



QUALITÄTSSICHERUNG FÜR
TRANSPARENTE PRODUKTE

Inhalt

Das objektive Auge für klare
Durchsicht 2 - 3

THEORIE

Transparenz Messung 4 - 5

Glanzmessung 6 - 7

Farbmessung 8 - 9

ANWENDUNG

Rohmaterial 10 - 11

Folien 12 - 15

Transparente Platten 16 - 19

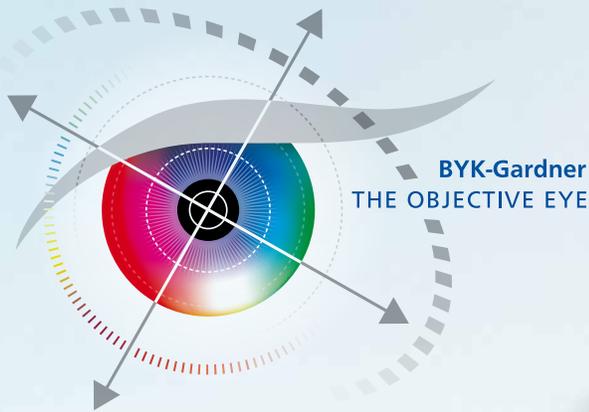
LÖSUNGEN FÜR
TRANSPARENTE PRODUKTE 20 - 23

Das objektive Auge für eine klare Durchsicht

Unsere moderne, hochtechnologisierte Welt ist ohne transparente Produkte kaum noch vorstellbar. Wir haben uns so an ihre „Durchsichtigkeit“ gewöhnt, dass diese uns erst bewusst wird, wenn Mängel die Transparenz mindern und somit auch den endgültigen Verwendungszweck. Wenn, aufgrund variierender Qualität der Verpackungsfolien die gleichen Tafeln Schokolade unterschiedlich im Regal erscheinen, die schönen Urlaubsbilder trüb auf dem Display des Smartphones wirken oder der Gesichtsschutz eines Motorradhelms leicht zerkratzt werden kann – dann wird all dies unsere Qualitätserwartung beeinträchtigen und kann sogar ein kritisches Risiko darstellen.

Die wahrgenommene Qualität von transparenten Materialien ist bestimmt durch ihre Transparenz, ihren Glanz und ihre Farbe. Das menschliche Auge kann sehr feine Bildschärfen-, Kontrast- und Erscheinungsabweichungen von Schaufenstern oder von transparenten Verpackungsfolien erkennen, wenn Artikel dahinter ausgestellt sind. Qualitätsvarianten von einem transparenten Produkt vermindern die wahrgenommene Qualität des Artikels. Deshalb sind eine hohe und konsistente Transmissionsqualität ein zentraler Faktor bei der Kaufentscheidung. Je nach Endverwendungszweck ist eine lange Lebensdauer bezüglich Ritzhärte, Vergilbungs- und Glanzbeständigkeit notwendig.





Jede Anwendung fordert spezifische Materialeigenschaften und Prozessparameter. Es gibt mehr als 100 verschiedene Polymere für transparente Endanwendungen. Viele Produkte bestehen aus verschiedenen Komponenten oder einem Mehrschichtenaufbau, um unterschiedliche Eigenschaften in einem hochindividualisierten Endprodukt zu vereinen. Neben der Materialauswahl beeinflussen viele Produktionsparameter das Erscheinungsbild und müssen entsprechend optimiert werden. Konsistente Transparenz ist nur garantiert, wenn die Material- und Prozessfaktoren über die gesamte Lieferkette unter Kontrolle sind.

Die visuelle Wahrnehmung ist geprägt von unseren individuellen Präferenzen, welche von persönlichen Faktoren bestimmt werden, wie Stimmung und Alter, Umfeld (Lichtverhältnisse, Umgebung, etc.) sowie unsere eingeschränkte Fähigkeit Unterschiede im Erscheinungsbild zu kommunizieren. Damit die Transparenz unter allen Umständen garantiert ist, ist es essentiell numerische Parameter mit kundenrelevanten Toleranzen zu definieren. Diese können in der Serienproduktion täglich kontrolliert und über die gesamte Lieferkette hinweg vom Rohmaterial bis hin zum Endprodukt mit den Lieferanten kommuniziert werden. Ein hochwertiger Produktionsprozess sollte ausschließlich auf Zahlen und Fakten basieren und nicht auf Emotionen.

Einheitliche Farbe und Appearance verlangen ein OBJEKTIVES AUGE!

BYK-Gardner bietet umfassende Lösungen zur Qualitätskontrolle für Ihre transparenten Produkte.



Transparenz-Messung

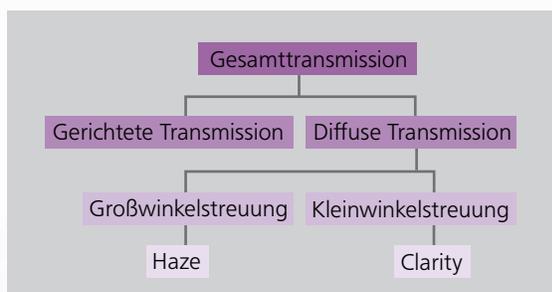
Sind Sie jemals gegen eine Glastüre gelaufen? Die Herausforderung besteht darin das Produkt „unsichtbar“ zu machen, d.h. homogen ohne jegliche Unregelmäßigkeiten. Transparenz ist mehr als die Fähigkeit Licht hindurchzulassen. Die wahrgenommene Qualität eines transparenten Produkts hängt davon ab, wie „gut“ wir ein Objekt dahinter erkennen können. Es kann kristallklar, trüb oder unscharf erscheinen. Das menschliche Auge ist in der Lage kleinste Bildschärfeschwankungen sowie Kontrastverluste wahrzunehmen.



Bedingt durch die Anwendung ist eine hohe Transmission (Brillengläser) oder eine niedrige Transmission (Einkaufstaschen) notwendig. Die durchgelassene Lichtmenge besteht aus einer gerichteten und einer diffusen Komponente. Das Streuverhalten des diffusen Lichts bestimmt das Erscheinungsbild der Produkte betrachtet durch das transparente Produkt.

Transparenz

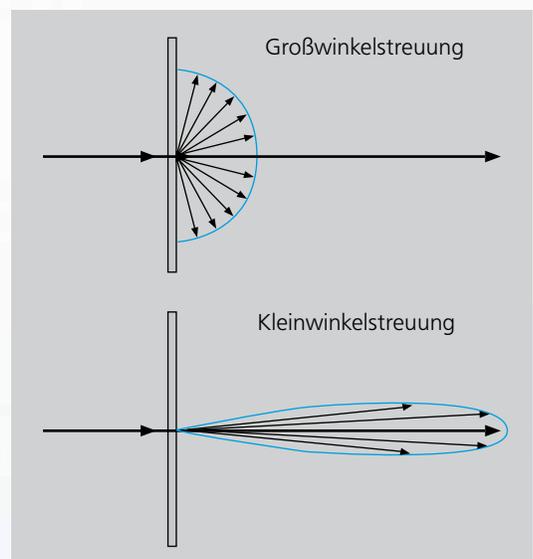
Zur visuellen Auswertung der Bildschärfe ist es empfehlenswert ein kontrastreiches Objekt hinter der Probe zu verwenden, z.B. ein helles Muster auf einem schwarzen Hintergrund. Das Erscheinungsbild eines transparenten oder transluzenten Produktes wird durch folgende optische Eigenschaften beschrieben:



Gesamttransmission (engl. Total Transmittance (Tt))

Die Gesamttransmission ist das Verhältnis von durchgelassenem Licht zu einfallendem Licht. Sie ist abhängig von den Absorptions- und Reflexionseigenschaften, z.B.:

Einfallendes Licht	100 %
- Absorption	1 %
- Reflexion	5 %
<hr/>	
Gesamttransmission	94 %



Verpackungen von Luxusartikeln oder Haushaltsgegenstände werden oft als „kristallklar wie Glas“ beschrieben. Unter technischen Gesichtspunkten sollten diese eine hohe Gesamttransmission mit keiner oder sehr geringer Streulichtmenge aufweisen. Oberflächenstreuung oder interne Partikelstreuung verursacht durch Hohlräume, Kristallite oder schlecht dispergierte Partikel, können die optischen Eigenschaften beeinträchtigen.

