

- der physikalischen und technischen Mechanik, Band IV, 2 (1931), S. 5). — Siehe auch A. Sme-
kal, Intern. Conf. on Physics, London 1934,
Vol. II, Diskussionsbemerkungen zum Beitrag von
A. Joffé.
- (18) Siehe Anm. (9).
- (19) Man erkennt nunmehr ohne Schwierigkeit, warum
die Berechnung mittlerer Rißlängen aus Zerrei-
festigkeitswerten auf Grund der Griffithschen
Bruchtheorie vielfach zu bedenklich großen Län-
gen (0,0015 bis 0,01 mm) führen mußte (vgl.
„Kohäsion der Festkörper“, a. a. O., S. 15 und
Anm. 2 daselbst). Die Rißlängen der tatsäch-
lichen netzartigen Fehlstruktur dürften etwa mit
0,0001 mm und darunter anzusetzen sein.
- (20) Das von G. Gehlhoff und M. Thomas
(a. a. O.) benutzte Zerreißfestigkeitsmaß ist bis
auf einen Zahlenfaktor mit der Ermittlung der
„reduzierten Zerreißfestigkeit“ Z_0 gleichbedeutend;
vgl. K. H. H. Müller, a. a. O., S. 443, Gleich-
ung (5).
- (21) Damit hat eine von W. L. Baillie, J. Soc. Glass
Technol., 11 (1927), S. 6, an F. W. Preston
gerichtete Frage ihre Beantwortung gefunden.
(Vgl. Ref. Glastechn. Ber., 4 (1926/27), S. 437;
5 (1927/28), S. 550.)
- (22) F. W. Preston, Trans. Opt. Soc., 23 (1921/22),
S. 141 ff. (Ref. im Fachausschußber. DGG Nr. 21.)
- (23) Noch unveröffentlichte Versuche aus dem hiesigen
Institute von H. Wiehr. (9613)

DK 620.1 : 666.11 : 778.31 (045)

Betriebsgerechte Mikrophotographie im Dienste der Glastechnik.

Von Dr. Joh. Flügge, wissenschaftlichem Arbeiter der Emil Busch A.-G., Optische Industrie, Rathenow.

(Vortrag bei der 18. Glastechnischen Tagung, Berlin, 16. XI. 1934.)

Unbequemlichkeiten der großen mikrophotographischen Bänke. Wünsche aus Praktikerkreisen. — Ein neuer Weg im Bau mikroskopischer Geräte: das Metaphot. Beschreibung des Instruments und seiner Arbeitsmöglichkeiten. — Ein neues Universalbeleuchtungsgerät für durchfallendes und auffallendes Licht im Hellfeld und Dunkelfeld: der Univertor. Polarisiertes Licht. Anastigmat. Lichtquellen. Aufnahmebeispiele.

Ueber die Bedeutung und Anwendung mikroskopischer und mikrophotographischer Verfahren in den glas-technischen Laboratorien zum Zwecke wissenschaftlicher Forschung oder industrieller Betriebskontrolle brauche ich Ihnen nichts zu sagen, da Sie selbst ja täglich von diesen Verfahren Gebrauch machen. Hingegen betrachte ich es als meine Aufgabe, Ihnen einen Weg zu zeigen, der eine erhebliche Vereinfachung der mikrophotographischen Technik bedeutet und bei voll ausreichender Leistungsfähigkeit einen Gewinn an Zeit, Raum und Geld mit sich bringt.

