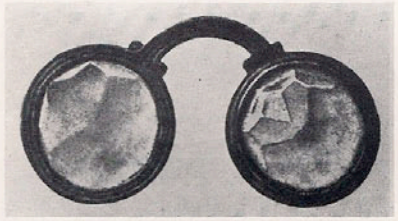
Wie der Optiker aus CELLON und CELLONEX Brillengestelle handwerklich herstellt

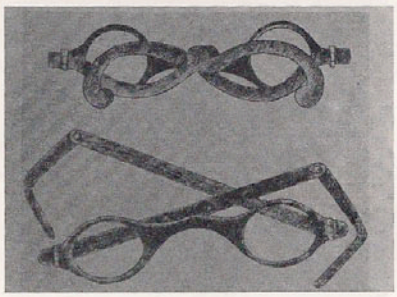
Ein Bericht von Dipl.-Ing. Dr. Otto Hinterhofer und Dieter Fahrner in „Materialkunde für Augenoptiker", Neues Optikerjournal, , 1979

2.46 Kunststoffe für Brillenfassungen

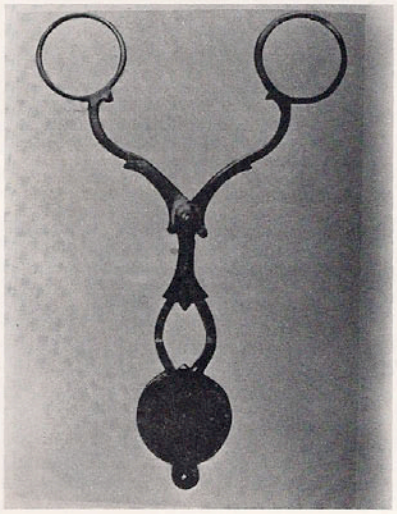
ca. 1500
Nietbrille aus Holz



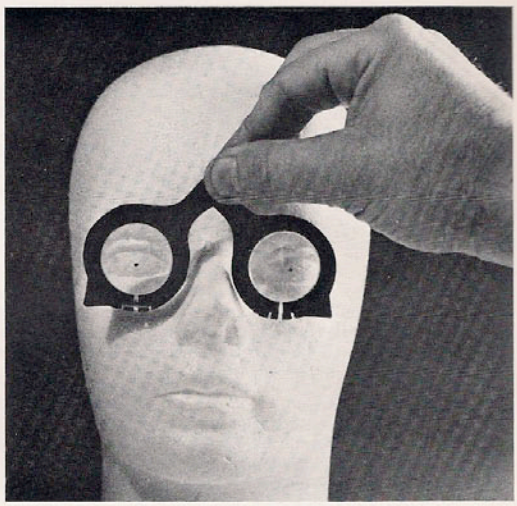
ca. 1600
Fassung aus Leder



ca. 1720
Fassungen aus Schildpatt



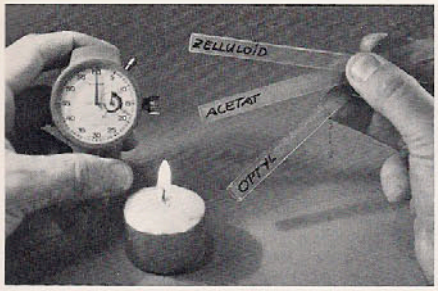
ca. 1750
Brille aus Horn



Zur Verbesserung der zentralen Sehschärfe für Ferne oder Nähe fehlte es bereits in historischen Zeiten nicht an Bemühungen. Die Römer korrigierten ihre fehlende Sehschärfe mittels großer geschliffener Kristalle, zumeist Beryllkristalle (Beryll → Brille), die je nach Größe entweder von einer oder beiden Händen gehalten werden mußten. Der Wunsch, beide Hände zum Halten einer widerspenstigen Schriftrolle oder eines Folianten freizubekommen, bedingte ein „Gestell". Diese Gestelle waren anfangs auf Grund der zur Verfügung stehenden Materialien recht plump und klobig, wie uns das älteste erhaltene, aus dem Jahre 1352 stammende Bildnis eines Menschen mit Brille zeigt. Auf einem Fresko der Kirche San Nicolo in Treviso ist der Kardinal Hugo von Provence vom Maler Tomaso da Modena bebrillt dargestellt. Das Material der Gestelle war ursprünglich feines Holz, wurde aber nach und nach durch „edlere" Materialien wie Leder, Elfenbein, Horn und Metalle (insbesondere Nickel) ersetzt.

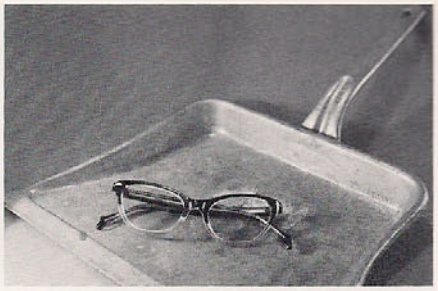
Waren es insbesondere im Mittelalter und zu Beginn der Neuzeit nur die begüterten oder die geistig interessierten Gesellschaftsschichten, die sich diesen für uns heute selbstverständlichen Luxus einer Brille leisteten, so nahm im Laufe der Jahrhunderte die Zahl der Brillenbesitzer ständig zu. Dies bedingte unter anderem eine intensive Suche der Brillenmacher nach billigeren und leichter zu bearbeitenden Materialien.

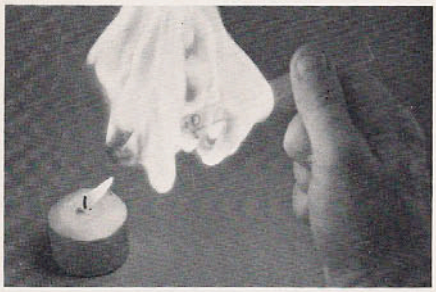
Von den Kunststoffen haben sich aber bisher für dieses Einsatzgebiet nur zwei Arten durchgesetzt: die halbsynthetischen Zelluloseester und das vollsynthetische Epoxyharz. Es hat zwar Versuche gegeben, PMMA (Polymethylmethacrylat) und ABS (Acrylnitril-Butadien-Styrol-Polymerisat) als Ausgangsstoffe für die Brillenerzeugung heranzuziehen — Produkte aus diesen Thermoplasten sind auch auf dem Markt —, doch erfüllten diese Kunststoffe die spezifischen Eigenschaften, die an eine Qualitätsbrille gestellt werden, nur unzureichend. Sie erwiesen sich nicht als Alternative zum Zelluloseacetat und konnten nur einen Marktanteil im Bereich der billigen Sonnenbrille erobern.



Vergleich der Brennbarkeit von Zelluloid, Acetat und Optyl.

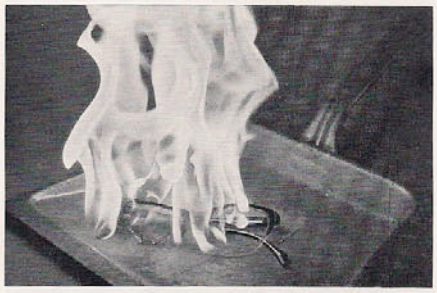
Die gute Brennbarkeit einer Zelluloidfassung ergibt sich nicht nur aus dem Material, sondern auch aus der „luftigen" Bauweise.

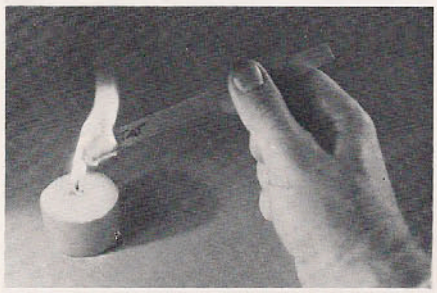




Fünf Sekunden nach dem ersten Flammenkontakt brennt der Zelluloidstab bereits so stark, daß er nur noch mit Mühe gehalten werden kann.

