 grd zwischen Hafenrand und Gewölbe

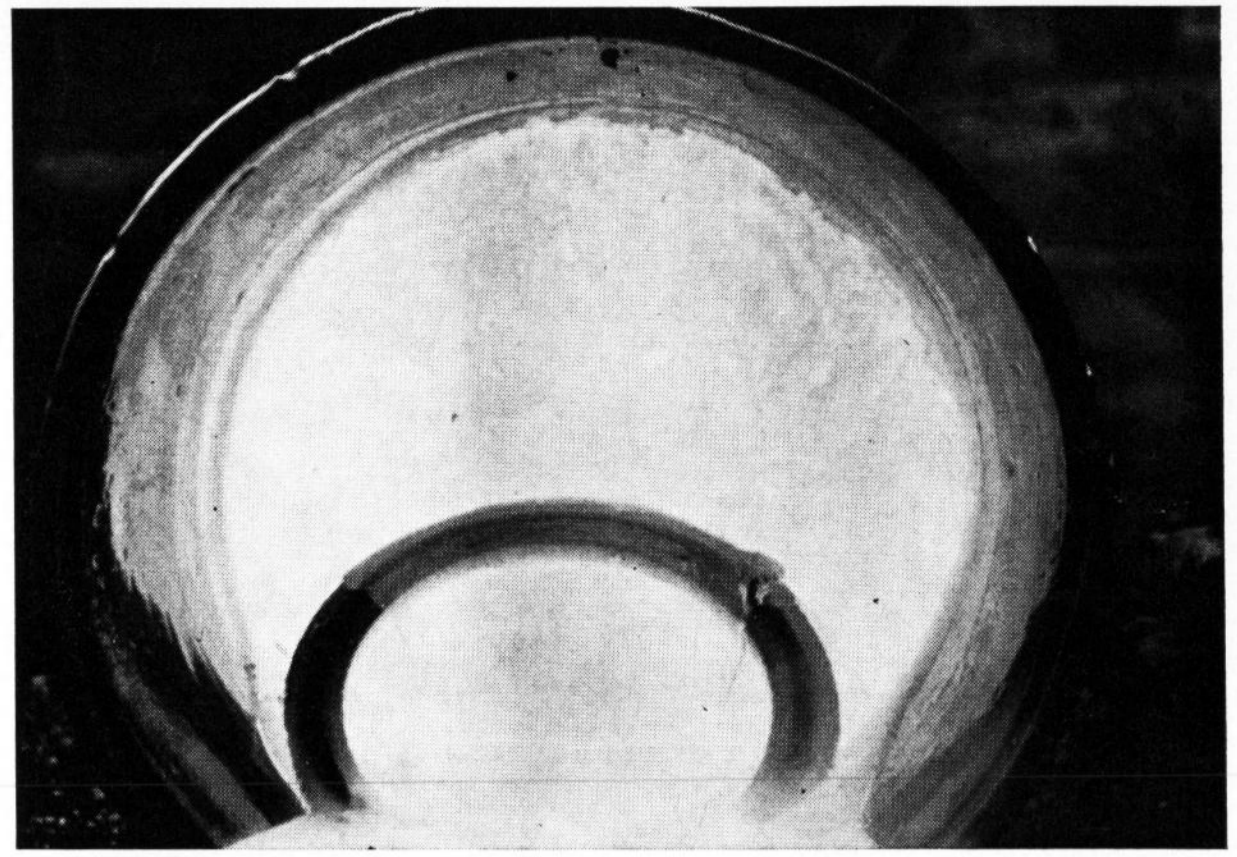


Bild 4. Blick in den ausgetragenen und noch heißen Hafen II.

zeigt weiterhin, wie wichtig es ist, die für das Dichtbrennen vorzugebende Temperatur nicht einfach nach der mit dem Gewölbeelement gemessenen Temperatur einzustellen. Eine Kontrolle der Hafentemperatur mit dem Pyropto ist in jedem Fall sinnvoll.

Diese beiden, beim Dichtbrennen unterschiedlichen Temperaturverhältnissen ausgesetzten Häfen wiesen deutliche Unterschiede in Korrosion, Standzeit und Qualität der in ihnen erschmolzenen Gläser gleicher Zusammensetzung auf.

