DK 666.1.053.512:666.1.053.63:744.44:535.241.6:535.322.2:620.179.118

Die Zuordnung von Toleranzen zu den Politur-Oberflächenzeichen nach DIN 3140

Von Herbert Schorsch, Wasseralfingen

(Mitteilung aus der Firma Carl Zeiss, Oberkochen)

(Eingegangen am 29. September 1970)

Es wird der Bericht [1] über eine Gemeinschaftsarbeit einiger feinmechanisch-optischer Firmen referiert, der die Beurteilung von (Glas-)Politurstufen im Hinblick auf DIN 3140 und die Vorgabe von Toleranzgrenzen betrifft.

Assigning tolerances to the finish-surface marks according to DIN 3140

The report [1] on a cooperative work of several precision-optical firms is being reviewed. It is dealing with criterions for (glass)-finish degrees in regard to DIN 3140 and with setting the tolerance limits.

Classement des tolérances pour les indices de poli superficiel selon DIN 3140

L'article se réfère à un rapport [1] relatif à une étude en commun entreprise par plusieurs firmes de mécanique de précision et d'optique. Ce rapport concerne l'évaluation des degrés de poli du verre en fonction de la norme DIN 3140 et l'indication des limites de tolérance.

Nachdem sich als Ergebnis einer von einigen am Fachnormenausschuß (FNA) „Feinmechanik und Optik" beteiligten Firmen gemeinschaftlich durchgeführten Untersuchung von Glasvorfertigungsflächen gezeigt hatte, daß man in der Lage ist, den Oberflächenzeichen nach DIN 3140 (für Vorfertigungsflächen ∨, ∨∨ und ∨∨∨) sowohl Maß (R_t nach DIN 4762) wie Zahl [2] zuzuordnen, lag es nahe, das gleiche für die in derselben Norm erfaßten Polierstufen (Oberflächenzeichen ◊, ◊◊ und ◊◊◊) anzustreben. Vom Arbeitsausschuß (AA) „Grundnormen der Optik" wurde deshalb wiederum eine Gemeinschaftsarbeit in die Wege geleitet, die nach Klärung der Vor- und Nachteile der einschlägigen Beurteilungsverfahren die durchschnittliche Stufung der Politurgrade an einer repräsentativen Zahl von Ausfallmustern und ein werkstattgemäßes Kontrollverfahren ermitteln sollte.

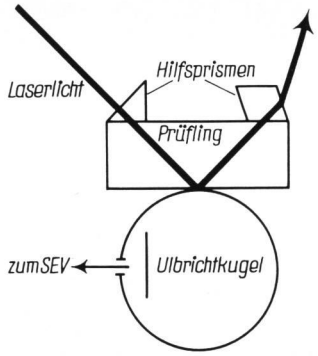

Bild 1. Prinzip der Streulichtmessung.

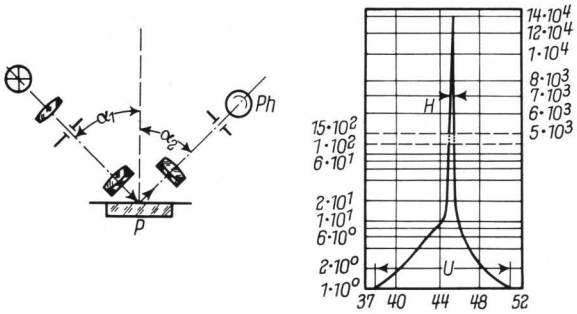

Bild 2. Prinzip der Remissionsmessung.
Beispiel einer Indikatrix mit Angabe von Halbwertsbreite H und Untergrundstreuung U.

Hierzu wurden, dem Beispiel der Vorfertigungsflächen folgend, von mehreren Firmen für zwei Glassorten Muster (im allgemeinen von der Abmessung 50 mm Durchmesser × 10 mm) entsprechend den genannten Oberflächenzeichen (unter Hinzufügung einer Stufe ◊◊◊◊) angefertigt und nach eingehenden Voruntersuchungen (siehe Abschnitt 1.) an zentraler Stelle systematisch durchgemessen (siehe Abschnitt 3.)