Daher genügen zehn Sekunden, um eine Fassung völlig zu zerstören.





Acetat brennt in derselben Zeit langsam mit stark rußender Flamme.

Hier sieht man ihre Trümmer rauchen, der Rest ist nicht mehr zu gebrauchen.

Optyl benötigt zwei Sekunden um zu entflammen und brennt dann noch langsamer als Acetat.

Wenn man bedenkt, daß für die industrielle Fertigung Zelluloid in Form von Platten, Spänen oder Fassungen tonnenweise gelagert bzw. bearbeitet werden mußte, versteht man die extrem hohen Versicherungsprämien und letztlich auch die Abschaffung dieses Werkstoffes.

Zelluloseester

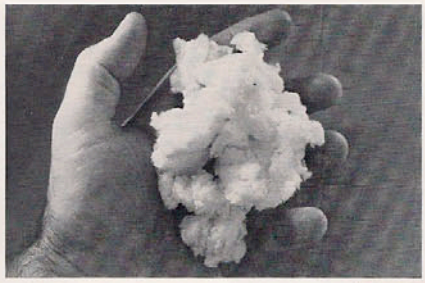
Von den Zellulosederivaten hat sich in erster Linie das Zelluloseacetat als Werkstoff durchgesetzt. Es löste auf fast sämtlichen Einsatzgebieten, nicht nur in der Brillenindustrie, das leicht brennbare und daher nachteilige Celluloid (Nitrozellulose) ab, dessen gute Gebrauchseigenschaften es mit der geringeren Brennbarkeit verbindet. Es stellt heute noch mengenmäßig den größten Anteil an Brillenfassungen, obwohl auch die anderen Ester der Zellulose, das **Zellulosepropionat** und das **Zellulosebutyrat,** langsam im Vormarsch begriffen sind.

Zur Herstellung des Zelluloseacetats wird reine Zellulose vorerst mit Eisessig (konzentrierter Essigsäure) ein bis zwei Stunden in Knetmaschinen anquellen lassen und dann mit einer Mischung aus Eisessig und Essigsäureanhydrid (entwässerte Essigsäure CH_3-CO-O-CO-CH_3) und geringen Mengen eines Katalysators wie Zinkchlorid oder Schwefelsäure umgesetzt. Als reine Zellulose verwendet man in der Regel Baumwoll-Linters, das sind die ganz kurzen Samenhärchen der Bauwolle, die für textile Zwecke nicht mehr geeignet sind. Man arbeitet dabei meist in solchen Mengenverhältnissen, daß das Triacetat entsteht, bei dem auf eine Zelluloseeinheit im Molekül drei Acetatgruppen kommen. Das Triacetat wird dann als solches isoliert oder vorher noch partiell verseift, d. h., daß manche Estergruppen wieder abgespalten werden, wobei man dann das 2- bis 2,5-Acetat erhält. Dieses weist im Gegensatz zum Triacetat bessere Löslichkeitseigenschaften auf, z. B. ist es in Aceton löslich.

Bei der Herstellung des verwandten **Zelluloseacetobutyrats** wird ein Teil des Essigsäureanhydrids durch Buttersäureanhydrid ersetzt; auch kann beides durch Propionsäureanhydrid ersetzt werden, so daß **Zelluloseproponat** entsteht, ein Kunststoff mit ebenfalls guten Gebrauchseigenschaften. In allen Fällen erfolgt die Isolierung des Zelluloseesters durch Zusatz von Wasser. Um diesen Rohwerkstoff nun in einen verarbeitbaren Kunststoff überführen zu können, müssen verschiedene Zusätze beigefügt werden: Weichmacher, Farben und Pigmente, Alterungsstabilisatoren. Diese werden innigst vermischt und je nach Art des gewünschten Rohstofftyps verschieden weiterverarbeitet. Die Rohstofftypen sind Blockacetat, extrudiertes Acetat und Spritzgußgranulat.

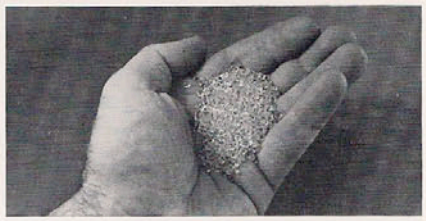
Acetat

Baumwoll-Linters, läßt sich am besten mit kurzfaseriger Watte vergleichen.

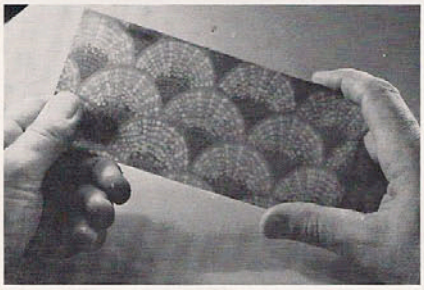


Platte aus Blockacetat

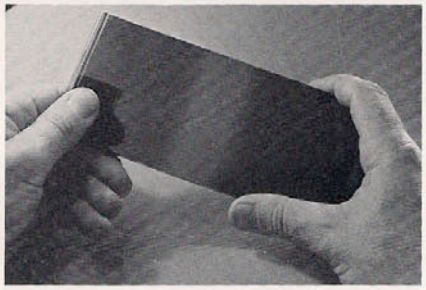
Acetat-Granulat, die Vorstufe für



extrudierte Streifen oder Platten,



auf ein handliches Fassungsformat geschnitten.



die dann wie Blockacetat auf Fassungsformat geschnitten werden.

Blockacetat

Zur besseren Weiterverarbeitung der Rohwerkstoffe wird bei diesem Herstellungsverfahren noch ein Lösungsmittel zugegeben. Die Mischung der Rohstoffe erfolgt in Knetmaschinen. Diese bestehen aus einem Trog, in dem zwei Schnecken mit ungleichen Drehzahlen oder in ihrem Drehsinn gegeneinander laufen. Die folgenden Arbeitsgänge haben die Aufgabe der homogenen Durchmischung bei Abbau des Lösungsmittelgehaltes auf 12 bis 18 Prozent. Dazu wird das Material einem Walzwerk zugeführt. Dieses besteht aus zwei mit entgegengesetzem Drehsinn sich bewegenden Walzen, deren Abstand voneinander — somit der Walzspalt — einstellbar ist.

Es besteht bereits an dieser Stelle der Fertigung die Möglichkeit, durch Nachfärbung und Mischung besondere Mustereffekte zu erzielen.

Zum Schluß der Walzung wird ein möglichst glattes und gleichmäßig dickes Walzfell erzeugt, mit dem man die Kochpressen beschickt. In diesen Kochpressen werden die aufeinandergelegten Walzteile zu Blöcken verschweißt. Die so entstehenden Blöcke werden auf Schneidmaschinen zu Tafeln geschnitten. Diese Maschinen ähneln in ihrem Aufbau den Furniermessern. Ein Schlitten mit dem Block bewegt sich horizontal gegen ein feststehendes horizontales Messer. Dieses Messer kann auf 0,01 mm genau eingestellt werden und bestimmt die Plattendicke. Die Stärke liegt zwischen 0,1 und 20 mm.

Mit Hilfe der Schneidmaschine wird die mannigfaltige Musterung des Plattenmaterials erreicht. Die frischgeschnittenen Platten aus verschieden eingefärbten Blöcken können in diesem Zustand in der Kochpresse wiederum verschweißt werden. Dieser Vorgang ist mehrmals wiederholbar, so daß der Vielfältigkeit der Muster keine Grenzen gesetzt sind.