Während beim schlecht vorgebrannten Hafen I der Boden starke Auswaschungen und tiefe kreisförmige Risse aufwies; die Hafenwandung eine glatte und nur feinrissige Oberfläche zeigte (Bild 3), waren beim gut vorgebrannten Hafen II Risse und Auswaschungen stärkeren Ausmaßes weder am Boden noch an der Hafenwandung festzustellen (Bild 4).

Bei der visuellen Beurteilung der Hafenscherben beider Häfen zeigte sich ein erheblicher Unterschied in dem Erscheinungsbild der Bruchflächen von Hafenwand und Hafenboden.

Bei Hafen I lag die scheinbare Porosität der Wandung schätzungsweise unter 15%, die des Hafenbodens weit über 20% (s. Bild 5); bei Hafen II dagegen in allen Bereichen, auch im Boden, weit unter 20% (Bild 6).

Der durch das Auftreten von Steinchen stark erhöhte Ausschuß bei dem im Hafen I erschmolzenen Glas lag mit 18% um 10 bis 12% über dem bei Hafen II entstandenen. Berücksichtigt man zusätzlich, daß die bei Hafen II ermittelte Ausschußrate sich zum größten Teil aus Fehlern, hervorgerufen durch die Schmelztechnik, und zum verschwindend geringen Teil aus Fehlern, gebildet durch Steinchen, zusammensetzt, so erkennt man, wie groß die Abhängigkeit zwischen Porosität und Resistenz gegenüber der Glasschmelze einerseits und der Glasqualität andererseits ist. Diesen Zusammenhang beweisen auch die recht unterschiedlichen Standzeiten, die bei sauren Hafenqualitäten erzielt wurden. Während der Hafensatz, der den Anlaß zu dieser Untersuchung gab, und vermutlich noch schlechteren Bedingungen beim Dichtbrennen als Hafen I unterlag, nach 10 Wochen auf Grund immer schlechter werdender Glasqualität ersetzt werden mußte, konnte mit dem wie Hafen II behandelten Hafensatz eine Standzeit von 14 Wochen erzielt werden. Selbst zu diesem Zeitpunkt bestand immer noch eine einwandfreie Glasqualität. Die bisher festgestellte Grenze dürfte bei sauren Spezialqualitäten, in denen

