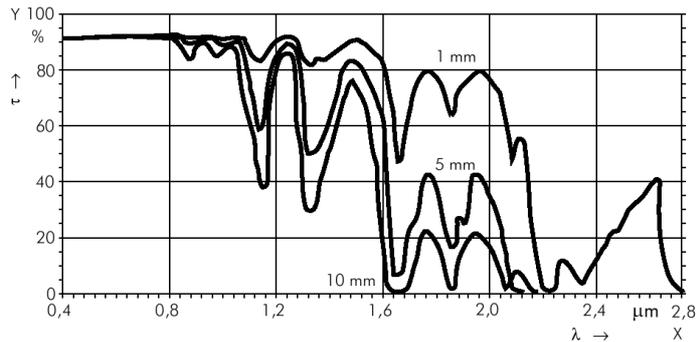


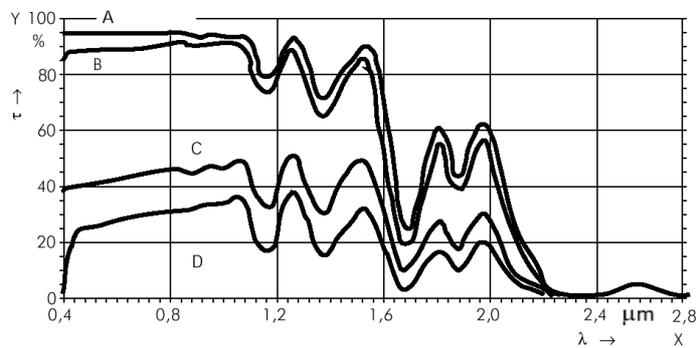
4 Spektrale Transmissionsgrade $\tau(\lambda)$ im nahen Infrarot-Bereich bis 2,8 μm Wellenlänge

Lichttechnik: IR-Spektralkurven PLEXIGLAS® GS und XT, Farblos, in 1, 5 und 10 mm Dicke



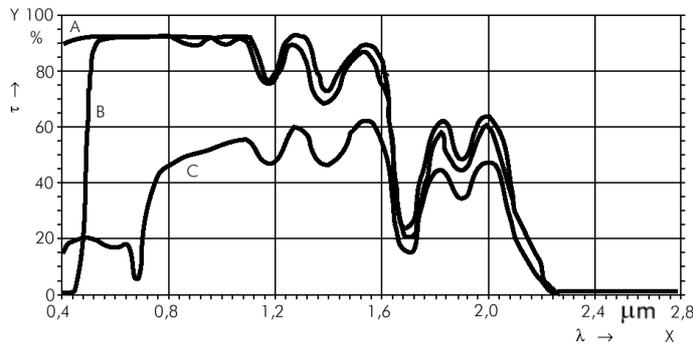
X = Wellenlänge λ in μm
Y = Transmissionsgrad τ in %

Lichttechnik: IR-Spektralkurven PLEXIGLAS® GS Farblos / Weiß, 3 mm



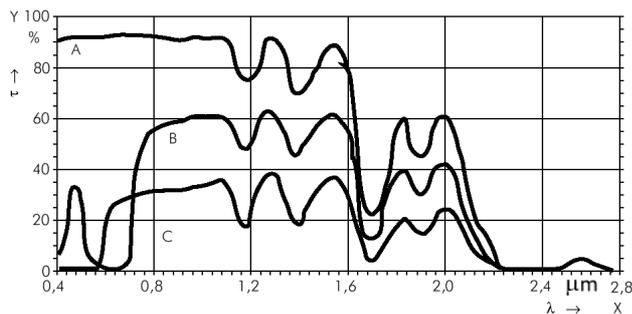
A = Farblos 233
B = Weiß 017
C = Weiß 057
D = Weiß 072
X = Wellenlänge λ in μm
Y = Transmissionsgrad τ in %

Lichttechnik: IR-Spektralkurven PLEXIGLAS® GS Farblos / durchsichtig eingefärbt, 3 mm



A = Farblos 233
 B = Gelb 303
 C = Grau 838
 X = Wellenlänge λ in μm
 Y = Transmissionsgrad τ in %

Lichttechnik: IR-Spektralkurven PLEXIGLAS® GS Farblos / durchscheinend eingefärbt, 3 mm



A = Farblos 233
 B = Blau 648
 C = Orange 410
 X = Wellenlänge λ in μm
 Y = Transmissionsgrad τ in %

5 Sonstiges aus Strahlungsphysik, Optik und Farbe

Lichtbrechung

Ein Lichtstrahl, der aus einem Medium (z.B. Luft) mit kleiner Brechzahl unter einem bestimmten Winkel α zur Normalen in ein optisch dichteres Medium, z. B. PLEXIGLAS®, eintritt, wird darin unter dem kleineren Winkel β zur Normalen weiterlaufen. Dieser Vorgang wird allgemein durch das Brechungsgesetz beschrieben:

$$n_1 \cdot \sin \alpha = n_2 \cdot \sin \beta$$

Dabei sind n_1 , und n_2 die sogenannten Brechzahlen (s. DIN 1349) der jeweiligen Materialien. Oft wird - in sehr guter Näherung - für Luft die Brechzahl des Vakuums $n_1=1$ eingesetzt. Für PLEXIGLAS® wird die Brechzahl n_D^{20} angegeben. "D" steht für die Wellenlänge der Natrium-D-Linie, also für $\lambda = 583 \text{ nm}$; "20" kennzeichnet die Temperatur von + 20°C.

Für PLEXIGLAS® gilt $n_D^{20} = 1,491$. Ein Lichtstrahl, der aus Luft unter $\alpha = 50^\circ$ auf PLEXIGLAS® trifft, wird im PLEXIGLAS® unter

$$\beta = \arcsin \frac{1 \cdot \sin 50^\circ}{1,491}$$

= 30,9°
weiterlaufen.

Tatsächlich ist für Luft $n_L = 1,0003$ zu setzen. Darüber hinaus besteht für PLEXIGLAS® eine Abhängigkeit von der Wellenlänge λ in nm, die im Bereich von etwa 250 bis 1000 nm durch folgende Näherungsformel gekennzeichnet werden kann:

$$n_{\text{PLEXIGLAS}}(\lambda) = 1,476 + (69/\lambda)^2$$

Nicht gültig ist die obige Brechzahl bei PLEXIGLAS® GS Farblos 1001. Durch "vorwärtsstreuende" Lichtbrechung wird hierbei kanteneingestrahktes Licht auf den Plattenoberflächen gleichmäßig leuchtend abgegeben (siehe auch "Lichtleiter").

Black + White-Effekt

PLEXIGLAS® GS Grau 2425 ist eine Sorte, die bei auffallendem Licht nahezu schwarz wirkt, während der - nur sehr wenig von der Wellenlänge abhängige - Transmissionsgrad 12 % beträgt, also eine recht gute Lichtdurchlässigkeit gegeben ist.

Besonders für Lichtwerbeanlagen vor hellem Hintergrund kann man mit Hilfe dieser Sorte eine Steigerung der Auffälligkeit erreichen: Bei Tag (nicht hinterleuchtet) erhält man einen guten Kontrast zum hellen Hintergrund, bei Nacht (hinterleuchtet) erscheint die Schrift hell - in der jeweils gewünschten Lichtfarbe der zum Einsatz kommenden Lampen - vor dem dann dunklen Hintergrund.

PLEXIGLAS® GS Grau 2425 ist lichtstreuend; dahinterliegende, verdeckte, verschiedenfarbige Informationen werden daher bei Durchleuchtung mit unscharfen Kanten wiedergegeben. Für derartige Anwendungsfälle besser geeignet ist eine Vorsatzscheibe aus dem durchsichtigen, ebenfalls farbneutralen PLEXIGLAS® GS Grau 838.

Doppelbrechung

Amorphe Kunststoffe wie PMMA oder PC sind im Normalzustand isotrop.

Das bedeutet, daß ihre Eigenschaften in allen Richtungen gleich sind. Setzt man einen solchen Werkstoff unter mechanische Spannung (= energieelastische Verformung), dann wird er anisotrop. Unter anderem wird die (wellenlängenabhängige) Brechzahl n von der Richtung abhängig, in der ein Lichtstrahl den Werkstoff durchdringt. Die Differenz zwischen der höchsten und niedrigsten anzutreffenden Brechzahl heißt Doppelbrechung Δn . Δn kann positive oder negative Werte annehmen. Bei vielen Anwendungen, z. B. bei optischen Datenträgern wie Compact Disk oder Video-Disk, ist die Doppelbrechung störend und muß durch Auswahl geeigneter Werkstoffe und Herstellungsverfahren unterdrückt bzw. niedrig gehalten werden.

PMMA gehört zu den Materialien mit niedriger, PC zu den mit hoher Doppelbrechung nach Verformung.

Da die Doppelbrechung einfach und meist zerstörungsfrei zu messen ist, wird sie bei Kenntnis entsprechender Zusammenhänge häufig als Indikator für die Anisotropie anderer, z. B. mechanischer Eigenschaften ("Spannungsoptik") benutzt.

