

## Ergebnisse textiler Untersuchungen an Glasseide und Glasfasergarn.

Von Paul-August Koch, Dresden.

(Mitteilung des Lehrstuhls für Faserstoffkunde an der Technischen Hochschule zu Dresden,  
vorgetragen auf der 22. Glastechnischen Tagung in Nürnberg am 10. März 1941.)

Glasfäden und Glasfasern wurden in der Faserstoffkunde bis vor wenig Jahren nur am Rande kurz vermerkt, da die früher aus Glas erzeugten endlosen Fäden bzw. kurzen Fasern — mit Durchmessern von meist über 15 bis 20  $\mu$  — einer textilen Verarbeitung die verschiedensten Schwierigkeiten entgegenstellten. Für die Verwendung als Textilmaterial bringen Glasfäden und Glasfasern zwar eine Reihe beachtlicher Vorteile mit, so weitgehende Säure- und hohe thermische Beständigkeit, Unverbrennbarkeit, hervorragende Isolationseigenschaften gegen Wärme, Elektrizität und Schall; ihre Nachteile, namentlich die hohe Sprödigkeit und die mangelnde Dehnung, ferner die Glätte der Glasfasern, ermöglichten jedoch zunächst kein Verspinnen und Verweben.

Seitdem wurden verschiedene neue Herstellungsverfahren entwickelt — das Trommel-, das Schleuder- und das Blasverfahren —, von denen jedes erlaubt, auch feinste Glasfäden bzw. -fasern bis zu etwa 3  $\mu$  Feinheit herab zu erzeugen<sup>1)</sup>. Die genannten Verfahren sind in den Veröffentlichungen von G. von Pazsiczky<sup>2)</sup> und L. von Reis<sup>3)</sup>, sowie später von R. Hagner<sup>4)</sup> näher beschrieben worden. Durch Herabsetzen der Feinheit hat sich die Sprödigkeit dieser Erzeugnisse stark vermindern lassen. Mit Verringerung des Durchmessers wächst auch nicht nur die Schmiegsamkeit und Knotbarkeit<sup>5)</sup>, sondern auch die Dehnung und — in erheblichem Maße — die Zugfestigkeit (siehe Abschnitt „Festigkeits- und Dehnungseigenschaften“). Dadurch haben die heutigen Glasseiden und Glasfasergarne nun auch in der Textilindustrie Eingang finden können und stellen für ausgewählte technische Zwecke ein wertvolles Ausgangsmaterial dar. Als Verwendungsgebiete für Glasbänder und -litzen, sowie Glasgewebe seien u. a. genannt: Elektroindustrie (für wärmebeständige Wicklungen in elektrischen Maschinen, Transformatoren und Apparaten — verbunden mit erheblicher Gewichtsersparnis! —, sowie für Kabelisolation), chemische Industrie (als Filter), Bauindustrie (zur Wärme- und Schallisolation, auch als anorganische Gewebeeinlage bei Bitumen-, Asphalt- oder in Harzplatten; als Glasgarn ferner zum

Steppen von Glaswattmatten), gesamte Technik (für die verschiedensten Isolationszwecke, z. B. Rohrleitungen, sowie für Abdichtungen aller Art); weiterhin stellt man Säcke und Dekorationsstoffe (diese feuerhemmend und schalltechnisch von Bedeutung!) aus Glasseide bzw. Glasfasergarn her.

Das Eindringen von Glasseide und Glasfaser in das textile Gebiet ließ eine Untersuchung ihrer Eigenschaften nach den in der Faserstoffprüfung üblichen Methoden angezeigt erscheinen. Ich habe im vergangenen Jahr gemeinsam mit meinem Mitarbeiter, Herrn Dipl.-Ing. G. Sattlow, eine Reihe von Untersuchungen durchgeführt, die sich auf die technologischen Eigenschaften der von der A. G. der Gerresheimer Glashüttenwerke hergestellten „Gerrix“-Glasseide und -Glasfaser, sowie daraus hergestellter Halb- und Fertigfabrikate bezogen<sup>5)</sup>. Die Prüfungen, über deren Ergebnisse hier berichtet wird, erstreckten sich auf Feinheit, mikroskopischen Befund, spezifisches Gewicht, Gleichförmigkeit der Garne, Festigkeits- und Dehnungseigenschaften von Einzelfasern, Garnen und Bändern, sowie auf den Einfluß von Hitze, Luftfeuchtigkeit und des Einlegens in Wasser auf die Festigkeit.

Bei allen folgenden Betrachtungen sind zweierlei verschiedene Fertigungen zu unterscheiden:

Glasseide ist ein webfertig erzeugtes Garn, das aus einer gleichbleibenden Anzahl annähernd parallel liegender oder schwach umeinander gedrehter feinsten, endloser Einzelfäden besteht (bei „Gerrix“-Glasseide, entsprechend der Düsenlochzahl, 102 Einzelfäden);

Glasfasern stellen hingegen ein kurzfasriges Material dar (Faserlänge zwischen etwa 6 und 35 cm schwankend), das für textile Zwecke direkt als „Vorgarn“ gewonnen wird; aus ihm erhält man durch Drallgebung das Glasfasergarn.

### Feinheit der Glasfäden und Glasfasern.

Die in Bezug auf die Feinheit einzelner Glasfäden und von Glasfasern in den letzten Jahren erzielten Fort-

<sup>1)</sup> L. v. Reis, „Herstellung und Verwendung von Glasgarn“. Glastechn. Ber., 15 (1937), S. 219—228.

<sup>2)</sup> G. v. Pazsiczky, „Herstellung, Verarbeitung und Verwendung von Glasfäden“. Glastechn. Ber., 14 (1936), S. 206—211.

<sup>3)</sup> R. Hagner, „Glass as electrical insulation“. Electric J., 35 (1938), S. 177—180. (Ref. Glastechn. Ber., 18 (1940), S. 133—134.)

<sup>4)</sup> W. Eitel und F. Oberlies, „Einige Eigenschaften des Glasfadens“. Glastechn. Ber., 15 (1937), S. 228—231.

<sup>5)</sup> Mitteilungen des Lehrstuhls für Faserstoffkunde an der Technischen Hochschule zu Dresden, P.-A. Koch, „Die technologischen Eigenschaften von Glasseide und Glaswolle“. Klepzig's Textil-Z., 43 (1940), S. 211—215, bzw. Glas u. App., 21 (1940), S. 35—37 und 41—43 (Ref. Glastechn. Ber., 18 (1940), S. 189); P.-A. Koch und G. Sattlow, „Die Einwirkung von Hitze und von Feuchtigkeit auf die Festigkeit und Dehnung von Glasseide und Glasfasergarn“ I. Klepzig's Textil-Z., 43 (1940), S. 542—547, bzw. Glas u. App., 21 (1940), S. 83—84, 119—121 und 125—127; (Ref. Glastechn. Ber., 18 (1940), S. 222); desgl. II. Klepzig's Textil-Z., 44 (1941), S. 104—106, bzw. Glas u. App., 22 (1941), S. 29—31.

Tafel 1.

Hersteller	Probe	Durchm. [ $\mu$ ]			Un- gleich- mäßigkeit <sup>1)</sup> %	Feinheits- nummer $N_m$
		Mittel- wert	Höchst- wert	Tiefst- wert		
?	Glaswolle, alt	16,7	20,0	12,5	9,13	1845
Thüringische Glas- wollindustrie vorm. S. Koch G m b H., Hamburg	Glasseide Vitruvan	20,0	26,3	16,3	6,87	1285
	Glaswatte Vitruvan	17,8	20,5	14,5	5,34	1630
Aktien- Gesellschaft der Gerresheimer Glashüttenwerke vorm. Ferd. Heye, Düsseldorfer- Gerresheim	Gerrix-Glasseide					
	Nm = 160	5,6	7,0	4,5	9,72	16400
	Gerrix-Glasfaser- garn, Nm = 3	7,3	8,8	5,8	7,13	9675
	Nm = 25	6,7	8,0	4,5	13,80	11470
	Glasfaser-Vorgarn	10,8	18,8	7,5	16,48	4410

schritte gehen aus der Zusammenstellung Tafel 1 hervor, in der ältere und heutige Proben gegenübergestellt sind. Die Durchmesser-Mittelwerte wurden hierfür aus je 20 mikroskopischen Dickenmessungen unter Zugrundelegung eines mittleren spezifischen Gewichtes von 2,48 g/cm<sup>3</sup> ermittelt. Die Ungleichmäßigkeit in der Feinheit (errechnet aus den Durchmesserwerten nach der Somerschen Formel) kann dabei allgemein als gering angesehen werden. Wie weitere Untersuchungen ergaben, ist die Feinheits-Gleichmäßigkeit auch bei der nicht endlos gesponnenen Glasfaser innerhalb größerer Längen beachtlich groß. (Siehe Tafel 2, in der die

Tafel 2.

Gerrix-Glasfaser- garn, Nm = 3	Durchmesser [ $\mu$ ]			Ungleich- mäßigkeit [%]
	Mittel- wert	Höchst- wert	Tiefst- wert	
Prüfabschnitt				
I	7,3	8,8	5,8	7,13
II	7,1	8,3	5,5	7,38
III	7,3	8,3	5,5	7,65
im Mittel	7,2	—	—	7,39

Meßwerte von drei, mehrere Meter auseinanderliegenden Prüfabschnitten eines Glasfasergarnes verzeichnet sind.)

Einen anschaulichen Vergleich über die heute bei Glasseide und Glasfasern erreichte Feinheit ermöglichen Querschnittsbilder, wie sie Bild 1 bis 3 — nach Zeichnungen mit dem Zeichenprisma — für diese Materialien in Gegenüberstellung zu den feinsten im Handel befindlichen Kunstseiden wiedergeben. Die „Gerrix“-Glasseide

weist demnach eine ganz wesentlich höhere Einzelfadenfeinheit auf als jeder andere Textilrohstoff. Die mit dem niedrigsten Einzelfadentiter gesponnene Kupferkunstseide „Bemberg extrem feinstfädig“ 25 den. mit 50 Einzelfäden ist bekanntlich schon über doppelt so fein als der Einzelfaden der Naturseide, den man im Mittel mit 1,3 den. ansetzen kann; sie wird aber in ihrer Feinheit von der „Gerrix“-Glasseide noch erheblich unterschritten (Bild 1 gegenüber Bild 3a). Ein Vergleich der wirklichen Feinheitsverhältnisse ist hier übrigens nur an Hand der Querschnittsfläche möglich, da die sonst für Fasern üblicherweise zur Kennzeichnung der Feinheit herangezogene metrische Feinheitsnummer [Faserlänge in mm / Fasergewicht in mg] infolge des beträchtlich höheren spezifischen Gewichtes der Glasfäden und Glasfasern — das bei Ermittlung der Feinheitsnummer aus dem Durchmesser in die Rechnung eingeführt wird — gegenüber anderen natürlichen wie geschaffenen Faserstoffen (siehe Tafel 3) bei diesen vergleichenden Betrachtungen keinen richtigen Maßstab darstellt. So entspricht der in Bild 3a wiedergegebenen extrem feinstfädigen Kupferkunstseide mit 0,5 den. Einzelfadentiter eine metrische Feinheitsnummer  $N_m = 18000$ , während der weitaus feineren Glasseide (Bild 1) ein rechnerisches  $N_m = 16400$  zukommt. Die Glasfasern weisen bisher meist eine geringere Feinheit auf und zeigen auch geringere Gleichmäßigkeit in der Feinheit (siehe Bild 2), was wohl herstellungstechnisch begründet sein dürfte.

