# Prüfung des Glases auf Biege- und Schlagfestigkeit.

Von F. Schmeer.

(Mitteilung aus dem Bautechnischen Laboratorium der Technischen Hochschule, München.)*)

(Eingegangen 18. August 1931.)

I. Einleitung: Statische und dynamische Beanspruchung des Bauglases. — II. Theoretische Grundlagen. (1. Biegeversuche, Biegefestigkeit, Formänderungsarbeit. 2. Schlagversuche, Schlagarbeit, Schlagbiegefestigkeit.) — III. Biege- und Schlagversuche an vier Flachglassorten. (Versuchsmaterial. Ausführung und Ergebnisse der Versuche). — Eignung der Prüfverfahren zur Beurteilung der Flachglassorten.

Das zu Bedachungen, Gewächshäusern u. dgl. verwendete Fenster- und Rohglas muß gegen ruhende Belastung durch Schnee und Winddruck, sowie gegen dynamische Beanspruchung durch Hagelschlag genügend widerstandsfähig sein. Für die vergleichende Beurteilung verschiedener für solche Zwecke bestimmter Glassorten ist es deshalb von Wert, nicht nur durch Biegeversuche mit ruhender Last die statische Biegefestigkeit festzustellen, sondern die Glasproben auch durch Schlagversuche auf ihre Schlagbiegefestigkeit zu prüfen.

### 1. Biegeversuche und die daraus berechenbaren Glas-Eigenschaften.

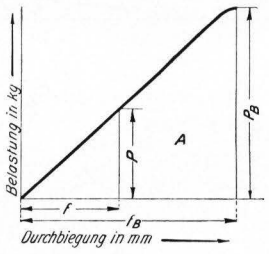
Die Biegeproben werden in der Regel mit mehreren Probestreifen, die durch Zerschneiden größerer Glasplatten erhalten werden, in der Weise ausgeführt, daß die Streifen auf zwei zueinander parallele Stützschneiden gelegt und in der Mitte zwischen diesen durch eine allmählich gesteigerte Belastung bis zum Bruch beansprucht werden. Aus der Höchst- oder Bruchlast $P_B$ (in kg), der Stützweite l, der Breite b der Streifen und ihrer Dicke d (in cm) läßt sich sodann die größte durch die Höchstlast hervorgerufene Biegungsspannung, die Biegefestigkeit $\sigma_B$ des Glases, nach der bekannten Formel der Festigkeitslehre

$$\sigma_B = \frac{3 \,.\, P_B \,.\, l}{2 \,.\, b \,.\, d^2} \text{ kg/cm}^2 \qquad [1]$$

berechnen.

Mißt man bei den einzelnen Laststufen die Durchbiegung f des Streifens in der Mitte zwischen den Stützen und trägt (s. Bild 1) in einem Schaubild in einem bestimmten Maßstab die Durchbiegungen f als Abszissen und die zugehörenden Belastungen P als Ordinaten auf, so erhält man in der Verbindungslinie der dadurch bestimmten Punkte die Biegungslinie, die bis kurz vor dem Bruch nahezu geradlinig und erst zuletzt etwa gekrümmt verläuft.

Bild 1. Darstellung der Biegungslinie eines Glasstreifens und der Formänderungsarbeit. (Durchbiegung in Abhängigkeit von der Belastung.)




Man kann nun zunächst aus der Belastung P (in kg), der Durchbiegung f (in cm), dem Trägheitsmoment $J = {}^1/_{12}\, bd^3$ des Streifenquerschnitts (in $cm^4$) das Elastizitätsmaß E des Glases nach der Formel

$$E = \frac{P\, l^3}{48\, J\, f} \text{ kg/cm}^2 \qquad [2]$$

berechnen.

Der Wert von E ist in gewissem Sinne ein Maß für die Sprödigkeit des Glases; je größer E ist, desto weniger biegt sich das Glas unter der Belastung durch.

Die (in Bild 1 schraffierte) Fläche, die von der Biegungslinie, der Ordinate für die Bruchlast $P_B$ und der Durchbiegung $f_B$ beim Bruch eingeschlossen wird, gibt die Formänderungsarbeit $A_B$ an, die bis zum Eintritt des Bruches aufgewendet und von dem Probestreifen aufgespeichert wird. Da diese Fläche nahezu ein Dreieck ist, so ist ihr Inhalt, also die Formänderungsarbeit bis zum Bruch oder das Arbeitsvermögen, angenähert

$$A_B = {}^1/_2 \,.\, P_B \,.\, f_B \text{ cmkg} \qquad [3]$$

Dieser Wert läßt sich auch als ein Maß für die Arbeit oder Energie, die bei stoßweiser Beanspruchung, also bei Schlägen, von dem Material aufgenommen werden kann, und damit als ein Maß für die Widerstandsfähigkeit gegen Schlagbeanspruchung, die Schlagfestigkeit, ansehen.