Dunkelkammerbeleuchtung

Manchmal sollen fotografische Prozesse in Räumen ablaufen, die durch geeignete Filterscheiben hindurch mit Tageslicht beleuchtet werden. Die Auswahl der dafür geeigneten PLEXIGLAS® Sorten kann unter Benutzung Darstellungen der spektralen Transmissionsgrade erfolgen, wenn die spektrale Empfindlichkeit des zum Einsatz kommenden Materials bekannt ist.

Als Verglasungsmaterialien für Dunkelräume zur Leiterplattenproduktion haben sich PLEXIGLAS® GS Orange 478 und PLEXIGLAS® GS Rot 501 bewährt. Für orthochromatische Filme können PLEXIGLAS® GS Rot 501 und PLEXIGLAS® GS Rot 502 - gegebenenfalls doppellagig - als Verglasungsmaterial in Frage kommen.

Wegen der vielfältigen und Änderungen unterliegenden spektralen Empfindlichkeit der Fotomaterialien ist uns

keine weitergehende Aussage möglich. Eigene orientierende Versuche werden dringend empfohlen.

Entkeimungsstrahler

Um Operationsbestecke, andere medizinische Geräte, Laboratorien usw. keimfrei zu machen, werden häufig Bestrahlungsanlagen mit sogenannten Entkeimungsstrahlern installiert. Durch deren Abgabe sehr kurzweiliger und damit energiereicher Ultraviolettstrahlung (Wellenlänge 254 nm) werden zeitabhängig praktisch alle organischen Substanzen, aber auch alle Kunststoffe irreparabel geschädigt oder gar zerstört. Anfangs kommt es infolge Depolymerisation, d.h. Aufbrechens der Makromoleküle, zu einer Vergilbung an der Oberfläche, später zu einem Auseinanderbrechen (Rissbildung).

Unter dem Einfluss von Entkeimungsstrahlern wird die Einsatzzeit von PLEXIGLAS® deutlich verkürzt- von einer längerzeitigen Verwendungsdauer ist daher wie bei den meisten Kunststoffen dringend abzuraten.

Strahlungsfilter

Filter dienen dazu, den Strahlungsdurchgang in bestimmten Wellenlängenbereichen zu reduzieren. In aller Regel soll dabei keine Streuung erfolgen, sondern ein hoher Grad gerichteter Durchlässigkeit in den anderen Wellenlängenbereichen erhalten bleiben.

Farbfilter aus transparent eingefärbten PLEXIGLAS® Sorten weisen die in den Abbildungen in Kapitel 3 dargestellten spektralen Transmissionsgrade auf und absorbieren die - je nach Anwendungsfall verschiedenen - unerwünschten Anteile der auftreffenden Strahlung. Da auftreffende Strahlung nur absorbiert, reflektiert oder transmittiert werden kann ($\alpha + \rho + \tau = 100\%$) und der Reflexionsgrad ρ aller transparenten PLEXIGLAS® Sorten nahezu wellenlängenunabhängig zwischen 4 und 8 % beträgt, kann aus den genannten Abbildungen der jeweilige spektrale Absorptionsgrad $\alpha(\lambda)$ recht genau ermittelt werden:

$$\alpha(\lambda) = 100\% - (4 \dots 8\%) - \tau(\lambda).$$

Die zur Einfärbung von PLEXIGLAS® zur Verfügung stehenden Farbstoffe erlauben keine Herstellung schmalbandiger Filter. Dagegen sind Kantenfilter aus PLEXIGLAS®, die verschieden große Anteile kurzweiliger Strahlung "abschneiden", d.h. absorbieren, sehr verbreitet.

PLEXIGLAS® GS absorbiert unterhalb folgender Wellenlängen:

Farblos 231:	370 nm
Gelb 303:	490 nm
Orange 478:	515 nm
Rot 501:	585 nm
Rot 502:	595 nm

PLEXIGLAS® GS Grau 838 transmittiert etwa 21 % der im sichtbaren Spektralbereich auftreffenden Strahlung und wird daher oft als Neutralfilter eingesetzt.

Die transparenten, mit Umbra oder Grau bezeichneten PLEXIGLAS® Sorten werden sehr häufig als Sonnenschutzfilter eingesetzt. Sie absorbieren die ultraviolette Strahlung und schwächen die sichtbare Strahlung so gleichmäßig, daß sich beim Durchblick kaum Farbveränderungen ergeben.

Filterscheiben für Leuchtdioden (LED)

Zur Kontrasterhöhung zwischen LED und Umgebung sind durchsichtigen Einfärbungen nach dieser Tabelle geeignet:

Leuchtdiode	λ_{\max}	PLEXIGLAS® GS	τ bei λ_{\max}
gelb	577	(Gelb 301)	35%
amber	590	(Gelb 301)	37%
orange	600	(Orange 401)	85%
rot Standard	650	Rot 502	70%
rot High Brightness	625	Rot 501	82%

Fluoreszenz

Fluoreszierende, durchsichtige Platten aus PLEXIGLAS® GS Orange 2465, Rot 2466 und Grün 2498 und besonders die durchscheinenden Platten PLEXIGLAS® GS Orange 2723 und Rot 2713 wirken bei Bestrahlung so, als wenn das gesamte Volumen ein Selbstleuchter wäre.

Da die fluoreszierenden Farbstoffe gleichmäßig im PLEXIGLAS® verteilt sind, wird auch eine räumlich gleichmäßig verteilte Fluoreszenz im PLEXIGLAS® angeregt. Ausgehend von den vielen "Fluoreszenzzentren" gelangt die Strahlung auf die Grenzfläche zwischen PLEXIGLAS® und Luft. Ist der Auftreffwinkel $> 42,1^\circ$, wird die Strahlung total reflektiert, bis sie an eine Kante oder Gravur austreten kann, was bei den durchsichtigen Sorten deutlich sichtbar ist. Deswegen leuchten eingravierte Schriften, Kanten usw. aber auch Kratzer extrem stark auf, während die Fläche nahezu farblos wirkt. Nur der innerhalb eines Auftreffwinkels von $< 42,1^\circ$ liegende Strahlungsteil kann sofort und infolge der Brechung an der Grenzfläche stark gestreut das fluoreszierende PLEXIGLAS® verlassen. Zur Anregung sollte eine Schwarzlichtlampe verwendet werden. Deren Maximum der spektralen Strahlungsverteilung liegt bei 360 nm. Allgemein können hohe Bestrahlungsstärken, vor allem im kurzwelligen Spektralbereich unterhalb 320 nm, und extreme Witterungseinflüsse die Fluoreszenz im Laufe der Zeit verringern. Dies, weil Stoffe, die sich zur Fluoreszenz anregen lassen, oft einen relativ leicht irreparabel zu schädigenden Molekülaufbau haben. Die oben genannten PLEXIGLAS® GS Sorten zeichnen sich allerdings durch einen bisher unbekanntem Widerstand gegen diese negativen Einflüsse aus.

Beispiele für Schwarzlichtlampen:

- Leuchtstofflampen
 - Osram: L ... W/73
 - Philips: TL ... W/08
- Quecksilberdampfhochdrucklampen
 - Osram: HQV 125 W
 - Philips: HPW 125 W
- Mischlichtlampe
 - Philips: MLW 160 W

Infrarot-Durchlässigkeit

Nach DIN 5031 , Teil 7, wird der infrarote Spektralbereich aufgeteilt in

- IR-A: 780 nm bis unter 1,4 μm ,
- IR-B: 1,4 μm bis unter 3,0 μm ,
- IR-C: 3,0 μm bis 1 mm.

Eine Durchlässigkeit im IR-C-Bereich ist bei farblosen Sorten aus PLEXIGLAS® praktisch nicht vorhanden. Die Durchlässigkeit im IR-B-Bereich ist durch den Einfluß stark ausgeprägter Absorptionsbanden gekennzeichnet. Relativ groß ist die Durchlässigkeit im IR-A-Bereich.

Die Abbildungen zeigen auch, daß der Verlauf der spektralen Transmissionsgrade naturgemäß sehr stark von der Materialdicke abhängt.

Viele lösliche Farbstoffe, die zur Einfärbung von PLEXIGLAS® verwendet werden, verringern die spektralen Transmissionsgrade im infraroten Bereich - im Vergleich mit farblosem Material - nicht sehr stark. Dagegen bringt die Einfärbung mit Pigmenten meist eine gleichmäßige Verringerung des spektralen Transmissionsgrades auch im infraroten Bereich mit sich. Wegen des ähnlichen Verlaufs der spektralen Transmissionsgrade der eingefärbten PLEXIGLAS® Sorten im infraroten Bereich wird hier auf die umfassende Darstellung verzichtet.

Bei Anwendungen, bei denen es auf gute Lichtundurchlässigkeit bei guter IR-Durchlässigkeit ankommt, kann PLEXIGLAS® GS Schwarz 2193 (Sondersorte) eingesetzt werden. Oft genügt die Standardsorte PLEXIGLAS® GS Rot 502. Für Spritzgussteile zum gleichen Zweck kann die Formmasse PLEXIGLAS® FM Schwarz 90112 Verwendung finden.