#### Mikroskopischer Befund.

Im mikroskopischen Bild (Bild 4) erscheinen Glasfäden wie Glasfasern vollkommen strukturlos, entsprechend ihren kreisrunden, glatt begrenzten Querschnitten. Man sieht aber aus Bild 4, daß auch diese feinsten Fasern ihre materialeigene Steifheit nicht ganz verleugnen können. Die Querschnittszeichnung von Fasern aus einem Glas-Vorgarn, Bild 2, gibt gleichzeitig eine Erscheinung wieder, die man bei mikroskopischen Untersuchungen hier und da beobachten kann: einzelne Fasern weisen Hohlräume auf. Diese Hohlräume — bei denen es sich um Spinnzufälligkeiten handeln wird, da sie nur ganz vereinzelt in Erscheinung treten — liegen nicht immer konzentrisch und zeigen, wie man aus Bild 2 ersieht, auch sehr unterschiedliche Weite. Sogar zwei von einander getrennte Hohlräume

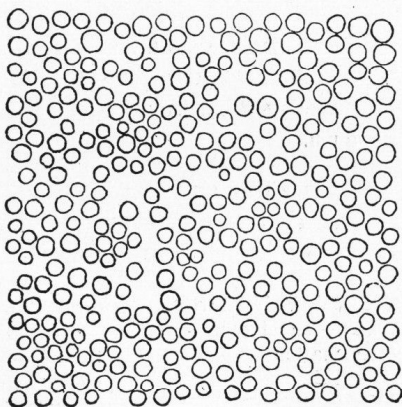


Bild 1.

Gerrix-Glasseide Nm = 160 mit 102 E-F; Feinheitsnummer  $N_m = 16400$  (Einzelfadendurchmesser im Mittel 5,6  $\mu$ ).

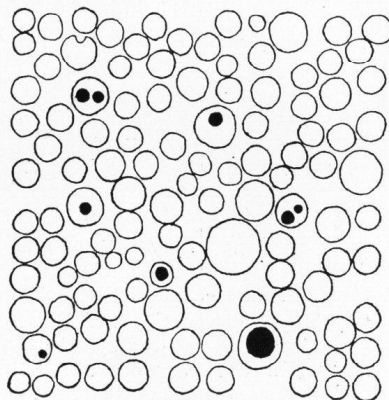


Bild 2.

Glasfaser-Vorgarn; mittlere Feinheitsnummer  $N_m = 4410$ . Einzelne Fasern mit Hohlräumen (Spinnzufälligkeiten — siehe Bild 5 u. 6).

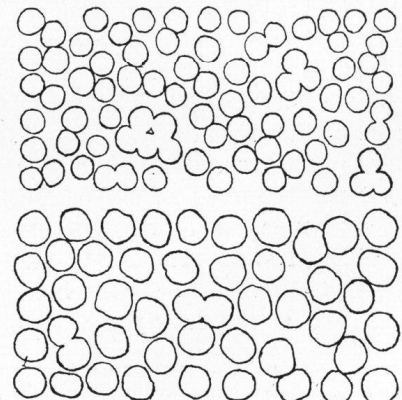


Bild 3.

Kupferkunstseide (Bemberg); oben (a): extrem feinstfädig, E-T 0,5 den., unten (b): Ultrafein, E-T 1,0 den.

Die Querschnittszeichnungen sind in 400facher Vergrößerung wiedergegeben.

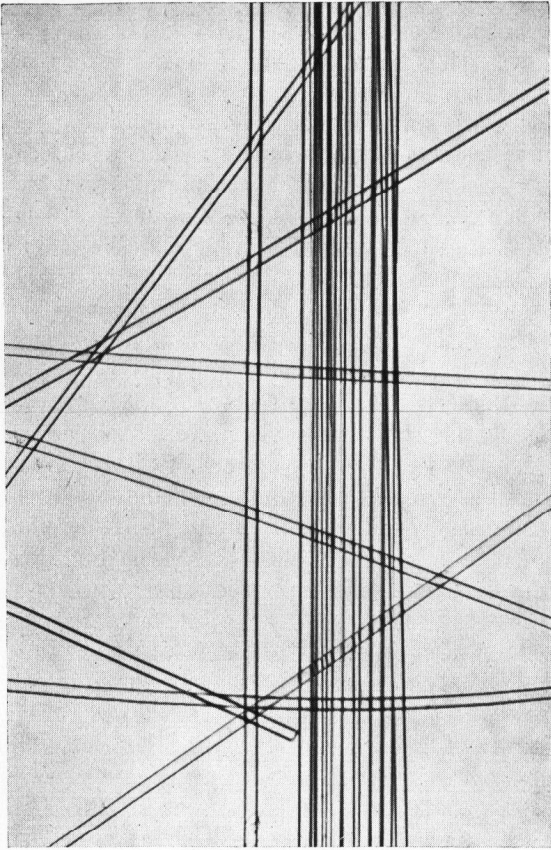


Bild 4. Gerrix-Glasfasern. 150 : 1.

kommen in ein und derselben Faser vor. Die Betrachtung solcher Fasern in Längsansicht (Bild 5 und 6) läßt erken-

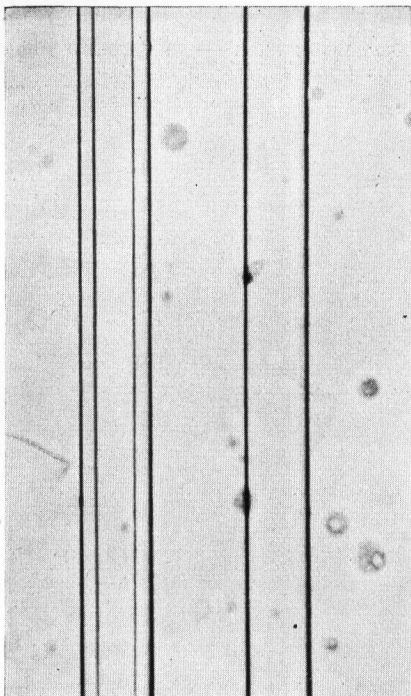


Bild 5.  
Zwei Einzelfasern aus einem Glasfaser-Vorgarn, linke Faser mit weitem Hohlraum (Spinnzufälligkeit). Im Glycerinpräparat schwimmen Tropfen der abgelösten Oel-Präparation.  
750 : 1.

nen, daß diese Hohlräume in gleichbleibender Weite den ganzen Verlauf der Faser hindurchgehen und teilweise auch nach Herstellung des Präparates noch gaserfüllt bleiben (Bild 6).

**Spezifisches Gewicht.**

Das spezifische Gewicht wird für normales Glas im Schrifttum mit 2,4 bis 2,6 g/cm<sup>3</sup> angegeben. Da zur Herstellung von Glasseide und von Glasfaser Glasschmelzen

unterschiedlicher Zusammensetzung verwendet werden, wurde das spezifische Gewicht für beide Materialien mehrmals nach der Immersionsmethode in Petroleum bestimmt. Es ergaben sich als Mittelwerte bei

„Gerrix“-Glasseide  
2,471 g/cm<sup>3</sup>,  
„Gerrix“-Glasfasergarn  
2,485 g/cm<sup>3</sup>,

somit nur geringfügige Unterschiede für beide Erzeugnisse. Es kann daher mit einem mittleren spezifischen Gewicht von 2,48 g/cm<sup>3</sup> gerechnet werden. Das spezifische Gewicht liegt beträchtlich höher als das der übrigen textilen Rohstoffe, für die man mit Werten zwischen 1,12 g/cm<sup>3</sup> und 1,52 g/cm<sup>3</sup> zu rechnen hat, wenn man von Asbest absehen will. Eine Zusammenstellung der verschiedensten spez. Gew. bringt Tafel 3.

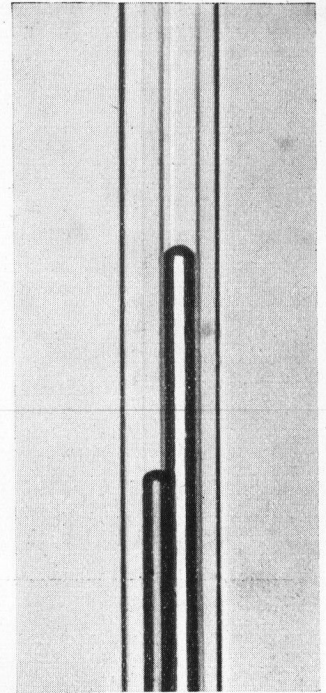


Bild 6. Einzelfaser aus einem Glasfaser-Vorgarn mit zwei getrennten, in verschiedenen Ebenen liegenden Hohlräumen, teils noch gaserfüllt.  
750 : 1.

Tafel 3.

Spez. Gewichte der verschiedenen textilen Rohstoffe in g/cm<sup>3</sup>.

Nylon (vollsynthetische Polyamid-KS)	1,12*
Kaseinfasern (Lamital, Tiolan)	1,30*
Schafwolle	1,32
normale Azetat-KS u. -ZW (aus Sekundärazetat)	1,33
Naturseide, entbastet	1,37
PeCe-Faser (vollsynthetische Polyvinylfaser)	1,44*
Flachs	1,44 bis 1,46
Baumwolle	1,47 bis 1,50
Ramie (gebleicht)	1,50
Viskose- und Kupfer-KS und -ZW	1,52
kanadischer Asbest	2,41
„Gerrix“-Glasseide und -Glasfaser	2,48*
blauer Asbest	3,02

Die mit \* versehenen Werte entstammen neuen Untersuchungen von P.-A. Koch und G. Sattlow, Klepzig's Textil-Z., 43 (1940), S. 966, und sind auf normalfeuchtes Gut (65% rel. L-F) bezogen; die übrigen Werte wurden entnommen aus Herzog-Wagner, „Physikalisch-technisches Faserstoff-Praktikum“, S. 118. Berlin, J. Springer 1931.

Durch das von allen anderen Faserstoffen stark abweichende spezifische Gewicht werden, wie schon oben angedeutet, Feinheitsvergleiche von Glasfasern oder -garnen mit solchen der üblichen textilen Rohstoffe über die Nummer unmöglich gemacht, da für solche Betrachtungen nach der Definition der metrischen Nummer Nm [Länge in m/Gewicht in g] ein etwa gleich hoch liegendes spezifisches Gewicht Voraussetzung ist.

**Gleichförmigkeit der Glasgarne.**

Die Prüfung von Garnen auf ihre Gleichmäßigkeit in der Dicke, die sog. „Gleichförmigkeit“, ist mit Hilfe des von E. H. Berthold entwickelten „Gleifometer“<sup>6)</sup> durchführbar. Das Meßorgan dieses Prüfgerätes sind zwei Sektoren, die auf ihren aufeinander abrollenden Flächen eine von Null bis zu einem

<sup>6)</sup> Siehe Herzog-Koch, „Fehler in Textilien, ihre Erkennung und Untersuchung“, S. 8–9 u. 11. Heidelberg, Verlag Melliand Textilberichte 1938.