Vielfach wird die auf die Volumeneinheit des Probestabes bezogene Formänderungsarbeit, auch spezifisches Arbeitsvermögen $\mathfrak{A}_B$ genannt, berechnet. Man erhält diesen Wert aus der Gleichung

$$\mathfrak{A}_B = \frac{A_B}{V}, \qquad [4]$$

wobei das Volumen $V = l \,.\, b \,.\, d$ $cm^3$ ist.

Durch Verbindung der Gleichungen (1) bis (4) ergibt sich für die bezogene Formänderungsarbeit oder das Arbeitsvermögen je Volumeneinheit

$$\mathfrak{A}_B = \frac{1}{18} \frac{\sigma_B^2}{E} \frac{\text{cmkg}}{\text{cm}^3} \qquad [5]$$

Das bezogene Arbeitsvermögen $\mathfrak{A}_B$ ist wie $\sigma_B$ und E eine Materialkonstante und hängt in erster Linie von der Biegefestigkeit $\sigma_B$, außerdem von dem Elastizitätsmaß E, durch welches die Formänderung (Durchbiegung) bestimmt wird, ab.

*) In gekürzter Fassung in Heft 3/4 der Mitteilungen der deutschen Materialprüfungsanstalten erschienen.

**2. Schlagversuche, Schlagarbeit, Schlagbiegefestigkeit.**

Zu den Schlagversuchen, durch die das Glas unmittelbar auf Schlagbiegefestigkeit geprüft werden kann, werden ebenfalls Glasstreifen verwendet, die an den Enden gestützt werden, und auf die dann entweder durch ein sogenanntes Pendelschlagwerk ein einmaliger Schlag von solcher Stärke ausgeübt wird, daß der Bruch des Streifens erfolgt, oder mittels einer anderen geeigneten Vorrichtung (z. B. eines Fallhammers) mehrere Schläge aus allmählich gesteigerter Höhe bis zum Eintritt des Bruches gegeben werden.

Ist G (in kg) das Gewicht des Fallhammers, h in cm die Fallhöhe, bei welcher der Bruch erfolgt, so ist die zur Herbeiführung des Bruches aufgewandte Schlagarbeit

$$A_s = G \cdot h \text{ cmkg} \quad , \qquad [6]$$

und es läßt sich auch hier die auf die Volumeneinheit bezogene Schlagarbeit, die als ein Maß für die Schlagbiegefestigkeit angesehen werden kann, berechnen.

Bezeichnet man wie oben mit l die Stützweite, b die Breite und d die Dicke des Glasstreifens, so ist das Volumen $V = l \cdot b \cdot d$ cm³, und die spezifische Schlagarbeit oder Schlagbiegefestigkeit

$$\mathfrak{A}_s = \frac{A_s}{V} \cdot \frac{G \cdot h}{l \cdot b \cdot d} \; \frac{\text{cmkg}}{\text{cm}^3} \quad . \qquad [7]$$

Die bei einem solchen Schlagversuch aufgewandte Schlagarbeit wird aber — der dabei unvermeidlichen Arbeitsverluste wegen — nicht vollständig zum Zerbrechen des Probestabes ausgenutzt, sondern es wird nur ein bestimmter Teil in Formänderungsarbeit, die zur Herbeiführung des Bruches geleistet werden muß, umgesetzt. Diese Formänderungsarbeit ist bestimmt durch die im Material hervorgerufenen, rasch zunehmenden Biegungsspannungen $\sigma$ und die im gleichen Verhältnis anwachsende Durchbiegung f; die Schlagbiegefestigkeit hängt daher einerseits von der Widerstandsfähigkeit gegen die Biegungsbeanspruchung, der Biegefestigkeit, andererseits von der Größe der Durchbiegung und damit vom Elastizitätsmaß ab.

Die durch Schlagversuche ermittelte Schlagbiegefestigkeit wird deshalb (der oben erwähnten Verluste wegen) größer sein als das spezifische Arbeitsvermögen, das bei statischen Biegeversuchen festgestellt wird.

Andererseits kann aber angenommen werden, daß die Werte, die für die spezifische Formänderungsarbeit an verschiedenen Glassorten durch Biegeversuche ermittelt werden, ungefähr in dem gleichen Verhältnis zueinander stehen, wie die Werte für die spezifische Schlagarbeit, die sich bei Schlagversuchen ergeben.

**3. Ergebnisse von Biege- und Schlagversuchen.**

Diese Annahme wurde durch die Ergebnisse von Biege- und Schlagversuchen bestätigt, die in Erledigung des Prüfungsantrages einer Flachglasgroßhandlung im Bautechnischen Laboratorium der Technischen Hochschule München ausgeführt wurden, um eine Grundlage für die vergleichende Beurteilung der Widerstandsfähigkeit von vier für Gewächshäuser bestimmten Glassorten gegen Belastung durch Schnee und Winddruck sowie gegen Beanspruchung durch Hagelschlag zu erhalten.