Die größeren mikrophotographischen Anordnungen bedienen sich bislang im allgemeinen der bekannten optischen Bank, auf welcher die Einzelteile der mikrophotographischen Apparatur beweglich aufgestellt wurden. Diese Bauart bringt leider gewisse Unbequemlichkeiten mit sich, weil die Entfernung von der Einstellebene der Kamera bis zu der Beobachtungs- und Beleuchtungsoptik infolge der gebräuchlichen langen Balgenauszüge oft recht groß ist. In der Regel ist man dann noch gezwungen, den Platz zu wechseln, wenn man von der subjektiven Beobachtung zur Einstellung der photographischen Bilder übergehen will oder umgekehrt. Man hat sich zwar mit langen Stäben und biegsamen Wellen eine Fernbewegung der Apparateile von dem an der Einstellebene befindlichen Arbeitsplatz aus ermöglicht, jedoch ist nicht zu bestreiten, daß ein solches Arbeiten außerordentlich lästig und unbequem ist. Ein weiterer Uebelstand der langgebauten mikrophotographischen Bänke in horizontaler Anordnung ist ihre Empfindlichkeit gegen Erschütterungen, so daß diese Instrumente außer einer sehr platzraubenden auch noch eine besonders erschütterungsfreie Aufstellung erfordern. Schließlich unterliegt eine Apparatur, die aus so viel Einzelteilen besteht, welche nur auf

eine gemeinsame Schiene aufgesetzt werden, ständig der Gefahr der Dejustierung und Dezentrierung, wogegen die Benutzer der Apparaturen meist machtlos sind, so daß Störungen im mikrophotographischen Arbeiten geradezu an der Tagesordnung sein können.

Es lag also Anlaß genug vor, derartige Unbequemlichkeiten und Mängel gründlich auszu-merzen. Bei gewissenhaftem Vorgehen konnte dies nur dadurch geschehen, daß ein ganz neuer Weg im Bau mikrophotographischer Geräte beschritten wurde, der als Hauptziel eine Konzentration der Gesamtapparatur auf einen denkbar geringen Raumbedarf, äußerste Stabilität und möglichste Erschütterungsfreiheit durch vertikale Kamerastellung hatte. Als besonders vorteilhafte Apparatform war eine solche erstrebenswert, bei welcher sämtliche Handgriffe wie bei einem normalen Mikroskop im Sitzen vor dem Instrument von demselben Arbeitsplatz aus ohne Fernbewegung vorgenommen werden können. Außerdem sollte die Anzahl der notwendigen Handgriffe auf ein Mindestmaß beschränkt werden, was nur dadurch möglich ist, daß das Instrument eine einheitliche, nicht aus vielen Einzelteilen bestehende Gestaltung erhält, womit gleichzeitig die Gefahr der Dejustierung ausgeschaltet wird. Kurz gesagt, war also eine Mechanisierung der mikrophotographischen Einrichtung in solchem Maße erstrebenswert, daß eine Apparatform herauskam, die gewissermaßen als „mikrophotographische Maschine“ treffend bezeichnet werden könnte. Diese Maschine soll stets arbeitsbereit sein, unmittelbar von Betrachtung zu Photographie übergehen lassen können, sowie eine Beobachtung während der Aufnahme zulassen.

Diese in Praktikerkreisen gewiß häufig als Ideal aufgetauchten Wünsche wurden in einer Apparatur verwirklicht, die unter dem Namen „Metaphot“ in den Handel gebracht wurde (Bild 1). Mit dem Metaphot wurde unter völliger

Loslösung von der optischen Bank ein mikrophotographisches Tischgerät geschaffen, welches einen nur wenig größeren Arbeitsplatz erfordert als ein normales Mikroskop. In ihm sind Mikroskop und mikrophotographische Kamera

Bild 1. Das Metaphot in Ansicht.
Ausrüstung für durchfallendes Licht.



zu einer festen Einheit verbunden. Die optische Achse vom Beleuchtungsapparat durch das Mikroskop zur Kamera steht senkrecht. Das Mikroskop selbst ist umgekehrt, also mit dem Objektiv nach oben und dem Okular nach unten auf einem schweren gußeisernen Standfuß angeordnet, der gleichzeitig als Kamera ausgebildet ist. Der Kameraauszug ist fest und am Boden des Standfußes gewinkelt (Bild 2), wo ein Planspiegel das vom Mikroskop kommende Licht auf die pultartig geneigte Mattscheibe wirft, die sich in bequemer Betrachtungshöhe vor dem Benutzer des Instrumentes befindet.