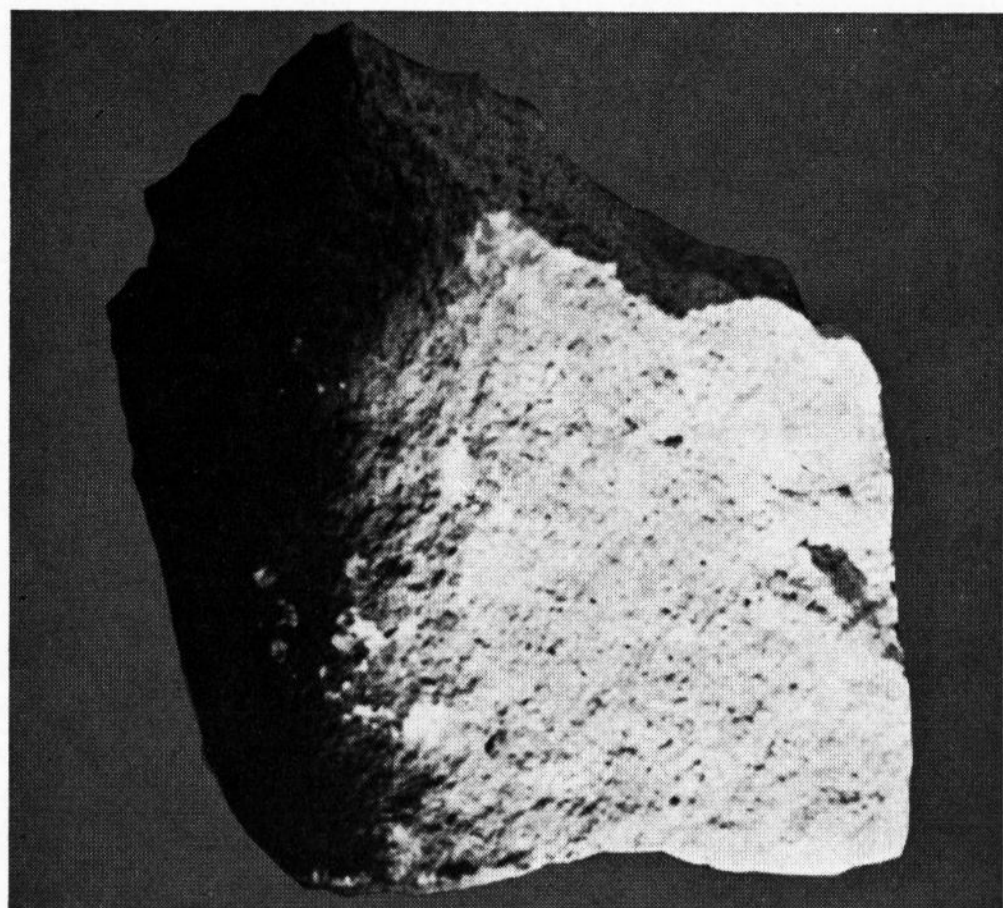


Bild 5. Scherben des Hafens I (Porosität etwa 20%).

Bleiglas mit 24% PbO erschmolzen wird, bei diesem Wert liegen, bei der Schmelze von Kristallgläsern werden fast 20 Wochen erreicht. Von ausschlaggebender Bedeutung für die Resistenz des feuerfesten Materials gegenüber der Schmelze, die erzielbaren Standzeiten der Häfen und der erreichbaren Glasqualität ist somit die sich beim Dichtbrennen einstellende Porosität im Hafenmaterial. Mit steigender Porosität nimmt die Resistenz gegenüber der korrodierenden Wirkung der Schmelze ab.

Der Einfluß der Ofenatmosphäre auf die Lebensdauer der Häfen ist ein weiterer Punkt, der ebenfalls beachtet werden sollte. Sowohl beim Tempern als auch beim Dichtbrennen ist eine reduzierende Ofenatmosphäre nach Möglichkeit zu vermeiden. Eine stark reduzierende Ofenatmosphäre hat in jedem Fall Kohlenstoffablagerungen im Hafenmaterial zur Folge, die nach einiger Zeit bei hohen Temperaturen zum Blähen des Hafens und besonders der Ringe führten (Bild 7).

Platzen diese beulenartige Partien auf, ist mit so empfindlichen Störungen durch Steinchenbildung zu rechnen, daß man fast immer gezwungen ist, den Hafen zu ersetzen.

#### 1.4. Glasieren

Ist das Dichtbrennen beendet, werden nach dem Abkühlen auf 1350 °C die Scherben für die Glasur eingelegt. Die kleingebrochenen Scherben sollten vorsichtig eingelegt werden, um durch Anschlagen der Scherben an die Hafenwand eine zu starke Abkühlung des feuer-