Versuchsmaterial.

Von jeder der vier Glassorten wurden dem Laboratorium drei rechteckige Scheiben von 100 cm Länge und 60 cm Breite übersandt, die mit den Bezeichnungen 6/4 Blankglas, 8/4 Blankglas, 4 mm Klarglas und 4—6 mm Rohglas versehen waren. Die Blankglasscheiben hatten eine glatte ebene Oberfläche, die Scheiben aus Klarglas und Rohglas waren dagegen uneben, letztere in stärkerem Maße; die eine Fläche war bei diesen Glassorten ziemlich glatt, die andere rauh bzw. narbig.

Ausführung der Biegeversuche.

Zu den Biegeversuchen wurden von jeder Glassorte 9 Querstreifen von 60 cm Länge und 6 cm Breite verwendet, und zwar wurden von einer Glasscheibe drei Streifen abgetrennt, ein Streifen (Nr. 1) in der Mitte, einer (Nr. 3) am Rande und ein dritter (Nr. 2) in der Mitte zwischen den beiden Stellen. Bei der Prüfung wurden die Streifen mit der glatten Seite auf zwei schneidenartige Stützen, deren Entfernung 50 cm betrug, gelegt und in der Mitte zwischen den Stützen belastet; die Belastung wurde durch ein Rundeisen von 8 mm Durchmesser, an das eine Gewichtsschale zum Aufsetzen von Belastungsgewichten angehängt war, auf die Streifen übertragen. Zur Messung der Durchbiegung der Streifen in der Mitte zwischen den Stützen diente ein mit einem Nonius versehener Zeigerapparat, welcher die Durchbiegung mit 10-facher Vergrößerung anzeigte.

Die Belastung wurde allmählich gesteigert, und für die einzelnen Laststufen die Durchbiegung bis kurz vor Eintritt des Bruches gemessen. Die Durchbiegung bei dem Bruch selbst konnte aus den Ergebnissen dieser Messungen bis auf 0,1 mm genau geschätzt werden. Für jeden Glasstreifen wurde sodann aus der Bruchlast, den Abmessungen, dem Querschnitt und der Stützweite die Biegefestigkeit nach Gleichung (1) berechnet.

Ergebnisse der Biegeversuche.

Die Ergebnisse der Biegeversuche mit den einzelnen Streifen sind in den folgenden Zahlentafeln 1 bis 4 zusammengestellt. Von der Angabe der Durchbiegungen für die verschiedenen Laststufen wurde abgesehen und nur die Durchbiegung bei dem Bruch in die Zahlentafeln aufgenommen.

In den Tafeln sind noch für jede Glassorte die Mittelwerte der Streifenabmessungen, der Bruchlast, Biegefestigkeit und Durchbiegung bei der Bruchlast, sowie die hieraus nach den

## Zahlentafeln 1 bis 4.

### Ergebnisse der Biegeversuche mit Glasstreifen von 60 cm Länge und 6 cm Breite; Stützweite = 50 cm.

Zahlentafel 1. Glassorte I (6/4 Blankglas).
Dicke im Mittel: 2,9 mm. Gewicht von 1 m²: 7,66 kg.

| Scheibe Nr. | Streifen Nr. | Breite cm | Dicke cm | Bruchlast kg | Biegefestigkeit kg/cm² | Durchbiegung b. Bruch mm |
|---|---|---|---|---|---|---|
| I a | 1 | 6,2 | 0,29 | 5,0 | 719 | 12,7 |
| | 2 | 6,1 | 0,29 | 3,4 | 497 | 8,4 |
| | 3 | 5,9 | 0,29 | 3,5 | 529 | 9,3 |
| I b | 1 | 6,1 | 0,29 | 3,9 | 570 | 9,9 |
| | 2 | 6,2 | 0,29 | 3,9 | 561 | 9,9 |
| | 3 | 5,9 | 0,30 | 3,5 | 495 | 8,7 |
| I c | 1 | — | — | — | — | —*) |
| | 2 | 6,1 | 0,29 | 4,4 | 643 | 12,9 |
| | 3 | 6,0 | 0,29 | 4,0 | 595 | 11,9 |
| | Mittel | 6,1 | 0,29 | 3,95 | 576 | 10,5 |

Elastizitätsmaß im Mittel . . . . . 799 000 kg/cm²
Gesamte Formänderungsarbeit bis zum Bruch . . . . . 2,08 cmkg
Arbeitsvermögen, bezogen auf die Volumeneinheit . . . . . 0,0235 $\frac{\text{cmkg}}{\text{cm}^3}$