IR-Erwärmung von Thermoplasten

Für das linienförmige oder flächige Erwärmen von Kunststoffplatten zwecks Umformung o.ä. werden häufig

Infrarotstrahler als Wärmequelle benutzt. Grundsätzlich unterscheidet man nach der Lage der Maxima ihrer spektralen Strahlungsverteilungen zwischen drei verschiedenen Strahlerarten:

- Langwellige (Keramik-, Dunkel-)Strahler: $\lambda_{\max} \approx 3,5 \dots 6,0 \mu\text{m}$
Mittelwellige (Quarzglas-, Quarzglas-)Strahler: $\lambda_{\max} \approx 2,2 \dots 2,7 \mu\text{m}$
Kurzwellige (Heizlampen, Hell-)Strahler: $\lambda_{\max} \approx 0,9 \dots 1,6 \mu\text{m}$

Die Verteilungskurven, schneiden sich nicht, sondern überlagern sich, d. h. die Maxima liegen für kurzwellige Strahler etwa um den Faktor 30 über denen für mittelwellige Strahler und für diese wiederum um den gleichen Faktor höher als für langwellige Strahler. Ähnlich sind die Unterschiede der erreichbaren Strahlungsdichten und - gleiche Abstände zwischen Strahler und bestrahlter Fläche vorausgesetzt - der erreichbaren Bestrahlungsstärken auf der bestrahlten Fläche.

Typische relative, d. h. auf das jeweilige Maximum bezogene, spektrale Strahlungsverteilungen dieser Strahler zeigt eine Abbildung.

Je höher die Strahlertemperatur, zu desto kürzeren Wellenlängen verschiebt sich das Strahlungsmaxima, und um so größer ist die Bestrahlungsstärke.

Um zulässige Plattentemperaturen nicht zu überschreiten, müssen die kurzwelligen Strahler u. U. größere Abstände voneinander haben, was aber zu ungleichmäßiger Erwärmung führen kann. Umgekehrt ist die geringe Leistung der langwelligen Strahler die Ursache für längere Erwärmungszeiten, allerdings auch für eine gleichmäßigere Bestrahlungsstärke.

Die Abbildung zeigt auch, wo farbloses PLEXIGLAS® besonders stark transmittiert bzw. absorbiert. Man erkennt, daß ein großer Anteil der Strahlung kurzwelliger Strahler vom Material durchgelassen wird, daß dieser Anteil bei mittelwelligen Strahlern deutlich geringer ist und bei langwelligen Strahlern fast völlig fehlt.

Bei letzteren wird die Strahlung also bereits an der PLEXIGLAS® Oberfläche völlig absorbiert und kann nur infolge Wärmeleitung langsam in das Materialinnere gelangen. Dies erschwert oder verhindert das ausreichend gleichmäßige Erwärmen dickeren Materials.

Beim Einsatz kurzwelliger Strahler besteht infolge deren hoher Bestrahlungsstärken einerseits die Gefahr der Materialüberhitzung und andererseits - besonders bei farblosen Platten - einer ungenügenden Absorption der Energie. Sollen dennoch Vorteile kurzwelliger IR-Strahler, wie kürzere Erwärmungsdauer, verminderte Anfahr- und Abkühlperioden usw. genutzt werden, kann - besonders in der Serienwarmformung von eingefärbten Platten - die Lösung im Einsatz spezieller kurzwelliger sogenannter "Flash-Strahler" liegen. Mit diesen, in der Regel pulsierend betriebenen Strahlern wird eine Optimierung der oben beschriebenen Eigenheiten kurzwelliger IR-Strahler erreicht. Ein in vielen allgemeinen Fällen zweckmäßiger Kompromiss ist, mittelwellige Strahler zur Erwärmung von PLEXIGLAS® einzusetzen. Die Strahlung dringt - bei Einfärbungen und auch bei farblosem Material - ausreichend gut direkt in das Materialinnere ein und sorgt für gleichmäßige und genügend schnelle Erwärmung. Eine dichte Verteilung der Strahler über der Plattenfläche verursacht dabei noch keine lokale Überhitzung.

Die notwendige Erwärmungszeit von PLEXIGLAS® mit IR-Strahlern ist abhängig von der Materialdicke, der Einfärbung, den Betriebsbedingungen der Strahler, dem Abstand der Strahler zur Oberfläche und untereinander usw. und muß individuell ermittelt werden (siehe auch Verarbeitungsrichtlinien "Umformen").

IR-Filter

Fernsteueranlagen, Lichtschranken u.ä. verwenden häufig als Sender und Empfänger Halbleiter, die im IR-A-Bereich arbeiten (siehe auch "Infrarot-Durchlässigkeit"). Um die Funktion dieser Bauteile nicht zu beeinträchtigen, müssen Gehäuseteile und Fenster, hinter denen diese angeordnet sind, für IR-A-Strahlung durchlässig sein. Als Werkstoff hierfür bietet sich die Sondersorte PLEXIGLAS® GS Schwarz 2193 und die Standardsorte GS Rot 502 an. Für Gehäuse oder Teile, die zweckmäßigerweise im Spritzgußverfahren hergestellt werden, steht unsere Formmasse PLEXIGLAS® FM Schwarz 90112 zur Verfügung. Daß diese Sorten hoch durchlässig für IR-A-Strahlung sind, zeigt eine Abbildung.

Kontrasterhöhung

Auf Bildschirmen, Oszillographenröhren, Ziffernanzeigeröhren, Leuchtdioden und anderen Anzeigeeinheiten bewirkt das von außen auffallende, reflektierte Licht eine Kontrastverminderung. Sind die Leuchtdichten der Anzeige L_a und des Umfeldes L_b (wobei $L_a > L_b$), so ist deren Verhältnis zueinander

L_a / L_b .

Wird nun Anzeige und Umfeld zusätzlich durch die Reflexion auffallenden Lichts eine Leuchtdichte L_c überlagert, so wird der Kontrast verringert zu

$$\frac{L_a + L_c}{L_b + L_c} < \frac{L_a}{L_b}$$

Wird vor die Anzeigeeinheit eine durchsichtige Filterscheibe mit dem Transmissionsgrad τ gebracht, so wird das aus dem Raum auffallende Licht um τ geschwächt, bevor es auf der Anzeigeeinheit auftrifft. Nach der Reflexion auf deren Oberfläche (erneute Reduzierung um deren Reflexionsgrad ρ) muß die Vorsatzscheibe nach einmal passiert werden. Dabei ergibt sich eine zweite Schwächung um τ . Dagegen werden die Leuchtdichten von Anzeige und Umfeld lediglich einmal um τ geschwächt.

Für mehrfarbige Anzeigen (z.B. Farbbildschirme) ist der Einsatz einer neutral-grauen Vorsatzscheibe zu empfehlen. Oft wird für diesen Zweck PLEXIGLAS® GS Grau 838 verwendet, dessen Transmissionsgrad $\tau = 21\%$ beträgt. Das Licht der Anzeigeeinheit wird dabei also um den Faktor ca. 0,2 geschwächt, das aus dem Raum auftreffende Störlicht aber mindestens um den Faktor $0,2 \cdot 0,2 = 0,04!$

Bei einfarbigen Anzeigen ist die Verwendung durchsichtiger, möglichst ähnlich eingefärbter Vorsatzscheiben zweckmäßig, also z.B. bei roten Anzeigen einer Scheibe aus PLEXIGLAS® GS Rot 501 (siehe auch "Filterscheiben für Leuchtdioden").

Laserbearbeitung

Die Erwärmung durch Laserstrahlen kann gezielt zur Bearbeitung, z. B. zum Materialabtragen, zum Trennen usw. ausgenutzt werden.

Ein CO₂-Laser sendet IR-Strahlung der Wellenlänge 10,6 µm aus. Diese wird von PLEXIGLAS® absorbiert und in Wärme umgesetzt. Bei hoher Energiedichte und anderen, aufeinander abgestimmten Bearbeitungsbedingungen sind glänzende Schnittflächen zu erzielen. Die Schnittflächen größerer Plattendicken sind durch die Fokussierung der Laserstrahlen immer leicht schräg. Weiteres hierzu ist unseren Verarbeitungsrichtlinien "Spanende Bearbeitung" zu entnehmen.

Laser-Schutzverglasung

Die hohe Energiedichte von Laserstrahlen führt bei Auftreffen auf absorbierende Stoffe zu lokaler Erwärmung bis hin zur Zerstörung durch thermische Spannungen und Zersetzung. Daher müssen empfindliche Gegenstände und vor allem Personen, die sich im Bereich von Laserstrahlen befinden, vor deren schädlicher Einwirkung (aber auch vor den mittelbaren Gefahren aus Laser-Anwendungen) geschützt werden. Das gegenüber Laserstrahlen empfindlichste Organ des Menschen ist das Auge. Deshalb, und weil Experimente und andere Anwendungen häufig beobachtet werden müssen, ist die am weitesten verbreitete Schutzmaßnahme der Gebrauch von Laser-Schutzfiltern in Form von Brillengläsern oder Scheiben für Sichtfenster. An diese Schutzfilter müssen hohe Anforderungen gestellt werden, die von einfachen Kunststoff-Scheiben nicht zu erfüllen sind. Diese Anforderungen sowie Maßnahmen, die ihre Erfüllung gewährleisten (Güteüberwachung) sind in berufsgenossenschaftlichen Unfallverhütungsvorschriften (z. B. VBG 93) und Normen (z. B. DIN VDE 0837) festgelegt.

