

## Deutsche Glastechnische Gesellschaft.

### 7. Glastechnische Tagung.

Weimar, 19.—20. Mai 1927.

Dr. H. Fischer, Ilmenau: „Die Entwicklung der Thermometerindustrie in Thüringen“.

Die Thermometerindustrie bildet einen Zweig der thüringischen Lampenglasbläserei. Die Verarbeitung vor der Lampe wurde erst möglich durch die besondere Qualität des in Thüringen hergestellten Glases. Das Glas wird rasch weich, die Oberfläche bleibt klar und wird nicht matt. Diese Eigenschaften sind auf die Verwendung des in Thüringen vorkommenden Sandes mit einem Tonerdegehalt von 3—5 % zurückzuführen. Der Tonerdegehalt erteilt dem Glas die Eigenschaften, lange an der Oberfläche blank zu bleiben und im wiedererweichten Zustande nicht zu entglasen. Der Reichtum an alkalischen Flußmitteln bewirkte den niedrigen Erweichungspunkt des Glases. Als Ursprungsort der Lampenglasbläserei kann Lauscha betrachtet werden; es wurden dort hauptsächlich Glasperlen und Schmucksachen angefertigt; Anfang des 19. Jahrhunderts kam die Lampenglasbläserei auch nach Stützerbach. Um das Jahr 1830 hat Greiner die Herstellung von Thermometern aufgenommen. Die Herstellung von Thermometern stand rein handwerklich schon in der Anfangszeit auf einer recht hohen Stufe, doch waren die Hilfsmittel dazu, an unseren heutigen Verhältnissen gemessen, noch primitiv. Dies gilt sowohl für die Gebläselampen, die sonstigen Nebenapparate zur Thermometerherstellung und auch für das Glas selbst. Das gewöhnliche Glas zeigt thermische Nachwirkungen, es nimmt nach der Erhitzung und Wiederabkühlung nicht mehr das ursprüngliche Volumen ein, sondern ein größeres, der ursprüngliche Zustand stellt sich erst nach sehr langer Zeit wieder ein. Die Folge davon ist eine Depression des Eispunktes und Erhöhung des Siedepunktes. Man sucht diese Fehler durch verschiedene Annahmen zu erklären, z. B. daß eine geringe Menge Luft im Quecksilber die Störung verursacht, oder daß eine Kristallisation der Gläser eintrete. Das bis dahin verwendete Kalinatronglas wurde im Jahre 1850 erstmalig von der Firma Friedrichs durch ein reines Natronglas ersetzt, jedoch ohne daß man sich seines Hauptvorzuges, der geringen thermischen Nachwirkungen, bewußt war. Man ging deshalb wieder zu Gläsern, welche beide Alkalien enthielten, über, und die dadurch bedingte Verschlechterung der Qualität der Thermometer gab den Anlaß zu systematischen Untersuchungen der damaligen Kaiserlichen Normal-Aichungskommission in Gemeinschaft mit dem Glastechnischen Laboratorium in Jena. Der Erfolg dieser Arbeiten bestand in der Feststellung der Tatsache, daß Gläser, die nur ein Alkali enthalten, Thermometer liefern, die nur geringe Depression des Eispunktes und späteres Ansteigen desselben zeigen. Die Firma Schott & Gen. in Jena stellte als erste seit 1885 ein derartiges sogenanntes Normalglas, welches den Namen 16 III führt, her. Der Aufforderung von Regierungsseite, ebenfalls solche Gläser herzustellen, folgte dann 1886 auch noch die Firma Greiner & Friedrichs, Stützerbach. Seit 1914 werden vom Glaswerk Gust. Fischer, und seit 1926 auch von der Glasfabrik Sophienhütte, Ilmenau, amtlich zugelassene Normalgläser hergestellt. Die Herstellung hochgradiger Thermometer wurde durch eine Reihe in Jena geschmolzener Spezialgläser ermöglicht. Aus dem unhandlichen und leicht zerbrechlichen Einschlußthermometer, bei welchem nur die Skala, nicht aber die Kapillare mit dem Quecksilberfaden eingeschlossen war, bildeten sich allmählich die heutigen schlanken Formen der Einschlußthermometer heraus. Die seit 1860 in größeren Mengen hergestellten Fieberthermometer enthielten zunächst die sogenannte Trompeten-Maximum-Vorrichtung, dann die Stift-Maximum-Vorrichtung. Die seit Anfang der 70er Jahre hergestellten, sogenannten englischen prismatischen Fieberthermometer werden jetzt mit der Hickschen Maximum-Vorrichtung versehen. Daneben werden noch heute Thermometertypen hergestellt, die seit einem halben Jahrhundert keine nennenswerte Aenderung erfahren haben. Seit dem Jahre 1889 sind staatliche Prüfmäster eingerichtet worden, bei denen die Thermometer zur Nachprüfung eingereicht werden können. So prüft die physikalisch-technische Reichsanstalt in Berlin die Thermometer aus dem

Reich, die staatlichen Prüfmäster in Ilmenau und Gehlberg die Thermometer aus Thüringen. Die Prüfungsvorschriften wurden mehrfach verschärft, um die Qualität der thüringischen Thermometer zu heben und die Industrie dadurch im Ausland wettbewerbsfähig zu erhalten. Für Fieberthermometer besteht seit dem 7. August 1921 Prüfungszwang. An statistischen Angaben zeigt der Vortragende die Zunahme in der Herstellung der Thermometer und den Einfluß der Prüfungsvorschriften auf die Qualität, die sich in der Zahl der zurückgewiesenen Thermometer ausdrückt. Die steigenden Zahlen der jährlich hergestellten Thermometer, soweit dies aus statistischen Unterlagen hervorgeht, lassen die Hoffnung auf eine weitere günstige Entwicklung der thüringischen Thermometerindustrie zu.