Mit Hilfe dieser Verlegetechnik entstehen Elfenbein-, Horn- und Schildpatt-Imitationen und die zahlreichen Havanna-Arten. Man erhält vor allen Dingen feiner gezeichnete Muster, als sie durch die Vermischung während des Walzvorganges erreicht werden können. Diese Möglichkeit vielseitiger Farbgestaltung hat wesentlich dazu beigetragen, daß trotz vieler neuer Kunststoffe noch erhebliche Mengen Blockware verarbeitet werden.

Um den geschnittenen Platten die restlichen 10 bis 15 Prozent Lösungsmittel zu entziehen, ist ein langwieriger Trocknungsprozeß notwendig. Bei der Vortrocknung liegen die Platten auf Roste, während sie bei der Haupttrocknung hängend angebracht werden können. Zum Trocknen ist ein Zeitraum von ca. 5 bis 12 Tagen pro Millimeter Plattendicke erforderlich, d. h., die gesamte Trockenzeit liegt zwischen eineinhalb und drei Monaten. Eine Zeitspanne, die die schnelle Erledigung von Aufträgen unmöglich macht.

Da die Platten nach dem Trocknen gewellt und ihre Oberflächen rauh sind, müssen sie in Polierpressen geglättet werden. Gute Oberflächen erreicht man durch das Auflegen von verchromten Blechen. Anschließend werden die Platten noch besäumt.

CELLON ® ist ein Blockacetat

Extrudiertes Acetat und Spritzgußgranulat

Bei diesem Verfahren ist kein Lösungsmittel erforderlich. Aus der Mischung der Rohstoffe wird ein Granulat hergestellt, das dann sofort verarbeitet werden kann. Entweder wird es direkt in Spritzgußmaschinen zu halbfertigen Brillengestell-Rohlingen verspritzt oder auf Extrudern mittels Schlitzdüsen zu Platten verformt, die dann für die Brillenfertigung wie die Platten aus Blockacetat weiterverarbeitet werden.

Die Herstellung der Brillengestelle aus den Zelluloseestermaterialien erfolgt prinzipiell nach zwei Methoden: nach dem Spritzgießverfahren und nach dem Fräsverfahren.

Bei Spritzgießen werden die Brillenrohlinge auf Spritzgußmaschinen in Mehrfachformen verspritzt und stellen somit die Brille in ihrem endgültigen Design dar. Scharniere und Gelenke können dabei gleich in einem Arbeitsgang mit umgespritzt werden. Nach dem Fräsverfahren werden auf Mehrfachfräsautomaten die Rohlinge aus den vollen Platten ausgefräst, wobei das nicht im Brillenrohling verbleibende Material als verlustig angesehen werden muß. Scharniere und Gelenke werden „eingeschwemmt" oder „eingeschossen", Vorgänge, bei denen das thermoplastische Grundmaterial örtlich erhitzt und hierauf das Metallteil mechanisch eingedrückt wird.

Auch eine Kombination beider Verfahren ist möglich. Da nämlich die Kosten für die Formen beim Spritzgießen insbesondere bei niedrigen Stückzahlen stark zum Tragen kommen, werden Rohlinge gespritzt, aus denen durch nachfolgende Fräsvorgänge unterschiedliche Größen (Nasensteg/Scheibengrößen-Varianten) erhalten werden können. Die Rohlinge nach beiden Verfahren müssen nun einem Oberflächenglättungsvorgang unterzogen werden. Dies geschieht in mechanischen Rüttel-, Schwing- und Schüttelvorrichtungen, wobei sich die Rohlinge in einer Masse aus Gesteinsmehl (Quarz, Bims u. a. m.), das mit seifenartigen Ölen angeteigt ist, befinden und durch gegenseitiges Auf- und Aneinanderprallen sich abschleifen. Zur mechanischen Unterstützung werden auch noch Schleifkörper (Nadeln, Dreiecke, Stifte) beigegeben, um auch feine Oberflächenvertiefungen beschleifen zu können.

Zur weiteren Oberflächenverbesserung schließt sich ein Poliervorgang an, der entweder auf einer Rezepturänderung der vorangegangenen Glättung beruht, wie feinere Körnung des Gesteinsmehls oder Zufügen von Polierwachsen, oder auch noch von Hand an Polierscheiben mit Polierpasten oder -wachsen vorgenommen wird. Die Polierwachse verbleiben teilweise an der Oberfläche der Brillengestelle und bewirken ein Ausfüllen der mikroskopisch kleinen Schleifrillen und ergeben somit eine „Hochglanzpolitur".

Nach der Montage von Mittelteil und Bügel müssen die Gestelle noch „gerichtet" werden und sind nach einer Endkontrolle fertig zur Verpackung.

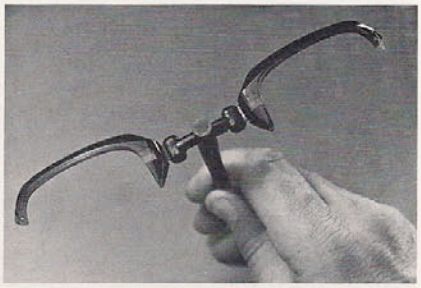
Jahrzehntelang war das Zelluloseacetat somit der einzige Kunststoff, der sich auf dem Gebiet der Brillenrahmen einen großen Markt erhalten konnte, obwohl ihm auch eine Reihe von Nachteilen anhaftet, die sowohl für den Brillenhersteller als auch für den Optiker und für den Brillenträger zu spüren sind.

Für den **Brillenhersteller** besteht das Problem, daß er wegen der langdauernden Herstellung des Ausgangsmaterials im Falle der Verwendung von Blockware seine Dispositionen in bezug auf Einfärbung und Effekte bereits Monate vor der Lieferung bekanntgeben muß.

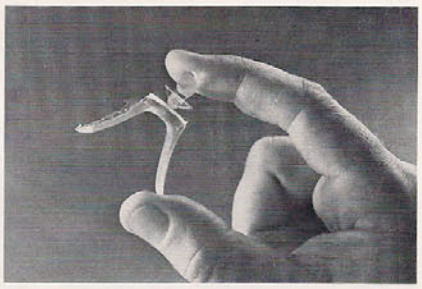
Für den **Optiker** bestehen die Nachteile in der relativ großen Temperaturempfindlichkeit des Zelluloseacetats sowie in der Tatsache, daß sich die Brillengestelle manchmal durch nachträgliche Lösungsmittelverdampfung während der Lagerung oder des Transportes verziehen und wieder zurechtgerichtet werden müssen.

Für den **Brillenträger** ist es unangenehm, daß die Bügelspannung vieler Acetatbrillen relativ rasch nachläßt und daß sich nach längerer Tragdauer auf den dunklen Brillen ein weißlicher Belag bildet, der durch Ausschwitzen der Weichmacheranteile des Zelluloseacetats zustande kommt.

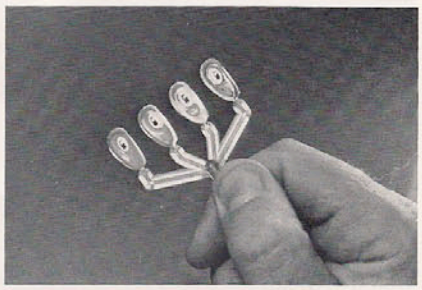
Spritzgußgranulat wird schon seit Jahren zur Herstellung von entsprechenden Fassungsteilen verwendet. Die hier abgebildeten Teile wurden ohne Nachbearbeitung aus der Spritzgußform entnommen, um den Herstellungsprozeß verständlich zu machen.