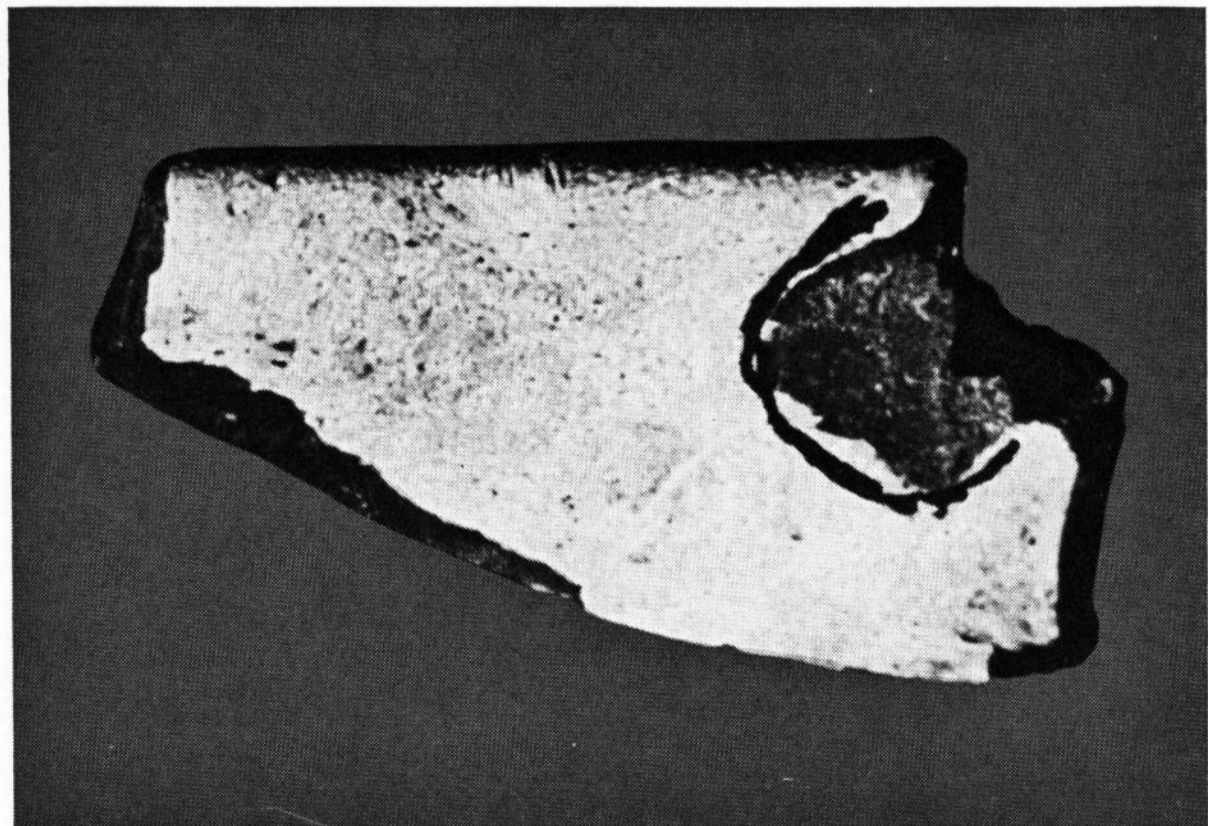


Bild 7. Aufgeplatzte Beule durch Kohlenstoffablagerung.