Dozent Dr.-Ing. H. Salmang, Aachen: „Die Gase im Glas“. (Vorläufige Mitteilung).

Die experimentellen Untersuchungen, auf die sich die Ausführungen des Vortr. stützen, sind in der Silikatabteilung des Instituts für Eisenhüttenkunde an der Technischen Hochschule in Aachen durchgeführt worden. Es sind einige Kalk-Natron-Gläser auf ihren Gasgehalt untersucht worden, wobei die Erfahrungen herangezogen wurden, die in der Metallkunde bei der Extraktion von Gas aus Metallen und bei der Lunkerbildung in Metallen gesammelt worden waren. Die Gasentwicklung beim Einschmelzen eines an sich klaren Glases und beim Läutern der Glasschmelzen im Industrieofen wurde bisher so gedeutet, daß bei hohen Temperaturen ausgetriebene Gase im Glas gelöst waren. Zunächst war der Nachweis zu erbringen, daß Gase im Glas überhaupt enthalten sind. Der Vortr. verweist hier auf die Arbeiten von Washburn. Bei den Versuchen in Aachen ging man nicht von den reinen Oxiden aus, sondern nahm statt Natriumoxyd Soda, statt Calciumoxyd Kalk und führte Boroxyd in Form von Borax oder Borsäure ein; beim Erhitzen spalten sich dann die Gase Kohlensäure, Wasserdampf und Schwefeldioxyd ab. Diese Gase wurden gemessen. Die Apparatur wurde so gewählt, daß in einem gedichteten Rohr ein Platintiegel auf etwa 1400° erhitzt werden konnte; die durch das etwa  $\frac{1}{1000}$  mm Quecksilber betragende Vakuum abgesaugten Gase wurden durch Phosphorpentoxyd von Wasserdampf, durch Kühlung mit flüssiger Luft von sauren Gasen ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ) und durch Verbrennung mit reinem Wasserstoff von Sauerstoff befreit. Die Druckzunahme nach Entfernung der flüssigen Luft ergab das Volumen der sauren Gase, die durch den gewöhnlichen Analysengang auf Schwefeldioxyd untersucht werden konnten. Die Schmelze konnte unmittelbar beobachtet und auch die geringste Gasentwicklung verfolgt werden. Es zeigte sich, daß sich bei der Entgasung eines Soda-Kalk-Glases auch bei anhaltendem Erhitzen auf 1400° nicht alles Gas austreiben ließ; vielmehr stellte sich bei jeder Temperatur ein Gleichgewicht ein, das bei Temperatursteigerung unter starker Gasentwicklung gestört wurde, um sich wieder neu einzustellen. Aus der selbst bei 1400° noch entwickelten Gasmenge konnte geschlossen werden, daß die Entwicklung erst bei extrem hohen Temperaturen abgeschlossen sein dürfte. Die Gase hatten je nach der Temperatur das ein- bis zweifache Volumen der entgasen Glasmenge und bestanden zu etwa  $\frac{1}{4}$  aus Kohlendioxyd, aus Sauerstoff und etwas Stickstoff. Ein Sulfat-Kalk-Glas verhielt sich insofern anders, als die Erscheinungen bei der Entgasung viel stürmischer verliefen, die Gleichgewichte bei Steigerung der Temperatur sich schärfer einstellten und zum größten Teil Schwefeldioxyd und Sauerstoff entbunden wurden. Die Mengen an beiden Gasen standen ungefähr im Verhältnis 1 Schwefeldioxyd :  $\frac{1}{2}$  Sauerstoff. Dieses Verhältnis der beiden Gase und die starke Schaumbildung bei ihrer Entstehung ließen sich folgendermaßen erklären: Die Gase sind wahrscheinlich nicht im Glase gelöst, sondern werden bei der Erhitzung im Vakuum erst durch Zerfall von gewissen Glasbestandteilen gebildet. Als solche kommen in diesem Falle Natrium- und Kalkcarbonate und Natriumsulfat in Frage. Die Gegenwart von letzteren Sulfatgläsern ist ja auch durch deren Gehalt an  $\text{SO}_3$ , der bis zu 1 % betragen kann, wahrscheinlich gemacht. Diese Salze sind selbst bei diesen Temperaturen und Drucken und bei Überschuß an Kieselsäure nicht völlig zersetzt, was durch Probeschmelzen von Sulfat und von Sulfat und Kieselsäure bewiesen werden konnte. Beim Zerfall des Sulfats entweicht Schwefeldioxyd, das unter den Versuchsbedingungen in