Zahlentafel 2. Glassorte II (8/4 Blankglas).
Dicke im Mittel: 4,1 mm. Gewicht von 1 m²: 10,64 kg.

| Scheibe Nr. | Streifen Nr. | Breite cm | Dicke cm | Bruchlast kg | Biegefestigkeit kg/cm² | Durchbiegung b. Bruch mm |
|---|---|---|---|---|---|---|
| II a | 1 | 6,1 | 0,42 | 8,0 | 558 | 7,1 |
| | 2 | 5,8 | 0,42 | 8,9 | 652 | 8,3 |
| | 3 | 6,1 | 0,42 | 6,0 | 418 | 5,1 |
| II b | 1 | 6,1 | 0,40 | 9,1 | 700 | 9,1 |
| | 2 | 5,8 | 0,40 | 7,4 | 598 | 8,0 |
| | 3 | 6,2 | 0,40 | 7,6 | 575 | 7,5 |
| II c | 1 | 6,0 | 0,40 | 7,0 | 547 | 6,4 |
| | 2 | 6,2 | 0,41 | 7,0 | 504 | 6,7 |
| | 3 | 6,1 | 0,40 | 7,4 | 569 | 7,2 |
| | Mittel | 6,0 | 0,41 | 7,6 | 569 | 7,3 |

Elastizitätsmaß im Mittel . . . . . 795 000 kg/cm²
Gesamte Formänderungsarbeit bis zum Bruch . . . . . 2,77 cmkg
Arbeitsvermögen, bezogen auf die Volumeneinheit . . . . . 0,0225 $\frac{\text{cmkg}}{\text{cm}^3}$

Zahlentafel 3. Glassorte III (4 mm Klarglas).
Dicke im Mittel: 3,4 mm. Gewicht von 1 m²: 9,19 kg.

| Scheibe Nr. | Streifen Nr. | Breite cm | Dicke cm | Bruchlast kg | Biegefestigkeit kg/cm² | Durchbiegung b. Bruch mm |
|---|---|---|---|---|---|---|
| III a | 1 | 5,9 | 0,33 | 3,5 | 409 | 5,8 |
| | 2 | 6,0 | 0,33 | 3,5 | 402 | 5,5 |
| | 3 | 6,0 | 0,33 | 4,9 | 563 | 6,8 |
| III b | 1 | 6,0 | 0,35 | 5,0 | 510 | 7,3 |
| | 2 | 6,0 | 0,33 | 4,9 | 563 | 7,1 |
| | 3 | 6,2 | 0,35 | 5,5 | 543 | 7,4 |
| III c | 1 | 6,0 | 0,36 | 6,0 | 579 | 7,7 |
| | 2 | 6,0 | 0,36 | 4,1 | 396 | 5,6 |
| | 3 | 5,9 | 0,35 | 3,9 | 405 | 5,3 |
| | Mittel | 6,0 | 0,34 | 4,6 | 486 | 6,5 |

Elastizitätsmaß im Mittel . . . . . 885 000 kg/cm²
Gesamte Formänderungsarbeit bis zum Bruch . . . . . 1,50 cmkg
Arbeitsvermögen, bezogen auf die Volumeneinheit . . . . . 0,0147 $\frac{\text{cmkg}}{\text{cm}^3}$

Zahlentafel 4. Glassorte IV (4—6 mm Rohglas).
Dicke im Mittel: 4,2 mm. Gewicht von 1 m²: 10,81 kg.

| Scheibe Nr. | Streifen Nr. | Breite cm | Dicke cm | Bruchlast kg | Biegefestigkeit kg/cm² | Durchbiegung b. Bruch mm |
|---|---|---|---|---|---|---|
| IV a | 1 | 6,1 | 0,45 | 6,9 | 419 | 5,0 |
| | 2 | 6,1 | 0,42 | 6,6 | 460 | 6,1 |
| | 3 | 6,0 | 0,40 | 5,1 | 399 | 5,7 |
| IV b | 1 | 5,9 | 0,37 | 5,1 | 474 | 6,1 |
| | 2 | 6,1 | 0,41 | 5,9 | 432 | 5,2 |
| | 3 | 6,1 | 0,44 | 8,2 | 521 | 6,2 |
| IV c | 1 | 6,1 | 0,39 | 4,0 | 324 | 4,1 |
| | 2 | 6,0 | 0,42 | 6,1 | 432 | 5,4 |
| | 3 | 5,9 | 0,45 | 6,7 | 421 | 5,4 |
| | Mittel | 6,0 | 0,42 | 6,1 | 431 | 5,5 |

Elastizitätsmaß im Mittel . . . . . 759 000 kg/cm²
Gesamte Formänderungsarbeit bis zum Bruch . . . . . 1,68 cmkg
Arbeitsvermögen, bezogen auf die Volumeneinheit . . . . . 0,0133 $\frac{\text{cmkg}}{\text{cm}^3}$

*) Probestreifen $c_1$ aus Glassorte I wurde bei einem Vorversuch zerbrochen, ohne daß für denselben die Bruchlast und Durchbiegung ermittelt wurde.