Haze (Trübung)

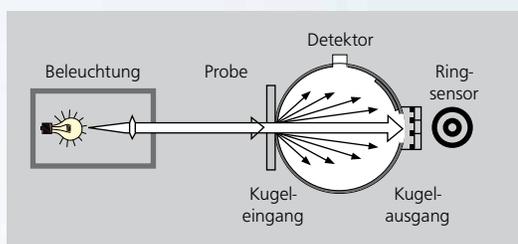
Großwinkelstreuung (mittlere Abweichung vom einfallenden Lichtstrahl mehr als $2,5^\circ$) vermindert den Kontrast der Objekte, die durch das transparente Material gesehen werden. Das transparente Produkt erscheint „trübe“.

Clarity (Bildschärfe)

Kleinwinkelstreuung (mittlere Abweichung vom einfallenden Lichtstrahl weniger als $2,5^\circ$) bewirkt eine Verminderung der Bildschärfe. Im Gegensatz zu Haze ist Clarity entfernungsabhängig; je größer die Distanz zwischen der Probe und dem dahinter betrachteten Objekt, desto schlechter die Bildschärfe. Sind Objekt und Probe in direktem Kontakt, ist die Bildschärfe nicht getrübt (gute Kontakttransparenz).

Messprinzip

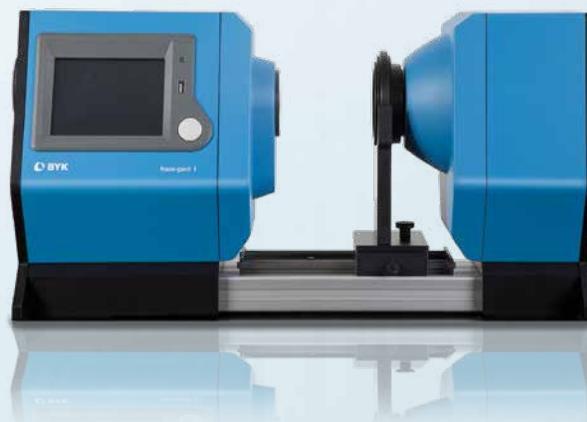
Die Abbildung rechts zeigt das Messprinzip des haze-gard i gemäß internationalen Normen. Ein Lichtbündel trifft auf die Probe und tritt in eine integrierende Kugel ein. Die Kugelinnenwand ist matt-weiß beschichtet, um eine gleichmäßige Verteilung des Lichts zu garantieren. Ein Detektor in der Kugel misst die Gesamttransmission und den Haze. Ein Ringsensor in der Austrittsöffnung misst die Bildschärfe.

**Normen**

ISO 13468	Bestimmung des totalen Lichttransmissionsgrades von transparenten Materialien
ISO 14782	Bestimmung des Trübungswertes durchsichtiger Materialien
ASTM D1003	Prüfung der Trübung und Lichtdurchlässigkeit von transparenten Kunststoffen

haze-gard i**Der Industriestandard für Transparenz**

- Drei Messmodi in Einem: Gesamttransmission – Trübung (Haze) – Bildschärfe (Clarity)
- Referenzstrahl und innovative LED Technologie garantieren ausgezeichnete Wiederholbarkeit der Ergebnisse
- Offenes Design für kleine und große Produkte
- Großes Touch-Farbdisplay zur direkten Analyse im Messgerät
- Vielfältige Probenhalter für Folien und Platten
- ASTM und ISO: Zwei Prüfmethode in einem Gerät

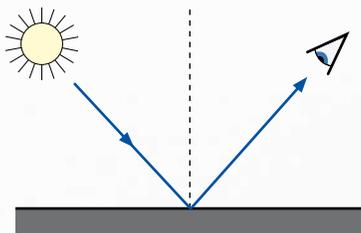


Glanzmessung

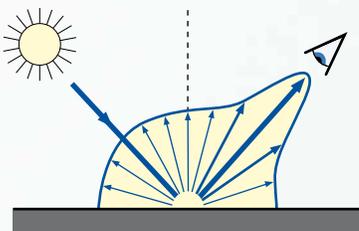
Viele transparente Produkte werden eher durch ihre Reflexionseigenschaften wahrgenommen, statt durch ihr Transmissionsverhalten. Soll ein LCD Bildschirm glänzend sein oder die Reflexion verringern? Dies ist nicht nur von der Anwendung bestimmt, sondern auch von den Kundenwünschen. Sobald dies allerdings einmal festgelegt wurde, muss das spezifische Erscheinungsbild mit gleichbleibender und geprüfter Qualität geliefert werden.

Glanzmessung

Glanz ist eine visuelle Wahrnehmung, die bei der Betrachtung von Oberflächen entsteht. Die Glanzwahrnehmung ist umso ausgeprägter, je gerichtet das Licht reflektiert wird. Ein hochglänzendes Display mit einer sehr glatten Oberfläche erzeugt dunkle, gesättigte Bilder, allerdings werden umgebende Objekte auch stärker gespiegelt. Das einfallende Licht wird an der Oberfläche gerichtet reflektiert, d.h. nur in die Hauptreflexionsrichtung. Der Reflexionswinkel ist gleich dem Einfallswinkel.

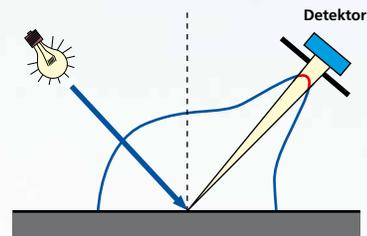


Ein Anti-Reflex Display verwendet eine fein strukturierte, raue Beschichtung, die das Licht diffus in alle Richtungen streut. Je stärker das Licht in den Raum verteilt wird, umso geringer ist die Intensität der gerichteten Komponente und umso matter erscheint die Oberfläche.



Glanzmessgerät

Internationale Normen legen die Bedingungen für die Messung der gerichteten Reflexion fest. Dazu wird die Intensität des reflektierten Lichts in einem schmalen, durch die sog. Aperturblende eingegrenzten Winkelbereich gemessen.

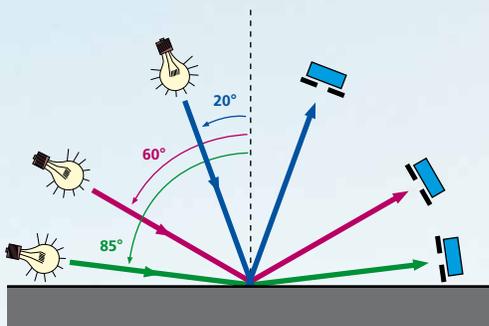


Eine Lichtquelle, gefiltert für Tageslichtart CIE-C, liegt im Brennpunkt eines Kollimators, der die Probe gerichtet beleuchtet. Eine Rezeptorlinse fokussiert das reflektierte Licht in die Aperturblende, hinter der ein Photodetektor die Lichtmenge misst. Die Intensität des reflektierten Lichts hängt vom Material und dem Einstrahlwinkel ab. Die Messergebnisse werden auf die reflektierte Lichtmenge eines schwarzen, polierten Glasstandards mit definiertem Brechungsindex bezogen. Für diesen Standard wird der Messwert von 100 Glanzeinheiten (GE) gesetzt. Bei Materialien mit höherem Brechungsindex kann der Messwert durchaus über 100 GE liegen.

Normen

- | | |
|-------------------|--|
| ISO 2813 | Beschichtungsstoffe – Bestimmung des Glanzwertes unter 20°, 60°, 85° |
| ASTM D523 | Spiegelglanzmessungen |
| ASTM D2457 | Prüfung des Spiegelglanzes von Kunststoff und -Folien |

Der Einstrahlwinkel übt einen besonders starken Einfluss aus. Um hochglänzende bis matte Oberflächen über den gesamten Glanzbereich voneinander klar unterscheiden zu können, wurden drei Geometrien, d.h. drei Messbereiche, genormt:



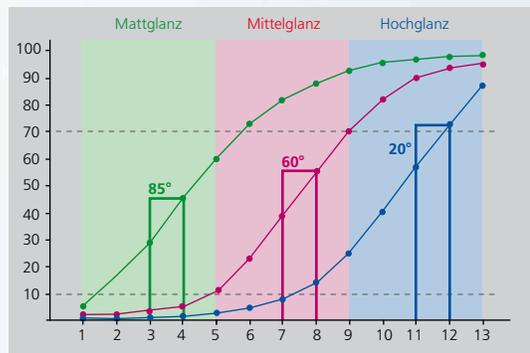
Wieso drei verschiedene Messbereiche?