Schwefeldioxyd und Sauerstoff zerfallen muß. Die dadurch bedingte Volumvergrößerung ruft die verstärkte Schaumbildung hervor, die übrigens auch durch Unterschiede in der Viskosität gefördert sein mag. Das durch Zerfall des Sulfats oder Carbonats freigewordene  $\text{Na}_2\text{O}$  wird wahrscheinlich sofort an Kieselsäure gebunden. Die hier vorgetragene Hypothese, daß die Gase nicht im Glas gelöst, sondern nur in Form chemischer Verbindungen vorliegen und erst durch thermische Zersetzung derselben entbunden werden, mußte durch Lösungsversuche von Gasen in Glas geprüft werden. Zu diesem Zwecke wurden Proben von vollständig entgastem Sodakalkglas bei 1000–1400° unter Atmosphärendruck stundenlang mit Kohlendioxyd und Stickstoff in Berührung gelassen und dann schnell unter hohes Vakuum gebracht. In keinem Falle entwich eine einzige Gasblase, so daß die Unlöslichkeit der Gase im Glas damit bewiesen sein dürfte. Die Versuche werden an Gläsern anderer Zusammensetzung und anderen Silikat-schmelzen fortgesetzt.

Prof. Dr. W. Eitel, Berlin-Dahlem: „Das Sillimanit-Mullit-Problem“.

Das Sillimanit-Mullit-Problem ist eines der wichtigsten der Silikatchemie, das für die Glasindustrie besonderes Interesse hat und die Grundlagen berührt, auf welchen unsere feuerfeste Industrie beruht. In der Literatur der letzten Zeit ist besonders viel über die Mullitfrage geschrieben worden und insbesondere sind die Streitfragen natürlicher Sillimanit oder künstlicher Mullit erörtert worden. Nach den älteren Forschungen von Shepherd und Rankin zeigt das Diagramm von Kieselsäure und Tonerde nur eine Verbindung, die kongruent schmilzt. 1923 wurde diese Anschauung dahin berichtigt, daß auch eine Verbindung  $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$  auftritt, die inkongruentes Schmelzen aufweist. Dieses von Bowen und Greig aufgestellte Diagramm ist nach verschiedener Hinsicht auffallend. Der Punkt, der die Zusammensetzung des Sillimanits  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$  angibt, scheint keine theoretische Bedeutung zu haben, die Verbindung erscheint als Gemenge, das in Mullit und kieselsäurereiches Glas zerfällt. Eine merkwürdige Erscheinung ist die niedrige Lichtbrechung des Mullits. Zwischen Sillimanit und Mullit gibt es keinen isomorphen Übergang, wir kennen keinen Mischkristall zwischen diesen beiden Verbindungen. Das Kaiser-Wilhelm-Institut für Silikatforschung hat sich diesem Problem zugewandt. Definitive Resultate werden wahrscheinlich erst nach einigen Jahren gebracht werden können. Die Glasindustrie hat sich mit dem Problem auseinanderzusetzen, welche Kristallart sich in den Glaswannen bildet. Es entsteht eine papierdünne Haut, die größere Widerstandsfestigkeit als die feuerfesten Steine selbst besitzt. Untersucht man diese sich bildende Zwischenschicht, so findet man sie mit Mullitkristallen durchsetzt. Isoliert man die Kristalle und analysiert sie, dann zeigen sie sich tonerde-reicher als Sillimanit. Die Analyse ergibt einen Tonerdegehalt, der dem Mullit und nicht dem Sillimanit entspricht. In neuester Zeit ist man daher in der Glastechnik bestrebt, stark mullithaltige Wannensteinmassen herzustellen, welche sich in der Tat weitgehend bewährt haben. Besonders interessant ist ein in Amerika gemachter Versuch, Wannensteine direkt aus geschmolzenem Mullit zu gießen; derartige Steine sind naturgemäß durch ihre dichte Beschaffenheit besonders vorteilhaft, und die Lebensdauer der Steine ist daher eine relativ sehr bedeutende. Es bleibt allerdings abzuwarten, ob der hohe Preis solcher Mullitsteine nicht ihrer Verwendung im Wege stehen wird; für besonders beanspruchte Stellen im Wannenbetrieb werden sie sich aber zweifellos ausgezeichnet bewähren. Man erhält den Mullit nicht nur beim Zusammenschmelzen von Tonerde und Kieselsäure im elektrischen Ofen, sondern auch beim Erhitzen der in der Natur vorkommenden natürlichen Silikate Andalusit und Disthen auf 1500°, es tritt dann die Umwandlung in Mullit ein. Es ist auffallend, daß zwei Kristalle bei so verschiedener chemischer Zusammensetzung kristallographisch eine so große Ähnlichkeit zeigen. Es sind allerdings die röntgenographischen Untersuchungen nach Debye und Scherrer immer mit den gepulverten Kristallen durchgeführt worden, und der Vortr. ist der Ansicht, daß die Pulver-Diagrammethode bei so schwierigen Problemen versagen muß. Man kann daraus, daß die Interferenzkreise der