Gleichungen (2) bis (5) berechneten Durchschnittswerte für das Elastizitätsmaß*) des Glases und die gesamte, sowie die auf die Volumeneinheit bezogene Formänderungsarbeit bis zum Bruch angegeben.

In dem Schaubild 2 sind die Biegungslinien für die vier Glassorten I bis IV, welche den Durchschnittswerten der bei den einzelnen Laststufen gemessenen Durchbiegungen entsprechen und den Verlauf des Biegeversuches darstellen, gezeichnet. Man erkennt daraus das verschiedene Verhalten der vier Glassorten hinsichtlich Bruchlast und Durchbiegung, sowie die Unterschiede in den durch die Flächeninhalte der vier Diagramme dargestellten Werten der Formänderungsarbeit A bis zum Bruch.

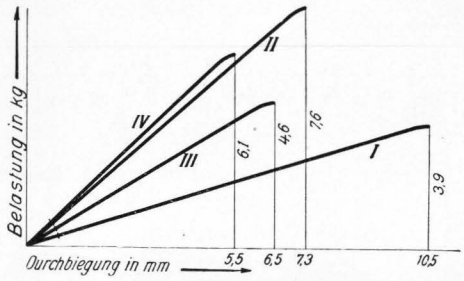



Bild 2.
Biegungslinien der untersuchten Glassorten I bis IV (vgl. Zahlentafel 1 bis 4).

Im übrigen sind aus den in den Zahlentafeln 1 bis 4 mitgeteilten Versuchsergebnissen noch die Unterschiede in der Biegefestigkeit, in dem Elastizitätsmaß und in der bezogenen Formänderungsarbeit, dem Arbeitsvermögen, ersichtlich. Besonders auffallend ist der im Verhältnis zu den übrigen Zahlen außergewöhnlich große Wert für das Elastizitätsmaß der Glassorte III.

Ferner lassen die Versuchsergebnisse erkennen, daß die für die einzelnen Probestreifen aus der gleichen Glassorte gefundenen Werte von Bruchlast, Biegefestigkeit und Durchbiegung zum Teil erheblich voneinder abweichen; diese Unterschiede, die bei dem Klar- und Rohglas (III und IV) verhältnismäßig größer als bei den Blankglassorten I und II waren, sind durch ungleiche Beschaffenheit des Glases, die wohl eine Folge der Herstellung ist, durch innere Spannungen und anderes bedingt; damit hängt es auch zusammen, daß, wie O. Graf[1]) festgestellt hat, die Biegefestigkeit, welche durch Biegeversuche mit großen Glasplatten bestimmt wird, stets geringer ist, als die durch die Prüfung schmaler Streifen ermittelten Werte. Man kann daher die letzteren zur Berechnung der Tragfähigkeit von Glasscheiben für Glasdächer usw. unter Annahme bestimmter Zahlen für Schnee- und Winddruck (z. B. 120 bis 150 kg/m²) nur unter Einführung eines hinreichenden Sicherheitsgrades verwerten.

Für die vergleichende Beurteilung der Widerstandsfähigkeit der vier Glassorten gegen eine gleich große Belastung durch Schnee und Winddruck ist das Verhältnis der Mittelwerte der für Streifen gleicher Breite bei gleicher Stützweite festgestellten Bruchlasten maßgebend. Zur Bestimmung der Verhältniszahlen wurde der für die Glassorte I für die Streifenbreite von 6,1 cm erhaltene Mittelwert der Bruchlast von 3,95 kg auf 6 cm Streifenbreite umgerechnet, wodurch sich eine Bruchlast von 3,89 kg ergab.

Bildet man ferner die Verhältniszahlen für die Mittelwerte der Biegungsfestigkeit, so ermöglichen diese den Vergleich der spezifischen Festigkeitseigenschaften der Glassorten und damit der Bruchsicherheit bei gleicher Glasdicke, gleicher Breite und Stützweite.

Die Mittelwerte des Arbeitsvermögens endlich sind, wie oben ausgeführt, mit einer gewissen Annäherung als ein Maßstab für die Widerstandsfähigkeit der Glassorten gegen dynamische Beanspruchung, wie sie durch Hagelschlag bewirkt wird, anzusehen, wiederum gleiche Breite und Stützweite vorausgesetzt. Eine zahlenmäßige Angabe der Bruchsicherheit gegen eine solche Beanspruchung ist jedoch nicht möglich, sondern nur ein Vergleich der Widerstandsfähigkeit verschiedener Glassorten. Deshalb wurden auch für das beim Versuch gemessene, sowie für das auf die Volumeneinheit der Streifen bezogene Arbeitsvermögen die Verhältniszahlen ermittelt und ebenso wie jene für Bruchlast und Biegefestigkeit nebst den Absolutwerten in der Zahlentafel 5 eingetragen, wodurch man einen besseren Ueberblick über die Festigkeitseigenschaften der vier Glassorten erhält.