Das Instrument besitzt also keinen veränderlichen, sondern einen festen Kameraauszug, dessen Länge 50 cm entspricht, in Wahrheit aber infolge der Umknickung des Strahlenganges knapp 30 cm beansprucht. An und für sich fehlt dadurch dem Instrument die freie Wahl der Vergrößerungen, wie sie bei veränderlichem Balgenauszug geboten wird. In den meisten Fällen ist jedoch diese Beschränkung nicht hinderlich, zumal die Kameralänge so festgelegt ist, daß man die in bekannter Weise aus den Eigenvergrößerungen von Objektiv und Okular durch Multiplikation erhaltene Gesamtvergrößerung nur

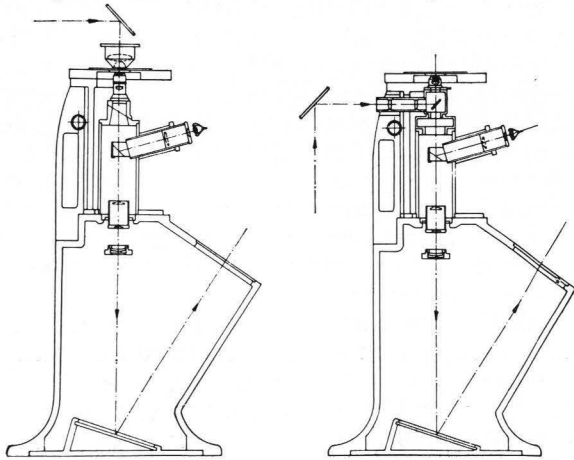


Bild 2. Das Metaphot im Querschnitt. Links für durchfallendes Licht, rechts für auffallendes Licht.

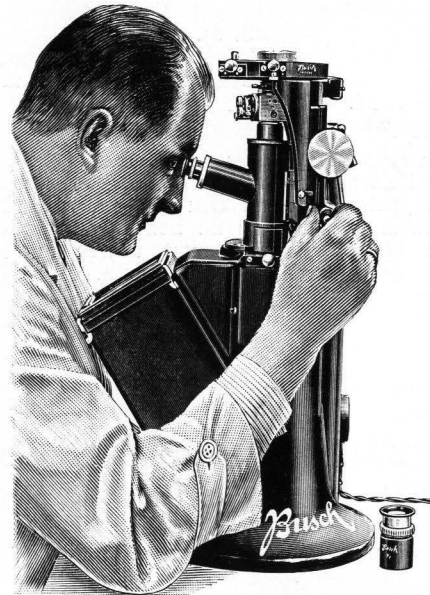


Bild 3. Das Metaphot in der Benutzung mit auffallendem Licht.

zu verdoppeln hat, um die Vergrößerung des mikrophotographischen Bildes auf der Einstellscheibe bzw. der gegen sie auswechselbaren photographischen Platte zu erhalten. Die Mikrophotographie zeigt also bei Verwendung derselben Objektive und Okulare die doppelte Vergrößerung wie die subjektive Beobachtung. Aber auch in dem Fall, daß der Benutzer aus bestimmten Gründen, z. B. Ausfüllung des Plattenformats, auf den Vorteil der veränderlichen Balgenlänge nicht verzichten kann, wird ihm durch ein Spezialokular geholfen, welches unter Beibehaltung der Bildscharfe eine stetige Veränderung der Bildgröße vorzunehmen gestattet.

Für die subjektive Beobachtung (Bild 3), sei es, wenn man nur mikroskopieren, nicht aber photographieren will, sei es, um das Objekt während der Aufnahme zu beobachten, ist ein Einblickokular vorgesehen, welches sich in Augenhöhe über der Mattscheibe befindet und beliebig im Strahlengang ein- oder ausgeschaltet werden kann. Das bei der Beobachtung scharf erscheinende Bild ist gleichzeitig auf der Mattscheibe scharf eingestellt. Grob- und Feinbewegung, letztere mittels einer Mikrometer-Trommel mit Teilung nach 2μ verbunden, sind bequem mit der rechten Hand zu betätigen. Die Grobbewegung hebt oder senkt den Tisch mitsamt der für durchfallendes Licht benötigten Beleuchtungseinrichtung, während die Feinbewegung lediglich auf den Objektivträger wirkt und deshalb stets mit gleicher Belastung arbeitet. Die Objektive sind auf Wechselschlitten befestigt (vgl. Bild 1 unten) und können sehr schnell ausgewechselt werden, ohne daß der Tisch aus seiner Scharfeinstellung herausbewegt werden müßte.