Pulverdiagramme bei Sillimanit und Mullit im wesentlichen miteinander übereinstimmen, weder behaupten, daß sie identisch sind, noch daß sie Unterschiede zeigen. Die Pulvermethode sagt nichts über die Anomalien im Kristallgefüge. Als Vortr. versuchte, Einkristalle nach der Röntgenmethode zu untersuchen, hat sich eine überraschende Analogie von Mullit und Sillimanit gezeigt. Gemeinsam mit Mark und Rosbaud hat der Vortragende die Drehkristallmethode angewandt und hierbei gefunden, daß die Schichtlinien-diagramme bis auf das kleinste übereinstimmen, aber es ist nicht gelungen, einen Mullitkristall zu finden, der keine Streustrahlung aufweist. Sillimanit und Mullit sind Phasen, die kristallographisch sehr ähnliche Gitter haben. Die Analogie der röntgenographisch ermittelten Feingefüge der chemisch verschieden zusammengesetzten Silikate Sillimanit  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$  und Mullit  $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$  erklärt sich durch die ausgesprochene Zerfallstendenz der endothermen Molekülverbindung, derzufolge bei Temperaturen in der Nähe des Schmelzpunktes eine kieselfäurereiche amorphe Phase (Glas) und eine sehr feindisperse kristalline Einlagerungsphase von Tonerde in Sillimanit entsteht, welche letztere sich analytisch als Mullit darstellt. In dem Gemenge spielen kleine Mengen von Verunreinigungen als positive oder negative Katalysatoren des mullitischen Zerfalls eine Rolle. Durch eine genaue Erforschung dieser Fragen, die zur Erklärung der veredelten mechanischen und chemischen Eigenschaften des Mullits gegenüber dem Sillimanit führen, werden wir die Mittel in die Hand bekommen, die letzten Probleme in den Wannensteinen zu klären.

Dr. E. Berger, Jena: „Beitrag zur Frage nach der Natur des Glaszustandes“.

Die 1880 aufgestellte Formulierung, wonach das Glas ein fester Körper von bestimmter chemischer Zusammensetzung ist, wurde dann insbesondere nach den Arbeiten von Schott zur Herstellung optischer Gläser erweitert. Der Vortragende verweist auf die Arbeiten von Tammann, wonach das Glas nicht als einheitlicher fester Körper aufzufassen ist, sondern als unterkühlte Flüssigkeit, die allmählich zäher wird bis zur Starrheit. Die Auffassung des Glases als unterkühlte amorphe zähe Lösung erfuhr durch die Arbeiten amerikanischer Forscher eine Änderung und Erweiterung. Die neueren Befunde führen zu der Vorstellung, daß Glas in Abhängigkeit von der Temperatur drei Zustände durchläuft, den des flüssigen, den des zähen und den des spröden Glases. Das Gebiet des zähen Glases wird begrenzt durch die obere „Aggregations-temperatur“ und durch die untere „Transformationstemperatur“. Dies wird näher erläutert an Hand der Untersuchungen über den Zähigkeitsverlauf und über die Änderungen einiger Eigenschaften beim Übergang vom spröden in zähes Glas. Der tiefere Grund für diese Zustandsänderung wird in der Tatsache erblickt, daß Glas leicht polymerisierbare Glasbildner enthält. Der Vortr. erläutert die dadurch bewirkte Änderung der Molekularstruktur in den drei Zuständen und erklärt verschiedene Eigentümlichkeiten, insbesondere auch die Abhängigkeit der Glaseigenschaften von der Vorgeschichte, d. h. von der mechanischen, thermischen und elektrischen Behandlung, die das Glas vor der Untersuchung erfahren hat; die Untersuchungen haben zu der Auffassung geführt, daß es in allen drei Zuständen ein Endgleichgewicht gibt. In allen drei Fällen haben wir es im wesentlichen mit amorphen Zuständen zu tun. Ob durch Dehnung wie bei Kautschuk oder Eiweiß Kristallation hervorgerufen werden kann, bleibt noch eine offene Frage. Zum Schluß gibt der Vortr. eine Übersicht über das erweiterte Gebiet des glasig-amorphen Zustandes und schlägt eine Unterteilung in irreversible und reversible, in organische und anorganische Gläser und in solche, die aus allotropen Elementen oder Verbindungen, und solche, die aus zusammengesetzten Lösungen entstehen, vor.

Dr. A. Klemm, Jena: „Untersuchungen über den Ausdehnungsverlauf beim Übergang vom amorph-festen in zähflüssiges Glas“.