*) Das Elastizitätsmaß E wurde für diejenige Belastung, bis zu welcher die Durchbiegung proportional mit der Belastung zunahm, berechnet.

[1]) O. Graf: Versuche mit großen Glasplatten auf eisernen Sprossen. (Zeitschr. des Ver. dtsch. Ing., Bd. 72, Jg. 1928, S. 566.)

Zahlentafel 5.
Zusammenstellung der Mittelwerte und ihrer Verhältniszahlen V.

| Glassorte | Dicke mm | Bruchlast | | Biegefestigkeit | | Arbeitsvermögen | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | gesamtes | | bezogen auf 1 cm³ | |
| | | kg | V | kg/cm² | V | cmkg | V | cmkg/cm³ | V |
| I | 2,9 | 3,9 | (100) | 576 | (100) | 2,04 | (100) | 0,0235 | (100) |
| II | 4,1 | 7,6 | (195) | 569 | ( 99) | 2,77 | (136) | 0,0225 | ( 96) |
| III | 3,4 | 4,6 | (118) | 486 | ( 84) | 1,50 | ( 73) | 0,0147 | ( 63) |
| IV | 4,2 | 6,1 | (157) | 431 | ( 75) | 1,68 | ( 82) | 0,0133 | ( 57) |

Hiernach ist die Tragfähigkeit und Bruchsicherheit bei ruhender Belastung, Schnee- und Winddruck, sowie bei Beanspruchung durch Hagelschlag bei der Glassorte II (4,1 mm starkes Blankglas) am größten; die Glassorten III und IV (Klarglas und Rohglas von 3,4 bzw. 4,2 mm Stärke) haben zwar im Vergleich zur Glassorte I (2,9 mm starkes Blankglas) eine größere Widerstandsfähigkeit gegen ruhende Belastung, dagegen eine geringere gegen dynamische Beanspruchung durch Schläge. In Bezug auf Biegefestigkeit sind die Glassorten I und II ziemlich gleichwertig, während die Festigkeit der Glassorten III und IV geringer ist; die Schlagfestigkeit, ausgedrückt durch das auf die Volumeneinheit bezogene Arbeitsvermögen, ist wiederum bei der Glassorte I am größten, bei der Glassorte III am kleinsten.

### Ausführung der Schlagversuche.

Zur Kontrolle der Verhältniszahlen für das Arbeitsvermögen bzw. die Widerstandsfähigkeit gegen dynamische Beanspruchung, die aus den Ergebnissen der Biegeversuche berechnet wurden, führte man, wie bereits erwähnt, noch Schlagversuche mit einer provisorischen Versuchseinrichtung aus. Zu den Versuchen wurde jeweils eines der bei den Biegeversuchen ermittelten Bruchstücke der 6 cm breiten Glasstreifen, das keinerlei Beschädigung aufwies, verwendet. Die etwa 25 cm langen Streifen wurden auf zwei Stützen von 20 cm Entfernung gelegt, worauf man auf die Streifen in der Mitte zwischen den Stützen den Kopf eines Stielhammers von 0,2 kg Hammergewicht, der um eine horizontale Achse drehbar gelagert war, auffallen ließ, und zwar zunächst aus einer Höhe, die aus dem durch den Biegeversuch ermittelten Werte des Arbeitsvermögens $A_B$ und dem Hammergewicht $G = 0{,}2$ kg berechnet wurde. Da das Arbeitsvermögen bei dem gleichen Material dem Rauminhalt V, also bei gleicher Streifenbreite und -dicke der Stützweite $l$ proportional gesetzt werden kann und die Stützweiten bei dem statischen Biegeversuch und dem Schlagversuch 50 bzw. 20 cm betrugen, so berechnete sich die Fallhöhe h für den Hammer zu $\frac{2}{5} \cdot \frac{A_B}{G}$ cm. Es zeigte sich jedoch, daß diese Höhe zu gering war, und daß der Bruch erst durch mehrere Schläge aus allmählich gesteigerten Fallhöhen herbeigeführt wurde. Die Fallhöhe beim letzten Schlag betrug das 2- bis 2,5fache des berechneten Wertes von h. Als Maß für die Widerstandsfähigkeit der Glasstreifen gegen Schlagbeanspruchung kann die beim letzten Schlag geleistete Arbeit bzw. die Fallhöhe beim letzten Schlag angenommen werden.