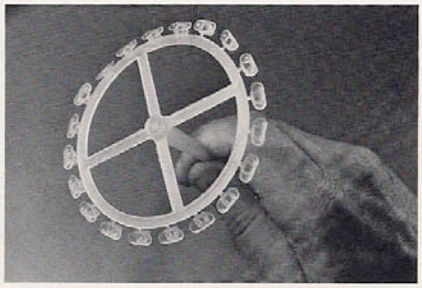
Augenbrauenteile einer Metallfassung



Stegeinsatz für eine Metallfassung

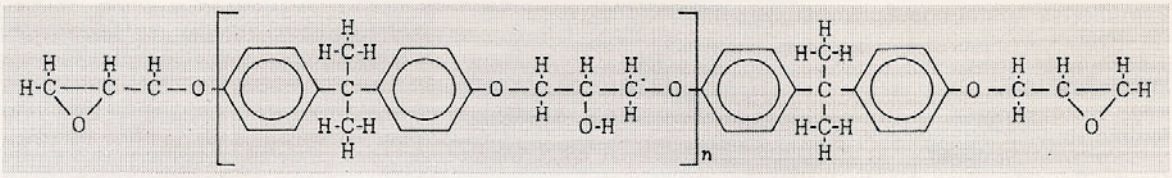


Stegplättchen



Scharnierkappen, die beim Trommelschleifen und Trommelpolieren die Scharnierösen abdecken.

CELLONEX ® ist ein extrudiertes Acetat



An diese Nachteile hatte man sich mit Rücksicht auf die zahlreichen positiven Eigenschaften und wegen des Mangels an einem anderen vergleichbaren Werkstoff gewöhnt.

Es hat sich jedoch in den letzten Jahren ein neues Material auf diesem Gebiet in den Vordergrund gedrängt, nämlich ein Duroplast aus der Gruppe der

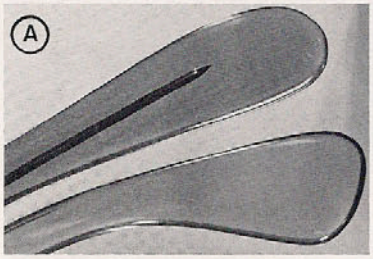
Epoxidharze

Diese werden seit Beginn der fünfziger Jahre großtechnisch produziert, weisen aber erst seit etwa einem Jahrzehnt rapid steigende Zuwachsraten auf, obwohl die ersten Patente über die Epoxide bereits in den zwanziger Jahren angemeldet worden waren. Als Beginn der technischen Epoxidharz-Chemie wird jedoch allgemein das Jahr 1934 angesehen, in dem der Schweizer P. Castan für die Firma De Trey Fréres seine Arbeiten zur Herstellung von Zahnprothesen und anderen Formkörpern begann. Infolge der vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten, die sich aus einer günstigen Kombination chemischer und physikalischer Eigenschaften ergeben, ist der eminente Aufschwung der Epoxidharze in jüngster Zeit zu verstehen, nachdem es auch der Großchemie in der Zwischenzeit gelungen ist, die technologisch-verfahrenstechnischen Probleme zu lösen. Das Anwendungsspektrum überstreicht so verschiedene Gebiete wie den Lacksektor, den Klebstoff- und Schaumstoffbereich, das Bauwesen, den Werkzeugbau, die Elektroisoliertechnik und den Bootsbau, um nur einige zu nennen. Obwohl es mehrere verschiedene Gruppen von Epoxid-Basisharzen gibt, wie Novolak-Typen bzw. Typen mit cycloaliphatischem oder aliphatischem Grundgerüst, stellen die Epoxide auf der Basis des Bisphenol-A nach wie vor mit über 90 Prozent der Gesamtproduktionsmenge den Löwenanteil. Diese Basisharze lassen sich durch die oben abgebildete allgemeine Strukturformel darstellen.

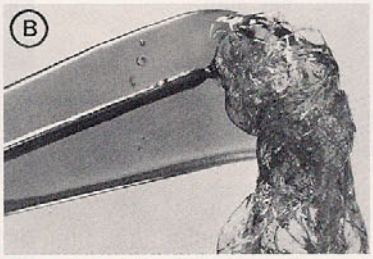
Je nach Wahl des Überschusses an Epichlorhydrin und der Reaktionsbedingungen der Kondensationsreaktionen mit 4,4-Dihydroxydiphenylpropan(-2) (= Bisphenol-A) entstehen flüssige, halbfeste und feste Harztypen mit einem Polymerisationsgrad von $n < 1$, $n = 1$ bis 2 bzw. $n > 2$, in Ausnahmefällen bis zu $n = 100$.

Die im Vergleich zu anderen Polymeren relativ niederen Molekulargewichte der Epoxidbasisharze bedingen, daß sie erst durch eine Vernetzungsreaktion mit sogenannten Härtungsmitteln in makromolekulare Werkstoffe übergeführt werden müssen. Als Härter kommen prinzipiell mindestens bifunktionelle Verbindungen in Frage, die mit den Epoxidgruppen reagieren. Es sind dies vorzugsweise Di- und Polyamine, Polyaminoamide, Di- und Polycarbonsäureanhydride sowie Polyalkohole und Polyphenole. Andererseits läßt sich die Vernetzung aber auch durch gewisse Substanzen (tertiäre Amine; Bortrifluorid-Komplexe) katalytisch bewerkstelligen.

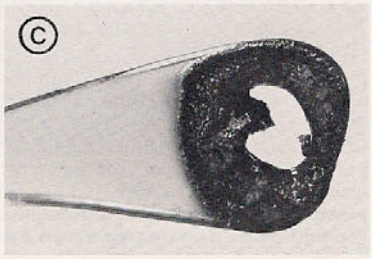
Durch geeignete Auswahl an Harz und Härter ist es nun möglich geworden, einen Kunststoff eigens für die Herstellung von Brillenfassungen nach den Anforderungen, die der Optiker an ein solches Material stellt, sozusagen maßzuschneidern.



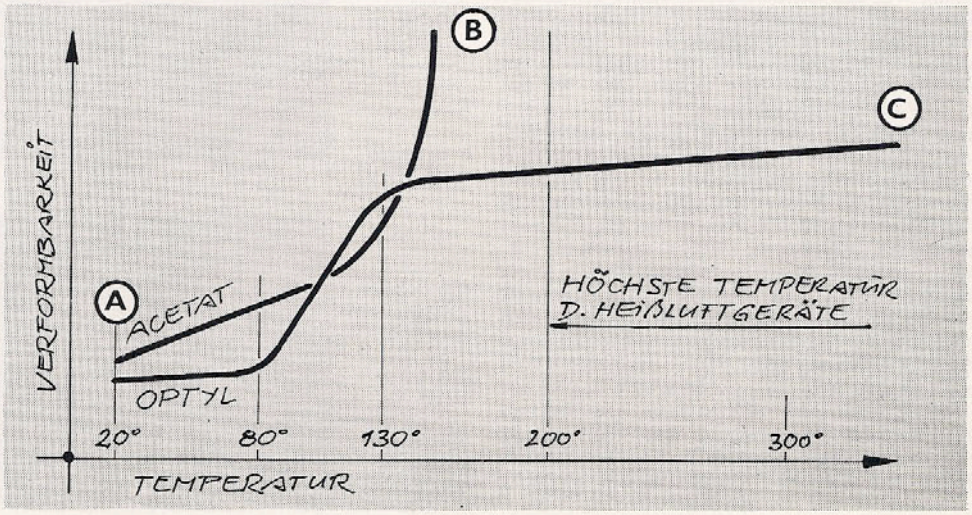
Materialverhalten von Acetat und Optyl bei Erwärmung bis zur Zerstörung.



