

# Pilkington Glaskompendium

Technische Informationen  
und Wissenswertes rund um  
das Thema Glas.

Ausgabe: 8  
Dezember 2003  
ISSN: 1611-0951

---

## Farbe und Neutralität

---

In der zweiten Ausgabe des Glaskompendiums ging es um Sonnenschutzgläser. Darin wurden die Fragen der Farbe und der Neutralität nur angeschnitten. In dieser Ausgabe widmen wir uns dem Themengebiet etwas intensiver.

Farbe und insbesondere die Farbneutralität ist ein heikles Themengebiet, dem wir uns dennoch zuwenden, denn hierzulande bestehen fast alle Planer, Architekten, Bauherren auf „Neutralität“ bei beschichteten Gläsern für die Wärmedämmung und für den Sonnenschutz. In anderen europäischen Ländern, vor allem im Süden und erst recht außerhalb Europas, sieht man dieses Thema viel gelassener. Im Gegenteil, häufig ist Neutralität nicht einmal gewünscht, suggerieren doch Farbe und Abdunkelung gleichzeitig Schutz vor einem Zuviel an greller Sonne.

Schaut man aber genauer hin, wird man feststellen, dass zwar viele unserer hiesigen Planer Neutralität fordern, jedoch gar nicht bemerken, dass sie nicht die Neutralität im physikalischen Sinne meinen – auch wenn sie fest daran glauben!

Wieso dieser scheinbare Widerspruch?



PILKINGTON

Physikalisch gesehen könnte man Farbneutralität recht einfach definieren als die Nicht-Abweichung vom normalen Sonnenlicht. Wobei es sowohl eine „Normalität“ zu definieren gilt als auch die Abweichung davon. Jeder Fotograf, ja selbst jeder Hobby-Fotograf weiß, wie stark die Farbe des Sonnenlichts mit dem Tagesablauf oder während des Jahres schwankt. Was aber tatsächlich unter Neutralität verstanden wird, ist höchst subjektiv. Denn wer von uns weiß schon, wie sein Nachbar Farbe „erlebt“? Wir können uns zwar leicht darauf einigen, ein bestimmtes Aussehen als z. B. „rot“ zu bezeichnen, aber nachprüfbar, ob jemand anderes die Farbe „Rot“ tatsächlich so wahrnimmt wie wir, ist es kaum.

Wie kann man Neutralität technisch erreichen, und ist das technisch Erreichbare auch wirklich das, was der Kunde haben möchte? Um diese Fragen zu beantworten, muss man wissen, wie Farbe entsteht und welchen Einfluss unser Gehirn auf unsere Farbeindrücke hat.

Das Licht, das uns von unserer Sonne gesandt wird, bezeichnen wir üblicherweise als weiß und halten es für neutral, denn es ist für uns alle auf der Erde das Licht schlechthin. Darauf haben sich alle Lebewesen im Laufe der Jahrtausende eingestellt und wir bemerken nicht mehr bewusst, wie sehr das Tageslicht schwankt, nicht nur in seiner Helligkeit, sondern auch in seiner Farbzusammensetzung.

Weiß ist die Summe aller Einzelfarben. Aber ist es damit auch selbst eine Farbe? Und was ist mit Schwarz und all den Grautönen zwischen Weiß und Schwarz? Je nach „Philosophie“ werden sie als eigenständige Farben angesehen oder lediglich als Helligkeitsstufen. Der Brockhaus (siehe Textkasten auf der letzten Seite) gibt die derzeit vorherrschende Lehrmeinung wieder, indem sie als „unbunte Farben“ definiert werden.

Wer wüsste nicht, dass morgens das Licht oft etwas gelblich-„kalt“ ist, abends aber rötlich-„warm“ (was wären sonst schon die stimmungsvollen Sonnenuntergänge am Meer!?) und beim Gewitter bedrohlich-grau? Und wer einmal seine Lieben beim Frühlingsspaziergang im Wald fotografierte, wird nachher auf dem Papierabzug feststellen, dass sie eine Gesichtsfarbe zeigen, die in Richtung Marsmenschen-Grün geht. Und all das halten

wir für in etwa „neutral“, denn unser Auge „misst“ noch leidlich richtig das ankommende Licht, aber unser Bewertungs-Computer Gehirn macht dann „neutral“ daraus. (Nur der Farbfilm weiß nichts davon, und wir beschwerten uns über die scheinbar schlechten Abzüge).

Versuchen wir jetzt, die Sache etwas technischer anzugehen: Mit derart dauernd wechselnden Farben kann kein Wissenschaftler arbeiten. Also schafft er eine normierte „Sonnenstrahlung“, quasi das „Urmaß“ der Neutralität. Daher wird für technische Zwecke als Bezugslichtart z. B. eine „Normlichtart D 65“ festgelegt.