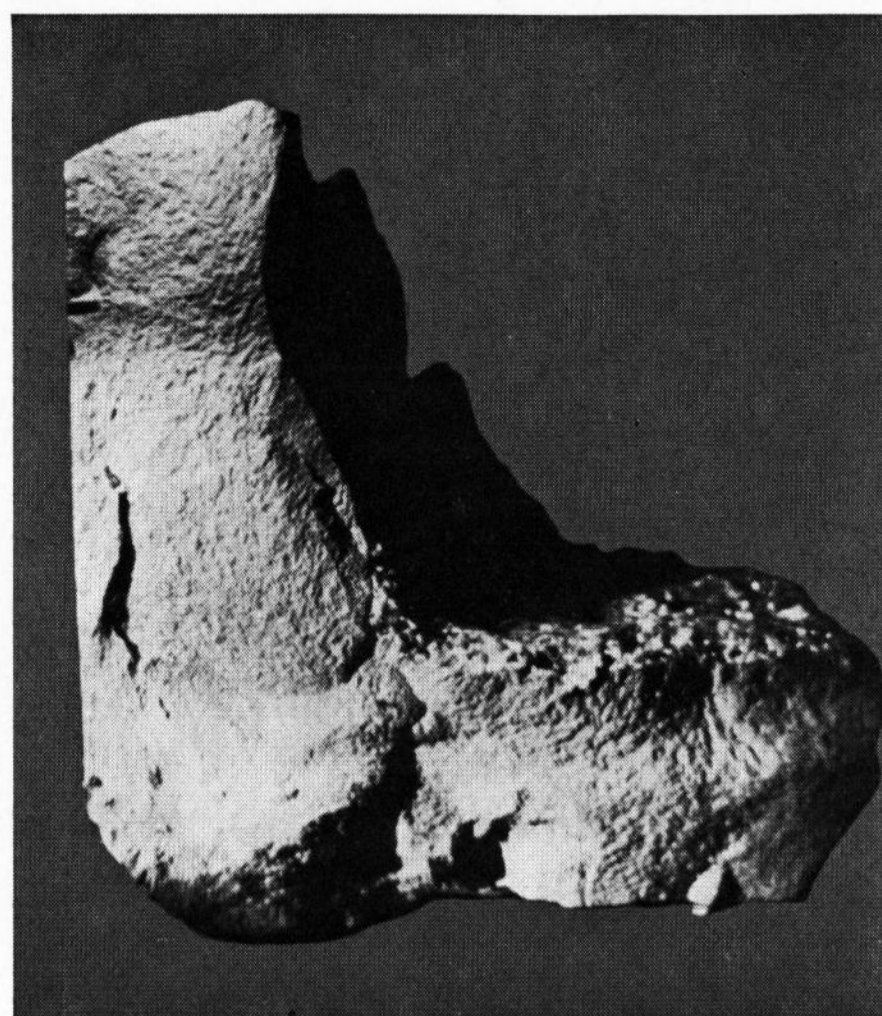


Bild 6. Scherben des Hafens II (Porosität &lt; 20%).

festen Materials zu vermeiden. Sind die Scherben geschmolzen, wird der Hafen zum Schutz gegen die Ofenatmosphäre innen und außen sorgfältig glasiert. Einen weiteren Schutz für das Hafenmaterial bietet die Glasur als isolierende Schicht einmal gegenüber der stark abkühlenden Wirkung des eingelegten kalten Gemenges, zum anderen gegenüber der kurzzeitigen Einwirkung heißer Flammenbereiche oder einströmender Kaltluft. Eine längere Einwirkung führt durch Überhitzen oder Abkühlung zum Reißen einzelner Partien des feuerfesten Materials der Häfen (Bild 8, Hafenrand).

#### 1.5. Schmelze

Bisher wurden nur die zu erwartenden Fehler aufgezeichnet bzw. eine Erklärung für die Steinchenbildung gegeben, die rein von der Vorbehandlung der Häfen abhängig sind. Es ist aber noch kurz auf die Behandlung des Hafens während der Schmelze hinzuweisen. Die bereits erwähnten Einflüsse der direkten Einwirkung von Flammen, Kaltluft und reduzierender Ofenatmosphäre auf den Hafen bestehen auch bei dem glasierten und zur Schmelze eingesetzten Hafen.

Die abschreckende Wirkung der verhältnismäßig kalten Scherben- und Gemengeeinlage auf den Hafen ist ein weiterer Punkt, der bei Häfen berücksichtigt werden muß (Bild 8, Hafenwand).