Ich möchte nicht weiter die konstruktiven Einzelheiten des Gerätes hier zur Sprache bringen, sondern nur noch erwähnen, welche A b-

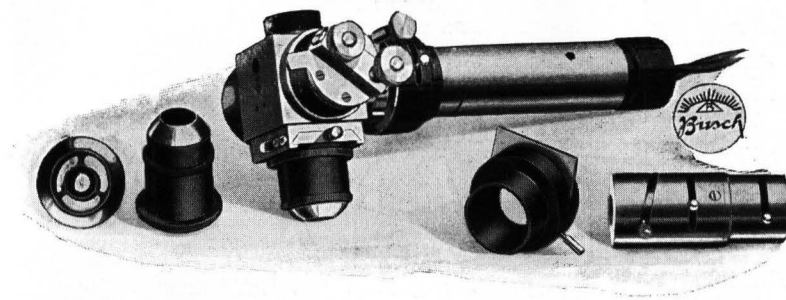


Bild 4. Der Univertor.

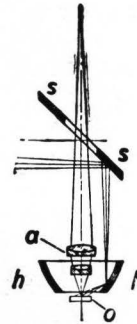


Bild 5.
Wirkungsweise des Univertors bei schräger Auflicht-Beleuchtung.

messungen das Instrument hat. Die Standfläche des Instruments beträgt etwa 35 cm im Durchmesser, die Höhe bis zum Tisch 55 cm und das Nettogewicht rd. 22 kg. Das Format der photographischen Platten ist normalerweise 9×12 cm, mit Einlage können 6½×9 cm verwendet werden.

Was nun wichtig ist, betrifft die verschiedenen Arbeitsmöglichkeiten und entsprechenden Ausrüstungen des Metaphots. Man kann entweder nur im durchfallenden Licht oder nur im auffallenden Licht arbeiten, wenn man die einfachsten Ausrüstungen wählt. Man kann aber auch eine Universal-ausrüstung für durch- und auffallendes Licht zusammenstellen, sowie eine entsprechende Ausführung für Arbeiten im polarisierten Licht. Die Anwendung polarisierten Lichtes kann wiederum für durchfallendes und auffallendes Licht eingerichtet werden. Ueber die Einrichtung für gewöhnliches durchfallendes Licht brauche ich nichts weiter zu sagen, da es sich hier um Beleuchtungsverfahren handelt, wie sie auch in der üblichen Mikroskopie angewandt werden. Etwas näher möchte ich hingegen auf die Ausführung für auffallendes Licht eingehen.

Die Entwicklung der Auflicht-Beleuchtung ist ja heute ziemlich weit gediehen*), und ich werde Ihnen auch nachher Lichtbilder zeigen, die zum Teil Aufnahmen im auffallenden Licht wiedergeben. Das bekannteste Verfahren der Auflicht-Beleuchtung ist die mittels Vertikal-Illuminators. Bei dieser Methode wird das Licht, von der Lampe und einer besonderen Beleuchtungsoptik herkommend, erst durch das Objektiv geleitet und fällt dann auf das Objekt. Das Objektiv erfüllt also gleichzeitig zwei Aufgaben, erst als Kondensator zur Beleuchtung, dann als eigentliches Objektiv zur Beobachtung. Dieses bekannte und namentlich in der Metallographie häufig angewandte Beleuchtungsverfahren stößt aber in der Glastechnik gelegentlich auf Schwierigkeiten, wenn die beobachteten Objekte polierte Glasflächen besitzen, die das Licht zurückspiegeln und im mikroskopischen Bild alles mit einem hellen Reflex überlagern, der so stark sein kann, daß das Bild des Objektes von ihm völlig über-

strahlt wird. In solchen Fällen darf die Auflicht-Beleuchtung nicht aus derselben Richtung wie die Beobachtung erfolgen, sondern geeigneter ist dann die Anwendung schräg auffallenden Lichtes, etwa in der Art, wie sie für durchfallendes Licht von der Dunkelfeldbeleuchtung her bekannt ist.