(Gedankenspiel: Stellten wir uns einmal eine andere Sonne vor mit einer anderen Oberflächentemperatur, d. h. einer anderen „Farbtemperatur“ als etwa 6000 Kelvin, dann bezeichneten wir deren speziellen Farben-Mix auch als neutral, selbst wenn es sich von unserem bekannten Weiß drastisch unterschiede.)

Dabei sollten wir nicht „Helligkeit“ und „Neutralität“ verwechseln. Selbst die schwarze Katze im dunklen Kohlenkeller ist farbneutral, nur eben sehr dunkel, aber nicht farbverfälscht. Diese Bemerkung zielt auf eine missverständliche Wortschöpfung der Glasbranche in der letzten Zeit hin, die manche Wärmedämm- und Sonnenschutz-Gläser als „super neutral“ oder ähnlich wohlklingend hochpreist, wo doch eigentlich „nur“ gemeint ist, dass sie eine besonders hohe Lichtdurchlässigkeit aufweisen. Helligkeit und Neutralität können folglich miteinander einhergehen, müssen es aber noch lange nicht.

Daher können auch die verschiedensten (grau) eingefärbten und beschichteten Gläser mehr oder weniger farbneutral sein, vom extrem hellen Weißglas über viele Wärmedämm- und Sonnenschutzgläser bis hin zum fast lichtundurchlässigen Spionspiegel. Die Wirkung ist genau die gleiche, die ein Fotograf im Hochgebirge oder an der See mit Graufiltern unterschiedlicher Tönung verfolgt, um die Lichtfülle zu begrenzen, ohne dass dies zu Farbverfälschungen führte.

Vielen ist der „Farbwiedergabeindex“  $R_a$  (nach DIN 6169 oder EN 410) als Maß für die Farbneutralität in der Durchsicht noch bekannt, auch wenn seine Bedeutung in der Praxis nachgelassen hat. Er vergleicht das ankommende, normierte Licht mit dem hindurchgelassenen, und zwar bei acht verschiedenen Wellenlängen, die charakteristisch sind für bekannte Farben, wie etwa Altrosa, Senfgelb usw. Aber auch der  $R_a$ -Wert hat nichts mit der Lichtdurchlässigkeit zu tun. Er beschreibt hingegen, ob und

wie sich der Farbeindruck verschiebt. Ein offenes Fenster bietet logischerweise die optimale Farbwiedergabe, mit  $R_a = 100$  bezeichnet (übrigens als dimensionslose Größe, ohne %-Zeichen o. Ä.). Schon das Schließen des Fensters mit einer einfachen Glastafel bedeutet eine erste, sehr schwache Farbverfälschung, denn nicht einmal Pilkington **Optiwhite**<sup>™</sup> wäre „absolut“ farbneutral. Jede weitere Glastafel, jede noch so gute Beschichtung bewirkt eine weitere minimale Verschiebung.

Das Dumme daran ist nur, dass uns in manchen Fällen eine Farbverschiebung stört, wir sie in anderen hingegen als angenehm empfinden. Als Beispiel für diesen Widerspruch sei erwähnt, dass wir vor Jahren ein beschichtetes Sonnenschutzglas im Programm hatten mit einem sehr guten  $R_a$ -Wert. Es verkaufte sich aber schlechter als ein später entwickeltes, technisch in etwa gleichwertiges Sonnenschutzglas, das jedoch einen ungünstigeren  $R_a$ -Wert aufwies und leicht bläulich in der Durchsicht war. Trotz unserer eigenen Skepsis war es ausgerechnet dieser bläuliche Ton, der als frischer und somit indirekt als „neutraler“ empfunden wurde, und das war entscheidender als der ein wenig ungünstigere Wert für die Farbwiedergabe. Unser Auge ist nun einmal kein Messgerät, jedoch unser Empfinden sehr subjektiv und „ungerecht“. Eine leichte Verschiebung ins Gelbliche hinein wird eher als „Sonnenbrilleneffekt“ empfunden, die gleich weite oder sogar noch größere Entfernung ins Bläuliche hinein als freundlich-modern.

Bei der künstlichen Beleuchtung zu Hause sind wir übrigens weit weniger anspruchsvoll. Die Farbtemperatur einer üblichen Glühbirne ist eine glatte „ $R_a$ -Wert-Katastrophe“, weil sie mit Abstand schlechter ist als es eine Farbverschiebung durch ein beschichtetes Sonnenschutzglas je sein könnte. Und vollends unlogisch werden wir, wenn es ins Sentimentale geht: Weihnachtlicher Kerzenschein oder ein Sonnenuntergangshimmel vermitteln uns Stimmungshochgefühle. Da fragt niemand mehr nach Farbneutralität.

Kommen wir zum Glas zurück: Wie sorgen wir für Farbe bei Gläsern bzw. wie vermeiden wir sie, um neutrale Gläser anbieten zu können?