Laser-Schutzfilter sind auf einzelne Lasertypen zugeschnitten und entsprechend gekennzeichnet. Sie müssen bei geringstmöglicher allgemeiner Sichtbeeinträchtigung unter anderem die Laserstrahlung auf ein ungefährliches Maß dämpfen, gegen diese beständig sein und Schutz vor mechanischen und thermischen Einwirkungen bieten. In der Regel bestehen solche Filter aus splitterfreien Mineralglas-Verbunden, die mit selektiv reflektierenden dünnen Schichten versehen sind.

Geringe Anforderungen können an Werkstoffe für (großflächige) Abschirmung von Laser-Bereichen gestellt werden, wenn eine direkte Bestrahlung durch den Laser zuverlässig ausgeschlossen ist. Besondere Aufgaben solcher Abschirmung ist z. B. Dämpfung von Streustrahlung, die von Probekörpern oder Werkstücken ausgeht. Für derartige Anwendungen kann PLEXIGLAS® geeignet sein. Allerdings gibt es derzeit keine Normen und Prüfvorschriften. Wir als Halbzeughersteller können keinesfalls die Verantwortung für die sichere Funktion einer Abschirmung übernehmen, diese liegt vielmehr bei dem Konstrukteur der Anlage und dem Anwender. Zur

Erklärung dafür ein Beispiel: Bei der Bearbeitung mittels Laser schmilzt ein Werkstück an und bildet eine glatte, glänzende Oberfläche. Daran wird der energiereiche Laserstrahl spiegelnd reflektiert. Beim Auftreffen auf für Streustrahlung ausgelegte Kunststoff-Abschirmung dämpft diese nicht ausreichend oder schmilzt sofort durch.

Lichtabschwächungslänge

Unter Lichtabschwächungslänge versteht man diejenige Strecke in einem transparenten Material, nach deren Durchlaufen der eingedrungene (spektrale) Strahlungsfluß auf 36,8 % (= 1/e) abgenommen hat. Sie läßt sich aus dem (spektralen) Transmissionsgrad berechnen und liegt im sichtbaren Spektralbereich für farblose PLEXIGLAS® Sorten bei wenigstens 5 m.

Lichtleiter

Insbesondere farblose PLEXIGLAS® Halbzeuge eignen sich wegen ihrer großen Transparenz und ihrer vernachlässigbar kleinen Absorption zur Lichtleitung. Ein in ein farbloses PLEXIGLAS® Teil eingedrungener Lichtstrahl wird - ohne nennenswert geschwächt zu werden - an den Grenzflächen zur Luft total reflektiert, solange dort der gegen die Normale gemessene Einfallswinkel

$$\beta > 42,1^\circ$$

ist. Dieser Grenzwinkel der Totalreflexion ergibt sich aus dem Brechungsgesetz und der Brechzahl $n = 1,491$ für den größtmöglichen Winkel von 90° , unter dem der Strahl wieder in Luft austreten könnte:

$$\beta > \arcsin(\sin 90^\circ / 1,491).$$

Der Strahl tritt stirnseitig in den Lichtleiter ein (Winkel α in der Abbildung). Trifft er auf die zueinander parallelen Grenzflächen von PLEXIGLAS® und Luft, dann wird er dort wiederholt total reflektiert und kann den PLEXIGLAS® Lichtleiter erst da wieder verlassen, wo $\beta \leq 42,1^\circ$ wird. Das kann an störenden Imperfektionen (Kratzer, Riefen, Schmutzablagerungen) sein. Das wird aber vor allem an gewollten Stellen, an Gravuren, Schnittkanten, Bohrlöchern, beschriebenen, bedruckten oder lackierten Flächen der Fall sein.

Gestaltet man die Lichteintrittsfläche in Form einer Sammellinse, werden die Strahlen im Innern des PLEXIGLAS® Lichtleiters recht parallel zu dessen Oberfläche(n) verlaufen. Zweckmäßig ist es, den Radius der "Linse" etwa halb so groß zu machen als den Abstand zur Lichtquelle.

Soll Licht um die Ecke" geleitet werden, so muß der Krümmungsradius R des Lichtleiters mindestens dreimal so groß sein als sein Durchmesser oder seine Dicke d. Eine Abbildung zeigt, daß bei kleinen Krümmungsradien recht große Lichtverluste entstehen.

Bei PLEXIGLAS® GS Farblos 1001 wird durch die eingebetteten, farblosen, aber unterschiedlich zum herkömmlichen farblosen PMMA lichtbrechenden Partikel eine sog. Vorwärtsstreuung" erreicht. Daher tritt in die Plattenkante(n) eingestrahlt Licht unter kleinen Winkeln auf beiden gesamten Plattenoberflächen wieder aus. Werden vor diesen lichtstreuende Platten, Folien, Informationsträger usw. angeordnet, sind großflächige, energiesparende, aber extrem flache Leuchtschilder möglich. Aufgrund dieser Bauweise, der Energieeinsparung, der Vielfalt neuer, kreativer Gestaltungsmöglichkeiten usw. ergeben sich mit PLEXIGLAS® GS Farblos 1001 Vorteile gegenüber der konventionellen Kastenbauweise.

Lichtstreuverhalten

Die Leuchtdichte einer von hinten senkrecht beleuchteten Fläche bestimmt den Helligkeitseindruck. Die größte Leuchtdichte herrscht in Richtung der Flächennormalen, also bei senkrechter Beobachtung. Je schräger die Beobachtungsrichtung wird, desto dunkler wirkt die Fläche.

Diese Winkelabhängigkeit ist materialabhängig unterschiedlich stark ausgeprägt. Bei stark streuenden Proben wird das Lichtstreuverhalten oft durch das Streuvermögen σ charakterisiert. Es ist in DIN 5036 definiert als das Verhältnis von Leuchtdichten L unter den als Index angegebenen Winkeln:

$$\sigma = \frac{L_{20^\circ} + L_{70^\circ}}{2 \cdot L_{5^\circ}}$$

$\sigma = 1$ kennzeichnet ein ideal streuendes Material, $\sigma = 0$ bedeutet klare Durchsicht". Die Angabe von σ ist nur für Werte oberhalb 0,4 sinnvoll. Für weniger streuende Proben wird - ebenfalls noch DIN 5036 - der Halbwertswinkel γ angegeben. Es ist derjenige Winkel zur Normalen, unter dem die Leuchtdichte auf die Hälfte des Wertes bei senkrechter Beobachtung abgenommen hat.

$$L_{\gamma} = L_{0^{\circ}} / 2$$

In jedem Fall wird eine senkrechte Beleuchtung auf der augenabgewandten Oberfläche der Probe vorausgesetzt. Eine noch aussagekräftigere Kennzeichnung ist die Darstellung der Winkelabhängigkeit des Leuchtdichtekoeffizienten $I(\varepsilon_2)$. Er ist das Verhältnis der Leuchtdichte L unter dem Winkel ε_2 zur Flächennormalen zur Beleuchtungsstärke E auf der beleuchteten Seite:

$$I(\varepsilon_2) = \frac{L(\varepsilon_2)}{E} \frac{\text{cd/m}^2}{\text{lx}}$$

Recken bzw. Verstrecken der Platten, wie es z. B. beim Warmformen bzw. Tiefziehen üblich ist, verringert zwangsläufig die Dicke und erhöht damit den Leuchtdichtekoeffizienten. In aller Regel ist damit eine Verringerung der Sättigung der Farbe verbunden. Allerdings gibt es einige Ausnahmen, z. B. bei PLEXIGLAS® GS Weiß 059 (Sondersorte). Hier bleibt der visuelle Eindruck in weiten Bereichen unabhängig vom Reckungsgrad.

Eine Abbildung zeigt die Winkelabhängigkeit des Leuchtdichtekoeffizienten von PLEXIGLAS® XT Weiß 05070 für verschiedene Reckungsgrade bei 3 mm Ausgangsdicke. Man erkennt gut die Zunahme der gerichteten Transmission mit dem Reckungsgrad.

Entsprechende Kurven $L(\varepsilon_2)$ für strukturierte Platten aus durchsichtigen PLEXIGLAS® Einfärbungen können schon bei Winkeln von etwa 20° enden.

Bei der Konstruktion von kastenförmigen Lichtwerbeanlagen kommt es meist auf möglichst geringe Bautiefen an. Diese setzen ein hohes Streuvermögen voraus; anzustreben sind Werte $\sigma > 0,85$. Optimal für diese Anwendung ist PLEXIGLAS® GS Weiß 072.