Eine einzelne Geometrie, wie 60°, liefert keine gute Übereinstimmung der Messwerte zum visuellen Eindruck, wenn Proben aus verschiedenen Glanzbereichen verglichen werden. Drei verschiedene Einstrahlwinkel 20°, 60° und 85° sind daher von den Normen vorgesehen, wobei die Aperturblende beim Detektor dem jeweiligen Glanzbereich entsprechend angepasst ist. Die Wahl des passenden Messwinkels hängt davon ab, ob eine generelle Aussage getroffen werden soll, oder ob eher hochglänzende oder matte Oberflächen zu vergleichen sind. Die 60°-Geometrie ist üblich bei Vergleichsmessungen und bei der Bestimmung der am besten geeigneten Geometrie. Die 20°-Geometrie ist vorteilhaft bei Proben mit 60°-Werten höher als 70 GE. Die 85°-Messgeometrie eignet sich am besten zum Vergleichen von matten Proben. Gewöhnlich wird sie bei Proben mit 60°-Werten niedriger als 10 GE verwendet.

Glanzgrad	60° Wert	Empfohlene Messgeometrie
Mittelglanz	10 bis 70 GU	60° Geometrie
Hochglanz	> 70 GU	20° Geometrie
Mattglanz	< 10 GU	85° Geometrie

In dem folgenden Beispiel wurden 13 Proben visuell nach Glanzgrad von matt bis hochglänzend sortiert und mit den drei Normgeometrien gemessen. In den steilen Kurvenabschnitten werden die Unterschiede zwischen den Proben optimal differenziert, in den abgeflachten Kurvenabschnitten hingegen stimmt die Messgeometrie nicht mehr mit dem optischen Eindruck überein.

Neben den drei erwähnten Messgeometrien wird bei Kunststoff und -Folien häufig auch ein 45°-Glanzmessgerät zur Prüfung von mittel- bis hochglänzenden Oberflächen verwendet.



micro-gloss
Die neue Intelligenz in der Glanzmessung

- Der unerreichte Industriestandard zur Glanzmessung
- Einwinkel- und Dreiwinkel Reflektometer für hochglänzende bis matte Oberflächen
- Autodiagnose für zuverlässige Kalibrierung im Kalibrierköchler
- Messfunktionen für jede Aufgabe: Statistik – Differenzmessung – Pass/Fail
- Dauermessung zur Bewertung von großen Oberflächen



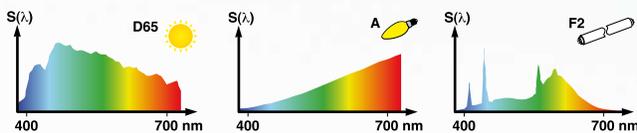
Farbmessung

Farbig oder farblos – das ist die Frage! Opak oder transparent – das ist eine weitere Frage! Transparente Produkte erfordern verschiedene Eigenschaften gemäß der Endanwendung. Wie können Farbe und Deckkraft (Opazität) eindeutig bestimmt werden, um gleichbleibende Qualität über lange Zeit zu garantieren?

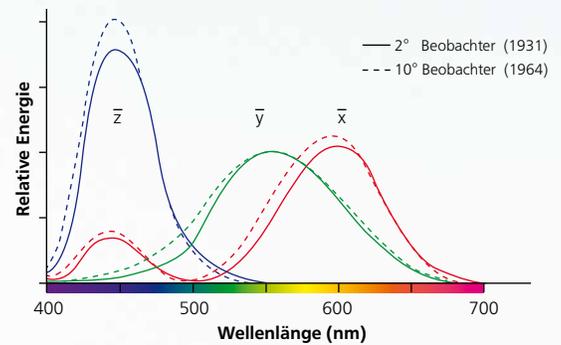
Unsere Farbwahrnehmung ist immer subjektiv und wird beeinflusst durch unsere Stimmung, das Geschlecht, Alter, und auch äußere Einflüsse wie Lichtarten. Des Weiteren können wir keine Farben im Gedächtnis behalten oder wiedererkennen.

Genormte Beurteilungsbedingungen

Für eine kontrollierte visuelle und instrumentelle Beurteilung müssen die Lichtquelle, die Umgebungsbedingungen und der Beobachter definiert werden. Die CIE (Commission Internationale de l'Éclairage) hat die wichtigsten **Lichtarten** genormt.



Der **Beobachter für visuelle Farbbeurteilung** muss normalsichtig sein und für die Bewertung und Klassifizierung von Farben geschult sein. Regelmäßige Sehtests sind zur Überprüfung des Farbsehens des Beobachters empfohlen, da sich dies mit der Zeit verändern kann (siehe ASTM E1499). Der **Beobachter für instrumentelle Farbbeurteilung** ist dagegen genormt für zwei verschiedene Gesichtsfelder: 2°- und 10°-Normalbeobachter. Heutzutage wird hauptsächlich die Spektralfunktion des 10°-Normalbeobachters verwendet, da sie besser mit dem visuellen Empfinden übereinstimmt.



Normen

CIE 15	Farbmessung
ISO 6504	Bestimmung des Deckvermögens

spectro2guide

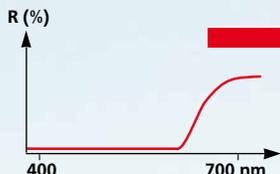
Die Revolution in der portablen Farbmessung

- Farb-, Glanz- und neu die Fluoreszenzmessung in einem Messgerät
- Ausgewogenes, aufgerichtetes Design mit großem, farbigen Touchscreen
- Dockingstation mit integriertem Standard zur automatischen Kalibrierung
- Kameravorschau des Messflecks mit Zoom-Funktion
- High-Tech LEDs mit herausragender Leistung für Digitale Standards
- Datenanalyse „out-of-the-box“ mit WiFi oder via USB Verbindung



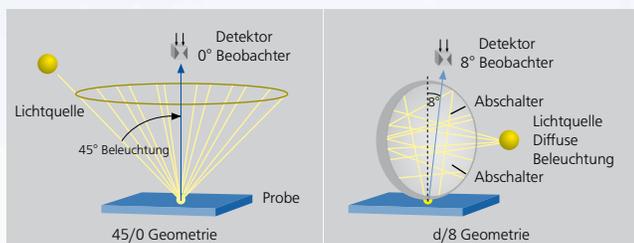
Standardisierte Messparameter

Durch die instrumentelle Farbmessung werden die optischen Eigenschaften einer Probe bestimmt. Ein Spektralphotometer misst den Anteil des reflektierten Lichts einer Probe im sichtbaren Bereich (400 – 700 nm). Die resultierende Reflexionskurve wird oft als "Fingerabdruck" einer Farbe bezeichnet.



Messgeometrie

Internationale Normen bestimmen die Messgeometrie für Spektralphotometer:



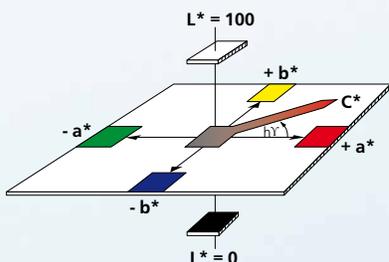
45/0 – Farbe, wie das Auge sie sieht

Die 45/0 Geometrie mit Rundum-Beleuchtung garantiert auf strukturlosen und strukturierten Oberflächen exzellente Wiederholbarkeit der Messergebnisse.

d/8 – Kontrolle des Farbtons

Die Kugelmessgeometrie beleuchtet die Probe diffus und wird für die Bewertung der Farbe unabhängig von Oberflächenglanz oder -struktur verwendet.

International standardisierte **Farbsysteme**, wie das gebräuchliche CIELAB-Farbsystem, kombinieren die Informationen der Normlichtart, des genormten Beobachters und der gemessenen Spektraldaten. Damit lässt sich eine Farbe mit drei Größen z.B. Helligkeit, Sättigung und Farbton eindeutig beschreiben.



Toleranzen werden mit Hilfe von Abweichungen in den Einzelkomponenten oder als Gesamtfarbabstand ΔE^* festgelegt.