Auch diese Beleuchtungsmethode mit schräg auffallendem Licht kann am Metaphot angewandt werden, und zwar durch Verwendung eines Beleuchtungsgerätes, das universell ist und einen sekundenschnellen Wechsel von einer zur andern Beleuchtungsart gestattet. Dies ist das als Univertor bezeichnete Beleuchtungsgerät (Bild 4), welches beliebig Auflicht-Beleuchtung mit senkrecht auffallendem Licht, oder mit schräg auffallendem Licht, oder Durchlichtbeleuchtung anzuwenden gestattet. Die Handgriffe sind außerordentlich einfach und schnell zu bedienen, so daß man in Kürze durch Anwendung vielseitiger Beleuchtungsverfahren eine umfassende und aufschlußreiche Analyse des mikroskopischen bzw. mikrophotographischen Bildes erhält. Die schon erwähnte schräge Auflicht-Beleuchtung wird dadurch bewirkt, daß das von der Lampe herkommende Licht um das Objektiv herum an ihm vorbei auf einen Hohlspiegel, der die Frontlinse des Objektivs konzentrisch umgibt, geleitet und von ihm auf der beobachteten Objektstelle konzentriert wird (Bild 5).

Der Univertor ist außerdem für die Anwendung von polarisiertem Licht bei senkrecht auffallender Beleuchtung vorgesehen. Für die Sichtbarmachung bzw. Photographie von Achsenbildern kann eine Bertrand'sche Hilfslinse in den Tubus eingeführt werden.

Für Aufnahmen mit ganz schwachen Vergrößerungen werden an Stelle der Mikroobjektive kurzbrennweitige Anastigmaten ohne Okular verwendet. Die schwächste überhaupt erreichbare Vergrößerung am Metaphot beträgt 4 mal bei einem abgebildeten Gesichtsfeld von beinahe 4 cm Durchmesser.

Als Lichtquelle werden Niedervoltlampen benutzt, die vor Bogenlampen oder Punktlichtlampen den Vorzug bequemer Bedienung und Betriebssicherheit haben und einen so kleinen Glühkörper besitzen, daß das punktförmige Ideal so gut wie erreicht ist. Die Helligkeit ist dabei außerordentlich intensiv, so daß

*) Vgl. F. Hauser: „Neuerungen für die Oberflächenbeleuchtung bei Makro- und Mikro-Aufnahmen“. Glastechn. Ber., 9 (1931), S. 139–144; 20 Abb.

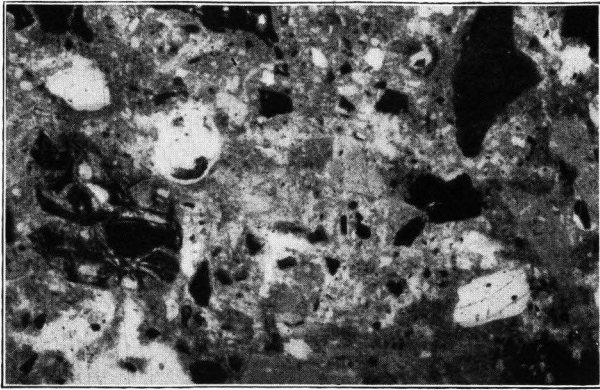


Bild 6. Roher Glashafenton.

Dünnschliff, aufgenommen am Metaphot mit Glyptar-Anastigmat $F:3,5$, $F = 2,5$ cm. Vergrößerung 20 mal im auffallenden Licht.

bei der Mikrophotographie teilweise Momentaufnahmen gemacht werden können. Für die Mikrophotographie in natürlichen Farben bedeutet es eine große Annehmlichkeit, daß bei Verwendung von Agfa-Negativ-Material kein besonderes Farbfilter notwendig ist, da das Licht der Nitribirne „weiß“ wiedergegeben wird. Für einzelne Spezialaufgaben kann die Niedervoltlampe des Metaphot durch eine Bogenlampe ersetzt werden.