1. Voruntersuchungen

Da sich mangelhafte Polituren im wesentlichen in Geräten durch Lichtverluste oder Überstrahlungen infolge Streulichtes bemerkbar machen, ist die angemessene Beurteilungsmethode daher auch die Streulichtmessung. Sie wurde, um auch einen Einblick in die Aussagegleichheit und somit in die Zuverlässigkeit verschiedener Verfahren zu erhalten, in zweierlei Weise ausgeführt:

1a) Messung des Verhältnisses Streulichtstrom (gemessen im durchfallenden Licht) zu aufgestrahltem Lichtstrom mittels Ulbrichtscher Kugel (siehe auch [3] und Bild 1).

1b) Aufstellung einer Indikatrix des reflektierten Lichtstromes mittels Goniofotometers und Bestimmung des Quotienten Halbwertsbreite zu Untergrundstreuung (siehe auch [4] und Bild 2).

Beim Verfahren 1b zeigten sich zu geringe Stufenunterschiede bei den Qualitäten 2 bis 4 Rauten, so daß gerade im entscheidenden Stadium des Auspolierens

Tabelle 1. Ergebnisse verschiedener Meßverfahren zur Ermittlung des Politurgrades

	◊	◊◊	◊◊◊	◊◊◊◊
Streulichtmessung	100	6,1	2,9	1,5
Remissionsmessung	100	51	15	15
Interferenzbildzählung	100	25,5	10,8	4,1
Tasterzählung	100	17,4	6,7	1,3
Rauheitsmessung (R_a)	100	27,7	19,2	16,2

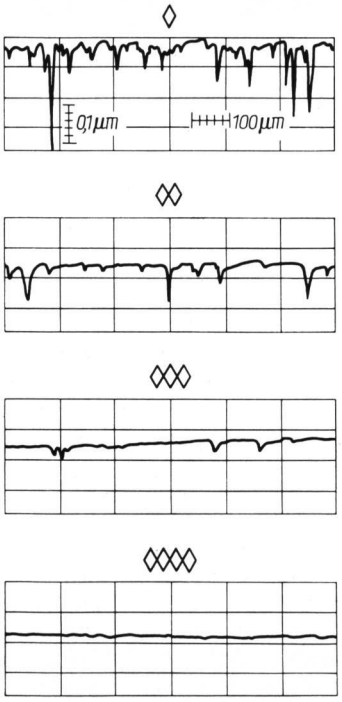

Bild 3. Profilogramme eines elektrischen Tastgerätes von Musterflächen der vier Politurstufen.

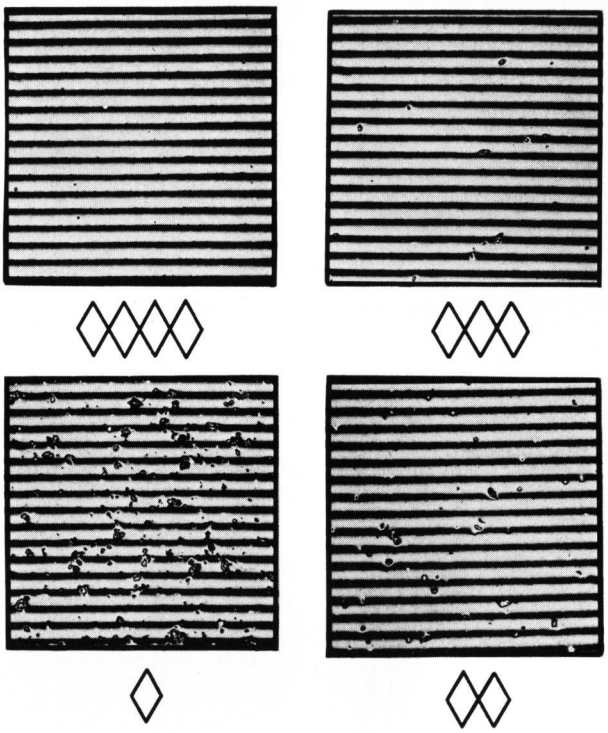

Bild 4. Interferogramm von Musterflächen der vier Politurstufen.

keine sichere Unterscheidungsmöglichkeit bestand. Im Gegensatz hierzu war die Messung nach 1a ausreichend empfindlich und, da auch weniger zeitraubend als 1b, wohl geeignet für die Hauptuntersuchungen.