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

Gelbgrad

Für nahezu weiße oder farblose Produkte kann eine eindimensionale Kennzahl aus den Spektraldaten kalkuliert werden, der sog. Vergilbungsindex oder Gelbgrad. Dieser Index misst den Grad, wie weit sich die Farbe einer Probe vom idealen Weiß entfernt hat. Je größer der Wert, desto gelber erscheint die Probe.

Sehr häufig erscheinen solche Proben jedoch nicht nur „gelber“, sondern zeigen zusätzlich einen maßgeblichen Unterschied im Farbton und Helligkeit. Darum werden zur vollständigen Beschreibung des Farbunterschieds von nahezu weißen oder farblosen Produkten folgende drei Maßzahlen herangezogen: rot/grün, gelb/blau und hell/dunkel.

Normen

- ASTM E313** Berechnung des Gelb- und Weißgrads anhand von instrumentell gemessene Farbkoordinaten
- ASTM D1925** Gelbgrad von Kunststoffen (zurückgezogen 1995)
- DIN 6167** Beschreibung des Gelbgrads für nahezu weiße oder farblose Materialien

Messung des Deckvermögens

Opazität ist die Fähigkeit eines dünnen Materials die dahinterliegende Fläche zu verbergen. Manchmal wird sie auch als Kontrastverhältnis und Deckvermögen bezeichnet. Opazität ist das Verhältnis des Reflexionsvermögens eines Materials auf einem schwarzen Substrat verglichen zu dem Reflexionsvermögen auf einem weißen Substrat.

$$\text{Opazität (\%)} = \frac{Y_{\text{Schwarz}}}{Y_{\text{Weiss}}} \times 100$$

Eine 100 %ige Opazität bedeutet vollständige Abdeckung: der Aufzug des Materials auf schwarzem Untergrund unterscheidet sich nicht von dem auf weißem.

Rohmaterial

Rohmaterial für Kunststoffe wie Polypropylen (PP), Polyethylen und Polycarbonat (PC) wird gewöhnlich als farbloses Granulat angeliefert. Um konstante Farbe, Glanz und Transparenz des Endprodukts zu garantieren, ist es notwendig ein einheitliches Qualitätskontrollsystem gleich zu Beginn des ersten Produktionsschritts einzuführen. Ansonsten könnte sich die Aussage "Schrott rein, Schrott raus" als wahr erweisen. Aufgrund der unregelmäßigen Form und Größe von Kunststoff-Granulat ist eine standardisierte Probenvorbereitung unabdinglich, um reproduzierbare Messergebnisse zu erzielen.

Alle Kunststoffmaterialien basieren auf Mineralöl, welches mehrere Fraktionsschritte durchläuft, um Rohbenzin (Naphtha) entstehen zu lassen. Dieses wird wiederum zu unterschiedlichen Kunststoffharzen zerbrochen und polymerisiert. Abhängig von der Wahl des jeweiligen Rohstoffes, des Herstellungsprozesses und der Additive können letztendlich unterschiedliche Kunststoffeigenschaften erreicht werden.

Gleichbleibende Farbe

Synthetische Polymere wie PP, die häufig für farbige Anwendungen verwendet werden, müssen auf den Grad ihrer Vergilbung hin überprüft werden. Ist das Polymer nicht „weiß“,

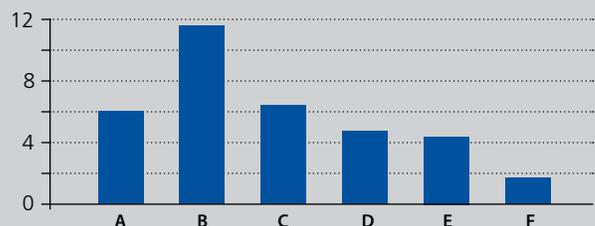


wird auch die Farbe des Endprodukts außerhalb der Spezifikation liegen. Der Vergilbungsgrad wird sowohl durch Verunreinigungen des Polymers als auch durch Prozessschwankungen (z.B. Temperatur, Anzahl an Katalysatoren) beeinflusst.

Für eine schnelle, unkomplizierte Qualitätskontrolle ist es erforderlich das Kunststoff-Granulat als Prüfplättchen mit homogener Oberfläche und definierter Materialstärke zu fertigen. Diese Plättchen können dann in Reflexion, mit einem portablen Farbmessgerät wie dem spectro2guide, vermessen werden, das den Gelbgrad automatisch nach internationalen Standards berechnet. Da es sich beim Vergilbungsgrad um eine eindimensionale Maßzahl handelt, beschreibt dieser den visuellen Eindruck nicht immer vollständig. Sehr häufig zeigen Proben zusätzlich eine signifikante Abweichung in der Helligkeit und/oder dem Farbton. Aus diesem Grund ist die dreidimensionale Beschreibung der Farbabweichung mit Hilfe des CIELAB-Farbsystems dem Vergilbungsgrad vorzuziehen. Innerhalb des CIELAB-Farbsystems kann der b^* -Wert als Indikator für die Vergilbung verwendet werden.

Häufig sind die Prüfplättchen nicht vollständig opak. Folglich hat der Hintergrund bei der Farbmessung einen entscheidenden Einfluss auf die Messergebnisse. Um die bestmögliche Differenzierung zwischen unterschiedlichen Produkten zu erzielen, wird die Verwendung eines weißen Hintergrunds empfohlen. Das verwendete Material sollte möglichst langzeitstabil sein und von allen beteiligten Parteien verwendet werden.

Gelbgrad von PE Granulat (YI E313)



BYK-Gardner Lösungen



Farb- und Glanzmessung
spectro2guide



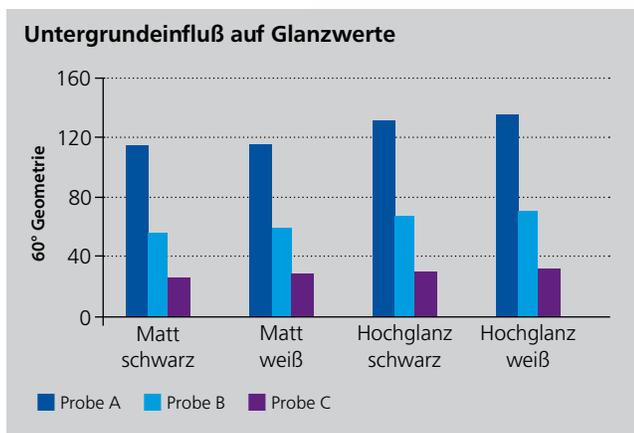
Glanz
micro-gloss



Prüfkarten
byko-charts

Gleichbleibende Transparenz

Da der Glanzgrad als ein Maß für die Brillanz des Endprodukts verwendet wird, werden Plättchen oder Folien extrudiert um eine gleichbleibende Qualität für den Endkunden sicherzustellen. Diese Proben sind meist transparent oder transluzent. Zur Vermeidung zusätzlicher Untergrundsreflexion, welche zu Glanzmessfehlern führt, sollte unter die Folie oder Platte ein mattes, schwarzes Substrat hinterlegt werden. Dazu eignet sich entweder ein schwarzer Pappkarton oder eine matte Kontrastkarte wie zum Beispiel byko-charts. Das Untergrundmaterial sollte einen Glanzwert nahezu null haben.



vergleichbar mit Glas. Ansonsten können Additive, die als „Clarifier“ eingesetzt werden, keine optimale Transparenz und Farbeigenschaften garantieren.

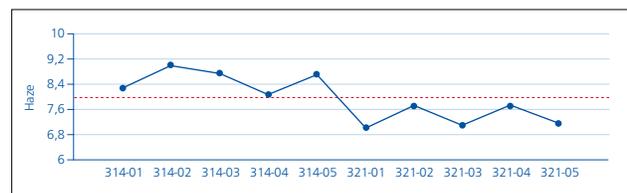
Die Herausforderung bei der Transmissions- und Haze-Messung von Kunststoffplättchen ist, diese bündig an die Messöffnung anzulegen und wiederholbar zu vermessen. Daher wurden unterschiedliche Probenhalter entwickelt, die auf einfache Art und Weise im offen zugänglichen Probenmessbereich befestigt werden können.