Im Jenaer Glaswerk Schott & Gen. sind in der letzten Zeit einige experimentelle Arbeiten über den Ausdehnungsverlauf beim Übergang vom amorph-festen in zähflüssiges Glas durchgeführt worden. Die zur Bestimmung der Ausdehnung

des Glases verwandte Apparatur besteht aus einem elektrischen Ofen mit Meßvorrichtung. Nach ihrem Verhalten lassen sich die Ausdehnungskurven aller bisher untersuchten Gläser in vier Typen einteilen. Der einfachste Typ besteht aus zwei Graden mit einem Knick im Transformationspunkt, wobei dieser mit elektrisch gefundenen Anomaliepunkten übereinstimmt. Die Ausdehnung im zähen Glase ist hierbei ein Vielfaches derjenigen im spöden Zustand. Die anderen Typen sind insofern komplizierter, als hier auch im spröden Zustand noch Knicke auftreten. Unter besonderer Versuchsbedingung zeigt sich ferner auf den Ausdehnungsgraden im zähen Glas eine Unstetigkeitsstelle, die wahrscheinlich auf die Wirkung der Oberflächenspannung zurückzuführen ist. Weitere Untersuchungen beziehen sich auf die Abhängigkeit der Lage der verschiedenen, durch die Knicke oder Unstetigkeitsstellen charakterisierten Temperaturpunkte und der Neigung der Grade in den einzelnen Abschnitten von den Versuchsbedingungen, insbesondere Erhitzungsgeschwindigkeit, Dicke und Form der Probestücke und des auf ihnen lastenden Drucks. Die Neigungen im Transformationspunkt und die Unstetigkeit im Gebiet des zähen Glases sind praktisch unabhängig von den bezeichneten Versuchsbedingungen. Andererseits lassen sich Änderungen im Spannungszustand oder besser die Verschiebung der Gleichgewichtseinstellung eines Glases durch charakteristische Änderungen im Verlauf der Ausdehnungskurven quantitativ verfolgen. Die Abhängigkeit der geschilderten Ausdehnungsanomalien von der Glaszusammensetzung wird an der einfachen Reihe der Bleioxyd-Borsäure-Schmelzen untersucht. Auf Grund der Kurven, die durch Auftragen der Knickpunkttemperatur und der Neigungswerte der Ausdehnungsgrade entstehen, lassen sich für diese Reihe vier getrennte Mischungsgebiete unterscheiden, für die z. T. auch die mikroskopische Untersuchung der Schmelzprodukte charakteristische Unterschiede ergibt. Reine Borsäure erstarrt glasig, bei Zusatz von Blei erhält man eine getrübe Erstarrung, und zwar unterhalb 20,5 % Bleioxyd erhält man eine dichte Emaille, bis 30 % Bleizusatz eine feinkörnige Emaille und bei 42,5 % Bleizusatz poröse Gläser.

Dr. E. Berger, Jena: „*Physikalische und chemische Eigenschaften im Fünfstoff-System der Natron-Kali-Kalk-Alumosilikat-Schmelzen*“. (Glasgebiet.)

Die Glasforschung interessiert zunächst die Frage, welche Schmelzlösungen eine möglichst geringe Kristallisationsneigung besitzen, oder, positiv ausgedrückt, welche Glasigkeit zeigen, dann aber auch, welche Eigenschaften diese Gläser aufweisen. Im Jenaer Glaswerk Schott & Gen. sind langjährige Forschungen zur einheitlichen und vollständigen Untersuchung des Fünfstoffsystems der Natron-Kali-Kalk-Alumo-Silikat-Schmelzen durchgeführt worden. Der Vortragende beschreibt den verwandten Ofentyp, das Schmelzen, die Messung der Brechung, Dispersion, Dichte, Ausdehnung, Haltbarkeit usw. und berichtet über die Untersuchung der Glasigkeit. Hierbei werden als Beispiele für die vorkommenden Ausscheidungen glasig-durchsichtige Steinchen, wie sie sich in der geschmolzenen Borsäure vorfinden, und runde, durchsichtige Scheibchen, die den flüssigen Kristallen ähneln, angeführt. Als Resultat der Untersuchungen ergeben sich Arbeitspläne, auf denen durch Grenzkurven das Gebiet der glasigen von dem der teilweise glasigen, und dem der vollständig kristallisierten oder bis 1500° nicht darstellbaren Schmelzen abgetrennt ist, ferner Pläne mit Kurvenscharen gleicher Eigenschaftswerte. Sodann wird ein Überblick über die Eigenschaften und die Darstellung des vierdimensionalen Raumes gegeben und nachgewiesen, daß das vierdimensionale Arbeiten letzten Endes den Vorteil größter Wirtschaftlichkeit und Genauigkeit besitzt. Von großer Bedeutung ist dabei das „Durchkämmen“ der Resultate, wodurch es schließlich gelingt, die Grenzkurven und Eigenschaftsgleichen des vierdimensionalen Glaskörpers innerhalb einer Genauigkeit von etwa 1 % der Zusammensetzung festzulegen. Das Durchkämmverfahren wird eingehend beschrieben. Die so erzielten Resultate werden an Hand von Lichtbildern näher besprochen, und es wird gezeigt, daß in dem in der Überschrift angeführten System Brechung, Dichte und Ausdehnung sich nahezu additiv verhalten, Glasigkeit und Haltbarkeit dagegen nicht. Zum Schluß wird die Genauigkeit der Untersuchungen einer Kritik

unterzogen und es als nächste Aufgabe bezeichnet, an Hand der konstitutiven Eigenschaften einen Einblick in die Konstitution des Glaszustandes der Materie zu gewinnen.