Da die fraglichen Ergebnisse zahlenmäßig nicht unmittelbar vergleichbar sind, wurde — um doch wenigstens den Stufungsverlauf beurteilen zu können — der höchste Wert gleich 100 und die folgenden Werte zu ihm ins Verhältnis gesetzt, wie Tabelle 1 zeigt.

Da aber auch bei der Streulichtmessung das zu prüfende Werkstück vorbereitet und — sofern es für Messungen „von der Maschine weg" nicht abgekittet werden sollte — die Tragkörper entsprechend hergerichtet werden müssen, erwies sich auch diese Methode weniger für die Werkstatt als für grundlegende technologische Untersuchungen geeignet.

Aus der Überlegung, daß Polituren verschiedener Qualität Näherungen der „geometrisch-idealen" Fläche darstellen, die nur mehr oder minder durch — zunächst der Form nach undefinierte — Unterbrechungen gestört werden, ließ sich ableiten, daß gegebenenfalls die Anzahl dieser Unterbrechungen ein geeignetes Maß der Politurgüte sein könnten, da gerade die oben gekennzeichnete Eigenschaft der Oberflächen die Anwendung eines Rauheitsmaßes nach DIN 4762 (anders als bei den Vorfertigungsflächen) als abwegig erscheinen ließ. Weil im eigentlichen Sinn des Wortes eine „Rauheit" gar nicht mehr vorhanden ist, werden die Rauheitszahlen (siehe Abschnitt 3.) so klein, daß sie kaum noch als real angesehen werden können (siehe Bild 3), abgesehen davon, daß sie ebenfalls wieder für die Feinstufen infolge des Rauschens elektronischer Tastgeräte keine deutlichen Unterschiede gaben (siehe Tabelle 1). Die naheliegende mikrointerferometrische Bestimmung der Rauheit (Bild 4) scheiterte folgerichtig ebenfalls an der Tatsache des Nichtvorhandenseins echter Rauheit (von der Stufe ◊

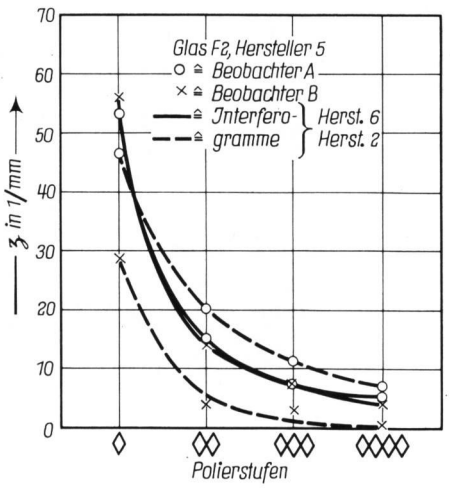

Bild 5. Interferenzzählung von zwei Beobachtern A und B an einer Stufenreihe von Mustern aus F2; Interferogramme von Herstellern 2 und 6.

abgesehen). Es wurde hierbei vielmehr deutlich, daß die Unterbrechungen der idealen Fläche, d. h. die Störstellen in der Praxis nur bei Stufe 1 noch Kratzer sein können, sonst aber nur mehr oder minder große Grübchen (bestätigt durch Interferenzkontrastbilder), deren Tiefe zwar das Ergebnis einer Rauheitsmessung durch Tastgeräte, aber nicht entscheidend das Streulicht beeinflußt. Da das Breite/Tiefe-Verhältnis dieser Grübchen infolge der Vorbearbeitung und Glasstruktur von der Größenordnung 300:1 annähernd gleichbleibend ist, müßte also die Zählung der Störstellen ein zutreffendes und verwertbares Bild der Poliergüte liefern, vorausgesetzt, daß das Ergebnis, zumindest von einem Minimum an, linear mit der Größe der zur Prüfung herangezogenen Fläche steigt.

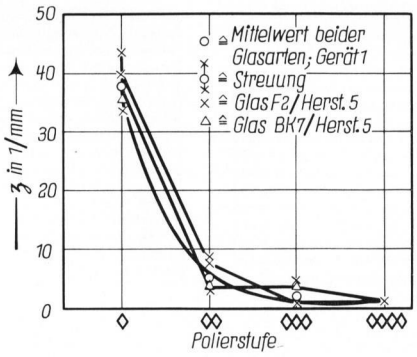

Bild 6. Zählergebnisse mit einem Tastgerät.