Gleichbleibende Transparenz

Das Erscheinungsbild transparenter Produkte ist oft von deren Endanwendung bestimmt. Kunststoffbehälter für die Lebensmittelindustrie sollten sehr klar und transparent sein, wohingegen Kosmetikverpackungen (z.B. für Schönheitscremes) transluzent sind um das Licht zu streuen. So kann eine langzeitstabile Creme gewährleistet werden. Um die Qualität des Endprodukts zu beurteilen, werden die Transparenzparameter anhand von extrudierten Plättchen oder Folien mit definierter Materialdicke beurteilt.

Für eine effiziente Prozesskontrolle können Pass/Fail Grenzwerte für verschiedene Produkte direkt im haze-gard i eingegeben werden. Die neue Produktionscharge wird gemessen und dann automatisch mit den Spezifikationen verglichen. Grüne oder rote Anzeigen veranschaulichen sofort die Ergebnisse auf dem Display. Die Software smart-lab Haze vereinfacht die Darstellung der Prozess-Stabilität mit Auswertung in Trendberichten inklusive Datentabellen mit Statistiken und Liniengraphen mit Pass/Fail Einfärbung.

Das haze-gard i ist ein vielfältiges Hazemeter um Gesamttransmission und Trübung (Haze) gemäß der Normen ASTM und ISO zu bestimmen. Die Probe muss groß genug sein, um die Messöffnung des Messgeräts abzudecken. Zudem sollte sie staub- und mängelfrei sein. Der Haze-Wert ist für den Kunststoffrohstoff der kritischste Parameter. Ziel ist es, einen möglichst niedrigen Haze-Wert zu erreichen – idealerweise



Transparenz
haze-gard i



Zubehör für dünne Folien
Halter für dünne Folien



Zubehör für Folien und Platten
Probenhalter

Folien

Transparente Folien werden für tausende verschiedener Anwendungen gebraucht. Ob Schrumpffolien, Blister oder medizinische Folien – jede Anwendung erfordert eine bestimmte Materialauswahl und Prozessbedingungen für ein spezifisches Verhalten. Blumenverpackungen sollten sehr klar und durchsichtig sein, den Inhalt sowohl schützen als auch attraktiv präsentieren. Folien für Lebensmitteltaschen dagegen sollten das Licht streuen. Nur eine Kontrolle der Materialien und der Prozessfaktoren, als auch eine standardisierte Probenvorbereitung können konsistente Transparenz garantieren.

Einfluss des Materials und der Prozessparameter

Neben der Polymerauswahl können mehrere Entscheidungen das Erscheinungsbild beeinflussen, wie z.B. die Wahl der Folienfertigung mittels Blas- oder Gießverfahren. Das Gießverfahren ermöglicht durch seine schnellen Abkühlraten bessere Transparenz und Glanz, die zudem durch die Walzenoberfläche beeinflusst werden können. Viele Parameter wirken sich auf die Endfolienqualität aus, z.B. Dichte, Massenverteilung oder Schmelzindex seitens der Polymereigenschaften, sowie Prozessparameter wie Homogenität der Schmelze, Abkühlrate oder das Aufblasverhältnis. Zur Kontrolle der Eigenschaften wie Kristallinität oder Anti-Haft-Verhalten ist es oftmals notwendig Additive einzusetzen, um den erwünschten Effekt zu garantieren.

Innere Trübung im Vergleich zur Oberflächen-Trübung (Haze)

Ein diffuses Erscheinungsbild von Folien kann einerseits verursacht sein durch innere Streuung im Material aufgrund von Fehlstellen, Kristallinität oder anderen Unregelmäßigkeiten, bezeichnet als „Innere Trübung“ (Inner Haze). Andererseits kann Licht an der Oberflächenstruktur gestreut werden, was „Äußere oder Oberflächen Trübung“ (External or Surface Haze) genannt wird.

Bei Gießfolien kann die Oberflächenrauheit oftmals durch die Oberfläche der Kühlwalzen und die Temperaturführung im Abkühlprozess verringert werden. Hingegen wird die Oberflächenrauheit bei Blasfolien mit ihrem freien Oberflächenfluß hauptsächlich vom Fließverhalten der Schmelze und Kristallisation beeinflusst.

Für die Entwicklung und Optimierung von Produktionsparametern ist es wichtig die Gründe zu kennen, die Streuung verursachen und welche Parameter Verbesserungen zulassen. Deshalb muss messtechnisch zwischen innerer und Oberflächen-Trübung unterschieden werden. Dazu kann eine Flüssigkeit mit ähnlichem Brechungsindex wie die Probe verwendet werden, um den Einfluß der Oberflächenstruktur zu reduzieren. Dies erlaubt eine Minimierung der Streuung durch die Folienrauheit während der Messung. Hierfür geeignete Flüssigkeiten sind im optischen Laborbedarf für Refraktometrie und Mikroskopie erhältlich.

BYK-Gardner Lösungen



Transparenz
haze-gard i



Zubehör für Folien und Platten
Probenhalter



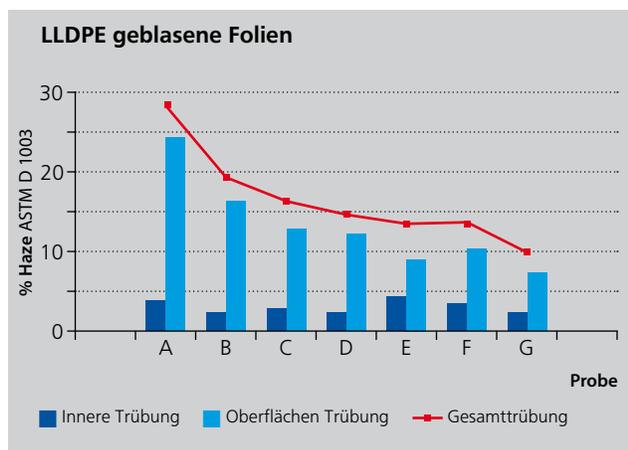
Zubehör für dünne Folien
Halter für dünne Folien



Als erstes wird die Probe ohne die Flüssigkeit gemessen, um den Wert der Gesamttrübung (Total Haze) zu erhalten. Als nächstes wird die Probe in eine Küvette mit der Flüssigkeit gehalten oder häufig wird auch eine dünne Schicht auf beiden Seiten der Probe aufgetragen, um dessen „Innere Trübung“ (Inner Haze) zu messen. In diesem Fall muss sehr sorgfältig eine einheitliche Schicht ohne Schmutz oder Luftbläschen aufgetragen werden. Die Differenz zwischen beiden Werten ist die „Oberflächen-Trübung“ (Surface Haze):

$$\text{Oberflächen-Trübung} = \text{Gesamttrübung} - \text{Innere Trübung}$$

Das Beispiel stellt die Trübungsergebnisse von verschiedenen Folien aus Linearem Polyethylen niedriger Dichte grafisch dar. Die Daten zeigen einen starken Einfluss von oberflächenbezogenen Ursachen auf die Gesamttrübungsqualität, welche kennzeichnend für die Blasfolienfertigung ist. Weitere Einflussfaktoren neben dem Polymer selbst sind z.B. Schmelzviskosität, Aufblasverhältnis und die Prozessgeschwindigkeit.



Zubehör für Flüssigkeiten
Küvettenhalter



Zubehör für Flüssigkeiten
Küvetten

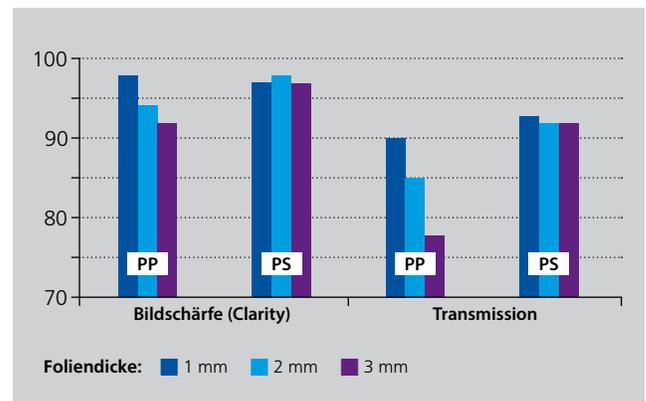


Standardisierte Probenvorbereitung

Sowohl die Entwicklung neuer Folienprodukte als auch eine zuverlässige Qualitätskontrolle des Produktionsprozesses erfordern objektive Messdaten. Eine aussagekräftige Auswertung der Transparenz setzt voraus, dass die Probenvorbereitung und die Messbedingungen standardisiert sind. Neben einer definierten Probendicke ist eine sorgfältige Ausrichtung wichtig, sodass die Probe bündig gegen die Messöffnung angelegt ist. Abhängig vom Produkttypus kann dies eine echte Herausforderung sein, besonders bei sehr dünnen Folien wie Schrumpffolien. Aufgrund des offen gestalteten Messraums ermöglicht das haze-gard i ein einfaches Austauschen von Probenhaltern für verschiedene Anwendungen. Der „Halter für dünne Folien“ (Kat. Nr. 4784) ist ideal um auch Schrumpffolien flach und faltenfrei an die Messöffnung zu positionieren.