Höchstwert kontinuierlich größer werdende halbkreisförmige Nut aufweisen (n in Bild 7). Durch die geschilderte Ausbildung der Prüfsektoren wird — gegenüber älteren Apparaten zur Prüfung der Gleichmäßigkeit — das Abfühlen des Prüfgesetzes über den ganzen Querschnitt

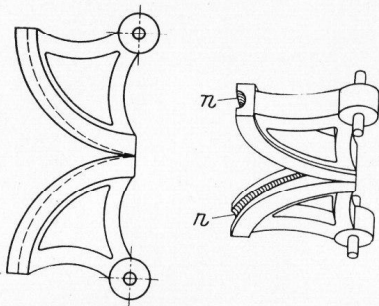


Bild 7.  
Prüfsektoren des „Gleifometer“ nach E. H. Berthold (vgl. auch Bild 8).

sichergestellt, ohne daß eine Quetschung bzw. Deformation des Garnes eintritt. Der Aufbau des „Gleifometer“ geht aus Bild 8 hervor. — Es ist nicht uninteressant, Gleichförmigkeitsprüfungen an Glasgarnen den Untersuchungsergebnissen an anderen textilen Garnen, insbe-

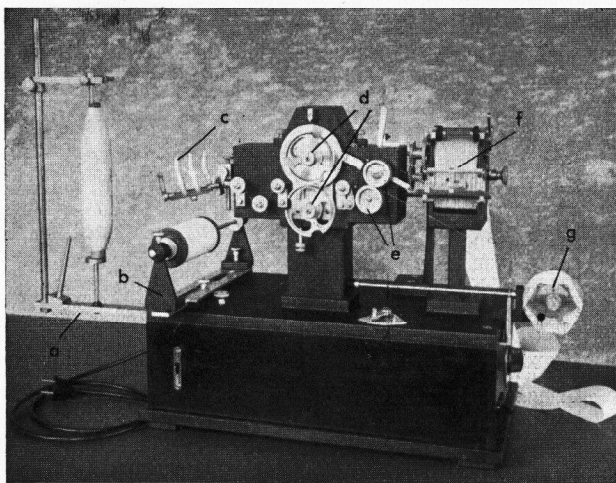


Bild 8.  
Gleichförmigkeitsprüfer nach E. H. Berthold („Gleifometer“).

a = Kopsträger, b = Spulenträger, c = Fadenzug-Ausgleichsbremse, d = Meßsektoren, e = Fadendurchzugswalzen, f = Diagrammschreibvorrichtung, g = Fadenaufwinder.

sondere an Kunstseiden und Zellwollgarnen<sup>7)</sup>, gegenüberzustellen.

Glasseide als ein aus endlosen, glatt-kreisrunden Einzelfäden bestehendes Garn läßt naturgemäß keinerlei Ungleichförmigkeit erwarten, und so stimmt das am Gleifometer erhaltene Diagramm (Bild 9) überein mit denen ähnlich feinstfädiger Kunstseiden, die sich als die gleichförmigsten Garne überhaupt erweisen. (In den Diagrammen entspricht der Abstand zwischen 2 senkrechten Strichen stets 1 m durchgelaufener Garnlänge.) — Anders liegen die Verhältnisse bei Glasfasergarnen. Hier machen sich die Unterschiede im spinntechnischen Herstellungsgang gegenüber den übrigen textilen Gespinsten deutlich bemerkbar. Während die Gespinstbildung etwa bei Baumwolle oder Zellwolle durch Verziehen (Strecken) und Doppeln des Krepelbandes und folgende Drahterteilung mit weiterem Strecken bis zum Feinspinnen erfolgt — und mit der Verfeinerung des Bandes bzw. Vorgarnes eine wesentliche Vergleichmäßigung eintritt —, wird Glasfasergarn durch Drehung des im eigentlichen Herstellungsgang erhaltenen „Vorgarnes“ gewonnen, und zwar heute ohne Verwendung von Strecken in der kombinierten Erzeugungsmaschine.

<sup>7)</sup> P.-A. Koch, „Gleichförmigkeitsprüfung von Kunstseiden und Zellwollgarnen“. Melliand Textilber., 17 (1936), S. 123—127.

Die unterschiedliche Feinheit der verschiedenen Glasfasergarne erreicht man durch verschieden feine Vorgarne, deren Herstellung bis zur Nm = 12 gelungen ist. Ein Vergleichmäßigen des Vorgarnes durch Verdoppeln und Verziehen wie im eben geschilderten Sinn kann demnach hier nicht stattfinden, und es müssen daher Glasfasergarne weitaus größere Ungleichförmigkeit aufweisen als andere textile Gespinste. Dies geht aus den Diagrammen zweier gleich dicker Gespinste, einmal aus Viskosezellwolle, zum anderen aus Glasfaser, hervor (Bild 10 und 11 — hier entspricht der engl. Baumwoll-Nummer Ne = 24, d. h. Nm = 40 des Zellwollgarnes ein Glasfasergarn der Nm = 25 in der Feinheit).

Die kurzen, hohen Ausschläge im Diagramm des Glasfasergarnes weisen auf viele zwar lokale, aber doch recht unausgeglichene bzw. schwächer gedrehte Abschnitte hin; sie sind erklärlich, da durch die Drallgebung allein ein Ausgleich der im Vorgarn naturgemäß vorhandenen Ungleichmäßigkeiten der Banddicke (Faseranzahl je Querschnitt) nicht erfolgen kann im Gegensatz zu der weitgehenden Vergleichmäßigung durch Doppeln und Strecken sowie Verfeinern in der normalen Spinnerei. Hinzu kommt die geringe Schmiegsamkeit der Glasfasern. — Werden aus Glasfasergarnen nun Zwirne im normalen Zwirnprozeß hergestellt, so tritt hierdurch naturgemäß eine Verbesserung der Gleichförmigkeit ein, wie man dies bei allen Zwirnen im Vergleich zu den Ausgangsgespinsten beobachten kann. Das Diagramm des Glasfaser-Zwirnes (Bild 12) läßt aber immer noch einzelne scharfe Spitzen hervortreten, die in gleichem Grad bei Baumwoll- oder Zellwoll-Zwirnen nicht vorhanden sind. — Das Fehlen des eigentlichen, vergleichmäßigenden Verspinnvorganges macht sich auch bei groben Glasfasergarnen in ähnlicher Weise bemerkbar, wenn auch — in Anbetracht des an sich geringeren Gleichförmigkeitsgrades größerer Gespinste — nicht so ausgesprochene Spitzen in Erscheinung treten (Bild 13).

Die beträchtlich höhere Ungleichförmigkeit der Glasfasergarne gegenüber anderen Gespinsten ist im Hinblick auf die Verarbeitung und Verwendung aber von nur untergeordneter Bedeutung, da aus Glasfasergarnen lediglich grob eingestellte Gewebe und Bänder für technische Zwecke hergestellt werden.

#### Festigkeits- und Dehnungseigenschaften.

Die Festigkeit und Dehnung von Glasseiden und Glasfasern ist bereits mehrfach eingehend untersucht worden. Ich verweise hier vor allem auf die Arbeiten von Griffith<sup>8)</sup>, Anderegg<sup>9)</sup>, Slayter<sup>10)</sup> und Smekal<sup>11)</sup>, sowie auf die Untersuchungen von Eitel und Oberlies, über die auf der 20. Glastechnischen Tagung 1937 in Berlin berichtet wurde<sup>4)</sup>. Anderegg studierte später<sup>12)</sup> auch die verschiedenen Fabrikationseinflüsse in ihrer Auswirkung auf die Festigkeit von Glasfasern.

<sup>8)</sup> A. A. Griffith, „The phenomena of rupture and flow in solids“. Phil. Trans. roy. Soc., London, A, 221 (1920), S. 163 ff.

<sup>9)</sup> F. O. Anderegg, Keram. Rdsch., 44 (1936), S. 255 bis 257. (Ref. Glastechn. Ber., 15 (1937), S. 150.)

<sup>10)</sup> G. Slayter, J. Amer. ceram. Soc., 19 (1936), S. 335 bis 337. (Ref. Glastechn. Ber., 15 (1937), S. 151—152) und — als zusammenfassender Ueberblick „Glass fibers“ — Rayon Textile Monthly, 18 (1937), S. 301—303.

<sup>11)</sup> A. Smekal, „Die Festigkeitseigenschaften spröder Körper“. Ergebn. exakt. Naturw., 15 (1936), S. 167—175.

<sup>12)</sup> F. O. Anderegg, „Strength of Glass Fiber“ Ind. Engng. Chem., 31 (1939), S. 290—298. (Ref. Glastechn. Ber., 18 (1940), S. 22—24.)

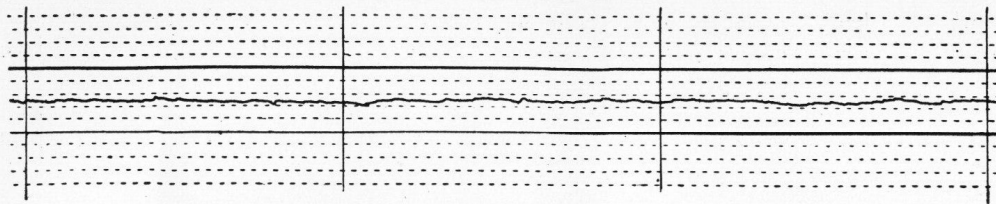


Bild 9.  
Gerrix-Glasseide Nm = 180/1.

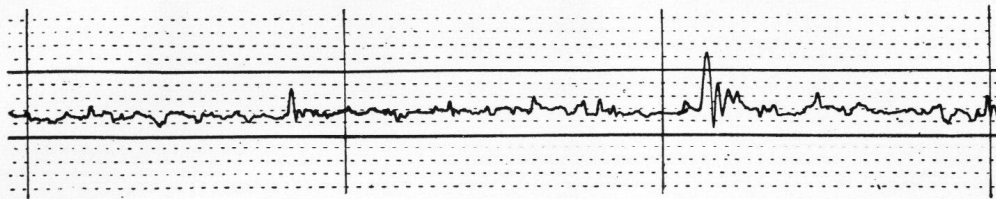


Bild 10.  
Viskosezellwollgarn Ne = 24  
(Baumwollspinnverfahren).

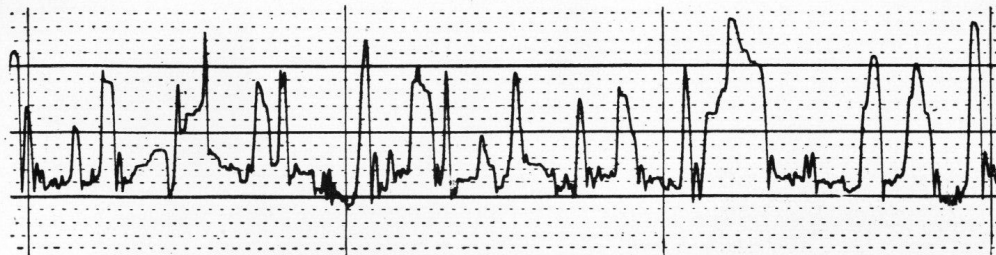


Bild 11.  
Gerrix-Glasfasergarn  
Nm = 25/1.

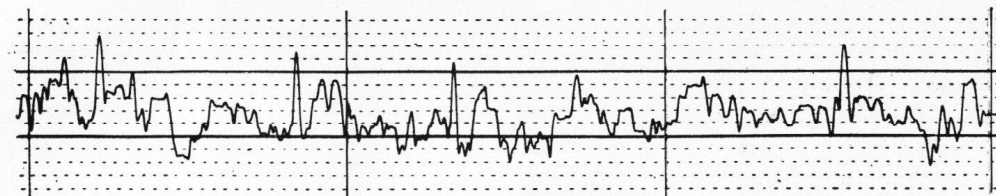


Bild 12.  
Gerrix-Glasfaserzwirn  
Nm = 25/2.

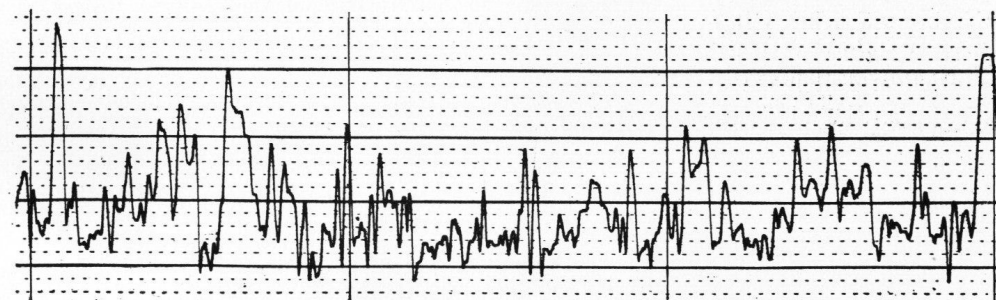


Bild 13.  
Gerrix-Glasfasergarn  
Nm = 3/1.

Bild 9—13. Gleifometer-Diagramme in 200facher Ueberhöhung ( $\frac{1}{5}$  der Originalgröße).