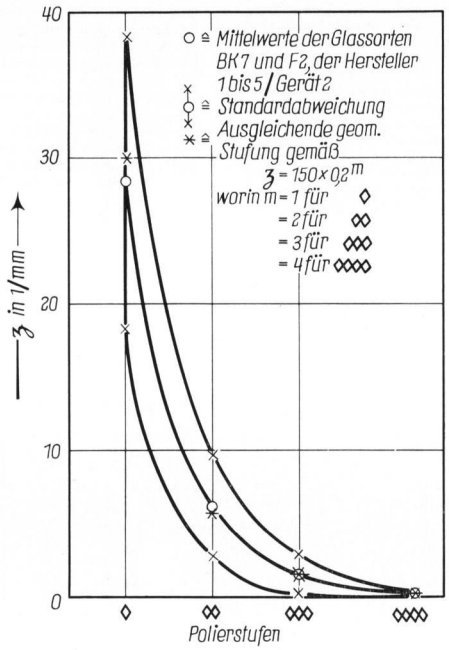

Bild 7. Kurve der durchschnittlichen Zählergebnisse einschließlich der Standardabweichungen (68 %) an Polierstufenmustern aus BK 7 und F 2, hergestellt von fünf verschiedenen Firmen.

In diesem Falle ließe sich das Ergebnis — um keine Konvention hinsichtlich der Prüfflächengröße treffen zu müssen — angeben als:

Anzahl der Störstellen je mm Prüf(Zähl)-Länge, Dimension also mm^{-1}. Dieser Wert wird in Text und Bildern mit ʒ bezeichnet.

Die erwünschte Linearität besteht in überaus exakter Weise, wie ein Informationsversuch gemäß Abschnitt 2.2. erwies.

2. Messung des Politurgrades durch Zählung

2.1. Zählung am Mikro-Interferenzbild

Die üblichen Mikro-Interferenzbilder wurden in der Weise ausgewertet, daß die Anzahl der Interferenzstreifen-Störungen gezählt und durch die Gesamtlänge der hierzu benutzten Streifen dividiert wurde. Um von einer gegebenenfalls vorhandenen Vorzugsrichtung der Oberflächenstruktur frei zu werden, wurde in zwei um 90° versetzten Richtungen gezählt. Die Reihe der Gesamtmittelwerte von Glassorten und Beobachtern findet sich ebenfalls in Tabelle 1. Der Umstand, daß diese Auszählungen z. T. gut übereinstimmten (Bild 5), z. T. aber — nicht der Tendenz, aber den absoluten Werten nach — unterschiedliche Ergebnisse je nach Auffassung des Beobachters brachten, ließ eine objektive Methode angezeigt erscheinen.

2.2. Störstellenzählung mit einem elektronischen Oberflächentastgerät

Als solch objektives Verfahren bot sich die für manche elektronischen Tastgeräte lieferbare Extremwert-Zähleinrichtung (peakcounter) an, die also nur eine Ergänzung der im allgemeinen ohnehin vorhandenen Tastgeräte darstellen würde. Der Einsatz einer derartigen Vorrichtung bei den Voruntersuchungsproben lieferte ein überzeugendes Ergebnis in der vollkommen formgleichen Wiedergabe der Politurstufung (Bild 6). Auch diese Ergebnisse sind in Tabelle 1 aufgeführt. Sie zeigen, daß das Unterscheidungsvermögen dieses Verfahrens für die Feinstufen ungleich größer ist als bei den anderen Verfahren. Der Vollständigkeit halber wurde in Tabelle 1 auch noch die Stufenreihe gemäß der Rauheitsprüfung mit einem solchen Tastgerät (Rauhwert R_a nach DIN 4762) aus den Hauptversuchen angefügt.