Einfluss der Probendicke

Wie zuvor beschrieben kann das Streuverhalten sowohl von der inneren Streuung des Materials oder der Oberflächenstruktur verursacht werden. Manche Polymertypen weisen eine stärkere innere Streuung auf als andere. Die untenstehende Grafik zeigt Polypropylen- und Polystyrolplatten verschiedener Dicken. Während die Polystyrol Platten keine auffällige Dickenabhängigkeit zeigen, nehmen Transmission und Clarity (Bildschärfe) der PP Platten mit zunehmender Dicke ab, da mehr Streuteilchen ins Spiel kommen. Daher ist es im Falle von innerer Streuung von hoher Wichtigkeit sicherzustellen, dass nur Proben gleicher Dicke verglichen werden. In anderen Worten ausgedrückt: Die Probendicke ist eine wichtige Zusatzinformation im Produktdatenblatt.



BYK-Gardner Lösungen



Transparenz
haze-gard i



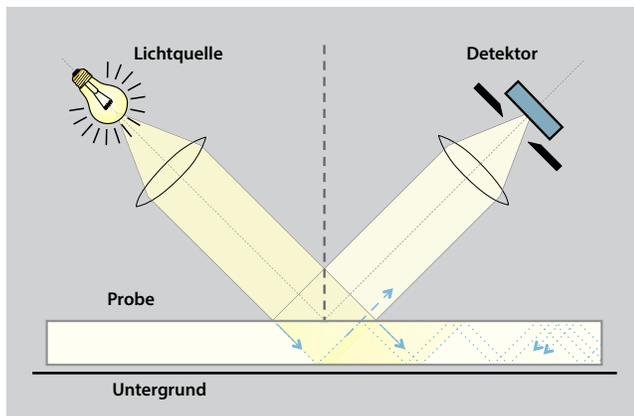
Farb- und Glanzmessung
spectro2guide



Prüfkarten
byko-charts

Glanz von Folien

Neben Transparenz erfordern hochwertige Folien definierte Reflexionseigenschaften, egal, ob hochglänzende Verpackungen oder spiegelfreie Folien für LCD Anwendungen. Die in internationalen Normen beschriebene Methode zur Glanzmessung beleuchtet Proben unter einem bestimmten Winkel und ermittelt die reflektierte Lichtintensität unter dem selben Winkel auf der gegenüberliegenden Seite. Bei transparenten Proben dringt ein Teil des eingestrahelten Lichts durch die Oberfläche ins Material ein. Das durchgelassene Licht wird an der hinteren Fläche innerhalb des Materials reflektiert und teilweise in Richtung des Sensors durchgelassen.



Diese zusätzliche Reflexion ist abhängig vom verwendeten Untergrund und hat einen entscheidenden Einfluss auf die Messergebnisse. Zur Minimierung dieses Effektes empfiehlt es sich einen schwarzen, matten Untergrund zu wählen, z.B. schwarzer Karton. Es ist wichtig immer das gleiche Substrat zu verwenden.

Eine zusätzliche Herausforderung sind sehr dünne Proben, die keine plane Oberfläche unter dem Glanzmessgerät bilden. Deshalb wird oft eine Vakuum Platte verwendet, um sicherzustellen, dass keine Luftblasen oder Falten die Messergebnisse verfälschen.

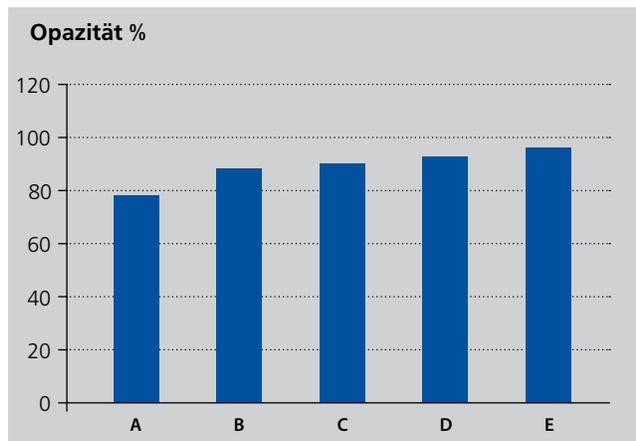
Opazität

Für einige Anwendungen ist genau das Gegenteil von Transparenz gefordert, z.B. für Einkaufstaschen oder Windeln, bei welchen der Inhalt verborgen bleiben soll. Diese Eigenschaft wird als Deckvermögen (Opazität) bezeichnet und wird mittels Farbmessung kontrolliert. Das spectro2guide bietet dafür einen Opazitätsindex zur automatischen Berechnung.

Opazität ist die Fähigkeit eines dünnen Materials die dahinterliegende Fläche zu verbergen. Manchmal wird sie auch als Kontrastverhältnis oder Deckvermögen bezeichnet. Opazität ist das Verhältnis des Reflexionsvermögens eines Materials auf einem schwarzen Hintergrund verglichen zu dem Reflexionsvermögen auf einem weißen Hintergrund.

$$\text{Opazität (\%)} = \frac{Y_{\text{schwarz}}}{Y_{\text{weiß}}} \times 100$$

Eine 100 %ige Opazität bedeutet vollständige Abdeckung: der Aufzug des Materials auf schwarzem Untergrund unterscheidet sich nicht von dem auf weißem. Für reproduzierbare Messergebnisse ist es wichtig immer das gleiche Substrat zu verwenden. Deshalb bietet BYK-Gardner Opazitäts-Prüfkarten an, welche eine definierte Messung gewährleisten. In der folgenden Grafik wurde die Opazität von verschiedenen Klarsichthüllentypen miteinander verglichen.



Glanz
micro-gloss



Zubehör für Transparenz
Scheuertafel schwarz

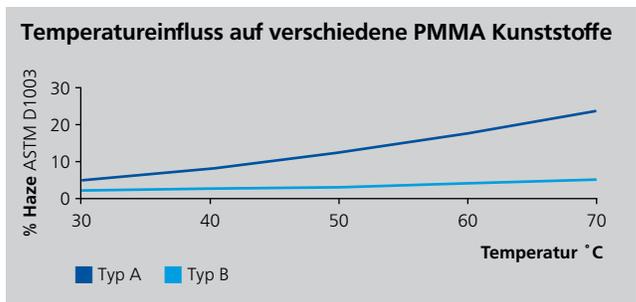
Transparente Kunststoffplatten

Transparente Kunststoffplatten sind aufgrund ihres Leichtgewichts sowie der hohen Gestaltungsflexibilität besonders attraktiv und finden unter dem Namen „organisches Glas“ in vielen unterschiedlichen Bereichen Anwendung, wie z.B. für Lärmschutzwände, Gartenhäuser, Sportarenen, Lichtkuppeln, Solarzellenplatten oder Überdachungen für Bushaltestellen. Auch wurden Festigkeit und Stoßbeständigkeit von Acryl (PMMA) und Polykarbonat (PC) Platten optimiert, sodass der Anwendungsbereich erweitert wurde: vom Gebrauch bei Sicherheits- und Architekturverglasungen bis hin zu Automobil-, Flugzeug-, Yacht- oder Wohnwagen-Anwendungen. Abhängig vom Einsatzgebiet sind die Anforderungen an die Transparenz der Kunststoffplatten sehr unterschiedlich und müssen objektiv kontrolliert werden – oftmals gemäß sehr strengen Spezifikationen.