Bei Glas als typisch brüchigem Material weisen alle Festigkeitsergebnisse beträchtliche Streuungen auf <sup>9)</sup> <sup>12)</sup>. Schon Griffith<sup>9)</sup> hat sich mit dieser Erscheinung näher befaßt und führt die Brüchigkeit der Glasfasern wie die überaus starken Schwankungen in den Einzelwerten auf Ungleichmäßigkeiten in der Faser zurück. Die Schmelze wird immer gewisse Verunreinigungen einschließlich gelöster oder ungelöster Gase enthalten. Erstarrt das System, so sammelt sich das Gas anscheinend in periodischen Abständen und ruft so die Unterbrechungen im Glas, ähnlich den „Gleitflächen“ in den Metallen, hervor. Obwohl nun die Löslichkeit der meisten Gase im Glas mit sinkender Temperatur steigt, neigen die gelösten Gase doch dazu, sich um jede im flüssigen Glas befindliche Verunreinigung zu sammeln. An der Spitze jeder solchen Unterbrechungsstelle tritt eine Spannungskonzentration ein, für die Griffith Gleichungen aufstellte, die von Smekal<sup>13)</sup> überprüft und etwas korrigiert wurden, grundsätzlich aber durch alle weiteren Arbeiten ihre Bestätigung fanden. Durch sorgfältiges und vollkommenes

Schmelzen der ursprünglichen Glasmasse und weitestgehende Beseitigung von Gasblasen hat man die Gleichmäßigkeit der Festigkeitswerte wie die Festigkeit an sich wesentlich erhöhen können. Eine Beschreibung des Spinnprozesses für Glasfasern bringen Slayter<sup>10)</sup> und Plummer<sup>14)</sup>.

Anderegg untersuchte auch die Abhängigkeit der Festigkeitsergebnisse von der Belastungsgeschwindigkeit und von der Einspannlänge<sup>12)</sup>. Ich habe bei unseren Untersuchungen diese Faktoren nach den für die Prüfung von Textilien geltenden deutschen Normen zu Grunde gelegt. Diese Normvorschriften (DIN DVM 3801) sehen eine Belastungsgeschwindigkeit vor, die den Bruch bei Fasern wie bei Garnen und Zwirnen nach 20 sec eintreten läßt; in Anbetracht der sehr niedrig liegenden Dehnung ist daher die Abzugsgeschwindigkeit bei Prüfung der Garne am Schopper'schen Festigkeitsprüfer entsprechend niedrig einzustellen. Die Einspannlänge betrug — ebenfalls nach den erwähnten Normen — für Fasern wie Einzelfäden 10 mm, für Garne und Zwirne normalerweise 500 mm. Nur bei den Erhitzungsversuchen mußte infolge der Abmessungen des Ofens bei den Zerreißprüfungen auf 300 m Einspann-

<sup>13)</sup> A. Smekal, J. Soc. Glass Technol., 20 (1936), S. 432 bis 448, und Glastechn. Ber., 15 (1937), S. 259—270; ferner Z. Phys., 91 (1934), S. 336 ff., sowie 103 (1937), S. 495—525.

<sup>14)</sup> J. H. Plummer, Ind. Engng. Chem., 30 (1938), S. 726 ff.

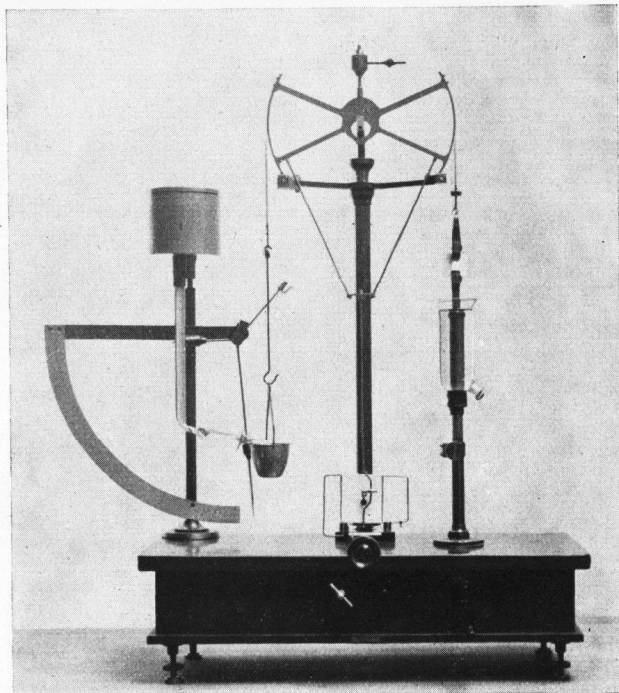


Bild 14. Einzelfaser-Festigkeitsprüfer nach Kraiss-Keyl, Modell Deforden.

länge herabgegangen werden, da nur die mittleren Teile der aufgewickelten Garnlängen ohne Einbeziehung der Umkehrstellen der Wicklung untersucht werden sollten. Alle Prüfungen wurden bei 65% rel. Luftfeuchtigkeit durchgeführt, soweit nicht — bei den Untersuchungen über den Einfluß verschiedener rel. Luftfeuchtigkeit — andere Feuchten im Prüfraum mit Hilfe einer Luftbefeuchtungsanlage einzustellen waren. In jedem Fall lagen die Proben vor Durchführung der Zerreiversuche mindestens 24 Std. bei der entsprechenden rel. Luftfeuchtigkeit aus.

Als Festigkeits-Prüfgerät kam für Fasern ein „Deforden-Apparat“ in Anwendung, während die Garn-, Zwirn- und Band-Zerreiversuche an Festigkeitsprüfern Bauart Schopper ausgeführt wurden. Man muß sich bei einem Vergleich der Faser-Festigkeitswerte gegenüber denen der Garne vor Augen halten, daß die Beanspruchungsarten der verschiedenen Festigkeitsprüf-Systeme unterschiedlich sind. Für Glasfaser-Festigkeitsprüfungen sind von ausländischer Seite verschiedene neue Apparaturen entwickelt worden<sup>15)</sup> <sup>12)</sup>; im allgemeinen darf man aber wohl sagen, daß unsere deutschen Faserfestigkeitsprüfer hinsichtlich Konstruktion und Empfindlichkeit den amerikanischen Geräten überlegen sind. Auf die Notwendigkeit einer Prüfung der Festigkeit und Dehnung von Glasfasern unter gleichbleibenden Beanspruchungsverhältnissen haben Eitel und Oberlies in ihrer erwähnten Arbeit<sup>4)</sup> hingewiesen; sie benützten für ihre Untersuchungen deshalb den Faserdehnungsapparat von Polyani, der eine gleichmäßige Dehnungszunahme gewährleistet. An dem von mir herangezogenen, von Kraiss entwickelten „Deforden-Apparat“<sup>16)</sup> wird durch gleichmäßigen Zufluß von Wasser in das Belastungsgefäß (Bild 14) eine konstante Belastungszunahme sichergestellt. Die Wirkungsweise der Einzelfaser-Festig-

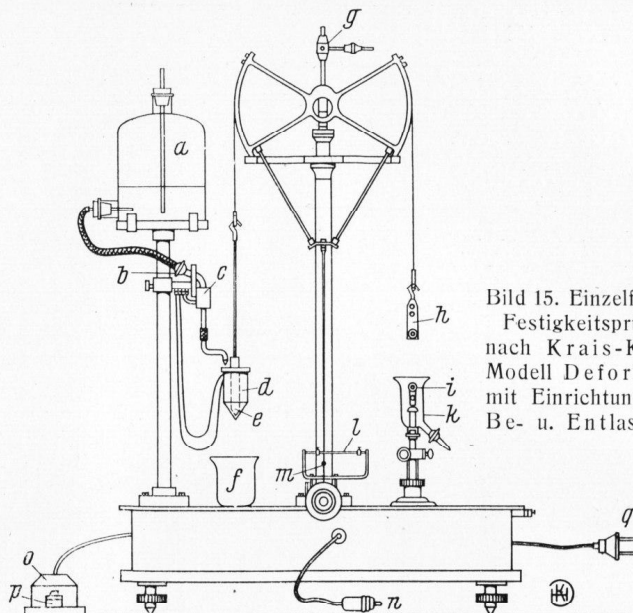


Bild 15. Einzelfaser-Festigkeitsprüfer nach Kraiss-Keyl, Modell Deforbent mit Einrichtung für Be- u. Entlastung.

a = Mariotte'sche Flasche mit Belastungswasser, b = Hahn zur Grobeinstellung der Wasserzufuhr, c = Belastungsventil, d = Belastungsgefäß aus Kunststoff mit eingebautem Ventil, e = Entlastungsventil, f = Gefäß für Entlastungswasser, g = Schraubspindel zur Justierung, h = obere Einspannklemme, i = untere Einspannklemme, k = verschiebbares Gefäß für Naßversuche, l = Diagrammschreibvorrichtung für Dehnung, m = Diagrammschreibfeder, n = Handkontakt für Betätigung der Diagrammschreibvorrichtung, o = Transformator, p = Schalter für Be- und Entlastungsventil, q = Netzstecker.

keitsprüfer nach Kraiss-Keyl, Modell „Deforden“ bzw. „Deforbent“ (mit Vorrichtung für Be- und Entlastung) geht aus den Bildern 14 bzw. 15 hervor. Die genannten Apparate weisen den Vorteil auf, daß entweder die Dehnung oder Belastung gleichmäßig zunimmt; im Gegensatz hierzu sind bei den üblichen Garn- und Gewebeprüfern nach dem System der Bogenwaage mit Hebelbelastung (Neigungswaage), wie sie u. a. von Schopper gebaut werden, sowohl Belastungs- wie Dehnungszunahme während des Versuches ungleichmäßig groß. Gewisse Schwierigkeiten bei der Durchführung unserer Faser-Zerreiversuche ergaben sich allerdings insofern, als durch das Reien an den Kittstellen (beim Deforden-Apparat wird die zu prüfende Faser vorher auf ein besonderes Papierrähmchen mit 10 mm freier Einspannlänge aufgeklebt, das man dann in die Klemmen einspannt!) bzw. Herausplatzen der Fasern aus den Einspannrähmchen eine große Anzahl von Versuchen ausgeschieden werden mußten und sich die Gesamtversuchszahl damit wesentlich erhöhte. Die Mindestzahl einwandfreier Einzelversuche betrug jedoch bei jeder Wertereihe 30, entsprechend den schon erwähnten Normvorschriften. Im Hinblick auf die Bedeutung, die der Auswertung der Dehnungsdiagramme des Deforden-Apparates gerade für Versuche an Glasfasern zukommt, wurde ferner wiederholt die Verläßlichkeit der Faserkittung auf den Einspannrähmchen nachgeprüft; ein Durchziehen der Fasern und damit eine Verfälschung des Dehnungswertes ist ausgeschlossen.

Diese Bemerkungen über die Prüfbedingungen erschienen mir notwendig, da die Versuchsgrundlagen zweifelsohne wesentliche Einflüsse auf die Prüfungsergebnisse nehmen, und da die im textilen Prüfwesen heute üblichen Vorschriften und Untersuchungsgeräte wohl außerhalb des Blickfeldes der mit Glasprüfungen beschäftigten Fachleute stehen.

Die Festigkeit von Glasfäden und Glasfasern — ausgewertet in vergleichbarem Maß, wie Reißlänge oder spezifischer Festigkeit — steht in Abhängigkeit von der Feinheit. Diese bedeutsame Tatsache

<sup>15)</sup> W. S. Schwalbe, A. E. Badger und W. B. Silverman, „Tensile tests of glasses“. J. Amer. ceram. Soc., 21 (1938), S. 333—338. (Ref. Glastechn. Ber., 17 (1939), S. 224.)

<sup>16)</sup> P. Kraiss, Textile Forschg., 2 (1920), S. 90—91, 134 bis 135 sowie 3 (1921), S. 86—89; „Neues über den Deforden-Apparat“ s. Mschr. Textilind., 51 (1936), S. 131.