Geh. Rat Dr. A. Wendler, Berlin: „*Das Spiegelglas-Gießverfahren nach Bicherox*“.

Einleitend gibt der Vortragende eine kurze Übersicht über die Entwicklung der Spiegelglasherstellung, die in Deutschland bis ins 13. Jahrhundert zurückreicht. Er weist auf die Schwierigkeiten hin, die bei der Herstellung des Spiegelglases auftreten und auf die sorgfältige Mängelprüfung, der das Material unterworfen wird. Die Abhängigkeit der Zähigkeit des Glases von der Temperatur ist eine Schwierigkeit, die berücksichtigt werden muß. Die wenige Zentimeter starke Glasmasse wird bei der Abkühlung einer intensiven Wärmeentziehung ausgesetzt und kommt in den Zustand der Zerbrechlichkeit. Die Rohglastafeln zur Herstellung von geschliffenem Spiegelglas kann man praktisch nicht wesentlich dünner walzen als 11 mm, da andernfalls bei der Verarbeitung eines Hafeninhalts der üblichen Größe der zuerst gewalzte Teil der Glastafel bereits zu kalt und von der Gefahr des Springens bedroht wird, ehe der zuletzt gewalzte Teil weit genug erstarrt ist, um die Glastafel in den Hafen einschieben zu können. Hiermit hängt es zusammen, daß dünnes geschliffenes Spiegelglas von 6 mm Stärke infolge der erforderlichen Schleifarbeit teurer wird als dickes. Hier setzen die Arbeiten von Bicherox ein. Die erste Lösung beruhte auf dem Gedanken, zur Überwindung der Schwierigkeiten eine dünner als üblich und mit entsprechend größerer Fläche ausgewalzte Glastafel in einem Zuge mit dem Auswalzen und in noch weichem Zustande in kleinere Abschnitte zu zerschneiden, die sogleich in je eine der längs des Walztisches aneinandergereihten Carcaisen eingeschoben wurden. Die Walzen müssen sehr stark belastet werden, um das Glas fein zu walzen, selbst bei 30 t Belastung gelingt es nicht, die Platten um 1 mm in der Dicke herabzudrücken, und es bestand die Gefahr der Kaltsprünge. Um die mit der Arbeit auf dem Walztisch unvermeidlichen Mängel zu beseitigen, nahm Bicherox seine durch den Krieg unterbrochenen Arbeiten wieder auf, indem er sich die kühne Aufgabe stellte, den Inhalt eines ganzen Glashafens in einem Zuge in ein Walzwerk auszugießen und zu verwalzen, ein Unternehmen, dessen Schwierigkeiten augenfällig werden angesichts des Umstandes, daß die heutigen Glashäfen der Spiegelglashütten etwa 1000 Liter Fassung haben und daß bei dem Auswalzen der entsprechenden Glaschargen zu 6,5 mm starkem Rohglas mehr als 75 qm Rohglas erhalten werden. Die Lösung dieser schwierigen Aufgabe wurde erreicht durch die Anordnung eines annähernd waagrecht angeordneten Aufgüßtisches vor dem Spalt der etwa 4 m langen Walzen, der nach dem Aufgießen der Glasmasse langsam emporgekippt wird, so daß die Glasmasse zwischen die Walzen einläuft. Sehr verbessert wurde der Apparat und namentlich die erhaltene Glasqualität durch einen neuartigen Gießkran, welcher den Glashafen, nicht wie bisher um eine wenig über die Bodenmitte liegende Achse, sondern um den oberen Rand zu kippen erlaubte, was ein viel ruhigeres Ausgießen der Glasmasse ermöglicht. Zur Aufnahme der aus dem Walzwerk austretenden Glastafel erwiesen sich die bei den kleinen Walzmaschinen zur Herstellung von Ornamentglas aus Chargen von etwa 20 Liter Glas üblichen Transporttische und Schamotteflächen als unbrauchbar. Es wurde daher den Walzen eine Riffelung und den Transporttischen eine quer zur ersten verlaufende Riffelung gegeben, so daß das geriffelte Glasband nur in den einzelnen Schnittpunkten der Glasriffeln mit den Tischriffeln die eiserne Unterlage berührt. Die Folge ist eine fast eben von „Hämmerung“ freie Oberfläche und das völlige Fehlen von Kaltsprünge. Der Fortschritt des Verfahrens ist höchst beachtenswert. Man erhält aus demselben Hafeninhalte die doppelte Fläche an Rohglas und hieraus das Spiegelglas ohne Erhöhung der Schleifarbeit, weil infolge der besseren Oberfläche und Planimetrie der Tafel nur eine etwa halb so starke Schicht zur Erzielung vollkommen ebener Oberflächen abgeschliffen zu werden braucht, als bei dem auf dem Walztisch hergestellten Rohglas. Die Schleifanlagen werden in ihrer Leistungsfähigkeit um 35 % erhöht. Das Verfahren von Bicherox hat in der Glastechnik großes Interesse gefunden, und nach dem Muster der ersten in Herzogenrath

erbauten Anlage sind auf dem Kontinent und in den Vereinigten Staaten weitere im Bau oder geplant. Ein Viertel der Weltindustrie an Spiegelglas wird von den Firmen hergestellt, die das Verfahren übernommen haben. Der Vortragende hebt zum Schluß hervor, daß, während sonst die meisten Fortschritte aus Amerika kommen, hier es der deutschen Glastechnik gelungen sei, einen großen Fortschritt zu verwirklichen, der seinen Weg aus der Alten Welt in die Neue Welt macht.