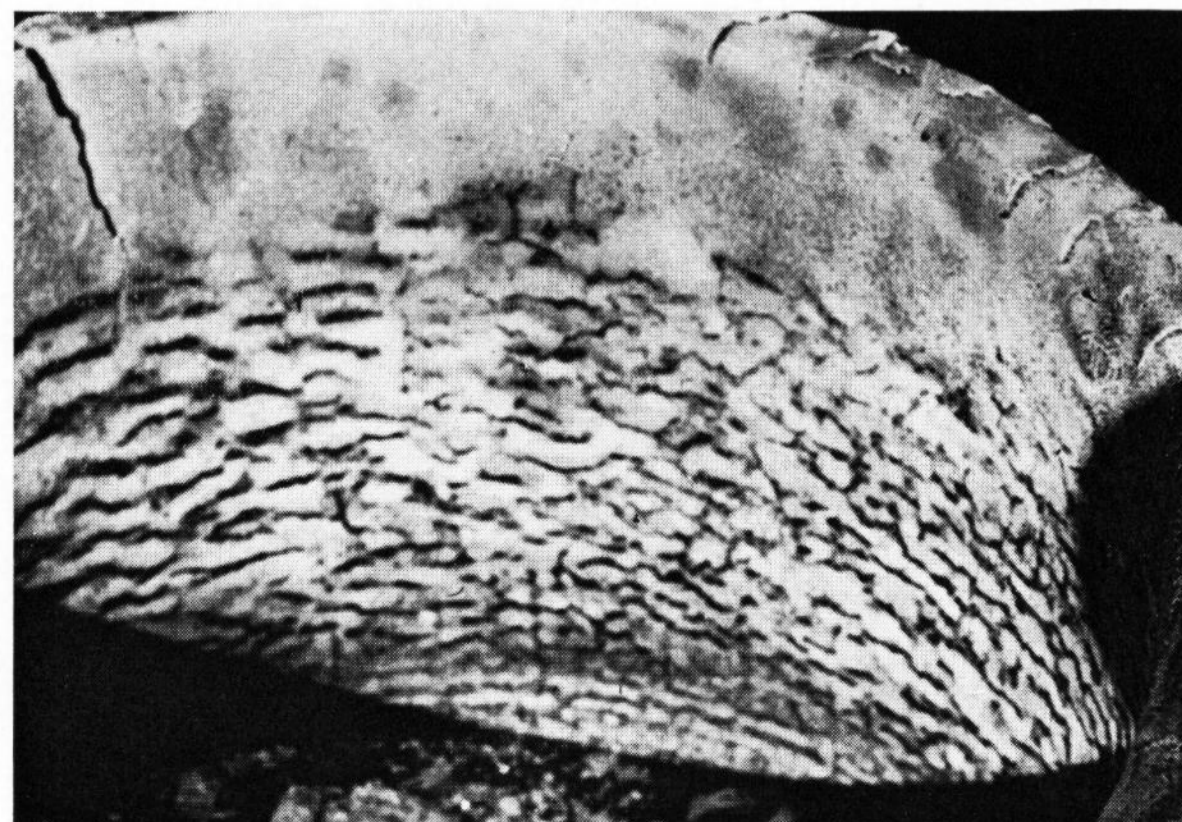


Bild 8. Risse und Sprünge an Hafenwand und -rand.

Werden die Scherben und das Gemenge von Hand eingelegt — wie es heute noch fast ausschließlich gehandhabt wird, nur in wenigen Fällen werden bereits fahrbare Behälter mit Einfüllrohren eingesetzt —, so ist darauf zu achten, daß sie locker von der Einlegeschaufel abrutschend über den eingelegten Kegel rieseln. Durch schwungvolles Einlegen, wie dies manchmal üblich ist, kommen Scherben und Gemenge schlagartig dicht mit der heißen Hafewandung in Berührung. Die Folge sind kleine Risse in der schützenden Glasur und Hafewandung, welche die Widerstandsfähigkeit des feuerfesten Materials gegenüber der Glasschmelze vermindern.

## 2. Zusammenfassung

Zusammenfassend ergeben sich sechs wichtige Punkte für die richtige Behandlung der Häfen:

1. Die Häfen und Ringe sind vor dem Tempern durch Abkehren zu reinigen und auf evtl. vorhandene Risse und lokale Beschädigungen zu überprüfen. Schadhafte Stücke sind auszuscheiden.

2. Hafen und Ring sind zusammen aufzutempeln und einzubrennen. Der Ring soll auf dem Hafeboden auf Schamotteklötzchen oder Sandhäufchen aufgelegt werden. Das Auflegen auf Scherben ist für den späteren Einbrennvorgang nachteilig und damit zu unterlassen.

3. Beim Tempern der Häfen sind die vorgegebenen Temperaturprogramme sorgfältig einzuhalten. Reduzierende Atmosphäre muß vermieden werden. Ungleichmäßige Erwärmung und lokale Abkühlung durch einziehende Kaltluft ist zu vermeiden.

4. Nach dem Übersetzen der Häfen in den Schmelzofen beginnt das Dichtbrennen, ein für das spätere Verhalten des Hafens außerordentlich wichtiger Vorgang. Es ist darauf zu achten, daß besonders der Hafeboden genügend hochgebrannt wird. Die scheinbare Porosität des Hafematerials muß nach dem Brennen kleiner als 20% sein.

5. Das Glasieren der Hafenoberflächen nach dem Dichtbrennen hat die Aufgabe, die Hafemasse nach außen abzuschließen und damit nachteilige Einflüsse der Ofenatmosphäre auf den Hafen auszuschließen, daneben schützt die Glasur den Hafen bis zu einem gewissen Grad auch vor starker Abschreckung beim Einlegen von Scherben und Gemenge.

6. Scherben und Gemenge sind so einzulegen, daß sie vom Kegel langsam abrieselnd mit der Hafewandung in Berührung kommen. Ein Werfen gegen die Hafewandung ist zu vermeiden.