Ich möchte mich mit diesen Ausführungen begnügen, wenn auch noch vielerlei über manche Einzelheiten zu sagen wäre, aber Sie dürften wohl bereits einen Eindruck gewonnen haben, welchen Fortschritt das Metaphot auf mikrophotographischem Gebiete bedeutet. Es hat sich bereits im Dauerbetrieb unter den verschiedenartigsten Bedingungen bestens bewährt, was nur beweist, daß die erstrebten Leistungen tatsächlich erreicht sind. Weitere beachtliche Vorzüge sind die leichte Einarbeitung, somit die Vermeidung von Fehlergebnissen, die Billigkeit im Betrieb, da der Verbrauch von Strom und Photomaterial gering ist, die solide widerstandsfähige Bauweise, die sich nicht nur für das wissenschaftliche Labo-

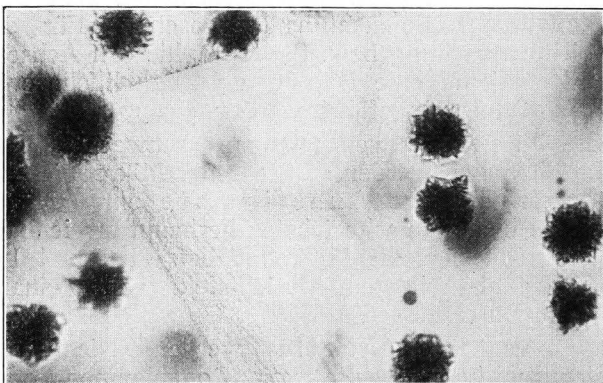


Bild 8. Entglasungen in einem Fern- und Nahsicht-Brillenglas.

Aufgenommen am Metaphot im durchfallenden Licht. Vergrößerung 165 mal. Objektiv 0,25/11 S, Apertur 0,25, Ebnungs-Okular 7,5 mal.

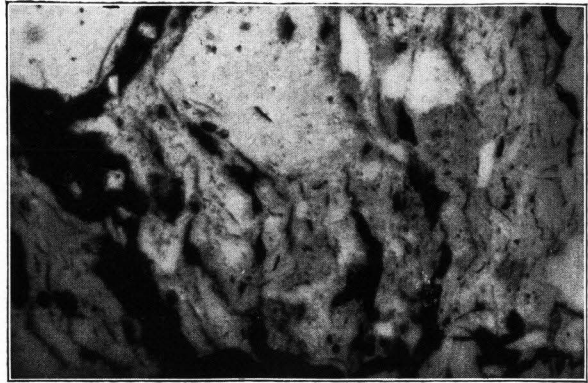


Bild 7. Gebrannter Glashafenton.

Dünnschliff, aufgenommen am Metaphot mit Glyptar-Anastigmat $F:3,5$, $F = 2,5$ cm. Vergrößerung 20 mal im auffallenden Licht.

ratorium, sondern auch für den technischen Werkstattgebrauch bewährt. Die Erfüllung dieser Bedingungen hat lange Lebensdauer, geringe Amortisationskosten und schließlich auch wesentlich niedrigere Anschaffungskosten als bei komplizierten optischen Bänken zur Folge.

Zum Schluß zeige ich Ihnen noch einige Aufnahmen, die unter verschiedenartigsten Bedingungen mit dem Metaphot gemacht worden sind (Bild 6 bis 9).

Zusammenfassung.