Dr. W. Friedrichs. Stützerbach: „Die selbsttätige Regulierung des Gasdruckes in der Glashütte“.

Die meisten Glashütten haben die alten Generatoren, die mit natürlichem Zug arbeiten und unwirtschaftlich sind. Durch Unterwindgeneratoren werden Vorteile erzielt, trotzdem stehen die Glashütten ihrer Verwendung noch skeptisch gegenüber, denn die zu erwartende Ersparnis wird nicht immer erreicht, dafür stellen sich erhebliche Nachteile ein. Der Gasbedarf wird durch die Stellung der Offenventile und den Gasdruck bedingt. In den Generatoren treten dauernde Druckschwankungen auf, eine Regulierung ist für einen sicheren Betrieb sehr wichtig. Gegen die registrierenden Apparate bestehen Bedenken. Den besten Erfolg erhält man durch Verwendung von automatischen Druckreglern, deren es eine Reihe gibt, die gut und zuverlässig arbeiten. Man hat bei den verschiedenen selbsttätigen Reglern zwei Sorten zu unterscheiden, 1. die einfachen Regler, die aus Membranen oder Glocken bestehen und die Energie der Druckscheinungen direkt zur Steuerung der Ventile benutzen und 2. diejenigen Regler, bei denen die Druckscheinungen nur zur Beeinflussung einer Steuerkraft benutzt werden, wie bei den Servomotorreglern. Zur Bewegung der in Frage kommenden schweren Ventile würden bei den geringen Druckschwankungen die Membran- und Glockenregler riesige Dimensionen annehmen müssen und zu träge arbeiten. Für die Regelung in der Glashütte kommen somit nur die Servomotorregler in Betracht. Für die theoretische Behandlung der Frage kommt es darauf an, ob die Regelgeschwindigkeit von der Größe der Druckschwankungen abhängig ist oder konstant ist. Die Theorie zeigt, daß die Regler mit nur einer Geschwindigkeitsstufe mehr eine Feinregulierung liefern, aber größere rasche Druckstöße schlechter kompensieren als diejenigen, deren Regelgeschwindigkeit eine stetige Funktion der Druckabweichung vom Sollstand ist. Letztere aber arbeiten an der Empfindlichkeitsgrenze zu langsam. Durch ein Vereinigen beider Systeme läßt sich dem Ideal näher kommen. Sehr wesentlich ist, daß nicht nur der Wind reguliert wird, sondern auch gleichzeitig der Zusatzdampf. Dies ist bei geeignetem Bau der Regelventile mit demselben Regler zu erreichen. Die Kohlenersparnis durch die Regulierung beträgt 10 %.

Zum Schluß fanden Lichtbildvorführungen statt über 1. Schleifmittel zur Glasbearbeitung, und 2. Werdegang des Zeiß-Punktalglases. Zum ersten Film gab B. Kleinschmidt, Düsseldorf-Reiðholz, einige Erläuterungen.

## Elektrotechnischer Verein E. V.

Berlin, 24. Mai 1927.

Vorsitzender: Direktor Dr. Köttgen.

Dr. Franz Skaupy, Berlin: „Der elektrische Lichtbogen zwischen Wolframelektroden und seine technische Anwendung“.

Vor etwa 30 Jahren ist die Kohle durch das temperaturbeständige Wolfram verdrängt worden, welches in vieler Beziehung dem Kohlenstoff überlegen ist. Es handelt sich bei den Unterschieden zwischen dem Wolfram- und Kohlelichtbogen um die elektrische Leitfähigkeit, die Wärmeleitfähigkeit, die Verdampfungsgeschwindigkeit und den Schmelzpunkt. Die erste Metalllichtbogenlampe von Gordon 1880 zeigt schon alle charakteristischen Merkmale der Metalllichtbogen. Die geringe Wärmeleitfähigkeit der Kohle gestattet einen großen Querschnitt, der auch bedingt wird durch die geringe elektrische Leitfähigkeit. Im Gegensatz hierzu gestattet bei Metallbogenlampen die gute elektrische Leitfähigkeit einen kleinen Querschnitt; ein großer Querschnitt ist auch infolge der guten Wärmeleitfähigkeit ausgeschlossen, weil sonst zu viel Wärme