Werden diese Richtlinien nicht befolgt, muß bei unzureichender Hafenstandzeit mit einer schlechten Qualität der erschmolzenen Gläser gerechnet werden. (50 305)

DK 666.1.031.2:66.012.44:66.012.32:666.1.031.5:621.365.69

## Wärmetechnisches Verhalten von Glasschmelzwannenöfen

### Teil III: Einfluß elektrischer Zusatzbeheizung auf Schmelzleistungssteigerung und Wärmeverbrauch\*)

VON WOLFGANG TRIER UND HANS-JÖRG VOSS, Frankfurt (Main)

(Mitteilung aus der Hüttentechnischen Vereinigung der Deutschen Glasindustrie (HVG), Frankfurt (Main))

(Eingegangen am 4. August 1969)

In Teil I wurde über ein für gleichmäßige Brennstoffenergieverteilung entwickeltes mathematisches Modell für den Wannenofen berichtet. Teil II befaßte sich mit dem erweiterten Modell für unterschiedliche Brennstoffenergieverteilung in Schmelz- und Läuterzone der Wanne und veränderliches Verhältnis der prozentualen Abschmelzleistungen von der Ober- und Unterseite des Gemengeteppichs über die Flammenwärme. In Teil III wird das Rechenmodell dahingehend erweitert, daß der Einfluß elektrischer Zusatzbeheizung auf die damit erzielbare Mehrschmelze und deren spezifischen Wärmeverbrauch abgeschätzt werden kann.

Der Versuch, an Hand von Betriebsbeobachtungen die Zusammenhänge zwischen dem wärmetechnischen Verhalten eines Glasschmelzwannenofens und den Änderungen der Betriebskenngrößen zu ermitteln, wird dadurch erschwert, daß man bei diesem Vorgehen stets die gleichzeitigen Auswirkungen mehrerer Einflußfaktoren beobachtet, die untereinander vielfältig verflochten sind. Auch die Meßverfahren zum Erkennen der Einflußfaktoren sind meist zu ungenau, zum Teil auch nicht eindeutig (Temperaturen). Hierin liegt eine besondere Gefahr bei der rein empirischen Ermittlung von Zusammenhängen dieser Art. Auch bei der statistischen Auswertung gleichartiger Betriebsdaten von verschiedenen Wannenanlagen mit Hilfe einer Korrelationsrechnung liegen der Berechnung meist Daten zugrunde, die aus einer in den Einzelwerten nicht genau fixierbaren Reihe von Einflußparametern hervorgegangen sind. Es werden dabei zwar Betriebsdaten korreliert, die sich in der Praxis bei unterschiedlichen Belastungen der Wanne(n) als günstig erwiesen haben; die betrieblichen Maßnahmen, die zu diesen Daten geführt haben, müssen bei den verglichenen Wannen jedoch nicht übereinstimmen.

Insofern spielen meist mehr Einflüsse eine Rolle, als bei einer Korrelationsanalyse erfaßt werden.

In das Rechenmodell wurden die verschiedenen Einflußparameter einzeln aufgenommen, so daß die Möglichkeit besteht, die Einflüsse einer Veränderung der Parameter auf das wärmetechnische Verhalten einer Glasschmelzwanne einzeln abzuschätzen. Die Reaktion einer Schmelzwanne beim Überwechseln auf einen neuen Betriebspunkt kann somit aufgeschlüsselt dargestellt werden. Die Schwäche eines Rechenmodells liegt in der Notwendigkeit, vereinfachende Annahmen treffen zu müssen, um den Rechenaufwand in Grenzen zu halten und um eine möglichst große Übersichtlichkeit zu wahren. Auf der anderen Seite kann das Zusammenspiel der im Rechenmodell erfaßten Größen im Rahmen der gewählten Verknüpfungen genau bestimmt werden. Stimmen die Aussagen des Rechenmodells mit praktischen

\*) Teil I: Glastechn. Ber. 41 (1968) Nr. 6, S. 217—229. Teil II: Einfluß der Brennstoffverteilung auf den Wärmeverbrauch. Glastechn. Ber. 41 (1968) Nr. 12, S. 552—556.

Die Numerierung von Gleichungen und Bildern wird fortlaufend zu Teil I und II vorgenommen.