Einfluss der Materialeigenschaften

Platten für den Außenbereich müssen extremen Wetterbedingungen standhalten und erfordern eine hohe Stabilität über eine lange Lebensdauer. Ein Beispiel ist PMMA, das typischerweise bei höheren Temperaturen zunehmende Trübung aufweist und somit nur begrenzt für Fahrzeugverglasungen eingesetzt werden kann, da eine geringe Trübung eine wesentliche Sicherheitsanforderung ist. Aufgrund kontinuierlicher Materialentwicklung wurde diese Eigenschaft verbessert mit dem Ergebnis eines optimierten PMMA Kunststoffs mit geringer Temperaturabhängigkeit, was ideal für den Gebrauch bei Automobilanwendungen ist, wie z.B. bei Heckscheiben.

Fahrzeugverglasung wird geprüft und zugelassen gemäß internationalen Richtlinien, wie z.B. ECE R43 oder ANSI Z 26.1, wobei die mechanische-, chemische- und Feuerbeständigkeit, als auch die Transmissionseigenschaften getestet werden.



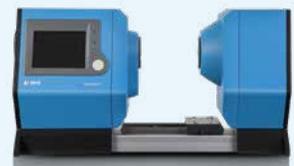
BYK-Gardner Lösungen



Farb- und Glanzmessung
spectro2guide



Glanz
micro-gloss

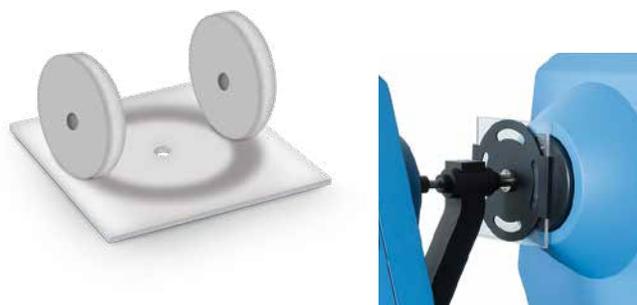


Transparenz
haze-gard i

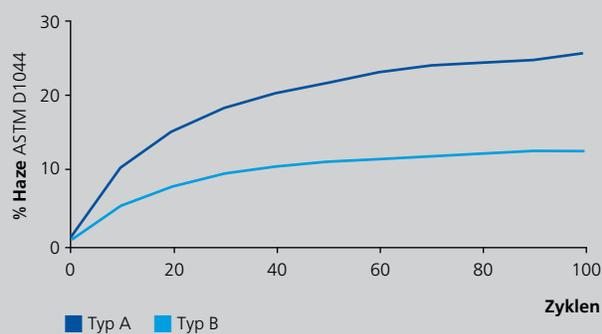


Abriebfestigkeit

Ein kritisches Verhalten von Kunststoffmaterialien ist deren eingeschränkte Abriebfestigkeit, welche in vielen Anwendungen Modifikationen des Polymers oder eine geeignete Beschichtung erfordert. Eine weit verbreitete Methode zum Prüfen der Abriebfestigkeit ist der sogenannte Taber Test gemäß ASTM D1044. Dabei wird die Probe bei definierten Bedingungen unter Schleifscheiben gedreht. Nach einer bestimmten Anzahl an Zyklen wird die Trübung gemessen. Um wiederholbare und repräsentative Ergebnisse sicherzustellen, wird die Probe in einen Halter eingespannt, damit die Abriebspur sich genau im optischen Strahlengang des haze-gard i befindet.



Taber Abrieb



In der obigen Grafik werden Abriebergergebnisse von verschiedenen, unbeschichteten PMMA Typen gezeigt, die für Verglasungen von öffentlichen Bauten und Sportarenen verwendet werden.



Zubehör für Folien und Platten
Probenhalter



Zubehör für Platten
Halter für Taberabrieb



Wischblatt-Beständigkeit

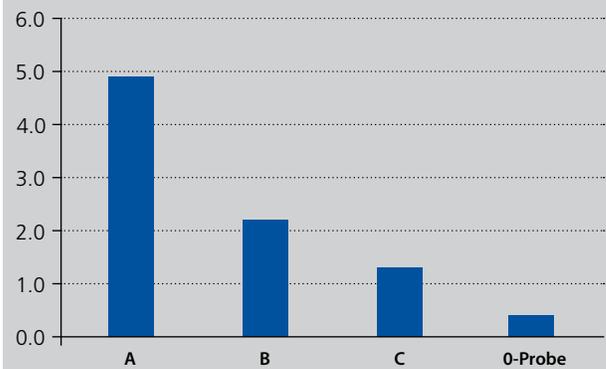
Für spezielle Anwendungen ist es notwendig, eine Testmethode an die typischen Beanspruchungen des tatsächlichen Praxiseinsatzes anzugleichen. Der Wischblatt-Beständigkeitstest wurde entwickelt, um den beschleunigten Abrieb durch Automobil-Scheibenwischern unter kontrollierten Laborbedingungen zu simulieren.

Statt rotierender Schleifscheiben, wird eine lineare Hin- und Herbewegung eines Wischerblatts auf dem Probenmaterial angewendet. Der Prüfling wird bei Umgebungstemperatur in einen Behälter mit einer nach ISO 12-103-1 A4 gefüllten Suspension gelegt.

Nach 20.000 Zyklen ist der Test beendet. Nach dem Test müssen die Proben mit Wasser gesäubert werden. Für die abschließende Bewertung wird die Trübung mit dem haze-gard i gemessen. Um repräsentative Messergebnisse zu erhalten, werden an neun Stellen innerhalb des Zentrums der Probe Messungen vorgenommen.



Trübung (Haze) unterschiedlicher Beschichtungen
% Haze (ASTM D 1003)



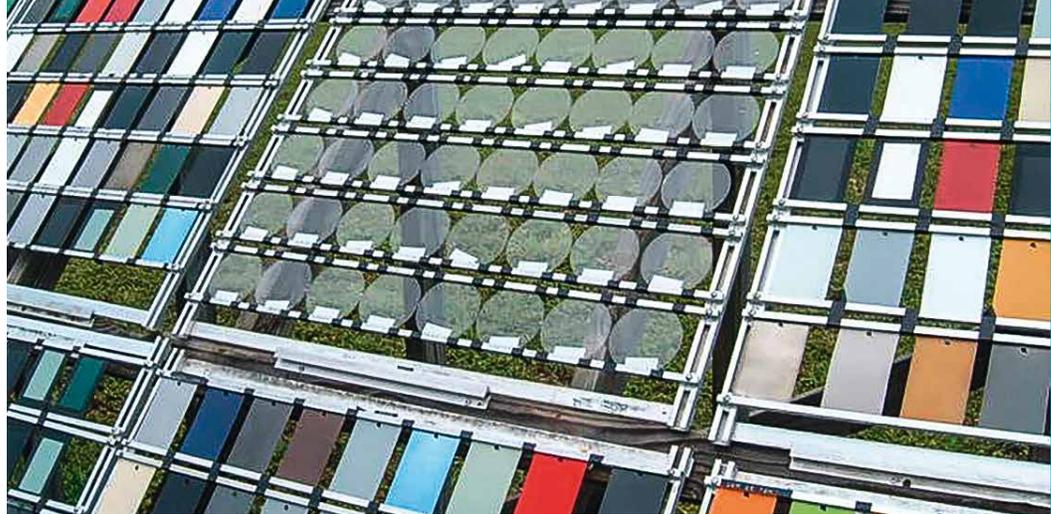
BYK-Gardner Lösungen



Wasch- und Scheuertester
Nassabrieb



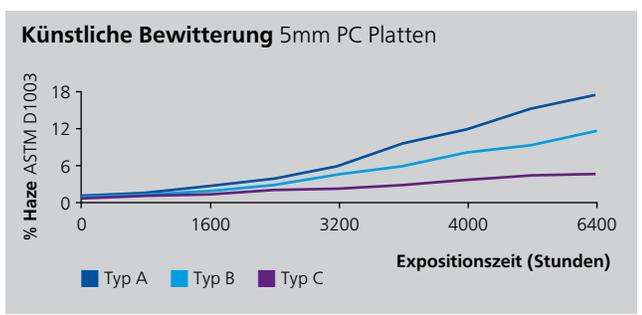
Zubehör für Wasch- und Scheuertester
Umrüstsatz



Bewitterungsstabilität

Für Außenanwendungen wie Lärmschutzwände, Solarzellenplatten oder Fahrzeugverglasung wird eine Lebensdauer von mehreren Jahrzehnten erwartet. Extreme Witterungsbedingungen beeinträchtigen die Stabilität und die Transparenz von Kunststoffverglasung. Heutzutage ist eine große Vielfalt an Kunststoffen verfügbar von fotostabilen Kunststoffen bis hin zu UV-stabilisierten Polymeren. Dennoch sind natürliche und künstlich beschleunigte Bewitterungstests notwendig, um den Einfluss von Hitze, UV-Licht und Feuchtigkeit auf die Produktqualität zu untersuchen. Deshalb werden Trübung und Glanz nach gewissen Expositionszeiten gemessen.