abgeleitet würde. Der Schmelzpunkt ist die einzige Eigenschaft, in der der Kohlenstoff dem Wolfram überlegen ist, liegt er doch um etwa 400° höher. Der hohe Schmelzpunkt der Kohle gestattet es, die Elektroden auf höhere Temperatur zu bringen, wenn auch unter raschem Verzehren der Elektrode. Die höhere Temperatur erzeugt eine größere Leuchtdichte oder Flächenhelligkeit. Bei den Wolfram-bogenlampen kann man die Leuchtdichte nicht über 30 HK/qmm steigern, bei den Kohlebogenlampen kommt man auf 200 HK/qmm. Dieser Unterschied ist bei Projektionslampen sehr zu beachten. Trotzdem setzt sich in der Glühlampentechnik in den Wolfram-bogenlampen das Wolfram gegenüber dem Kohlenstoff durch, weil die Handhabung einfacher ist als bei den Kohlebogenlampen, weil kein Verzehren der Stifte und Nachschieben derselben erforderlich ist, auch brennt das Wolfram ruhig gegenüber den unruhigen Kohlebogenlampen. Eine wesentliche Frage für die Wolframlichtbogenlampen ist die Zündung. In Frage kommen die Ionisationszündung, die Hochspannungszündung, die Berührungszündung und die Glimmzündung. Vortr. gibt eine Übersicht über die neuen Punktlichtlampen der Osramgesellschaft, die mit gleichen Abmessungen, gleichen elektrischen Daten, gleichen Widerständen für Gleich- und Wechselstrom hergestellt werden, und zwar in Stromstärken 2, 4 und 7,5 Amp. Die Gleichstromtypen haben eine, die Wechselstromtypen zwei Elektroden. Für allgemeine Beleuchtungszwecke sind die Wolframlichtbogenlampen nicht geeignet, wohl aber für optische Apparate, wenn eine gleichmäßige ruhig brennende Lichtquelle von großer Flächenhelle gewünscht wird. Die neue Wolfram-bogenlampe wird auch für die Mikroprojektion und Mikrophotographie mit Erfolg verwendet. Die Wolfram-bogenlampen können mit Erfolg als Ultraviolettlichtquelle verwendet werden, und man kann mit ihnen die Ausbleichwirkung an Farbstoffen studieren. Es wurden Farbproben der Ausbleichwirkung durch Sonnenlicht und durch die Wolfram-bogenlampe ausgesetzt; man sieht, daß die Wirkungen in beiden Fällen parallel laufen. Die Quarzlampen haben in diesem Fall versagt, weil die spektrale Zusammensetzung ungeeignet ist. Eine andere Anwendung der Wolfram-bogenlampe ist die für Analysenzwecke unter Ausnutzung der Erscheinung, daß Körper, die vom ultravioletten Licht von der Wellenlänge 360  $\mu$  im Durchschnitt getroffen werden, deutlich fluoreszieren. Die Quarzlampengesellschaft hat diese Eigenschaften benutzt, um die Quarzlampe für analytische Zwecke nutzbar zu machen. Mit Erfolg kann man die Wolfram-bogenlampe für die gleichen Zwecke verwenden, ebenso für medizinische Zwecke. Die Entwicklung der letzten Jahre hat gezeigt, daß ein relativ begrenztes Strahlengebiet, das von 320 bis 280  $\mu$ , für medizinische Zwecke maßgebend ist. Die Quarz-quecksilberlampe enthält zwar eine große Menge dieser Strahlen, ist aber unbequem. In der Wolfram-bogenlampe ist diese Strahlung auch enthalten. Vortr. verweist auf seinen, vor etwa einem Jahr aufgestellten Grundsatz, daß die Beleuchtungstechnik dahin kommen müßte, der künstlichen Beleuchtung, die biologisch wirksamen Strahlen beizumischen, die im Sonnenlicht enthalten sind. Es scheint, daß die Wolfram-bogenlampe berufen sein wird, diesem Ziel näher zu kommen. Nicht nur die Wolfram-bogenlampe, sondern auch die gasgefüllten Glühlampen können diese Wirkung erzielen, wenn auch nicht in dem Maße. Doch kommt man nahe an die Wirkung der Wolfram-bogenlampe heran, wenn man die gasgefüllten Glühlampen überhitzt. Eine 300-Watt-Glühlampe besitzt in  $\frac{1}{2}$  m Entfernung eine Strahlung, die der Sonnenstrahlung in unseren Breiten im biologisch wirksamen Teil entspricht. Vortr. bespricht dann weitere Verwendungen der Wolfram-bogenlampe, die außerhalb der Beleuchtungstechnik liegen, so die Anwendung als Gleichrichter. Als letztes Anwendungsgebiet erörtert Vortr. die Verwendung der Wolfram-bogenlampen zur Umwandlung von Gleichstrom in Wechselstrom und die Ausnutzung zum Betrieb von Neon-Leuchtröhrenschildern, die an Gleichstromnetzen angeschlossen sind. Man kann die Wolfram-bogenlampe auch als Unterbrecher benutzen, an Stelle des Fresnelschen Unterbrechers. Die Wolfram-bogenlampe kann man nicht nur benutzen für die Umwandlung von Gleichstrom in Wechselstrom, sondern auch um höher frequenten Wechselstrom aus dem Wechselstrom der Lichtnetze zu erzeugen.