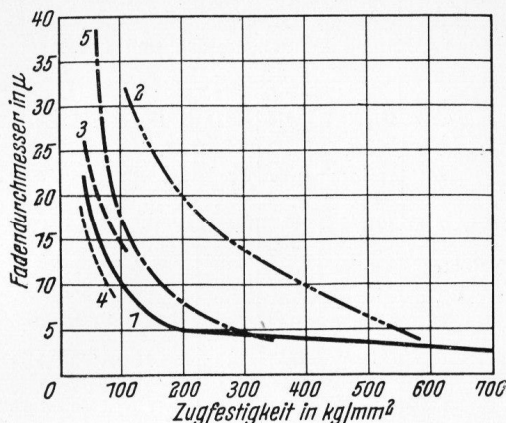


Bild 16. Zugfestigkeiten verschiedener Fäden in Abhängigkeit vom Fadendurchmesser nach Anderegg. Kurve 1: Glasfäden der Owens-Illinois Co.; Kurve 2: Erste Untersuchungen; Kurve 3: F. u. D.-Seide; Kurve 4: Deutsche Glas-Seide; Kurve 5: Glasfäden von Griffith (Phil. Trans. London, A, 221 (1920), S. 163).

wurde zuerst von Griffith<sup>8)</sup> erkannt und ist seitdem wiederholt untersucht — Smekal<sup>11)</sup> — bzw. bestätigt worden (Anderegg<sup>12)</sup>; Eitel und Oberlies<sup>4)</sup>). In Bild 16 sind zunächst die Ergebnisse verschiedener Prüfungen wiedergegeben, die von Anderegg zusammengestellt wurden (das Diagramm entstammt dem Vortrag von L. von Reis<sup>1)</sup> auf der 20. Glastechnischen Tagung). Wenn sich auch die einzelnen Untersuchungswertkurven nicht völlig decken, so spricht doch aus allen hierin veröffentlichten Ergebnissen die Erkenntnis, daß mit sinkendem Faden- bzw. Faserdurchmesser die Zerreißfestigkeit sich beträchtlich erhöht. Auch unsere eigenen Befunde decken sich mit dem Verlauf der Kurven von Bild 16, wie noch gezeigt werden wird. Bild 17 und 18

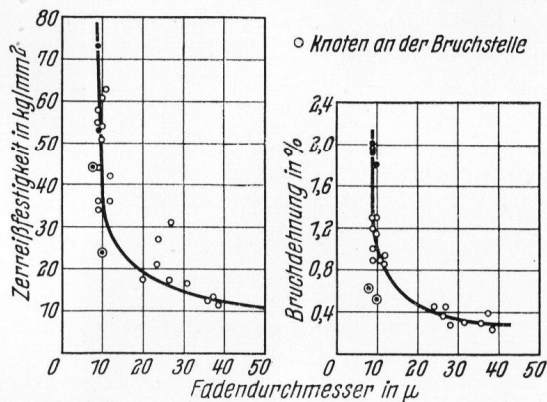


Bild 17 und 18: Zerreißfestigkeit und Bruchdehnung von Glasfäden nach Eitel und Oberlies.

zeigt die von Eitel und Oberlies<sup>4)</sup> auf Grund ihrer Versuche aufgestellten Diagramme; bezüglich der Festigkeit ist das Ergebnis den Kurven von Bild 16 zugeordnet, neu hingegen ist die Feststellung aus Bild 18, daß auch die Dehnung mit abnehmendem Durchmesser der Einzelfäden bzw. Fasern eine sehr bemerkenswerte Steigerung erfährt.

Aus unseren Serienversuchen an „Gerrix“-Glasseide und -fasern verschiedener Feinheit geht die gleiche Gesetzmäßigkeit der Beziehung zwischen Durchmesser und Festigkeit bzw. Dehnung hervor. In Tafel 4 sind die wichtigsten Daten unserer Untersuchungsergebnisse an Glas-Einzelfäden bzw. Glasfasern zusammengestellt. Um die beobachteten Schwankungen der je mindestens 30 Einzelwerte aufzuzeigen, wurden hierin auch Höchst- und Tiefstwerte, sowie die Ungleichmäßigkeit (nach der Sommer'schen Formel berechnet)

Tafel 4. Festigkeit und Dehnung von Glasfäden bzw. -fasern.

	Gerrix-Glasseide		Gerrix-Glasfaser-garn Nm = 3/1 Faser	Glasfaser-Vorgarn Faser
	Nm = 180 Einzelfäden	Nm = 160 Einzelfäden		
Durchmesser in µ				
Mittelwert . . .	4,7	5,9	7,2	11,6
Höchstwert . . .	5,2	7,5	8,5	20,0
Tiefstwert . . .	4,0	4,0	6,0	7,5
Ungleichmäßigkeit der Feinheit in %	7,6	10,1	6,2	21,4
Feinheitsnummer Nm	23300	14770	9730	3820
Festigkeit in g				
Mittelwert . . .	5,2	6,2	4,6	9,8
Höchstwert . . .	6,7	10,4	5,1	25,5
Tiefstwert . . .	3,9	3,0	3,5	4,4
Ungleichmäßigkeit der Festigkeit in %	12,4	21,6	9,0	28,7
Reißlänge in km . .	109,5	92,2	44,8	37,4
Spezifische Festigkeit in kg/mm <sup>2</sup>	272,0	228,5	111,4	92,8
Dehnung in %				
Mittelwert . . .	4,1	5,1	2,8	3,4
Höchstwert . . .	5,0	7,0	3,5	5,0
Tiefstwert . . .	3,0	3,0	2,0	2,0

mit angeführt. Der Durchmesser wurde für jede zur Prüfung kommende Faser einzeln vor dem Zerreißen mikroskopisch ermittelt, so daß die angegebenen Feinheitsnummern Nm sich direkt auf die in Untersuchung genommenen Einzelfäden bzw. Fasern beziehen und damit eine wirklich exakte Berechnung der Reißlänge bzw. der spezifischen Festigkeit ermöglichen. Für diese Messung unter dem Mikroskop erweist sich als besonders zweckmäßig, daß die einzelnen Fasern auf den Einspannrähmchen aufgeklebt sind. Es ist in Tafel 4 ferner bemerkenswert, daß die Ungleichmäßigkeit in der Festigkeit bei allen Proben wesentlich höher liegt als diejenige in der Feinheit. (Bei Faserstoffen benützt man als vergleichbares Maß für die Festigkeit die vom Faser- bzw. Garnquerschnitt unabhängige „Reißlänge“, definiert als diejenige Länge des Prüfkörpers in km, unter deren eigener Zuglast der Körper abreißt, d. h. diejenige Länge, die das Gewicht der Bruchlast erfüllt. Daneben ist auch die spezifische Festigkeit in kg/mm<sup>2</sup> angegeben, die sich aus der Reißlänge durch Multiplikation mit dem spez. Gewicht ergibt.) Aus den vorliegenden Ergebnissen kann man für Glasfasern von etwa 10 µ Durchmesser eine spezifische Festigkeit von etwa 100 kg/mm<sup>2</sup>, für Glasseiden-Einzelfäden von etwa 5 µ Durchmesser eine solche von etwa 250 kg/mm<sup>2</sup> feststellen. Diese Werte stimmen fast genau mit den Daten überein, die im Anderegg'schen Diagramm (Bild 16) für Glasfäden der Owens-Illinois Co. angegeben wurden.

Die gefundenen Dehnungswerte erscheinen ziemlich hoch, doch stimmt die Größenordnung für die Glasfaser mit 6,0 bis 8,5 µ Durchmesser und 2,0 bis 3,5% Dehnung etwa überein mit den Werten von Eitel und Oberlies, die für 8 µ Feinheit bis 2% Dehnung feststellten<sup>4)</sup>. Anderegg<sup>12)</sup> berechnet bei seinem Versuchen an einzelnen „kontinuierlichen Fasern“ von etwa 13 µ Faserdurchmesser für 10 mm Einspannlänge eine Dehnung von 4,3% nach folgender Gleichung:

$$\delta = 1,5 + \frac{36,3}{E-L + 2,9} [\%],$$

wobei  $\delta$  = Dehnung in %

E-L = Einspannlänge in mm

bedeutet.

Die von Eitel und Oberlies geäußerte Vermutung, daß die Dehnung bei noch feineren Fäden noch erheblich größer werden müsse, bestätigt sich in den Werten für Glas-Einzelfäden, die bei 4,7  $\mu$  Durchmesser eine mittlere Dehnung von 4,1% aufwiesen. Ich möchte allerdings für weitere spezielle Prüfungen der Dehnbarkeit von Glas-Einzelfäden und -fasern eine vergleichende Untersuchung an verschiedenen Prüfgeräten für geboten halten.

Vergleicht man die erhaltenen Festigkeitswerte mit denen von Einzelfasern anderer gewachsener oder geschaffener Faserstoffe, so ersieht man, daß in Bezug auf die Reißfestigkeit die Glasfäden und Glasfasern jedes andere Fasermaterial übertreffen. In Tafel 5 sind entsprechende Mittelwerte

Tafel 5.

Faserart	Einzelfaser-Festigkeit*)	
	Reißlänge [km]	Spez. Festigkeit [kg/mm <sup>2</sup> ]
Baumwollhaar . . . . .	20—45	30—67,5
Flachs, Einzelfaser . . . . .	30—50	44—73
Schafwollhaar . . . . .	10—20	13—26,5
Naturseide, entbastet . . . . .	30—40	41—54,5
normale Viskosezellwolle . . . . .	15—30	23—46
Viskosezellwolle, hochfest . . . . .	40	60
Nylon (Einzelfäden) . . . . .	47—62	53—70
<b>Glasfaser, je nach Feinheit . . . . .</b>	<b>35—110</b>	<b>87—273</b>

\*) Einspannlänge 10 mm.

gegenübergestellt, die sich durchweg auf einzelne Fasern (Einspannlänge 10 mm!) beziehen. Ich möchte besonders aufmerksam machen auf die Werte der vollsynthetischen amerikanischen Nylon-Kunstseide, die nach kürzlich von uns durchgeführten Untersuchungen an den verschiedenen „geschaffenen Nichtzellulose-Faserstoffen“ im Einzelfaden (auf 10 mm Einspannlänge geprüft) als festester textiler Faserstoff eine Reißlänge von 47 bis 62 km aufweist, allerdings — infolge des niedrigen spez. Gewichtes (siehe Tafel 3) — „nur“ 53 bis 70 kg/mm<sup>2</sup> spezifischer Festigkeit.

Entsprechende Untersuchungen an Glasseiden und Glasfasergarnen ergaben nun aber gegenüber den genannten außerordentlich hohen Festigkeitswerten an Einzelfäden und Fasern ganz erheblich niedrigere Daten (siehe Tafel 6). Man muß bei deren Betrachtung allerdings berücksichtigen, daß für Garne eine Einspannlänge von 500 mm — entsprechend den Normen — in Anwendung kam, gegenüber nur 10 mm bei den Einzelfäden und Fasern; doch könnte man im Hinblick auf die Festigkeitsverhältnisse, die sich bei Kunstseiden-Einzelfäden- und -Garn-Prüfungen ergeben, erwarten, daß die Reißlänge der aus endlosen Einzelfäden bestehenden Glasseiden sich gegenüber denen der Einzelfäden nicht auffällig vermindert. Während aber die Einzelfäden der 180/1er Glasseide eine Reißlänge von 109,5 km aufwiesen, zeigt das Glasseidengarn nur noch 38,6 km Reißlänge! (Der Abfall der Festigkeit im Glasseidengarn auf etwa die Hälfte gegenüber den Glas-Einzelfäden wird übrigens auch von Forster<sup>17)</sup> verzeichnet.) Es ist nötig, sich hier der

<sup>17)</sup> A. L. Forster, „Glass fibre textiles“. Paper, presented at the Annual Conference of the Textile Institute 1939. J. Textile Inst., 30 (1939), S. P 162—165.