Die Schlagarbeit $A_s$ und der auf die Volumeneinheit bezogene Wert derselben (die Schlagfestigkeit $\mathfrak{A}_5$) wurde nicht für die einzelnen Streifen, sondern nur für jede Glassorte nach dem Mittelwert der Fallhöhe beim letzten Schlag berechnet.

### Ergebnisse der Schlagversuche.

Die Ergebnisse der Schlagversuche sind in der Zahlentafel 6 enthalten.

Zahlentafel 6.

Ergebnisse der Schlagversuche mit Glasstreifen von 6 cm Breite bei einer Stützweite von 20 cm.

Fallgewicht 0,2 kg.

| Glassorte Nr. | | 6/4 Blankglas I | 8/4 Blankglas II | 4 mm Klarglas III | 4–6 mm Rohglas IV |
|---|---|---|---|---|---|
| Mittlere Dicke (mm) | | 2,9 | 4,1 | 3,4 | 4,2 |
| Fallhöhe (cm) bei dem 1. Schlag | | 4,1 | 5,5 | 3,0 | 3,4 |
| Scheibe Nr. | Streifen Nr. | Fallhöhe (cm) bei dem letzten Schlag (Bruch) | | | |
| a | 1 | 9 | 12 | 9 | 7 |
| | 2 | 9 | 17 | 7 | 7 |
| | 3 | 11 | 19 | 7 | 8 |
| b | 1 | 13 | 12 | 9 | 6 |
| | 2 | 9 | 13 | 9 | 6 |
| | 3 | 11 | 9 | 9 | 11 |
| c | 1 | 8 | 14 | 6 | 8 |
| | 2 | 8 | 9 | 5 | 10 |
| | 3 | 7 | 14 | 6 | 7 |
| | Mittel | 9,55 | 13,2 | 7,4 | 7,8 |
| Schlagarbeit (cmkg) im Mittel | | 1,91 | 2,64 | 1,48 | 1,56 |
| Verhältniszahlen | | 100 | 138 | 77 | 82 |
| Auf 1 cm³ bezogene Schlagarbeit | | 0,054 | 0,054 | 0,036 | 0,031 |
| Verhältniszahlen | | 100 | 100 | 67 | 57 |

Zu den Ergebnissen der Schlagversuche ist noch zu bemerken, daß die Fallhöhen, also die Schlagarbeiten, die bei den einzelnen Streifen einer Glassorte zur Herbeiführung des Bruches erforderlich waren, wiederum ziemlich voneinander abweichen. Auch diese Abweichungen sind natürlich auf Verschiedenheiten in der Beschaffenheit des Glases zurückzuführen.

### Vergleich der beiden Prüfverfahren.

Vergleicht man die Verhältniszahlen für die Schlagarbeit mit denjenigen für das (aus den Ergebnissen der Biegeversuche berechnete) Arbeitsvermögen $A_B$, so findet man eine auffallend gute Uebereinstimmung; durch die Schlagversuche ist sonach die Annahme bestätigt worden, daß die Mittelwerte für das Arbeitsvermögen, die bei den statischen Biegeversuchen aus Bruchlast und Durchbiegung beim Bruch berechnet wurden, als Maßstab für die Beurteilung der Widerstandsfähigkeit gleich großer Glasstreifen gegen dynamische Beanspruchung durch Schläge oder Stöße angesehen werden können.

**Zusammenfassung.**

Es werden die theoretischen Grundlagen der Biege- und Schlagfestigkeitsprüfungen dargelegt. Die Ausführung derartiger Prüfungen an vier Flachglassorten wird beschrieben.

Aus den zahlenmäßigen Ergebnissen lassen sich Rückschlüsse auf das voraussichtliche Verhalten der Flachgläser gegen statische (z. B. Winddruck) und dynamische (z. B. Hagelschlag) Beanspruchungen ziehen.

Anm. d. Schriftl.: Ueber die mechanischen Eigenschaften des Glases und der Baustoffe enthält das September- und das vorliegende Oktober-Heft der „Glastechn. Ber." (9. Jg. 1931, H. 9 und 10) auch die Abhandlung A. Ruß (S. 481 bis 501, 529 bis 543) und zahlreiche Referate in den Abteilungen 7, 11, 12, 13, 16, 17 (S. 518—521, 562—566).

# Eine urkundliche Nachricht über die Glashütte Judenbach bei Sonneberg in Thüringen vom Jahre 1418.

Von Dr. Herbert Kühnert, Rudolstadt (Thür.).

(Eingegangen 26. August 1931.)

Erwähnungen und Belege von Glashütten in Judenbach. — Lehenbrief für die Glashütte des Claus Rossfeld. — Nachrichten über die Familie Rossfeld. — Nachweis der Lage der Hütte. — Belege für das erste Auftauchen des Wortes „Weinglas" und die früheste Verwendung von Wein- und Fenstergläsern in Thüringen.