Radar und Rundfunk

PLEXIGLAS® ist durchlässig für elektromagnetische Strahlung in Wellenlängenbereichen, in denen Radar-, Fernseh- und Hörfunkanlagen arbeiten.

Deshalb wird dieses Halbzeug auch für Radar-Dome, Antennenschutzverkleidungen usw. - besonders, wenn diese durchsichtig sein sollen - verwendet.

RAL-Farbbregister

Der RAL ist als Ausschuß für Lieferbedingungen und Gütesicherung beim DIN" das zentrale Organ der deutschen Wirtschaft für den Güteschutz. Das von ihm herausgegebene RAL Farbbregister ist nicht auf wissenschaftlicher Farbsystematik aufgebaut. Es ist vielmehr eine aus der Praxis entstandene Sammlung und Darstellung derjenigen Farben, die von großen Bedarfsträgern (Bahn, Post, Feuerwehr usw.) für den Anstrich von Fahrzeugen, Maschinen usw. vorwiegend angewendet werden und für die daher zuverlässig gleichbleibende Farbmuster notwendig sind.

Die Registerkarten mit den Original-RAL-Farbmustern sind eine Arbeitsgrundlage für die Praktiker der Lack- und Farbenbranche, also für Anwendungen von und auf licht u n durchlässigen Materialien. Es ist zweckmäßig, sich auch bei Neuanwendungen für schon festgelegte RAL-Farben zu entscheiden, Das Register verwendet zur Kennzeichnung vierstellige Zahlen. Dabei gilt die Zuordnung:

Farbreihe	RAL- Nr.
Gelb	1...
Orange	2...
Rot	3...
Lila, Violett	4...

Blau	5...
Grün	6...
Grau	7...
Braun	8...
Weiß, Aluminium, Schwarz	9...

In der Regel soll eine lichtundurchlässige Vorlage wie ein RAL-Farbmuster durch eine ebenfalls lichtundurchlässige PLEXIGLAS® Sorte so nachgestellt werden, daß sich für eine vorherrschende Lichtart der gleiche Farbeindruck ergibt. Die farbliche Übereinstimmung bei allen Lichtarten (Metameriefreiheit) wäre nur dann erreichbar, wenn die Zusammensetzung von Muster und Nachstellung und damit auch die spektralen Reflexionsgrade im sichtbaren Wellenlängenbereich identisch wären. Der Aufwand hierfür ist groß und selten zu rechtfertigen.

Die Nachstellung eines RAL-Musters (oder eines anderen opaken, d.h. lichtundurchlässigen Musters) durch eine lichtdurchlässige PLEXIGLAS® Sorte ist für dieselbe beleuchtende Lichtart (Auflicht) nur mit Einschränkungen möglich. Metameriefreiheit ist hier kaum zu erreichen. Es ist nicht zu erwarten, daß die Nachstellung zusätzlich in Durchlicht die Farbe des Musters zeigt. In aller Regel sind die "Durchlicht-Farben" gesättigter als die entsprechenden "Auflicht-Farben", so daß lediglich die Nachstellung des ähnlichsten Farbtons erfolgen kann. Die Frage nach einer entsprechenden PLEXIGLAS® Einfärbung läßt sich deshalb nur dann sinnvoll beantworten, wenn Anwendung (Auflicht und/oder Durchlicht) und Lichtart vorgegeben werden.

Raumerwärmung durch Verglasung

Von der auf eine Verglasung senkrecht auftreffenden natürlichen Sonnen- und Himmelsstrahlung (sog. Globalstrahlung) wird der dem Zahlenwert des Gesamtenergiedurchlaßgrades g entsprechende Anteil in den verglasten Raum hineingelassen, und zwar direkt sowie als langweilige Sekundärstrahlung der erwärmten Verglasung. Bei schrägem Strahlungseinfall ist dieser Anteil kleiner. Nur ein kleiner Teil der eingedrungenen Strahlung gelangt nach Reflexion wieder durch die Verglasung zurück ins Freie. Der größte Teil wird von den Gegenständen im Raum absorbiert und im langweiligen Infrarotbereich wieder abgestrahlt.

PLEXIGLAS® ist wie alle Kunststoffe für diese langweilige Infrarotstrahlung nahezu völlig undurchlässig, so daß eine Wärmeabgabe ins Freie nur durch die (geringe!) Wärmeleitung und -strahlung der Verglasung möglich ist. Mit zeitlicher Verzögerung ergibt sich aus diesen Vorgängen schließlich eine Erwärmung der Raumluft, der sogenannte "Treibhauseffekt".

Eine Faustregel besagt, daß in Mittel-Europa höchstens 20% der Fläche eines Daches mit -lichtstreuenden Lichtkuppeln oder Lichtbändern verglast werden dürfen, wenn man ohne zusätzliche Vorrichtungen zur Luftkühlung auskommen will. Wegen der geringen spezifischen Wärme der Luft wäre sonst eine reine Konvektionslüftung bzw. -kühlung unmöglich, d. h. bei größerem Flächenanteil von Tageslicht Öffnungen im Dach wird eine aufwendige Zwangsklimatisierung des Raumes notwendig.

Unter der Bezeichnung HEATSTOP hat Röhm Platten mit einer IR-reflektierenden, dauerhaften Oberflächen-Beschichtung entwickelt, die als durchscheinende Dachverglasungen Tageslicht durchlassen, jedoch die auftreffende Sonnenenergie weitgehend reflektieren. Dadurch vermindert sich die Raumaufheizung durch Sonneneinstrahlung mit Massivplatten PLEXIGLAS HEATSTOP® XT um ca. 50 % und mit hochwärmedämmenden Stegvierfachplatten PLEXIGLAS HEATSTOP® S4P 32 um bis zu 60 % gegenüber vergleichbarer konventioneller Verglasung.

Sicherheitsfarben

Sicherheitsfarben nach internationaler Norm ISO R 408 für unbeleuchtete Hinweisschilder sind in folgende Bereiche eingeteilt:

- gelb: für allgemeine Gefahrenhinweise, Achtungszeichen, Schwenk- und Fahrbereiche von Maschinen,
- rot: für Stop-Schilder, Notausgänge, Feuermelder, Löscheinrichtungen;
- grün für Notausgänge und Erste Hilfe-,
- blau: für Informationen, Wegweiser und wichtige Maschinen.

Folgende PLEXIGLAS® GS-Einfärbungen erfüllen die Anforderungen nach dieser Norm:
 Gelb 374,
 Rot 568.

Solarien und Bestrahlungsgeräte

Bei Sonnenbänken und Bestrahlungsgeräten ist für die UV-durchlässigen Liegeflächen PLEXIGLAS® GS Farblos 2458 und für sonstige Abdeckungen PLEXIGLAS® XT Farblos 24770 hervorragend geeignet. Diese Sorten transmittieren die von Speziallampen erzeugte medizinisch oder kosmetisch wirksame Strahlung auch nach langer Einsatzdauer ohne nennenswerte Schwächung.

Die Abbildung zeigt die relativen spektralen Strahlungsverteilungen häufig eingesetzter Leuchtstofflampen sowie den spektralen Transmissionsgrad von PLEXIGLAS® GS 2458.

Die bei UV-bestrahlten Kunststoffen üblicherweise auftretende Vergilbung und Versprödung durch den Abbau der Kettenmoleküle wird bei den PLEXIGLAS® Sorten GS 2458 und XT 24770 durch eine wirkungsvolle Stabilisierung, die auf einer speziellen Herstellrezeptur beruht, vermieden. Dadurch wird entgegen dem üblichen UV-Schutz durch Absorber die vom reinen PMMA her bekannte UV-Durchlässigkeit erhalten.

Signalgläser aus farbigem PLEXIGLAS®

Gemäß DIN 6163 müssen die Farben von Signaleinrichtungen in international vorgeschriebenen Bereichen liegen. In Verbindung mit den hier gebräuchlichen Lampen (je nach Lichtart) erfüllen die in der Tabelle aufgeführten PLEXIGLAS® GS-Sorten diese Vorschriften.

Bei Lichtwerbeanlagen können bestimmte Kombinationen farbiger Leuchtstoffröhren mit PLEXIGLAS® Einfärbungen zu Verwechslungen mit Verkehrssignalen führen. Im Sichtbereich von Signalanlagen dürfen deshalb keine Lichtwerbeanlagen gleicher Farben installiert werden.

Signal-Farbbereich nach DIN 6163	PLEXIGLAS® GS Sorte	Transmissionsgrade τ in % für Lichtart			
		A	G	P	Xe
Rot A	501	21	26	31	14
Rot B	501	21	26	31	14
Rot C	502	10	12	7	5
Rot D	501	21	26	31	14
	502	10			5
Gelb A	301	21	11		17
	478	57	60		46
Gelb B	301	21	11		17
	478	57	60		46
Gelb C	301	21	11		17
	478	57	60		46
Grün A	701	17	16	13	
Grün B	701	17	16		
Grün C	701	17	16		
Grün D	701	17	16	13	
Blau A	627	3	1		3
Blau B	627	3	1		3

UV-Durchlässigkeit in Abhängigkeit von der Dicke

Während im sichtbaren Bereich die Absorption bei farblosem PLEXIGLAS® Halbzeug vernachlässigbar klein ist und daher auch bei größeren Materialdicken kaum ins Gewicht fällt, gibt es im UV-Bereich einen nicht zu vernachlässigenden, mit kürzerer Wellenlänge zunehmenden Absorptionsgrad auch bei UV-durchlässigen PLEXIGLAS® Sorten.