Tafel 6.

Festigkeit und Dehnung von Glasseiden und Glasfasergarnen.

	Glasseiden				Glasfasergarne		
	160/2x2	180/1	180/2	180/2x2	3/1	7/1	25/1
Wickl. metr. Nummer Nm	169,6/4	198,8	177,5/2	185,2/4	2,78	6,56	26,7
Drehungen/m	171(Zw.)	88	98(Zw.)	112(Zw.)	175,4	260,4	288,4
Drahtkonstante $\alpha_m$	—	—	—	—	105	102	55,9
Festigkeit in g							
Mittelwert	1105	194	318	579	3090	1477	355,7
Höchstwert	1315	261	461	646	3570	1645	510
Tiefstwert	910	142	190	417	2600	1300	223
Ungleichmäßigkeit d. Festigkeit in %	9,5	10,1	13,5	16,5	15,7	14,6	18,2
Reißlänge in km	46,8	38,6	28,3	26,8	8,58	9,69	9,48
Spezif. Festigkeit in kg/mm <sup>2</sup>	116,2	95,8	70,2	66,6	21,3	24,0	23,5
Dehnung in %							
Mittelwert	1,8	2,0	1,0	1,4	1,9	1,2	0,7
Höchstwert	2,2	2,4	1,5	1,8	2,4	1,4	1,0
Tiefstwert	1,3	1,6	0,9	1,0	1,5	0,9	0,4

besonders gelagerten Verhältnisse zu erinnern, die für die Höhe der Festigkeitswerte bei Glasseide und Glasfasern maßgebend sind: das Vorhandensein von „Unterbrechungsstellen“ im Gefüge, die nach Griffith<sup>8)</sup> auf Inhomogenitäten zurückzuführen sind, und deren Verringerung mit abnehmender Fadendicke zu dem schon besprochenen Festigkeitsanstieg in Abhängigkeit von der Feinheit führt — siehe auch S m e k a l<sup>11)</sup>. Die gleichen „Unterbrechungsstellen“ treten natürlich mit größerer Prüflänge in erhöhtem Maße in Erscheinung und dürften die Hauptursache für den beobachteten starken Festigkeitsabfall von den bei 10 mm Einspannlänge geprüften Einzelfäden zum Gesamt-Glasseidengarn (500 mm E-L) sein. Auch A n d e r e g g folgert schon aus seinen Untersuchungen über den Einfluß der Einspannlänge heraus — in Uebereinstimmung mit der Griffithschen Theorie — das Anwachsen beträchtlicher Ueberbrechungen mit größerer Einspannlänge, und hat die erhaltenen Prüfungsergebnisse in Abhängigkeit von der Einspannlänge rechnerisch nach folgender Gleichung ermittelt:

$$p = 70 + \frac{385}{E-L + 44,5} [\text{kg/mm}^2],$$

wobei p = spezifische Festigkeit in kg/mm<sup>2</sup>

E-L = Einspannlänge in mm

bedeutet. — Der geringe Ausnutzungsgrad der Faser-(Substanz-)festigkeit in den Glasfasergarnen ist hingegen verständlich, wenn man die andersgearteten Reibungsverhältnisse im Glas-Gespinnst in Betracht zieht. Die Einflüsse der Präparation auf die Reibung der Glasfasern werden weiteren Untersuchungen zu unterziehen sein, weil die Ansichten über Glätte bzw. Haftfähigkeit der Glasfasern noch auseinander gehen.

Die Dehnungswerte liegen sowohl für Glasseiden wie für Glasfasergarne beträchtlich niedriger als bei den Einzelfäden bzw. Fasern, — eine Erscheinung, die auch bei den übrigen textilen Faserstoffen festgestellt werden kann.

Zu den Festigkeitsuntersuchungen an Bändern aus Glasseide bzw. Glasfasergarnen verschiedener Feinheit möchte ich an Hand der Werte von Tafel 7 nur einige Bemerkungen machen. Zunächst fällt auf, daß

Tafel 7.  
Festigkeit und Dehnung von Glasbändern.

	Glas-seide-Band 160/2x2	Glasfaser-Bänder				
		3/1	7/1	7/2	12/1	25,2
Breite in mm	20	31	55	50	61	40
Fadenzahl der Kette	55	19	36	36	57	74
Kettfäden/cm	28/29	6	7	7	10	18
Schuffäden/cm	21/22	7	7	7	9	10
Gewicht des lfd. Meter in g	2,25	14,3	11,0	20,5	9,3	11,0
Quadratmetergewicht in g	112,5	460	200	410	152	275
Kettfestigkeit in kg (Mittel aus 5 Versuchen)	34,9	37,2	20,1	65,9	19,4	84,2
Gewebereißlänge in km	15,5	2,6	1,8	3,2	2,1	7,7
Rektifiz. Kettreißlänge in km	23,3	5,4	3,7	6,4	4,0	14,2
Dehnung in %	2,9	2,5	1,5	5,9	1,3	4,2

Glasseide-Band eine absolut wie auch im Verhältnis zu den Glasfaser-Bändern gesehen auffallend hohe Reißlänge aufweist. Ferner ergab sich, daß Bänder aus gewirnten Glasfasergarnen gegenüber solchen gleicher Einstellung aus einfachen Garnen eine beträchtlich höhere Reißlänge wie auch Dehnbarkeit besitzen. — Neben der „Gewebereißlänge“, wie sie üblicherweise nach der Formel

$$R = \frac{\text{Festigkeit [kg]} \cdot 1000}{\text{Breite [mm]} \cdot \text{m}^2\text{-Gewicht [g]}} \text{ [km]}$$

berechnet wird, habe ich auch eine „rektifizierte Kettreißlänge“ ermittelt, die der Tatsache Rechnung trägt, daß die „Gewebereißlänge“ durch Einbeziehung des m<sup>2</sup>-Gewichtes und damit des Gewichtes auch der Schuffäden ein unrichtiges Bild ergibt, wenn z. B. zwei Bänder mit gleicher Kettfadenzahl, aber verschiedener Schuffädichte hinsichtlich der Bandfestigkeit (= Kettfestigkeit) verglichen werden sollen.

$$R_{\text{rekt.}} = \frac{\text{Festigkeit [kg]} \cdot N_{\text{m Kettgarn}}}{\text{Kettfadenzahl}} \text{ [km].}$$

**Untersuchungen über den Einfluß von Erhitzung sowie von Feuchtigkeit und Durchnässung auf die Festigkeitseigenschaften.**

Ausführliche Prüfungen dieser Art sind meines Wissens bislang noch nicht durchgeführt worden. Einzelne Angaben über die Festigkeitswerte bei höheren Temperaturen, jedoch ohne systematische oder überhaupt ohne Berücksichtigung der Einwirkungszeit, finden sich bei H a g n e r<sup>3)</sup>, T s c h e r n j a k<sup>18)</sup> und F o r s t e r<sup>17)</sup>. Untersuchungen, die sich mit dem Einfluß von Feuchtigkeit und Durchnässung auf Glasseide und Glasfasergarne befassen, sind mir nicht bekannt geworden. Es erschien mir daher — vor allem in Hinblick auf die Verwendung von Glasseiden- und Glasfasergarnen wie -geweben für Isolationszwecke, bei denen auch eine Wärmebeständigkeit gefordert wird — zweckmäßig, den Einfluß von Hitze auf die Festigkeit dieser Materialien zu prüfen, und ebenso die Einwirkung von Wasser einmal in ähnlicher Weise zu untersuchen, wie dies bei den Faserstoffen erfolgt.

Für die Erhitzungsversuche wurde ein elektrischer Widerstandsofen der Bauart Heraeus heran-

gezogen, dessen Ausmaße allerdings die Garnprüfungen nur auf 300 mm Einspannlänge erlaubte, so daß aus den oben dargelegten Gründen ein direkter Vergleich der Werte mit den früher genannten Reißlängenwerten für 500 mm Norm-Einspannlänge nicht möglich ist. Auch hier wurden jeweils soviel Versuche durchgeführt, daß die Berechnung des Mittels aus 30 einwandfreien Einzelwerten erfolgen konnte. Ueber Einzelheiten der unter Berücksichtigung aller vorliegenden Verhältnisse gewählten Versuchsbedingungen muß ich auf unsere Veröffentlichung<sup>3)</sup> verweisen. Die Erhitzungsversuche wurden durchweg im Anlieferungszustand der Garne, d. h. präpariert, ausgeführt, da die Garne im gleichen Zustand auch in Gebrauch kommen. Durch Erhitzung erhalten beide Materialien (Glasseide wie Glasfasergarn) eine mehr oder weniger ausgesprochene Steifheit, die bis zu Brettigem Charakter der Garne führen kann. Diese Erscheinung tritt bereits nach kürzester Erhitzungsdauer (5 Minuten) auf und verändert sich mit der Länge der Erhitzungszeit nicht erkennbar.

Um zunächst den Einfluß verschieden hoher Temperaturen auf die Festigkeitseigenschaften festzustellen, wurden Versuchsreihen bei 150°, 250°, 320°, 400° und 500° C durchgeführt. Versuche bei noch höheren Temperaturen ergaben infolge teilweise bereits eintretender Brüchigkeit des Materials keine reproduzierbaren Ergebnisse mehr. Die erhaltenen Werte sind für Glas-Einzelfasern in Tafel 8, für Glasseide und Glasfasergarn

Tafel 8.  
Festigkeit und Dehnung von Glas-Einzelfasern nach ½ Std. Erhitzen bei verschiedenen Temperaturen.

		Ausgangsdaten	250° C	320° C	400° C	500° C
	Durchmesser in µ					
	Mittelwert . . .	9,2	8,8	8,5	9,3	9,5
	Höchstwert . . .	11,7	10,5	10,0	12,0	12,5
	Tiefstwert . . .	7,0	7,5	7,5	7,5	7,5
	Feinheitsnummer Nm	6080	6620	7090	5940	5680
	Ungleichmäßigkeit der Feinheit in %	10,2	11,7	8,2	8,6	9,4
Normbedingungen	Festigkeit in g					
	Mittelwert . . .	6,3	5,3	5,2	6,1	5,3
	Höchstwert . . .	11,4	8,7	8,0	11,0	8,0
	Tiefstwert . . .	2,8	3,3	3,3	3,3	3,5
	Ungleichmäßigkeit d. Festigkeit in %	30,4	24,8	16,8	24,1	19,9
	Reißlänge in km . .	38,3	35,1	36,8	36,2	30,1
	Spezifische Festigkeit in kg/mm <sup>2</sup>	95,0	87,0	91,3	89,8	74,6
	Dehnung in %					
	Mittelwert . . .	2,5	2,0	2,7	2,4	2,2
	Höchstwert . . .	4,0	2,5	3,5	3,0	3,0
Tiefstwert . . .	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	

in den Diagrammen Bild 19 und 20 wiedergegeben. Entgegen der grundsätzlich mit höheren Erhitzungsgraden fallenden Tendenz der Festigkeitswerte fällt auf, daß bis zu bestimmten Temperaturen — die für Glasseide und Glasfaser(garn) unterschiedlich hoch liegen — keine Festigkeitsverminderung in Erscheinung tritt, ja sogar einzelne Werte (in den Diagrammen Bild 19 und 20 besonders gekennzeichnet) eine gewisse „Verfestigung“ vermuten lassen. Dies wird auch in amerikanischen Mitteilungen behauptet. Aus den Angaben von H a g n e r<sup>3)</sup>, der sowohl Glasseide- wie auch Glasfasergarn-Bänder bei etwa 150° bis 600° C unter-

<sup>18)</sup> M. G. T s c h e r n j a k, „Die Herstellung von Glasfasern — ein volkswirtschaftliches Problem“. Lejkaja Prom. (Leichtindustrie; russ.), 18 (1939), Nr. 6, S. 64—73. (Ref. Glastechn. Ber., 18 (1939), S. 134.)

suchte, sind diesbezüglich einheitliche Feststellungen nicht zu entnehmen: die Festigkeitswerte bei etwa 150° C zeigen gegenüber denen bei normaler Raumtemperatur teils einen geringen Anstieg (um 1,4—3,0—10,6%), teils einen Abfall (um 6,4%). Bei etwa 260° C zeigen sich für beide Mate-

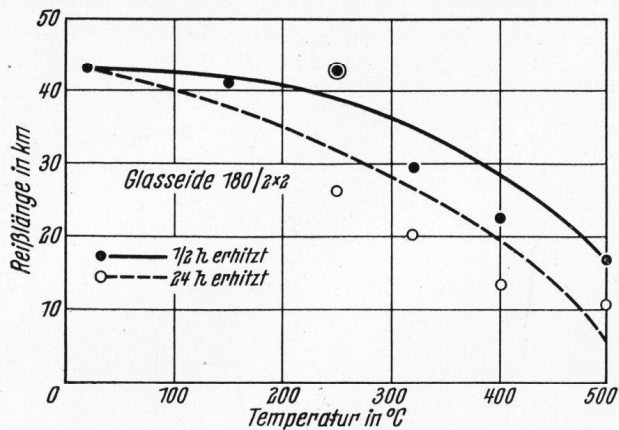


Bild 19.