Bereits in der 1853 zu Meiningen erschienenen „Landeskunde des Herzogtums Meiningen" von Prof. G. Brückner (2. T., S. 461) wurde darauf hingewiesen, daß sich unweit von dem Thüringer-Wald-Ort Judenbach Spuren einer alten Glashütte befänden. Und der Judenbacher Pfarrer B. Liebermann wies in seiner 1893 veröffentlichten Schrift „Geschichtliches aus Judenbach" darauf hin (S. 5), daß noch zu seiner Zeit an den Ufern des sogenannten „Glasbaches" bei Judenbach Spuren von „Glashütten" zu finden gewesen seien. Die von A. Freysoldt in dem Buch „Die Fränkischen Wälder im 16. und 17. Jahrhundert" (1904) auf S. 28 ff. wiedergegebene Forstbereitung der Wälder des Amtes Sonneberg vom Jahre 1555 führt unter den zum Forstrevier Judenbach gehörigen Holzbeständen zwar auch den Revierteil „Glasbach" an, den wir noch heute auf den Karten als Bezeichnung für den südöstlich vom Ort Judenbach zur Steinach hinabfließenden Bach finden, tut aber einer an diesem Bach gelegenen Glashütte bereits keine Erwähnung mehr. Auch der bei Liebermann (S. 14 ff.) wiedergegebene den Ort Judenbach betreffende Auszug aus dem Coburger Erbbuch vom Jahre 1516[1]) erwähnt zwar zwei Judenbacher Wirtshäuser, 4 Güter und 19 Hintersitzer, aber keine Judenbacher Glashütte. Gleichwohl soll nach Angabe von (San.-Rat) H(offmann-Sonneberg) in dem Aufsatz „Die alten Glashütten im Kreise Sonneberg"[2]) noch 1515 eine Judenbacher Glashütte bestanden haben, ohne daß jedoch hier eine nähere archivalische Quelle angegeben ist.

Auf eine sichere, weiter rückwärts liegende Quelle ist zuerst der ehemalige Meininger Archivar Ernst Koch gestoßen. In einer Schleusinger Vogteirechnung vom Jahre 1455 (St.-Arch. Magdeburg) fand Koch die Notiz, daß in jenem Jahr aus dem Gräflich-Hennebergischen Amt zu Schleusingen dem „Glaser von Judenbach" für gelieferte Gläser 3 Schock Groschen bezahlt worden sind[3]). Hiernach steht fest, daß im Jahre 1455 zu Judenbach mindestens eine Glashütte im Betrieb gewesen sein muß.

Genaueres über diese Glashütte erfahren wir aus der Abschrift einer Urkunde, die sich im Kopialbuch Nr. 37 (Bl. 82) des Sächsischen Hauptstaatsarchivs zu Dresden (Düppelstr. 14) befindet. Den Hinweis auf diese Quelle verdankt der Verfasser Herrn K. Reichmann in Sonneberg bzw. Oskar Frh. von Schaumberg (zu Niederlößnitz-Kötzschenbroda b. Dresden). Die Einsichtnahme des Verfassers in dieses Kopialbuch ergab Folgendes:

Am 6. Juli 1418 beurkundete zu Saalfeld Wilhelm II. (geb. 1371, gest. 1425), Markgraf vom Osterland, daß er dem Claus Rossfeld die Glashütte auf dem Judenbache mit allem Zubehör als Erblehen überlassen habe. Er solle als jährlichen Zins 3 Truhen guter Gläser an die Herrschaft liefern, und zwar je eine an Weihnachten, eine an Ostern und eine an Pfingsten. Wenn sich die Herrschaft zu Coburg aufhalte, solle er ihr, dem früheren Brauch entsprechend, darüber hinaus mit Gläsern dienen. Dafür werde ihm als besondere Gunst die Zusage gemacht, daß auf und um den Wald keine Glashütte weiter errichtet werden solle, die seiner Hütte etwa Schaden tun könnte; es sei denn, es werde von der Landesherrschaft der Bau einer Hütte angeordnet, bei der eine Schädigung der Judenbacher Hütte nicht in Frage komme. Falls jemals Claus oder seine Erben nachweislich der Hütte nicht

[1]) Geh. H. u. St.-Arch., Coburg, c III, 1 c Nr. 35, Blatt CCLII.

[2]) H(offmann-Sonneberg): „Die alten Glashütten im Kreise Sonneberg", Südthüringer Heimatblätter, Beilage der „Sonneberger Ztg.", 8. II. 1930.

[3]) Vergl. E. Koch: „Die ehemalige Glashütte zu Langenbach bei Schleusingen, die Mutter der Glashütten zu Fehrenbach und Lauscha, 1525—1589". Meiningen, 1908, S. 12, Anm. 7.