3. Hauptversuche

Während die Voruntersuchungen an den Proben einer einzigen Firma durchgeführt werden konnten, mußten zu den Hauptversuchen im Interesse eines für die deutsche optische Industrie gültigen Durchschnittswertes Muster aller am Versuch beteiligter Firmen herangezogen werden. Da die Frage eines für die Werkstatt geeigneten Verfahrens geklärt war, d. h. die Störstellenzählung mit einem elektronischen Tastgerät, andererseits aber die Anzeige des arithmethischen Mittenrauhwertes R_a automatisch erfolgte, wurden beide Kenngrößen für sämtliche Proben an beiden Glassorten ermittelt. Das Ergebnis einschließlich des Streubereiches in Gestalt der Standardabweichungsgrenzen für 68% Wahrscheinlichkeit zeigt Bild 7. Der Verlauf der Mittelwerte läßt sich mit einer an sich kaum zu erwartenden Sicherheit durch eine mathematische Beziehung ausdrücken, und zwar:

$$ʒ = 150 \cdot 0{,}2^m \text{ in } mm^{-1},$$

worin m = 1; 2; 3 (4) für die Oberflächenzeichen mit 1 bis 3 (4) Rauten. Im Hinblick auf die zwar innerhalb der Stufen uneinheitliche, im Mittel aber bei rund 65% liegende Standardabweichung (je Mittelwert der Politurgrade für alle Firmen) und einem Vorschlag des AA „Grundnormen der Optik" folgend, ließe sich also den in DIN 3140 gekennzeichneten Polierstufen in nachstehender Weise Maß und Zahl zuteilen. Es sei das Zählergebnis ʒ (in 1/10 mm) an einem Oberflächentastgerät mit Zähleinrichtung

◊ : 200 bis 400
◊◊ : 40 bis 80
◊◊◊ : 8 bis 16
◊◊◊◊ : 1,6 bis 3,2.

Diese Bereiche sollten auch die Unsicherheit in der Wiederholung der Zählergebnisse (in %) einschließen, die man grob nach der Beziehung $25\ m^2/l$ (l = Zählstrecke in mm) abschätzen und danach l zweckmäßig wählen kann.

Es ist nicht zu befürchten, daß die Übertragung dieses Kontrollverfahrens der erreichten Politurqualität auf andere Werkstoffe als Glas Schwierigkeiten bereiten könnte.

4. Literatur

[1] SCHORSCH, H.: Zur Oberflächenqualität von Glaspolituren und ihrer Beziehung zu den Bearbeitungszeichen nach DIN 3140. Fachber. Oberflächentechn. **8** (1970) Nr. 7/8, Seite 151 – 158.

[2] SCHORSCH, H.: Die Rauheit von Glasvorfertigungsflächen und ihre Beziehung zu den Bearbeitungszeichen nach DIN 3140. Feinwerktechnik **70** (1966) S. 493 – 496. [Ref. Glastechn. Ber. **40** (1967) S. 443.]

[3] HÄUSLER, G. und HOHBERG, G.: Streulichtmessungen an polierten Glasoberflächen. Vortrag auf der Tagung der DGaO, 1969 in Lübeck.

[4] LOOF, H.: Grundlagen der Goniofotometrie. J. Paint Technol. **38** (1966) S. 632 – 639.

71-0478

DK 542.949.4:539.219.3:535.215.6

Sperrwirkung ionenausgetauschter Glasoberflächen

Von GÜNTHER HEINZ FRISCHAT*), Würzburg

(Auszugsweise vorgetragen auf der 44. Glastechnischen Tagung am 26. Mai 1970 in Lindau und auf der X. Konferenz der Silikatindustrie am 16. Juni 1970 in Budapest (Ungarn))

(Eingegangen am 17. Dezember 1970)

Durch eine einstündige Behandlung eines Na-haltigen Silicatglases in einer K-Salzschmelze bei 425 °C (<Tg) wird infolge von K–Na-Ionenaustausch eine dünne Oberflächenschicht des Glases in Struktur und Eigenschaften verändert. Diese Schicht wirkt sich auf ein ^{22}Na-Diffusionsexperiment im Sinne einer partiellen Sperrung aus. Während die Matrix der Austauschschicht etwa die Eigenschaften des unveränderten Ausgangsglases beibehält, wandert zwischen 440 und 180 °C ungefähr die Hälfte der Ionen mit einem um den Faktor 20 bis 100 kleineren Diffusionskoeffizienten. Aufbau der Austauschschicht und Auswertung der Diffusionsprofile werden diskutiert. Dabei zeigt sich, daß auch hier ähnlich wie bei anderen Transportprozessen (elektrische Leitfähigkeit und innere Reibung) an homogenen und oberflächenbehandelten Gläsern in erster Linie nur der Äquivalentbruch der K-Ionen für die auftretenden Effekte verantwortlich ist.