Festigkeit (Reißlänge) von Glasseide Nm = 180/2x2 nach 1/2 Std. und nach 24 Std. Erhitzen auf verschiedene Temperaturen.

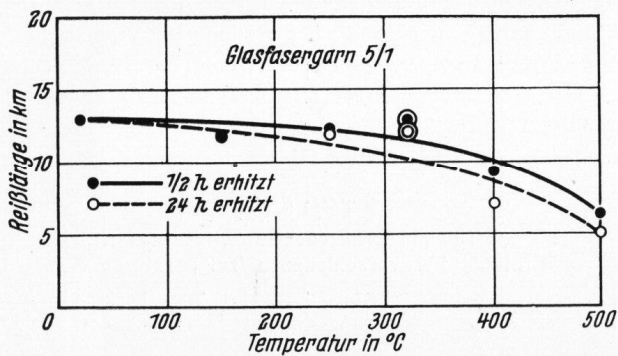


Bild 20.

Festigkeit (Reißlänge) von Glasfasergarn Nm = 5/1 nach 1/2 Std. und nach 24 Std. Erhitzen auf verschiedene Temperaturen.

rialien aber Festigkeitsverluste. Tschernjak<sup>18)</sup> hat ebenfalls Bänder aus Glasseide wie Glasfasergarn geprüft und fand für die Zugfestigkeit bei 150° gegenüber 15° C eine Festigkeitszunahme von 1,5% bzw. 3,0%, bei 260° gegenüber 15° C eine Abnahme um 0,8 bzw. 5,0%. Forster<sup>17)</sup> stellt lediglich fest, daß die Festigkeit von Glasfasern bis zu etwa 200° C unverändert bleibt und ab da bis etwa 315° C langsam abfällt. Ebenso wie also die Angaben der genannten Autoren kein einheitliches Bild erkennen lassen, scheint mir ein grundsätzlicher Schluß auf eine gewisse Festigkeitserhöhung aus den in obigen Diagrammen hervorgehobenen Werten keineswegs mit Sicherheit möglich, zumal die von uns gefundenen geringen Festigkeitszunahmen bei höheren Temperaturen in Erscheinung traten. Ich möchte in diesem Zusammenhang vielmehr auf die beträchtlichen Schwankungen hinweisen, die sich bei Glasseiden wie Glasfasergarnen in Bezug auf ihre Festigkeitswerte über größere geprüfte Längen trotz je mindestens 30 Einzelwerten bemerkbar machen, und die auch bei Berücksichtigung der im Garn auftretenden Nummerschwankungen durch Berechnung der Reißlänge keineswegs ausgeglichen erscheinen. Nähere Zahlenangaben hierüber enthalten meine gemeinsam mit G. Satlow herausgebrachten Veröffentlichungen<sup>5)</sup>. Diese Schwankungen gewährleiten keinen idealen, störungsfreien Verlauf von Reißlängenkurven, wenn die Proben, wie etwa bei umfangreichen Erhitzungsreihen, beträchtlichen Längen des Unter-

suchungsmaterials entnommen werden mußten. Die Ueberprüfung der angeschnittenen Frage: tritt bei geringen Temperaturerhöhungen eine gewisse „Verfestigung“ ein? ist nur durch weitere und wertemäßig noch viel umfangreichere Untersuchungen endgültig zu klären. — Bei allgemeinerer Betrachtung der Verhältnisse kann aber festgestellt werden, daß das Absinken der Reißlängenwerte mit Erhitzung auf höhere Temperaturen sich bei Glasseide stärker auswirkt als bei Glasfasergarn und den aus diesen entnommenen Glas-Einzelfasern. Es zeigt sich ferner, daß — bei kurzzeitiger Einwirkungsdauer (1/2 Stunde) — Glasseide nur bis zu etwa 250° C keine größere Festigkeits-einbuße erfährt (Bild 19), während die Glas-Einzelfasern und das daraus hergestellte Glasfasergarn noch Temperaturen von 320° C ohne nennenswerten Festigkeitsabfall vertragen können. Diese Unterschiede dürften einmal in der unterschiedlichen Zusammensetzung der Glasschmelze begründet sein. Für elektrische Isolationszwecke sind alkalifreie Schmelzen als Ausgangsmaterial erforderlich, während die Glasfasern für chemische Zwecke u. a. aus normalen, alkalihaltigen Schmelzen hergestellt werden<sup>17)</sup>. Außerdem wird die abweichende Präparation von Glasseide gegenüber Glasfasergarn mit ihrem bei stärkerer Temperaturerhöhung verschiedenartigem Verhalten einen gewissen Einfluß auf die Größe der Festigkeitsverluste haben. Auch hier sind noch weitere systematische Untersuchungen anzuschließen.

Tafel 9.

Festigkeit und Dehnung von Glasseide nach Erhitzen auf 320° C bei verschiedener Zeitdauer.

	Ausgangsdaten	5	15	30	5	1	2	8
		Min.	Min.	Min.	Std.	Tag	Tage	Tage
Wirkliche metrische Nummer Nm	198/4	Mittelwert: 191/4						
Festigkeit in g								
Mittelwert . . .	871	873	674	606	455	426	446	402
Höchstwert . . .	965	950	825	785	580	515	565	515
Tiefstwert . . .	770	795	475	345	365	265	330	125
Reißlänge in km . . .	43,1	41,7	32,2	28,9	21,7	20,3	21,3	19,2
Spezifische Festigkeit in kg/mm <sup>2</sup>	106,8	103,3	79,8	71,7	53,8	50,4	52,7	47,6
Dehnung in %								
Mittelwert . . .	1,3	1,4	1,5	1,0	1,1	0,8	0,7	0,5
Höchstwert . . .	1,5	1,8	1,7	1,5	1,3	1,2	1,2	0,8
Tiefstwert . . .	1,0	1,2	1,0	0,5	0,7	0,5	0,5	0,2

Tafel 10.

Festigkeit und Dehnung von Glasfasergarn nach Erhitzen auf 320° C bei verschiedener Zeitdauer.

	Ausgangsdaten	5	15	30	5	1	2	8
		Min.	Min.	Min.	Std.	Tag	Tage	Tage
Wirkliche metrische Nummer Nm	5,20	5,14	5,04	5,20	5,34	5,10	4,62	5,07
Festigkeit in g								
Mittelwert . . .	2500	2280	2260	2470	2410	2380	2265	1849
Höchstwert . . .	3210	2600	2530	2720	2740	2780	2850	2220
Tiefstwert . . .	1970	2010	2060	2170	2050	2140	1750	1640
Reißlänge in km . . .	13,0	11,7	11,4	12,8	12,8	12,1	10,5	9,4
Spezifische Festigkeit in kg/mm <sup>2</sup>	32,2	29,0	28,3	31,8	31,8	30,0	26,0	23,3
Dehnung in %								
Mittelwert . . .	1,3	1,2	1,2	1,1	1,1	0,9	0,8	0,7
Höchstwert . . .	2,3	1,3	1,5	1,3	1,5	1,0	1,2	1,0
Tiefstwert . . .	1,0	1,0	0,8	0,8	0,8	0,7	0,5	0,5

Bei einer mittleren Erhitzungstemperatur (320° C) wurde ferner der Einfluß verschiedener Erhitzungsdauer durch weitere Versuchsreihen ermittelt, die sich von kürzesten Einwirkungszeiten wie 5, 15 und 30 Minuten bis zu mehreren, teils sogar 8 Tagen hinzogen. Die Ergebnisse gehen aus Tafel 9 und 10, sowie den Diagrammen Bild 21 bis 24 hervor. Wie man sieht,

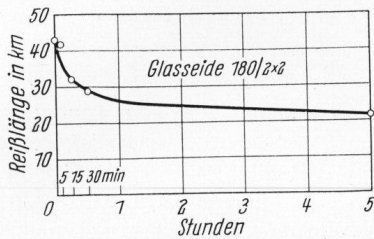


Bild 21. Festigkeit (Reißlänge) von Glasseide Nm = 180/2x2 nach Erhitzen auf 320° C bei verschiedener Zeitdauer.

sinkt bei Glasseide die Festigkeit bei 320° C schon nach kürzester Erhitzungsdauer beträchtlich ab, um sich dann mit längeren Erhitzungszeiten auf etwa der gleichen Höhe zu halten. Glas-Einzelfasern und Glasfasergarn zeigen bei der gleichen Temperatur

hingegen einen nur geringen Festigkeitsabfall, der sich auch mit Erhöhung der Einwirkungszeit kaum mehr verschlechtert.

Betrachtet man die Ergebnisse unserer Untersuchungen über den Einfluß der Erhitzung zusammengefaßt sowohl für verschiedene Temperatur wie auch verschiedene Erhitzungszeit, so ergibt sich an Hand der Diagramme Bild 23 und 24 folgendes: Glasseide und Glasfasergarn verhalten sich bei ihrer Erhitzung insofern unterschiedlich, als die Temperatur, bis zu der auch nach längerer Erhitzungszeit fast kein Festigkeitsabfall eintritt, für Glasseide bei unter 250° C, für Glasfaser (garn) hingegen bei etwa 320° C liegt. Von diesen Temperaturgrenzen ab fällt die Festigkeit beträchtlich. Zum

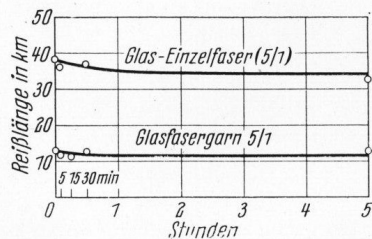


Bild 22. Festigkeit (Reißlänge) von Glas-Einzelfaser nach Erhitzen auf 320° C bei verschiedener Zeitdauer.

anderen ergibt sich als wichtige Feststellung, daß die Festigkeitsverluste von Glasseide wie von Glasfasergarn bei allen höheren Temperaturen bereits nach kurzer Einwirkungsdauer eintreten (unter einer Stunde), sich dann aber bei längerer Einwirkungszeit nicht mehr nennenswert erhöhen. Eine Uebersicht über die mittlere Größe der Festigkeitsabnahmen vermitteln die folgenden Zahlen (Reißlänge im Ausgangszustand = 100%; Einwirkungszeit der Erhitzungen je 24 Stunden):

	250°	320°	400°	500°
--	------	------	------	------

„Gerrix“-Glasseide — 39,0% — 53,0% — 68,7% — 74,7%  
 „Gerrix“-

Glasfasergarn — 8,5% — 6,9% — 45,4% — 61,5%

Die Dehnung sinkt nach Einwirkung höherer Temperaturen wie ebenso nach längeren Erhitzungszeiten noch beträchtlich ab.