Daraus ergibt sich eine Verringerung der spektralen Transmissionsgrade im UV-Bereich besonders bei dicken Platten bzw. Blöcken. Eine Abbildung zeigt z. B. für PLEXIGLAS® GS Farblos 218 den bei einschlägigen

Anwendungen zu beachtenden Sachverhalt.

UV-Schädigung

Es gibt keine fixe, kleinste Wellenlänge, bis zu der keine Schädigung eines organischen Moleküls (Kunststoffe, Textilien, Papier usw.) eintritt. Die Tabelle zeigt verschiedene Verbindungen von Atomen in Molekülen, die bei Raumtemperatur erst der Strahlung oberhalb der angegebenen Wellenlänge widerstehen; bei höheren Temperaturen verschiebt sich die Grenze zu kleineren Werten.

Gleichzeitiges Einwirken von Sauerstoff und/oder Wasser verändern diese Zahlenwerte ebenfalls.

Verbindung	Wellenlänge [nm]
C ≡ N (Nitril)	138
C ≡ C	144
C = O	166
C = C	200
C = S	224
C - C (aromatisch)	233
C - H (Azetylen)	239
C - F	243
O - H	263
C - H (Ethylen)	273
C - H (Methan)	295
Si - O	325
C - O	333
S - H	333
N - H	345
C - C (aliphatisch)	362
C - O (Äther)	366
C - Cl	371
S = S	381
Si - H	386
Si - C	413
C - N (Nitromethan)	426
C - S	438
O - O (Peroxid)	452
N - N (Hydrazin)	782

Die Wellenlängen vom „UV“ - und vom „sichtbaren“ Bereich grenzen direkt aneinander (UV von 100 bis 380 nm, sichtbar von 380 bis 780 nm). Für ein farbloses Material muß die Durchlässigkeit bereits bei 380 nm möglichst voll gegeben sein. Dies bedeutet, daß das Material in den Bereichen von ca. 360 bis 380 nm im UV-Bereich auch noch durchlässig ist. Anders ausgedrückt erfaßt das Auge absolut UV-geschütztes Material immer als farbig, zumindest gelbstichig.

UV-undurchlässiges, farbloses Material bietet somit keinen absoluten Schutz vor Schäden, sondern nur den bei nahezu unveränderter Farbwirkung möglichen Schutz.

Gut geeignet ist die farblose Sondersorte PLEXIGLAS® GS 231 (3 mm). Die Gefährdung von Ausstellungsgegenständen, wie Gemälden, Leder, Elfenbein, Textilien, Drucke, Zeichnungen, Briefmarken usw., kann nach Untersuchungen der TU Berlin hiermit auf den 0,5 bis 0,3 - fachen Wert reduziert werden, aber auch die Gefährdung von Passagieren in Flugzeugen wird vermindert. Bei direkter Auflage auf das zu schützende Objekt kann PLEXIGLAS® XT 21570 AR zum Einsatz kommen.

Absolut undurchlässig bis über 380 nm hinaus ist die Einfärbung PLEXIGLAS® GS Gelb 303.

Wellenlängenschieber

Unter „Wellenlängenschiebern“ versteht man PLEXIGLAS® GS Sondersorten, die die von Szintillatoren abgegebene, relativ kurzwellige Strahlung in längerwellige, grüne oder rote Fluoreszenzstrahlung umwandeln. Dabei kommt es auf möglichst kleine Zeitkonstanten an; mit BBQ als Fluoreszenzfarbstoff ergeben sich Abklingzeiten von ca. 25 ns.

PLEXIGLAS® GS 1919 enthält diesen Farbstoff in einer UV-durchlässigen Matrix, während PLEXIGLAS® GS 2029 Strahlung unterhalb 380 nm absorbiert, die Bewertung von Cerenkov-Strahlung also weitgehend ausschaltet.

Wintergärten

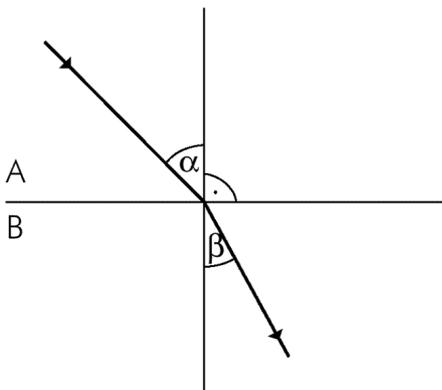
Bei der Verglasung von Wintergärten, Sonnenterrassen, Balkonen usw. wünscht man meist eine UV-durchlässige Verglasung, um Hautbräunung, guten Pflanzenwuchs u.ä. zu ermöglichen.

Für diese Anwendungen eignet sich besonders gut die optimale Durchsicht bietenden Massivplatten aus PLEXIGLAS® XT Farblos 24370, die sich durch eine sowohl hohe UV-Durchlässigkeit als auch eine hohe UV- und Witterungsbeständigkeit auszeichnen. Durch die vergleichsweise geringe IR-Durchlässigkeit und die niedrige Wärmeleitfähigkeit kommt es zu einer verlängerten Nutzungsdauer damit verglaster Wintergärten.

Auch die jeweils farblosen Varianten der nicht-modifizierten Stegplatten PLEXIGLAS® SP sind UV-durchlässig und für den obigen Einsatzzweck hervorragend geeignet. Sie sind wesentlich besser wärmedämmend durch die Querschnittsgeometrie als Stegdoppel-, Stegdreifach- oder sogar Stegvierfachplatte und bieten durch ihre Stege Lichtstreuung und einen gewissen Sichtschutz oder aber fast klare Durchsicht (bei der PLEXIGLAS ALLTOP® SDP 16).

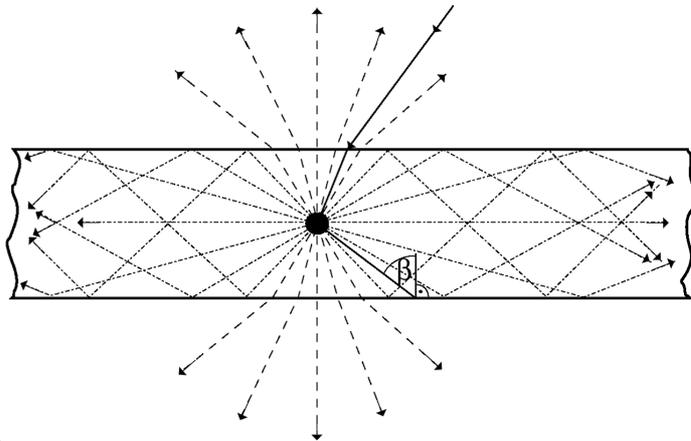
Stellt der Anwender andere Vorteile der Verglasung als die UV-Durchlässigkeit in den Vordergrund, kommen Stegplatten in weiß-durchscheinenden (speziell sonnenhitze-reflektierend: PLEXIGLAS HEATSTOP® SP) oder transparent-farbigen Sorten in Frage oder die schlagzäh modifizierten, robusten PLEXIGLAS RESIST® SDP.