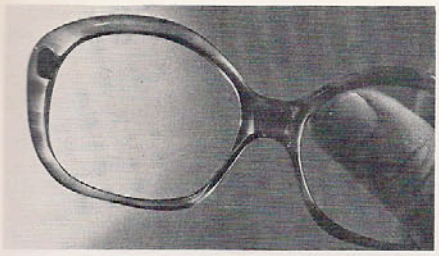
Acetat wird relativ gleichmäßig weicher und endet als blasige Schmelze. Die Schmelztemperaturen schwanken je nach Zusammensetzung und Alter bis zu 50°.



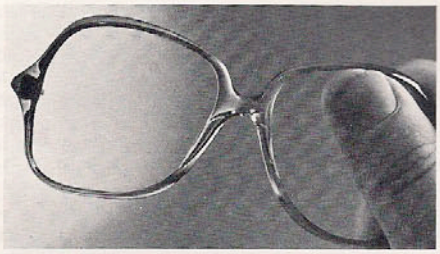
Optyl wird erst bei ca. 80 °C sprunghaft weicher, kann aber bis ca. 350° erhitzt werden bis es verbrennt, ohne dabei seine Form zu verlieren.



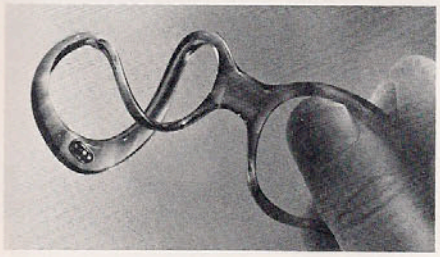
Elastizitätsvergleich an einem Mittelteil aus

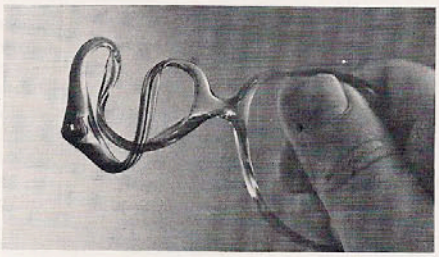


Acetat

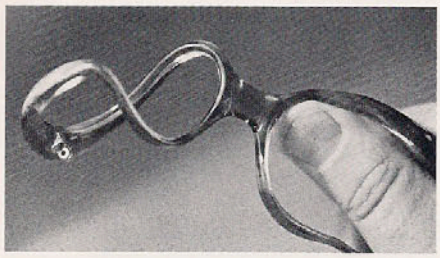


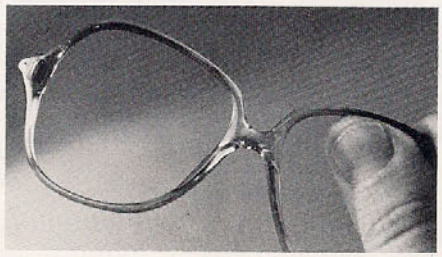
Optyl





Entsprechend erwärmt, lassen sich beide Fassungen beliebig deformieren und in dieser Form durch Abkühlung fixieren.



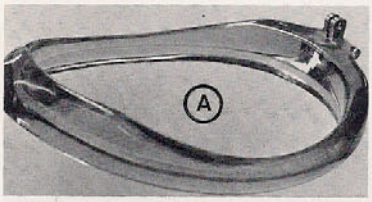


Bei nochmaliger Erwärmung

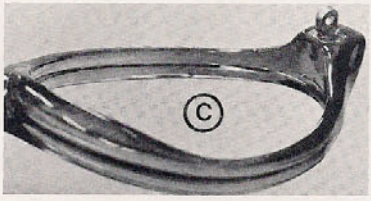
federt die Acetatfassung geringfügig zurück.

geht die Optylfassung wieder in ihre Ausgangsform zurück.

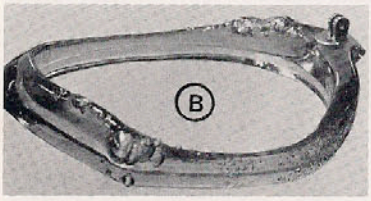
Beim Verglasen



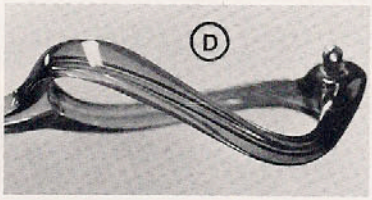
soll Acetat nicht über 100° erwärmt werden, weil es sich sonst leicht verziehen läßt



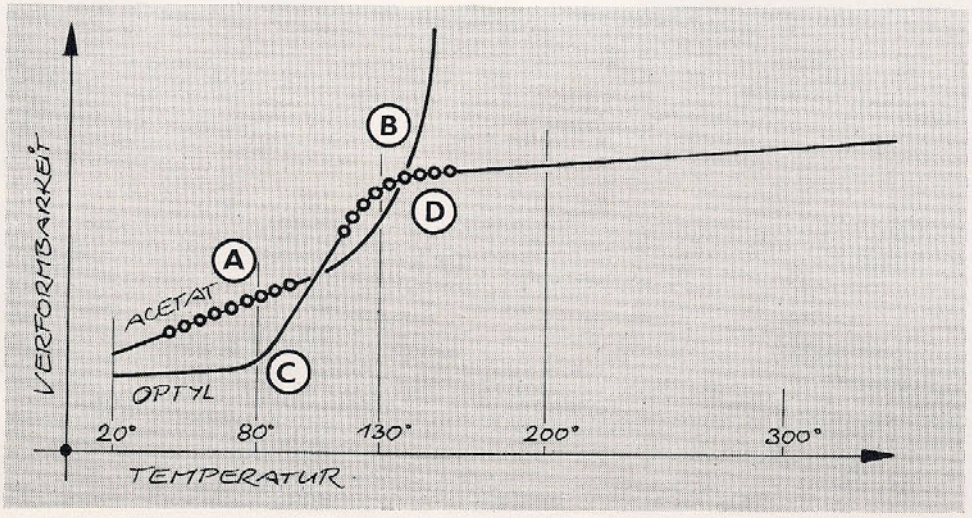
soll Optyl mindestens auf 100° erwärmt werden, weil erst bei dieser Temperatur die Fassung materialgerecht um das Glas gelegt werden



und durch Blasenbildung unbrauchbar werden kann.



und eine Zerstörung in den Heißluftgeräten ohnehin nicht möglich ist.

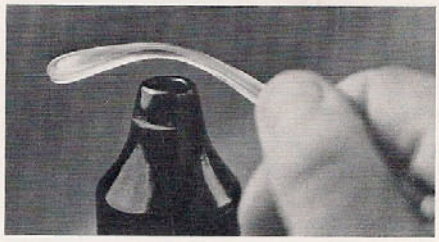


Der auf diese Weise erarbeitete Werkstoff ist heute unter dem Namen Optyl® im Handel. Optyl zeigt gegenüber Zelluloseacetat geringere Dichte, was besonders bei voluminösen Brillen den Tragekomfort erhöht. Es ist wesentlich härter und kratzfester als Zelluloseacetat und zeichnet sich durch eine hohe Wärmeformbeständigkeit, gleichzeitig aber auch durch eine hohe Temperaturbeständigkeit aus. Da es kurzzeitig sogar Temperaturen um 350 °C verträgt, ist beim Optiker ein Ausschuß durch Aufschmelzen bzw. Zersetzung praktisch unmöglich. Ebenso tritt bei der Bügelanpassung kein unerwünschtes irreversibles Lockern der Scharniere auf.