Der letzte Teil unserer bisherigen Arbeiten befaßte sich mit der Einwirkung von Feuchtigkeit und von Wasser auf die Festigkeitseigenschaften der Glasseide und Glasfaser(garne). Während der Einfluß der verschieden hohen rel. Luftfeuchtigkeit nach mindestens 24stündigem Ausliegen der Proben im Klimaraum

bei 35, 65, 80 bzw. 92/95% rel. Luftfeuchtigkeit untersucht wurde, kamen bei den Naßversuchen Proben zur Prüfung, die — den Normen für die textilen Untersuchungen entsprechend — für Fasern nach 5 Minuten Tauchzeit im Tauchgefäß selbst, für Garne nach ¼stdg. Einlegen in Wasser, dem letzteren wieder entnommen, zerrissen wurden. Um ein Aufdrehen der Garne nach dem Auslegen bei bestimmter Raumfeuchtigkeit bzw. in Wasser zu vermeiden, wurden geeignete Messingrahmen als Garnträger verwendet. Bezüglich der Durchführung der Versuche und der wiederum festgestellten Schwankungen muß ich auch hier auf unsere Veröffentlichung<sup>3)</sup> verweisen.

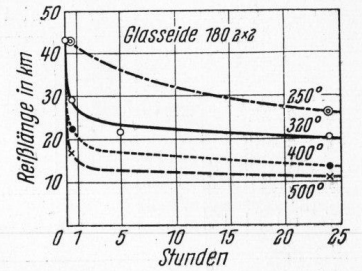


Bild 23. Festigkeit (Reißlänge) von Glasseide Nm = 180/2x2 nach Erhitzen auf verschiedene Temperaturen bei verschiedener Zeitdauer.

Der Einfluß verschiedener rel. Luftfeuchtigkeit auf Festigkeit und Dehnung von Glasseide und Glasfasergarn geht aus Tafel 11 hervor. Eine

Tafel 11.  
 Einfluß der Feuchtigkeit auf die Festigkeit und Dehnung von Glasseide und Glasfasergarn.

	rel. Luftfeuchte [%]	Garnnummer Nm	Festigkeit IgI			Reißlänge [km]	Dehnung [%]
			Höchstwert	Mittel	Tiefstwert		
Glasseide 180/2x2	35	220,0/4	(950)	863	(800)	47,5	1,98
	65	217,6/4	(885)	804	(652)	43,7	1,97
	80	214,8/4	(600)	526	(485)	28,3	1,19
Glasfasergarn 5/1	35	5,57	(1630)	1378	(1120)	7,67	0,85
	65	5,64	(1550)	1336	(1230)	7,53	0,72
	80	5,23	(1590)	1395	(1320)	7,30	0,68
	92/95	5,38	(985)	865	(770)	4,65	0,42

gleichmäßige Abhängigkeit der Festigkeitswerte von der Raumfeuchtigkeit, wie man sie bei den anderen, hygroskopischen Textilmaterialien zum mindesten im mittleren Bereich kennt, besteht hier nicht. Dies ist auch zu erwarten in Anbetracht der Tatsache, daß Glasseide und Glasfasergarn nicht hygroskopisch sind (Trockenverlust zwischen 0,03% und 0,54%, auf das lufttrockene Gewicht

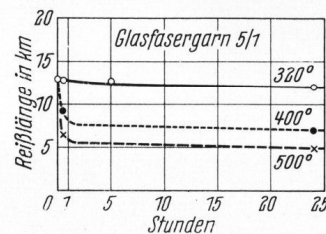


Bild 24. Festigkeit (Reißlänge) von Glasfasergarn Nm = 5/1 nach Erhitzen auf verschiedene Temperaturen bei verschiedener Zeitdauer.

bei 65% rel. Luftfeuchtigkeit bezogen). Erst bei sehr hoher Luftfeuchtigkeit macht sich ein Festigkeitsabfall bemerkbar. Auch hierin erweisen sich Glasseide und Glasfasergarn wieder unterschiedlich. Während letzteres noch bei 80% rel. Luftfeuchtigkeit kaum einen Reißlängen-Verlust erkennen läßt, ist ein solcher bei Glasseide bereits in beachtlichem Maße vorhanden. Es dürfte sich bei diesen hohen Luftfeuchtigkeiten wohl schon um direkte, schädigende Einwirkungen des Wassers handeln, wie sie beim Einlegen der Proben in Wasser im folgenden festgestellt werden.

Auch die Dehnung ergibt bei hohen rel. Luftfeuchtigkeiten bereits niedrigere Werte, die auf die sehr

geringen Dehnungsdaten der Garne nach Einlegen in Wasser hinlaufen. —

Die Einflüsse des Einlegens in Wasser gehen schließlich aus den Tafeln 12 bis 14 sowie Bild 27 hervor. Es mag manchen überraschen, hier ganz beachtliche Festigkeits- und Dehnungsänderung von Glasfaser (aus Glasfasergarn 5/1) bei Prüfung im nassen Zustand.

Prüfzustand	Durchmesser [ $\mu$ ]	Feinheitsnummer [Nm]	Faserfestigkeit [g]	Naßfestigkeit [% der Trockenfestigk.]	Reißlänge [km]	Naßreißlänge [% der Trockenreißlänge]	Dehnung [%]
65% rel. L-F	10,4	4740	8,67	—	41,2	—	2,5
5 Min. dest. Wasser . .	11,4	3950	7,04	(81,2)	27,8	<b>67,6</b>	3,6

liche Festigkeitsverluste verzeichnet zu finden, die — in % der Trockenreißlänge ausgedrückt — bis zu 48,5% herabgehen (Glasseeide nach ¼stdg. Einlegen in dest. Wasser). Man muß sich aber vergegenwärtigen, daß die außerordentlich feinen Glasfäden bzw. -fasern gegenüber Glas selbst eine ganz wesentlich vergrößerte Oberfläche besitzen, an der das Wasser angreifend zu wirken vermag. Zu den Werten der Tafeln 12 bis 14 sei nur kurz bemerkt, daß die sonst übliche Berechnung der Naßfestigkeit (ohne Berücksichtigung der Nummer) im Hinblick auf die schon erwähnten starken Nummernschwankungen hier kein richtiges Bild über den wirklich

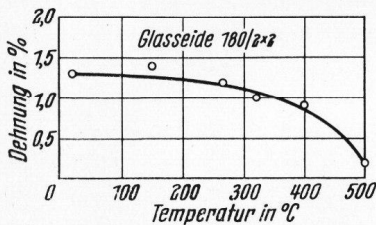


Bild 25. Dehnung von Glasseeide Nm = 180/2x2 nach ½ Std. Erhitzen auf verschiedene Temperaturen.

Tafel 13. Festigkeits- und Dehnungsänderung von Glasgarnen bei Prüfung im nassen Zustand.

Prüfzustand	Garnnummer Nm	Garnfestigkeit [g]	Naßfestigkeit [% der Trockenfestigkeit]	Reißlänge [km]	Naßreißlänge [% der Trockenreißlänge]	Dehnung [%]	
Glasseeide 180/2x2	65% rel. L-F . .	217,6/4	804	—	43,7	—	1,97
	nach ¼ Std. dest. Wasser . . .	218,4/4	388	(48,3)	21,2	<b>48,5</b>	0,97
Glasfasergarn 5/1	65% rel. L-F . .	5,64	1336	—	7,53	—	0,72
	nach ¼ Std. dest. Wasser . . .	5,23	824	(61,7)	4,31	<b>57,2</b>	0,43

aufgetretenen Festigkeitsverlust ergibt; es wurde daher jeweils die Naßreißlänge angegeben, in der die Nummernunterschiede zwischen Ausgangs- und Naßproben berücksichtigt sind. Für quellbare Faserstoffe ist letztere Berechnung allerdings unzulässig. Die Dehnung geht im nassen Zustand noch erheblich zurück.

Es wurden auch vergleichende Versuche mit destilliertem und Leitungswasser ausgeführt, um festzustellen, ob ein erkennbarer Einfluß der Reinheit des Wassers zu beobachten ist; wie Tafeln 13 und 14 zeigen, weichen die Werte in beiden Fällen nicht offensichtlich

voneinander ab. Auch der Einfluß der Zeit der Wassereinwirkung kam zur Ueberprüfung. Für Glasseeide wie Glasfasergarn macht sich mit der Länge der Wassereinwirkung (bis zu 7 Tagen) ein sehr geringer Festigkeits- und Dehnungsanstieg bemerkbar, der sich aber in so engen Grenzen bewegt, daß eine sichere Aussage darüber nicht gegeben werden kann, auf welche Einflüsse er zurückzuführen ist. Zum Schluß sei auf Tafel 14 hingewiesen, die Aufschluß darüber gibt, in wie weit der durch das Einlegen in

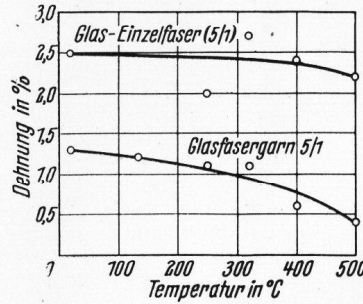


Bild 26. Dehnung von Glas-Einzelfaser und Glasfasergarn Nm = 5/1 nach ½ Std. Erhitzen auf verschiedene Temperaturen.

Tafel 14. Festigkeits- und Dehnungsänderung von Glasgarnen nach Einlegen in Wasser und anschließendem Trocknen (24 Std. bei 65% rel. Luftfeuchtigkeit).

Prüfung	Garnnummer Nm	Garnfestigkeit [g]	Naßfestigkeit [% der Trockenfestigk.]	Reißlänge [km]	Naßreißlänge [% der Trockenreißlänge]	Dehnung [%]	
Glasseeide 180/2x2	65% rel. L-F . .	217,6/4	804	—	43,7	—	1,97
	nach ¼ Std. Leitungswasser	220,0/4	343	(42,7)	18,9	<b>43,3</b>	0,80
	nach 1 Std. Leitungswasser u. anschließend. Trocknen bei 65% rel. L-F	220,0/4	554	(68,9)	30,5	<b>69,8</b>	1,18
Glasfasergarn 5/1	65% rel. L-F . .	5,64	1336	—	7,53	—	0,72
	nach ¼ Std. Leitungswasser	5,23	820	(61,4)	4,28	<b>56,8</b>	0,46
	nach 1 Std. Leitungswasser u. anschließend. Trocknen bei 65% rel. L-F	5,53	1143	(85,5)	6,32	<b>84,0</b>	0,87

Wasser eintretende Festigkeits- und Dehnungsabfall nach anschließendem Trocknen wieder ausgeglichen wird. Es ist hieraus ersichtlich, daß zwar beide untersuchte Materialien nach dem Trockenwerden einen etwa gleichen Festigkeitsanstieg erfahren haben, daß aber in keinem Fall die Ausgangsdaten wieder erreicht wurden.

Die hier vorgelegten Untersuchungsergebnisse haben schon manchen neuen Aufschluß gebracht. Die Prüfung weiterer Eigenschaften und anderer Einflüsse auf Glasseeide und Glasfasergarn ist in Aussicht genommen. Aber es erscheinen auch noch weitere systematische Großversuchsreihen gerade bei diesen Materialien erforderlich, ehe die letzten Einzelheiten des technologischen Verhaltens herausgearbeitet werden können.

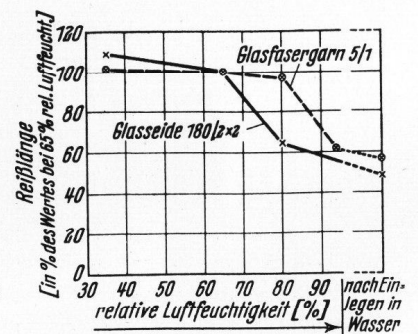


Bild 27. Festigkeit (Reißlänge) von Glasseeide 180/2x2 und Glasfasergarn 5/ bei verschiedener rel. Luftfeuchtigkeit.