Um die Unbequemlichkeiten der großen mikrophotographischen Bänke zu umgehen, wurde, den Wünschen aus Praktikerkreisen folgend, ein ganz neuer Weg im Bau mikrophotographischer Geräte besprochen, der zur völligen Loslösung von der optischen Bank und ihren Einzelteilen führte. Ein derartiges Gerät ist das Metaphot. Bei diesem Gerät sind Mikroskop und Kamera zu einer festen Einheit verbunden. Es kann alles

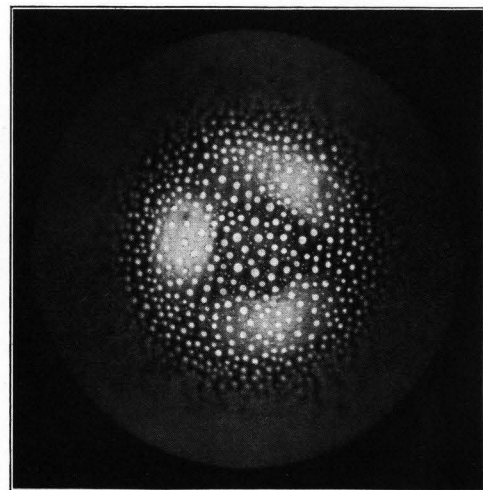


Bild 9. Eine beschlagene Blase in Glas.

Aufnahme an einem größeren Glasblock am Metaphot mit Univertor im schrägen Auflicht (Dunkelfeld-Auflicht). Objektiv 0,25/11 S. Apertur 0,25. Ebnungs-Okular 3 mal, Vergrößerung 66 mal.

damit gemacht werden, was man mit großen mikrophotographischen Bänken bisher auch konnte, trotzdem das Instrument kaum größer als ein einfaches Mikroskop ist. Dabei ist es gegen Erschütterungen unempfindlich und stets arbeitsbereit. Am Metaphot kann mit durchfallendem wie auch mit auffallendem Licht im

Hellfeld und Dunkelfeld, im natürlichen und polarisierten Licht gearbeitet werden. Um zwischen den Beleuchtungsarten schnell wechseln zu können, ist im Univertor ein besonderes Beleuchtungsgerät geschaffen, das sowohl am Metaphot wie auch an jedem Mikroskop benutzt werden kann. (8973)

DK 536.421.1 : 541.127 : 666.1.031.13 : 666.125 : 546.273.37 : 546.273.33-85 (045)

Ueber die Abhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit in Glasgemengen von der physikalischen Beschaffenheit und der chemischen Zusammensetzung der Gemengerohstoffe.

II. Die relative Einschmelzgeschwindigkeit von Glasgemengen mit Borsäure und Borax.

Von F. H. Zschacke und J. Vartanian.
(Eingegangen 18. Februar 1935.)

Die Reaktionsgeschwindigkeit und der Schmelzverlauf in Glasgemengen werden auch von der chemischen Zusammensetzung der Glasrohstoffe bestimmt. Bisher lagen über diesen Einfluß nur wenige Untersuchungen vor. An zwei chemisch gleich zusammengesetzten Glasgemengen aus a) Sand + Soda, Borsäure, b) Sand + Soda, Borax wird diese Abhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit nachgewiesen. Die Untersuchung der bei verschiedenen Temperaturen und Behandlungszeiten erhaltenen Massen erfolgte chemisch und mikroskopisch. Die Ergebnisse werden in Schaubildern und Uebersichtstafeln wiedergegeben.

Frühere ähnliche Untersuchungen.

Im ersten Teil dieser Arbeit¹⁾ wurde darauf verwiesen, daß sich die bisherigen Arbeiten über die Reaktionsgeschwindigkeit in Glasgemengen fast ausschließlich mit dem Einfluß der Temperatur und der Aenderung in der Konzentration der verschiedenen Glasbestandteile bzw. Rohstoffe auf die im Gemenge verlaufenden Reaktionen beschäftigen. (Dort wurde auch eine kurze Uebersicht über die bisherigen Veröffentlichungen auf diesem Gebiete gegeben.) Nur J. Kitaigorodskij und N. Ssolomin²⁾ haben an Mischungen aus Sand, Soda und Kalk auf der einen Seite, Natriumsilikat und Kalk auf der anderen Seite bereits einen Beitrag für die Aenderung der Reaktionsgeschwindigkeit in Abhängigkeit von der chemischen Zusammensetzung der Gemengerohstoffe geliefert. Aber erst durch solche Untersuchungen werden die Unterlagen für die Durchführung der Forderung geschaffen, den Schmelzverlauf (außer durch Veränderungen in der Temperatur, der Zeit und der oxydischen Zusammensetzung) durch geeignete Wahl der chemischen Zusammensetzung des Rohstoffes irgend eines Glasbildners in einem gewünschten Sinne beeinflussen zu können.