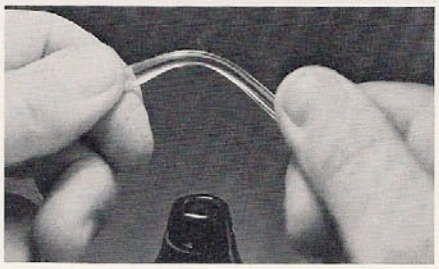
Die hohe reversible thermische Ausdehnung ermöglicht ein unproblematisches Einsetzen der Gläser bei Erwärmung und einen perfekten Sitz nach dem Abkühlen. Ein weiteres typisches Merkmal von Optyl® besteht im sogenannten „memory effect". Dieser Effekt besteht darin, daß der Werkstoff bei Erwärmung über seinen Martenswert von selbst in seine Ursprungsform zurückgeht. Das Anpassen ist somit nur ein Einfrieren der jeweiligen gewünschten Gestalt des Formteils; ist eine Anpassung fehlgeraten, kann der Formteil (Bügel oder Mittelteil der Brille) durch Erwärmen reversibel und ohne geringste Beschädigung des Materials wieder in seine Ausgangsform übergeführt werden.

Diese Tatsache bringt allerdings auch den Nachteil mit sich, daß bei der Anpassung die Gestalt des Formteils bis zum annähernden Erkalten von Hand fixiert werden muß und geringe Korrekturen vorsichtig vorgenommen werden müssen, wodurch die Anpaßzeit verlängert werden kann. Das kann aber durch Verwendung einer geeigneten Ventilette (Punkterwärmung, Kühlung) kompensiert werden und findet auch in der Dauerhaftigkeit der Anpassung einen Niederschlag (Diagramm).

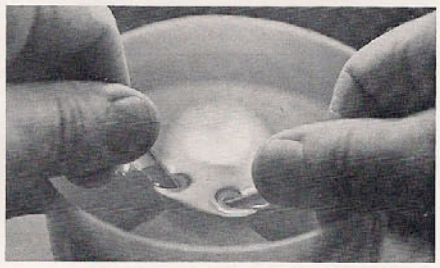
Die Bügelerwärmung



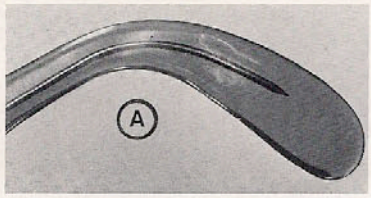
erfolgt bei Optyl am rationellsten über einer Heißluftdüse.

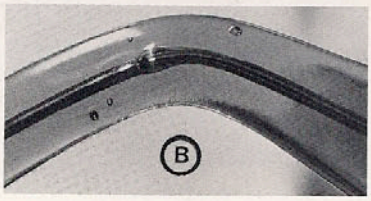


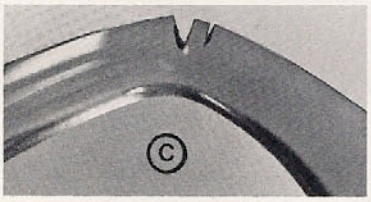
Dabei hat es sich als praktisch erwiesen, wenn man den gebogenen Bügel

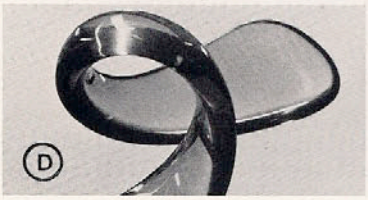


mit Wasser abkühlt, weil auf diese Weise die gegebene Form am schnellsten abkühlt.



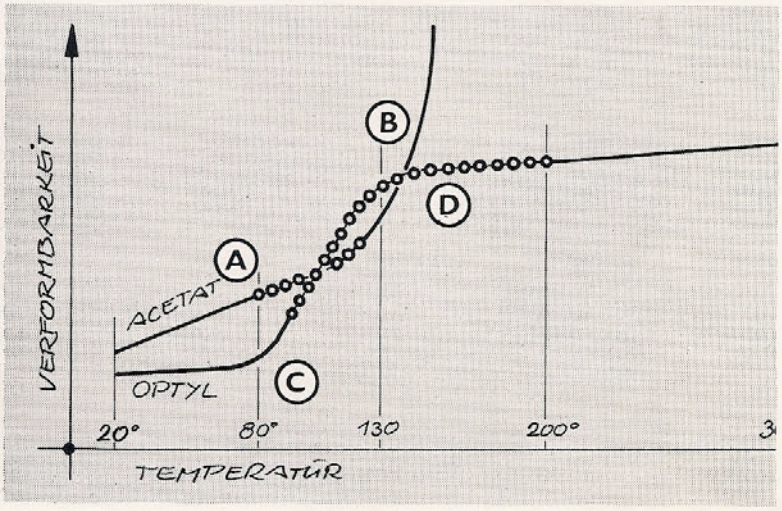




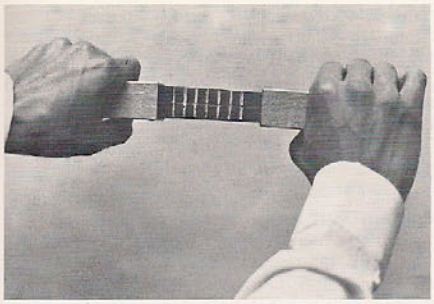


Bei der Bügelanpassung

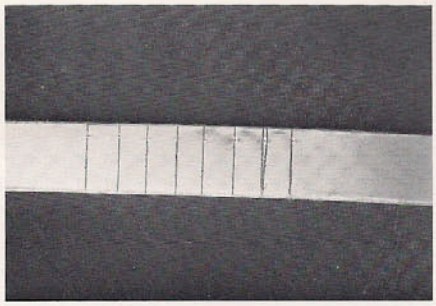
kann man metallverstärkte Acetatbügel relativ kalt biegen, wenn sie keinen zu großen Querschnitt haben und noch „jung" sind. Überhitzung führt zur Blasenbildung. Man soll Optylbügel grundsätzlich bis zu ihrer vollen Elastizität erwärmen, denn im Bereich um 80° besteht die Gefahr der Rißbildung.

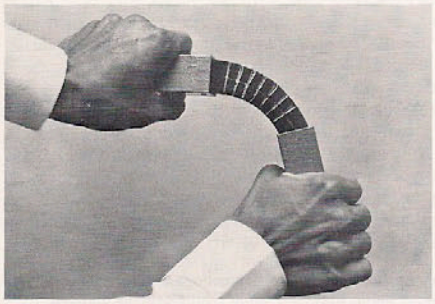


Prinzip einer Biegung



Wird ein Werkstoff gebogen, so entstehen an seiner Außenseite Zugkräfte, an seiner Innenseite Druck-Kräfte. Das Material wird daher außen gedehnt und innen gestaucht. Lediglich in der Materialmitte bleibt eine Zone in ihrer ursprünglichen Länge erhalten und wird nur gebogen.



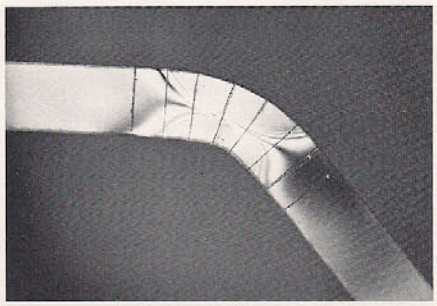


Diese Verhältnisse sind

hier an den Markierungsrillen

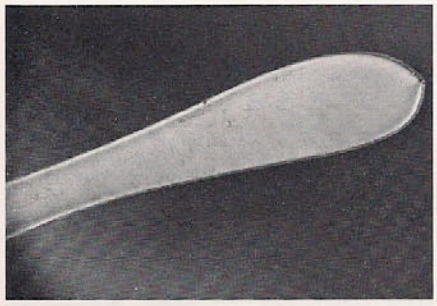
im Spannungsprüfer am Verlauf der Spannungslinien

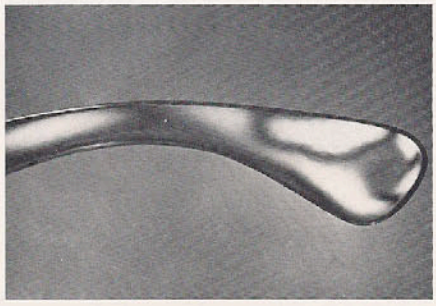
deutlich zu erkennen.