Einfallender und gebrochener Lichtstrahl an einer Grenzfläche Luft / PLEXIGLAS®



A = Luft
B = PLEXIGLAS®

Ausbreitung der in fluoreszierendem PLEXIGLAS® erzeugten Fluoreszenzstrahlung



- A
- B
- C
- D
- E

A = fluoreszierendes PLEXIGLAS®

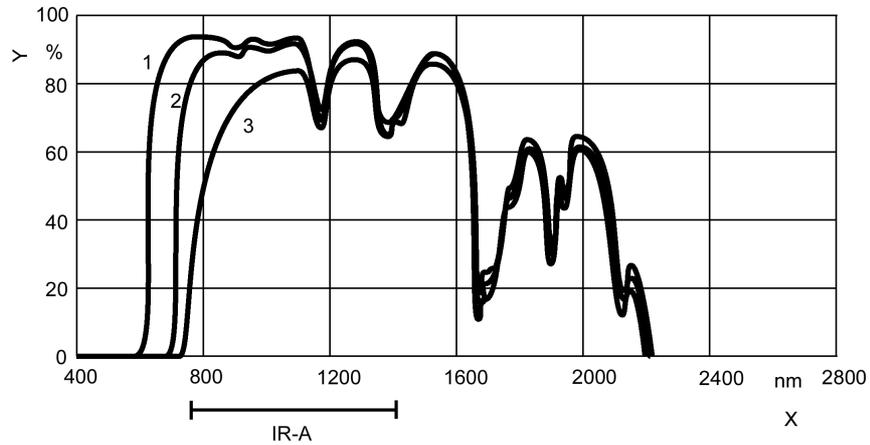
B = fluoreszierender Partikel

C = anregende, kurzwellige Strahlung

D = angeregte Strahlung, kann PLEXIGLAS® verlassen, da $\beta < 42,1^\circ$

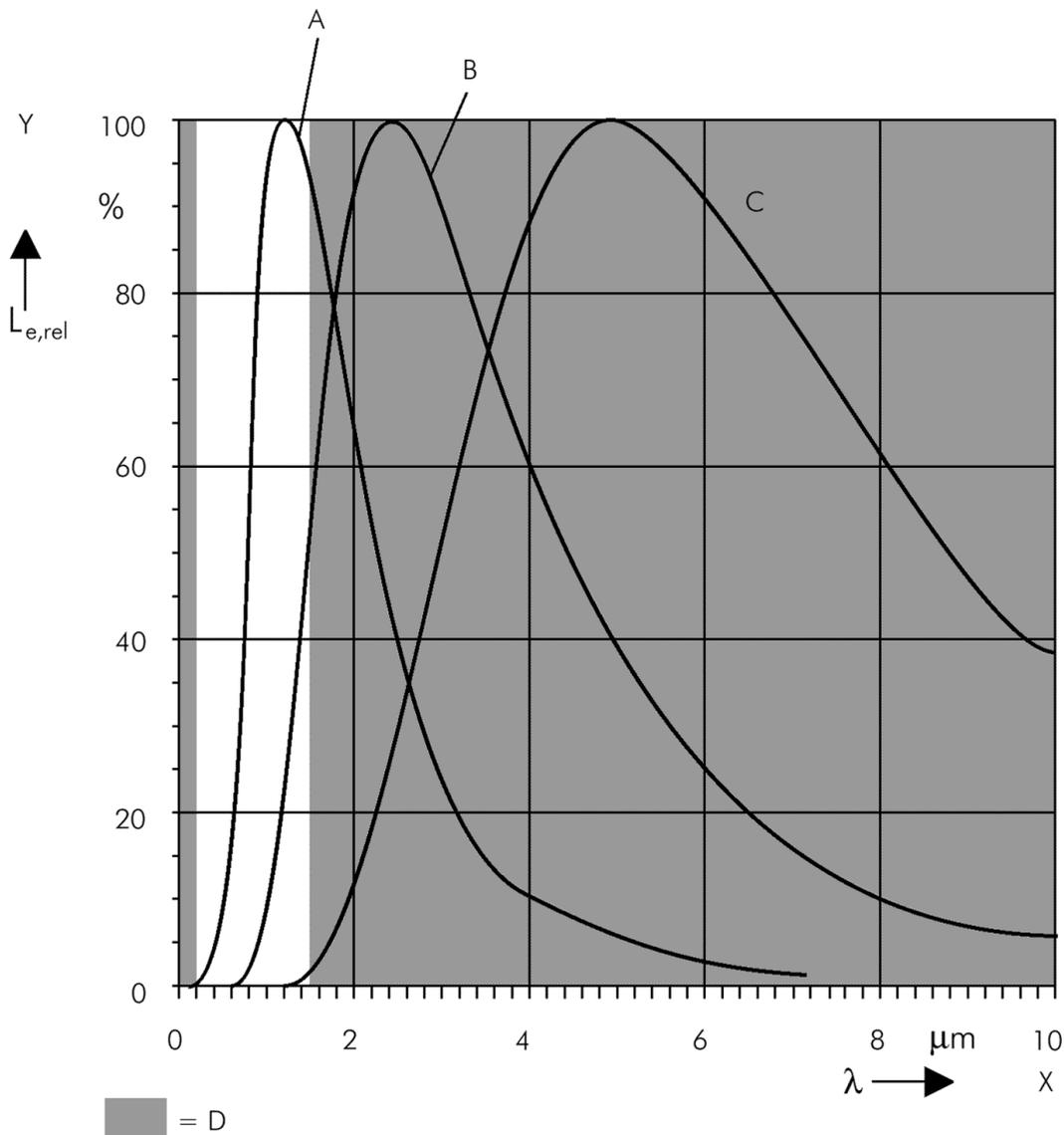
E = angeregte Strahlung, kann PLEXIGLAS® nicht verlassen, da $\beta > 42,1^\circ$: "Totalreflexion"

Spektraler Transmissionsgrad $\tau(\lambda)$ im NIR-Bereich von lichtundurchlässigen PLEXIGLAS® Sorten mit guter IR-Durchlässigkeit



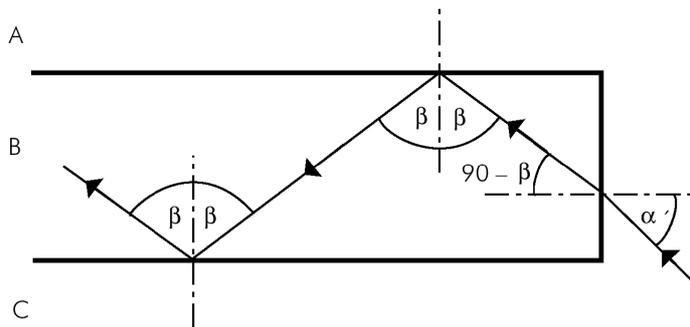
- 1 = PLEXIGLAS® GS Rot 502
 2 = PLEXIGLAS® Formmasse Schwarz 90112
 3 = PLEXIGLAS® GS Schwarz 2193 (Sondersorte)
 X = Wellenlänge λ
 Y = Transmissionsgrad τ
 IR-A = IR-A Bereich

Relative spektrale Strahlungsverteilung verschiedener IR-Strahler



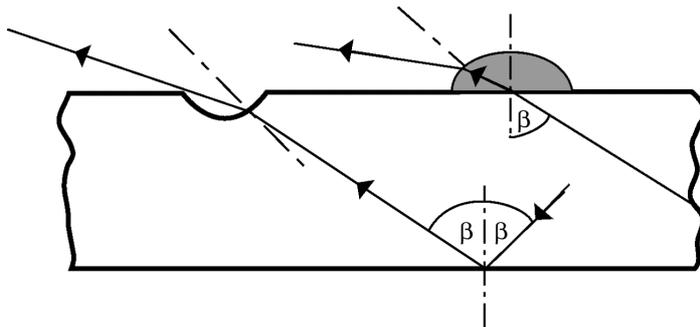
- A = kurzwelliger Strahler, T = 2400 K
- B = mittelwelliger Strahler, T = 1200 K
- C = langwelliger Strahler, T = 600 K
- D = Bereiche starker Absorption bei farblosen PLEXIGLAS® Platten
- X = Wellenlänge
- Y = Spektrale Strahlungsverteilung

Lichtleiter: Totalreflexion

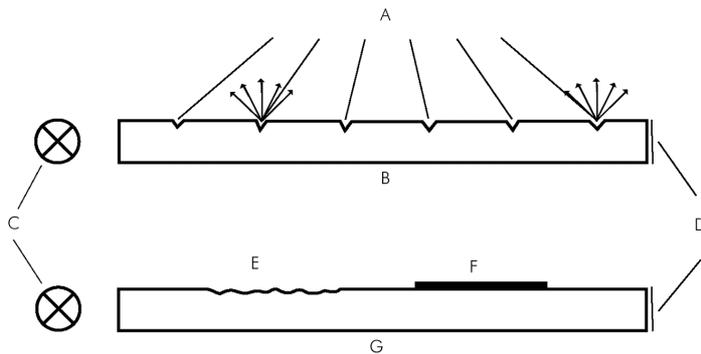


A = Luft
B = PLEXIGLAS®
C = Luft

Lichtleiter: Lichtaustritt infolge Imperfektion

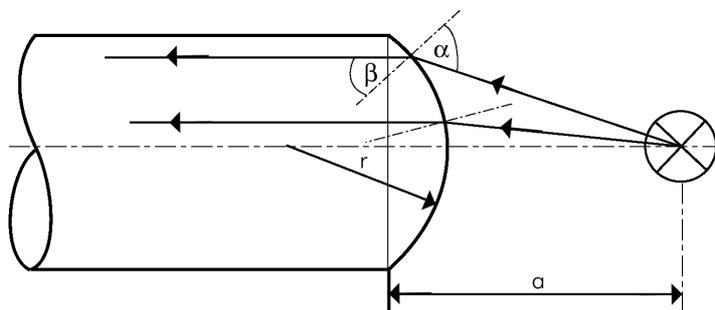


Lichtleiter: Lichtaustritt an bestimmten Stellen einer PLEXIGLAS® Platte

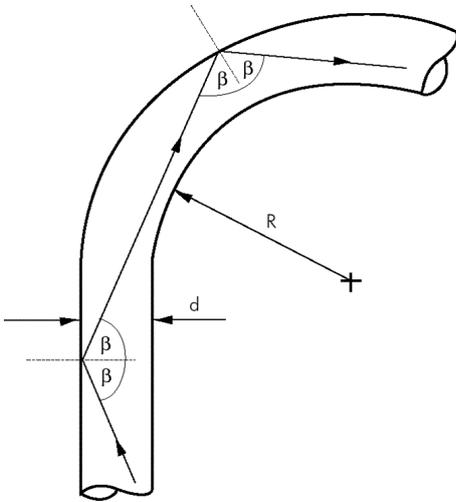


- A = Gravuren mit matter Oberfläche
- B = farblose PLEXIGLAS® Platte
- C = Lampe
- D = reflektierende metallisierte Folie
- E = Mattierung durch Schleifen, Sandstrahlen o. ä.
- F = Farbfolie
- G = farblose PLEXIGLAS® Platte