Das folgende Beispiel zeigt die Trübungsergebnisse unterschiedlicher Polycarbonatproben nach künstlicher Bewitterung.



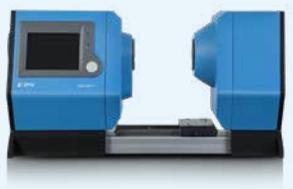
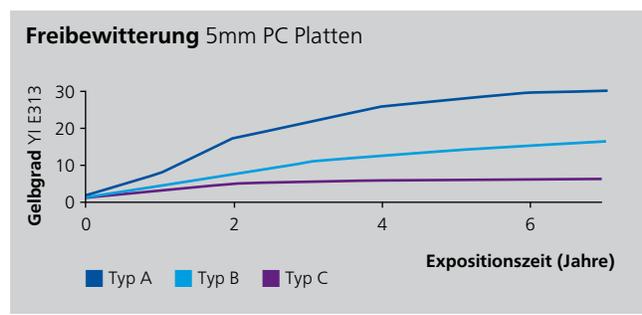
Da der Abbauvorgang innerhalb einer Probe normalerweise nicht gleichmäßig erfolgt, ist es wichtig eine statistische Auswertung mehrerer Messungen durchzuführen. Außerdem sollten nur Proben der gleichen Dicke verglichen werden.

Gelbgrad

Ein weiterer kritischer Aspekt der Bewitterung ist die Tendenz von Polymeren zu vergilben. Die Ursache hierfür ist die verringerte Transmission im blauen Spektralbereich. Die Vergilbung wird durch messen der Farbe in Reflexion mit einem weißen Untergrund beurteilt. Es ist empfehlenswert immer das gleiche Substrat und nur Proben der gleichen Dicke zu verwenden.

Das spectro2guide ist als portables Farbmessgerät ideal für die Farbmessung vor Ort in der Freibewitterungsstation. Es misst die Spektralverteilung und die Farbkoordinaten im CIELab Farbsystem. Für eine schnelle Überprüfung wird oft nur der Gelbgrad gemäß ASTM YI E313 oder YI D1925 herangezogen.

Im folgenden Beispiel wurden unterschiedliche Modifikationen von Polycarbonat der natürlichen Bewitterung für mehrere Jahre ausgesetzt.



Transparenz
haze-gard i



Zubehör für Folien und Platten
Probenhalter



Farb- und Glanzmessung
spectro2guide

BYK-Gardner Lösungen für transparente Produkte

Kunststoffrohmaterial – Granulat

Kunststoff-Plättchen/Folien
Sehr dünne Folien

Zubehör

- Halter für Folien und Platten
- Halter für dünne Folien
- byko-charts, Opazitäts-Prüfkarten



Folien

Folien
Sehr dünne Folien

Zubehör

- Küvettenhalter mit Küvetten für „Innere Haze“ Kontrolle
- Halter für Folien und Platten
- Halter für dünne Folien
- byko-chart matt für Glanzmessungen
- byko-chart, Opazitäts-Prüfkarten



Transparente Kunststoffplatten

Platten

Zubehör

- Halter für Folien und Platten
- Halter für Taberabrieb
- byko-chart matt für Glanzmessungen
- byko-chart für Gelbgrad Kontrolle



Zubehör für Transparenz



Halter für Folien und Platten
Kat. Nr. 4788



Halter für dünne Folien
Kat. Nr. 4784



Küvettenhalter
Kat. Nr. 4786



Küvetten
Kat. Nr. 6180 - 6183



Hazestandard Set
Kat. Nr. 4795



Prüfstandard Clarity
Kat. Nr. 4777



Transmissionsstandard Set
Kat. Nr. 4783



byko-chart, Opazitäts-Prüfkarte
Kat. Nr. 2813



byko-chart, unbeschichtete, matte
Prüfkarte
Kat. Nr. 2832



Scheuertafel schwarz
Kat. Nr. 5015



Halter für Taberabrieb
Kat. Nr. 4785



Nassabrieb-Scheuertester
Kat. Nr. 5000



Umrüstsatz
Kat. Nr. 5094

BYK-Gardner Lösungen für transparente Produkte

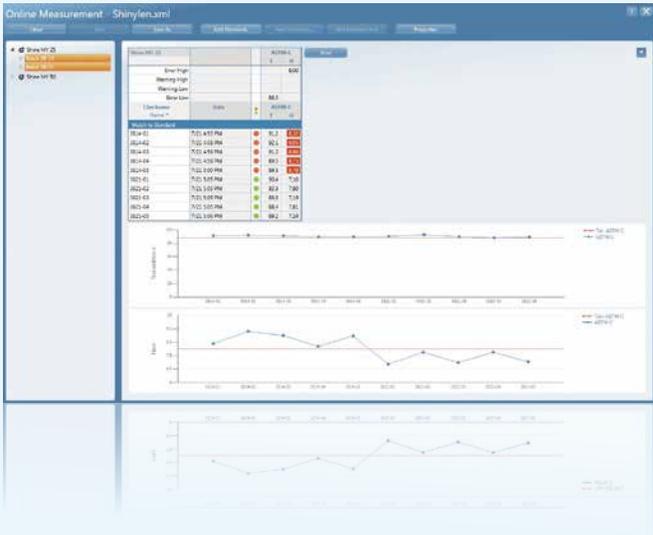
BYK-Gardner Objektives Auge



haze-gard i
Der objektive Standard für klare Durchsicht.

Kat. Nr. 4775

BYK-Gardner Software



smart-lab Haze
Online Messung. Sofortige Datenanalyse.

Kat. Nr. 4865



micro-gloss

Die NEUE Intelligenz in der Glanzmessung.

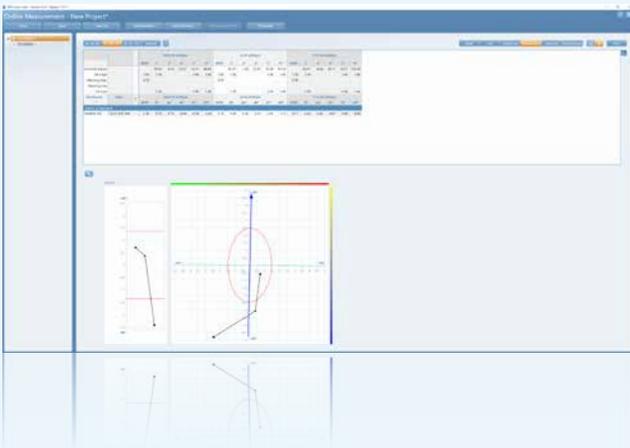
Kat. Nr. 4446 micro-TRI-gloss



spectro2guide

Die Revolution in der portablen Farbmessung.

Kat. Nr. 7075 spectro2guide, 45/0 | Kat. Nr. 7070 spectro2guide, d/8



smart-lab Color

Professionelle Standardverwaltung und Dokumentation.

Kat. Nr. 7083

BYK-Gardner GmbH

Lausitzer Straße 8
82538 Geretsried
Germany
Tel. 0-800-gardner
(0-800-4273637)
+49-8171-3493-0
Fax +49-8171-3493-140

BYK-Gardner USA

9104 Guilford Road
Columbia, MD 21046
USA
Phone 800-343-7721
301-483-6500
Fax 800-394-8215
301-483-6555

BYK-Gardner Shanghai Office

6A, Building A
Yuehong Plaza
No. 88 Hongcao Road
Xuhui District
Shanghai 200233
P.R. China
Phone +86-21-3367-6331
Fax +86-21-3367-6332