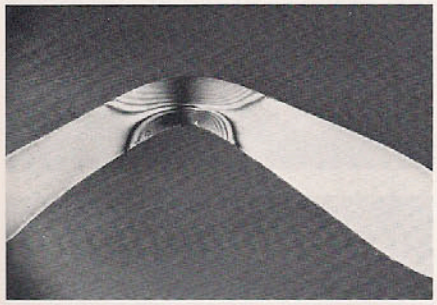


Biegung im Spannungsprüfer

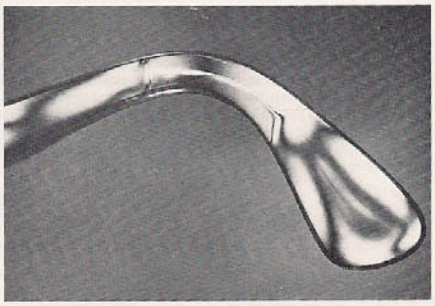
bei Acetat und Optyl

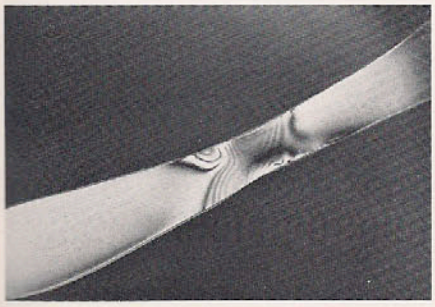






Die oben genannten Kräfte treten bei beiden Werkstoffen auf und führen zu den angegebenen Materialverlagerungen.

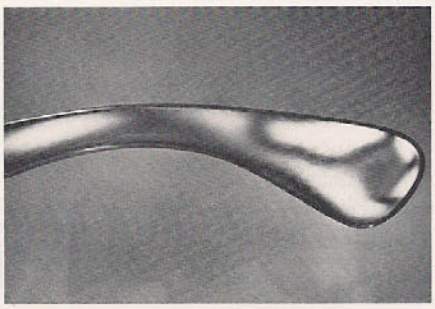


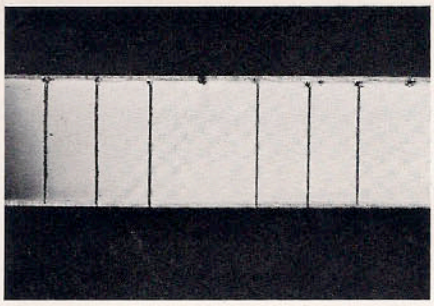


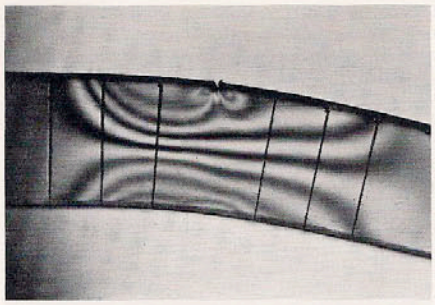
Wird die Biegung aber rückgängig gemacht so

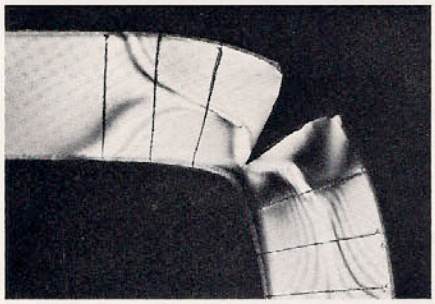
kommt es bei Acetat zu einer weiteren Strukturveränderung, weil die unvernetzten Fadenmoleküle ihre ursprüngliche Position nicht mehr einnehmen können.

werden die Molekülfäden durch die spiralförmige Vernetzung wieder in ihre Ausgangsposition zurückgeholt, was durch ein Verschwinden der Spannungen angezeigt wird.







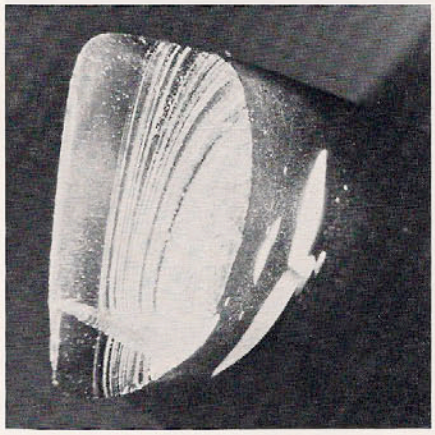


Ein Materialbruch

entsteht fast immer an einem Riß oder einer Kerbe, wenn diese Stelle auf Zug belastet wird.
Derartige Belastungen entstehen immer bei einer Biegung auf der Außenseite des Materiales.

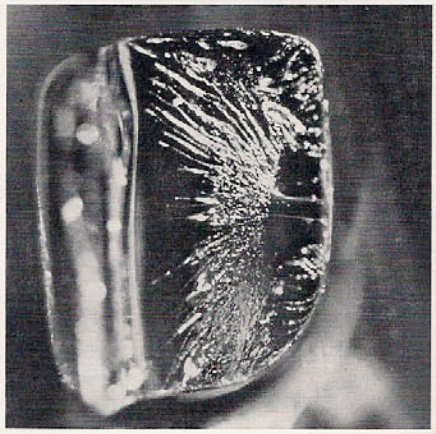
Die Kerbe verändert dabei den normalen Spannungsablauf so gravierend, daß an dieser Stelle wesentlich größere Zugkräfte auftreten als normal.

In den meisten Fällen wird das gebogene Material an dieser Stelle weit über seine Zugbelastungsfähigkeit hinaus beansprucht, und reißt durch.



Acetatbrüche

sind in den meisten Fällen altersbedingt, weil das Ausschwitzen der Weichmacher eine Versprödung und die Ausbildung von Haarrissen bewirkt. Diese feinen Risse sind an den Innenseiten der Bügel und der Stege gut zu erkennen. Bei Überbelastungen — etwa dem Auf- und Absetzen der Brille — reißen diese Sprünge schubweise tiefer in das Material hinein bis der bleibende Querschnitt so dünn wird, daß die Brille bricht.



Optylbrüche

sind zwar nicht altersbedingt, aber dennoch sehr stark von Rissen oder Kerben abhängig, wie sie zum Beispiel durch unsachgemäße Biegungen im Temperaturbereich um 80°, oder durch falsches Design verursacht werden können. Ein Kaltbruch „auf Raten", wie bei Acetat ist so gut wie nicht möglich. Das Material reißt mit einem Schlag ganz durch.

Da die notwendige Flexibilität dieses speziellen Epoxidharzes durch geeignete Wahl der Reaktionspartner erreicht wird, ist keine zusätzliche Weichmachung notwendig. Damit entfallen naturgemäß alle Nachteile, die ein zugesetzter Weichmacher mit sich bringt, wie z. B. das Ausschwitzen des Weichmachers und die damit verbundene Versprödung sowie das Mattwerden der Oberfläche und das Verziehen der Brillengestelle sowie das Zurückgehen der anatomischen Wölbung der Brillengestelle.