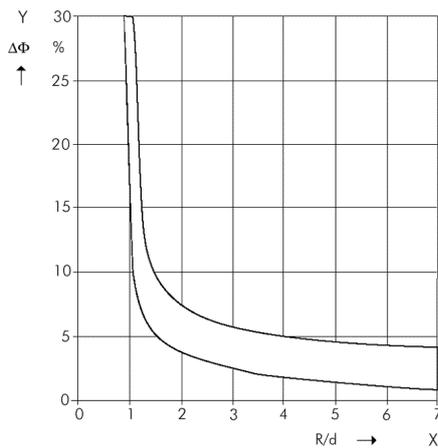
Lichtleiter: Zweckmäßige Wölbung der Eintrittsfläche: $r = 0,5 \cdot a$



Lichtleiter: Krümmungsradius $> 3 \cdot$ Durchmesser

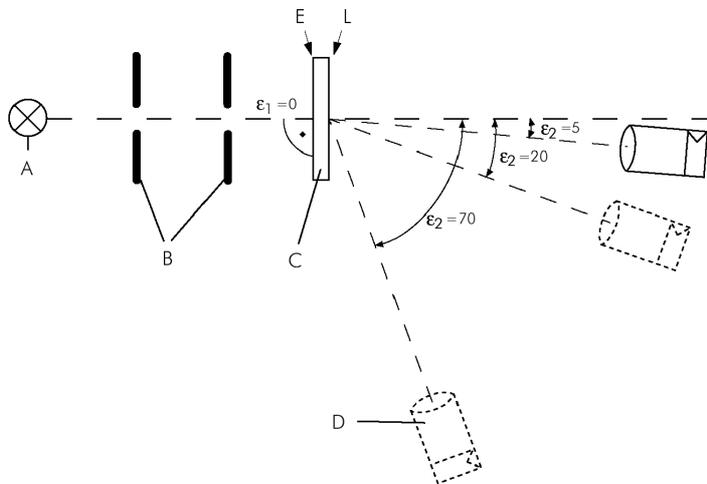


Lichtleiter: Gemessener Lichtverlust $\Delta\phi$ einiger runder und flacher, farbloser PLEXIGLAS® GS - Proben in Abhängigkeit vom Verhältnis R/d von Biegeradius zu Dicke



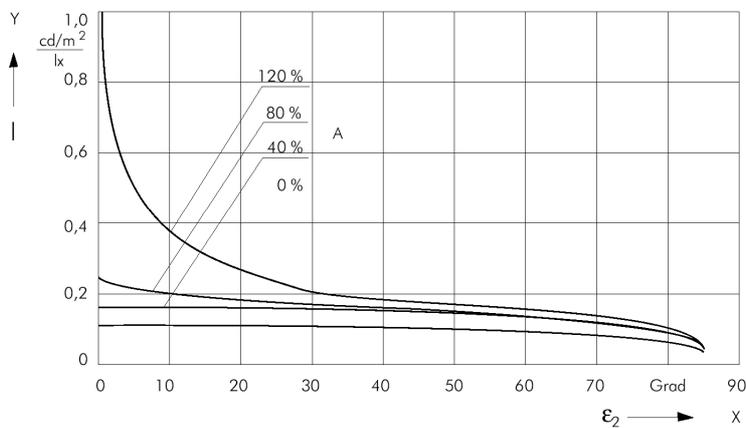
X = Verhältnis von Biegeradius R zu Dicke d
Y = Lichtverlust $\Delta\phi$

Messaufbau zur Ermittlung des Streuvermögens σ einer Probe nach DIN 5036



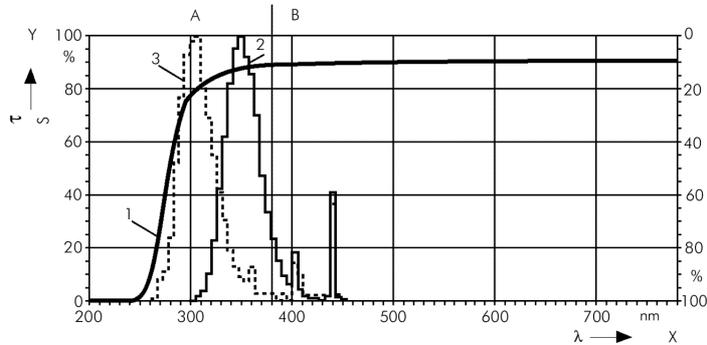
- A = lichtstarke Lampe
- B = Schatter
- C = Probe
- D = Leuchtdichtemesser (schwenkbar)
- E = Beleuchtungsstärke E
- L = Leuchtdichte L

Winkelabhängigkeit des Leuchtdichtekoeffizienten



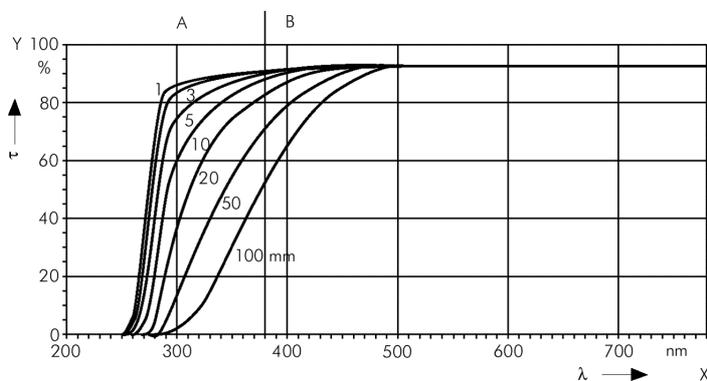
- A = Reckungsgrade von PLEXIGLAS® XT Weiß 05070, 3 mm
- X = Messwinkel
- Y = Leuchtdichtekoeffizient

Spektraler Transmissionsgrad von unbestrahlten 3 mm dicken Platten aus PLEXIGLAS® GS 2458 (1) und relative spektrale Strahlungsverteilung $S(\lambda)_{rel}$ von UV-A-Leuchtstofflampen Philips TL 40W/09 (2) und UV-B-Leuchtstofflampen Philips TL 40W/12 (3)



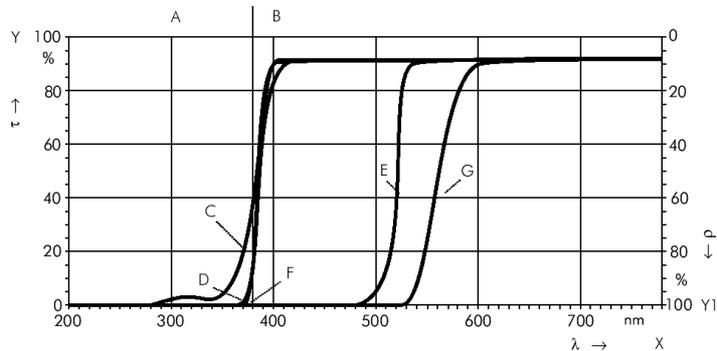
A = UV-Bereich
B = sichtbarer Bereich
X = Wellenlänge λ
Y = Transmissionsgrad τ und spektrale Strahlungsverteilung S

UV-Durchlässigkeit von PLEXIGLAS® GS 218 bei Dicken von 1 bis 100 mm



A = UV-Bereich
B = sichtbarer Bereich
X = Wellenlänge λ
Y = Transmissionsgrad τ

UV-Schutz: Spektrale Transmissionsgrade $\tau(\lambda)$ verschiedener PLEXIGLAS® Sorten, d = 3 mm, am Übergang UV-Bereich / sichtbarer Bereich



A = UV-Bereich

B = sichtbarer Bereich

C = PLEXIGLAS® GS Farblos 233

D = PLEXIGLAS® XT Farblos 21570 AR

E = PLEXIGLAS® GS Gelb 303

F = PLEXIGLAS® GS Farblos 231

G = PLEXIGLAS® GS Orange 478

X = Wellenlänge λ

Y = Transmissionsgrad τ

Y1 = Reflexionsgrad ρ

Unsere anwendungstechnische Beratung ist unverbindlich. Die Verantwortung für die Anwendung bzw. Verarbeitung unserer Produkte liegt beim Käufer, auch im Hinblick auf etwaige Schutzrechte Dritter. Technische Daten, die unsere Produkte betreffen, sind Richtwerte. Änderungen vorbehalten.

® = registrierte Marke

**PLEXIGLAS,
PLEXIGLAS RESIST,
PLEXIGLAS ALLTOP,
PLEXIGLAS HEATSTOP,
PLEXIGLAS SOUNDSTOP,
PLEXIGLAS DAYLIGHT**

sind registrierte Marken der Röhm GmbH, Darmstadt