Die Borsäure ist zwar als Glasoxyd schon des längeren bekannt; eine allgemeine Anwendung hat sie aber erst in letzter Zeit gefunden, und zwar vornehmlich in Form ihres Natriumsalzes, des Borax. Das Schrifttum über die Anwendung des Borax in der Glasindustrie ist deshalb gerade in den letzten Jahren gewaltig angeschwollen, wobei jedoch nur ein geringer Teil dieser Veröffentlichungen von Bedeutung für die Glaswissenschaft ist. Diese Arbeiten befassen sich jedoch vornehmlich mit dem Einfluß

der Borsäure auf die physikalischen und chemischen Eigenschaften des Glases³⁾.

Diejenigen Veröffentlichungen dagegen, die sich mit dem schmelztechnischen Verhalten borsäurehaltiger Gemenge befassen, geben in der Hauptsache nur allgemeine Angaben, ohne zahlenmäßige Unterlagen zu liefern. Nur die Arbeiten von M. A. Besborodow und M. F. Schur⁴⁾ sowie M. A. Besborodow und L. M. Silberfarb⁵⁾ bringen über den Reaktionsmechanismus in Gemengen mit Borsäure eine gewisse Aufklärung.

In der ersten Arbeit wird die Wechselwirkung zwischen Soda, Borsäure und Kieselsäure behandelt. Gemenge mit einer oxydischen Zusammensetzung von 65% SiO₂, 25% B₂O₃ und 10% Na₂O wurden eine Stunde lang auf Temperaturen zwischen 500° und 1250° C in Zwischenräumen von 100° C erhitzt; aus den Gewichtsverlusten und der Löslichkeitsänderung der Gemengebestandteile in Wasser und Salzsäure wurde auf den Reaktionsverlauf geschlossen. Die Reaktionen zwischen den Komponenten setzen bereits unterhalb 500° C ein und sind bei 900° C beendet; der Reaktionsbeginn liegt jedenfalls weit unter dem Schmelzpunkt der einzelnen Gemengebestandteile. Ab 700° C nimmt auch die Kieselsäure an den Umsetzungen teil. Die Hauptreaktionen verlaufen zwischen 700° und 900° C.

In der zweiten Arbeit werden diese Untersuchungen auf ein Kaliglas ausgedehnt und die Beobachtungen durch Bestimmung der löslich gebliebenen Borsäure und der löslichen Silikate ergänzt. Es ergab sich, daß hier die gleichen Verhältnisse vorherrschen wie bei den sodahaltigen Gemengen. Unterhalb 700° C bilden sich nur lösliche Borate und Silikate, daneben eine geringe und fast konstante Menge von unlöslichen Borosilikaten. Erst zwischen 700° und 900° C erfolgt eine Bildung unlöslicher Kaliumborosilikate.

³⁾ Eine sehr gute Zusammenfassung dieser Arbeiten findet sich in der Schrift der Borax Consolidated Ltd. „Modern Commercial Glasses“ (London 1934).

⁴⁾ M. A. Besborodow (und M. F. Schur), Glashütte, 62 (1932), S. 37–38, 55–57; Glass Ind. (N. Y.), 10 (1929), S. 257–261. (Ref. Glastechn. Ber., 7 (1929/30), S. 524; 10 (1932), S. 612.)

⁵⁾ M. A. Besborodow (und L. M. Silberfarb), Keramika i Steklo, 5 (1929), S. 318; 7 (1931), S. 11–14; J. Soc. Glass Technol., 14 (1930), S. 39–51. (Ref. Glastechn. Ber., 8 (1930), S. 546; 11 (1933), S. 214.)

¹⁾ U. Linde und F. H. Zschacke, Glastechn. Ber., 11 (1933), S. 445–454.

²⁾ J. Kitaigorodskij und N. Ssolomin, Glastechn. Ber., 9 (1931), S. 349–354.