Mit der Wahl des Epoxidharzes als Grundmaterial ist auch ein anderes Herstellungsverfahren der Brillenrohlinge verbunden. Die vom Rohstofferzeuger angelieferten flüssigen Ausgangsprodukte werden durch einen Entgasungsvorgang von störenden flüchtigen Substanzen befreit. Wegen der hohen Reaktivität der Komponenten und der dadurch bedingten kurzen Topfzeit müssen Harz und Härter unmittelbar vor dem Verguß miteinander innig gemischt und hierauf in evakuierte Mehrfachformen vergossen werden. Diese Verfahrensschritte — Entgasen, Mischen der Komponenten in Mengen, die dem jeweiligen Vergußsterngewicht entsprechen, Evakuieren der Formen und Vergießen — bedingen eine maschinell aufwendige Anlage, die die geforderte hohe Präzision bei der Folge der einzelnen, automatisch ablaufenden Vorgänge einzuhalten gestattet. Ist die Härtung des in die Form dosierten gemischten Rohmaterials bei erhöhter Temperatur abgeschlossen, wird ein Gußrohling erhalten, der in seiner Form bereits voll dem Design der Brille entspricht. Gelenke und Scharnier sind dabei voll mit eingegossen.

An diese Herstellung des Brillenrohlings (Mittelteil bzw. Bügel) schließt eine zunächst durchaus konventionelle mechanische Fertigung.

Zur Egalisierung der Oberfläche und zum Abkanten von restlichen Trennahtspuren werden die Rohlinge vorerst mechanisch aufgerauht, was in Scheuertrommeln mittels Gesteinsmehl und Scheuerhilfsmitteln vorgenommen wird. Bei den Mittelteilen wird anschließend die Nut in die Augenringe gefräst und die Scharnierpartie für die spätere Montage der Bügel vorbereitet. Beim Bügel muß der sogenannte „Stoß" — jene Fläche, die beim Öffnen der Bügel das Mittelteil berührt — geschnitten werden, damit Bügel und Mittelteil passend montiert werden können.

Diese Rohbrille kann nun entweder weiterbearbeitet oder zunächst auf Lager gelegt werden. Von diesem Lager können die Fassungen kurzfristig abgerufen und der jeweiligen Bestellung (Größe und Farbe) entsprechend fertiggestellt werden.

In einem Oberflächenfärbeverfahren werden die Rohbrillen in der gewünschten Farbe und dem gewünschten Effekt eingefärbt und anschließend mit einer Polyurethan-Formulierung beschichtet. Durch den darauffolgenden formgebenden Arbeitsgang „Wölben" wird die nunmehr fertige Fassung in eine verkaufsgerechte und den anatomischen Anforderungen (Muschelung der Mittelteile und anatomische Formung der Bügel) entsprechende Paßform gebracht.

Vergleich der mechanischen Werte der häufigsten Brillengestellmaterialien

	Zelluloid	Zellulose-Acetat	Zellulose-Acetobutyrat	Zellulose-Propionat	Optyl
Dichte (g/m³)	1,38	1,28 — 1,31	1,18 — 1,21	1,21 — 1,23	1,10
Zugfestigkeit + 20 °C DIN 53 455 (kp/cm²)	600 — 700	300 — 500	300 — 400	300 — 500	750
Kugeldruckhärte DIN 53 456 (kp/cm²) 60 sec.	600 — 700	500 — 800	400 — 700	500 — 800	1300
Formbest. i. d. Wärme n. Vicat (Grad C) VDE 0203 DIN 53 460	70	50 — 80	70 — 100	70 — 100	104
Biegefestigkeit (kp/cm²) DIN 53 452	600	400 — 600	450 — 550	400 — 600	1100
Schlagzähigkeit (kpcm/cm²) + 20 °C DIN 53 453	100 — 200	50 bis keine Brüche	kein Bruch	kein Bruch	90
Kerbschlagzähigkeit (kpcm/cm²) DIN 53 453	20 — 30	10 — 15	10 — 30	10 — 20	17
Wärmeleitfähigkeit (Kcal/mh °C)	0,20	0,19	0,18	0,18	0,14

Die Werte der Tabelle sind die von den Erzeugerfirmen angegebenen oberen und unteren Werte aller handelsüblichen Typen des jeweiligen Werkstoffes. Die Typen unterscheiden sich nach Veresterungsgraden, Weichmacherarten und -gehalten und Additiven.

Die angeführten Kennzahlen der Zelluloseester beziehen sich auf für die Brillenherstellung verwendete Produkte, die zum Beispiel von Bayer als Cellidor®, von Dynamit Nobel als Cellonex® oder von Rhône Poulenc als Rhodoid® in den Handel gebracht werden.

Zusammenfassung

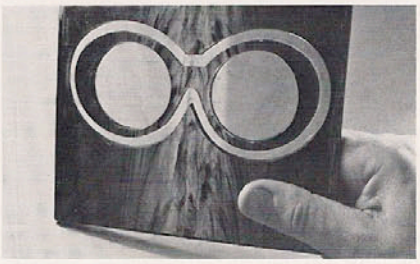
Acetat

Optyl

erzeugt man aus

Baumwoll-Linters

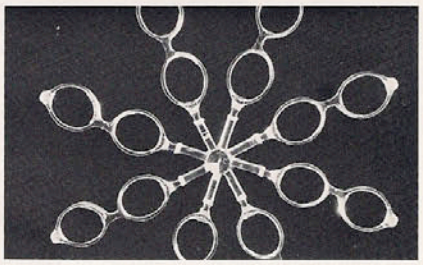
Erdöl

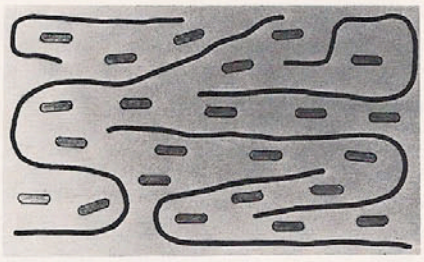


Fassungen werden

hauptsächlich aus Platten herausgefräst oder im Spritzgußverfahren hergestellt.

im Vacuumgußverfahren hergestellt.

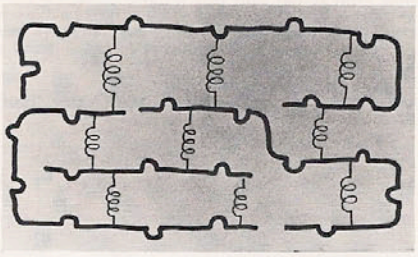




Die Materialstruktur ist gekennzeichnet durch

unvernetzte Fadenmoleküle, die durch Weichmacher auf Distanz gehalten werden.

spiralfederähnlich vernetzte Fadenmoleküle, ohne Weichmacher.

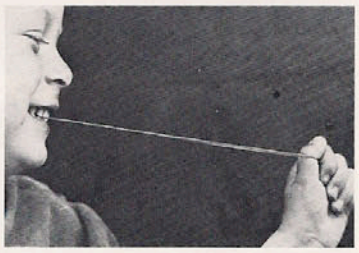


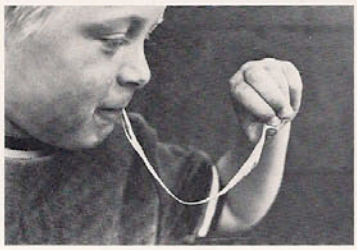
Dieses Material ist vorwiegend

thermoplastisch,

thermoelastisch,

es läßt sich daher bei entsprechender Erwärmung relativ leicht verformen





und bleibt anschließend annähernd in der gegebenen Form.

und kann entsprechend warm seine ursprüngliche Form wieder von selbst annehmen.

Bearbeitet: Dr. Volker Hofmann, Troisdorf, 14. April 2011