Blocking effect of ion-exchanged glass surfaces

By treating a Na containing glass in a K salt melt at 425 °C (< Tg) for one hour, structure and properties of a thin surface layer are altered due to an exchange of Na by K ions. This layer acts by a partial blocking on a ^{22}Na-diffusion experiment. While the matrix of the exchange layer nearly maintains the properties of the unaltered original glass about one half of the ions is migrating at 440 to 180 °C with a diffusion coefficient smaller by a factor of 20 to 100. The structure of the exchange layer and the analysis of the diffusion profiles are discussed. It is shown that similar to other transport processes (electrical conductivity and internal friction) in homogeneous and surface-treated glasses the equivalent ratio of the K ions only is primarily responsible for the effects to be observed.

Effet de masque de surfaces de verre ayant subi un échange ionique

Par échange des ions K et Na, une couche mince à la surface d'un verre de silicate de sodium voit sa structure et ses propriétés modifiées par un traitement d'une heure à 425 °C (< Tg) dans un sel fondu de potassium. Lors d'un essai de diffusion du Na^{22}, cette couche agit partiellement comme masque. Alors que la matrice de la couche ayant subi l'échange conserve plus ou moins les propriétés du verre de base non modifié, la moitié environ des ions migrent entre 440 et 180 °C sous l'influence d'un coefficient de diffusion de 20 à 100 fois inférieur. La structure de la couche ayant subi l'échange ionique est discutée, de même que le calcul des profils de diffusion. On s'aperçoit alors que, dans ce cas comme dans celui d'autres processus de transport (conductibilité électrique et frottement interne) dans des verres homogènes ayant subi un traitement superficiel, seule la fraction équivalente des ions K est responsable des effects qui interviennent.

Werden Na-haltige Silicatgläser unterhalb der Transformationstemperatur in K-haltige Salzschmelzen gebracht, wird durch Ersatz des kleineren Na^+ (Ionenradius 0,95 Å) durch das wesentlich größere K^+ (1,33 Å) in einer z. B. 50 µm dicken Oberflächenschicht des Glases eine Druckspannung erzeugt, die Werte bis zu 7000 kp/cm² annehmen kann. Darunterliegende Glasschichten stehen unter Zugspannung, die dem Betrage nach aber viel niedriger ist. Sowohl Druck- als auch Zugspannung sind flächenhaft als im wesentlichen hydrostatisch anzusehen. Eine druckgespannte Oberfläche bewirkt eine Verfestigung des ganzen Glaskörpers, dadurch erlangt diese Methode der chemischen Vorspannung immer größere technische Bedeutung [1].

Dieser K–Na-Austausch kann als Interdiffusionsprozeß beschrieben werden. Durch diesen Austausch wird das Glas in einer oberflächennahen Schicht in Struktur und Eigenschaften verändert. Man kann erwarten, daß sich diese Schicht auf einen Transportprozeß (z. B. Na-Selbstdiffusion oder elektrische Leitfähigkeit) auswirkt. Beides konnte experimentell nachgewiesen werden. Die vorliegende Arbeit bringt die Ergebnisse der Na-Selbstdiffusion derartig behandelter Gläser im Vergleich zu Untersuchungen am nichtbehandelten Ausgangsglas und an homogenen Na–K-Mischgläsern.

1. Experimentelles

1.1. Versuchsglas

Das Grundglas für diese Untersuchungen hatte die Zusammensetzung (in Mol-%): 31,8 Na_2O; 5,8 Al_2O_3 und 62,4 SiO_2 (ϱ = 2,494 g/cm³, Tg = 461 °C). Das Glas wurde bei 1450 °C im Pt-Tiegel erschmolzen, die

*) Jetzt: Arbeitsgruppe Glas, Lehrstuhl für Steine und Erden (Glas und Keramik), Technische Universität Clausthal.