Zunächst muss man einmal zwischen „richtiger“ und „scheinbarer“ Farbe unterscheiden. Diese Begriffe sind wissenschaftlich in dieser Vereinfachung sicherlich unhaltbar. Gemeint ist damit, bezogen auf Glas, Folgendes:

- In der Masse durchgefärbtes Glas ist gleichermaßen farbig, sowohl in der Ansicht als auch in der Durchsicht. Bei einem Pilkington **Optifloat**<sup>™</sup> Grün z. B. sind Eisenoxide in der Glasmasse verteilt, die alle Farbanteile (blau, rot, gelb usw.) absorbieren oder filtern, bis auf das verbleibende Grün, egal ob man draufschaut oder hindurchsieht. Ähnlich verhält es sich mit Lacken und Malfarben. Die Farbgebung kommt durch Farbkörper oder Pigmente zustande.
- Bei einem beschichtetem Glas ist jedoch gar kein „Farbstoff“ vorhanden. Es wird nur eine Schicht (tatsächlich eine hochkomplexe Abfolge diverser hauchdünner Schichten) aufgetragen, die bestimmte Wellenlängen des sichtbaren Lichtes reflektieren. Derartiges kennt man von einem Ölfilm auf einer Wasserpfütze: Öl kann einen leuchtend buntschimmernden Film hervorbringen, auch wenn das Öl selbst rein und völlig farblos sein sollte. Lichtstrahlen, die auf diesen Film fallen, werden sowohl von der Ölfilmoberseite als auch von der Wasserfläche reflektiert. Welche Wellenlängenbereiche ausgelöscht werden, hängt von der Dicke des Ölfilms ab. Ihre Oberfläche erscheint in Regenbogenfarben, zum einen weil die Dicke des Films unterschiedlich ist, und zum anderen, weil diese Dicke auch davon abhängt, aus welcher Richtung man auf ihn blickt. Ein weiteres Beispiel: Schmetterlingsflügel (Abb. 1), Pfauen- oder Eisvogel-Federn. Auch sie enthalten keine Farbkörper oder Pigmente. Der Beweis ist auch hierbei leicht erbracht: Man braucht nur einmal durch einen Schmetterlingsflügel hindurchzusehen oder ihn zwischen den Fingern zu verreiben und dabei festzustellen, dass er schmutzig gräulich-bräunlich wirkt, von seiner Farbenpracht obendrauf aber nichts mehr zu sehen ist. Die Erklärung: Kleine, flache Luftkammern im Flügel, mit unterschiedlicher Höhe und Abfolge (Abb. 2), wirken ähnlich wie ein dünner Ölfilm und reflektieren die jeweiligen Farbanteile des Sonnenlichts. Physiker reden dann von den sog. Farben dünner Plättchen oder von Strukturfarben.

Unsere Forscher für Sonnenschutzgläser machen sich dies geschickt zunutze. In der Anfangsphase des **INFRASTOP**<sup>®</sup>-Sonnenschutzglases, Ende der 60er-Jahre, brachte man eine dünne Haft-

und Goldschicht auf, versah sie ggf. mit einer weiteren so genannten Interferenzschicht (Interferenz = Wechselwirkung) und schuf sehr farbintensive Gläser in der Ansicht. (Das entsprach dem damaligen Geschmack, und es gelang auch noch gar nicht, neutral-beschichtete Gläser zu entwickeln und zu produzieren.) Beim Blick von innen waren sie aber allesamt umbral, d. h. sie hatten unvermeidbar eine leicht braun-goldige Durchsicht, bedingt durch die dünne Goldschicht.

Diese Hürde der Nicht-Neutralität konnte erst überwunden werden, als man anstelle der echten Goldbeschichtungen die korrosionsgefährdeten Silberbeschichtungen durch verfeinerte Beschichtungstechniken zu beherrschen begann. Damit wurde es nunmehr möglich, im Bereich des sichtbaren Lichts die reflektierten Farben so zu „mischen“, dass sie wieder neutral aussehen. Die Kunst der „Schichtkonstrukteure“ besteht also darin, Gläser wie Pilkington **Suncool™** Neutral nicht im absoluten, messtechnischen Sinne gleichmäßig-neutral reflektieren zu lassen, sondern „nur“ so, dass sie uns wie neutral vorkommen. Übrigens spricht man nur der Einfachheit halber von der „Beschichtung“, unterschlägt dabei aber, dass es sich heutzutage in Wahrheit um sehr komplexe Schichtsysteme mit diversen Haft-/Funktions-/Interferenz-/Entspiegelungs- und Schutzschichten handelt.

Bei der Konzeption und Entwicklung der Schichten, aber auch während der späteren Prozessführung in der Produktion kann man sich natürlich nicht auf subjektive Eindrücke verlassen. Deswegen werden die Transmission und die Reflexionen penibel gemessen und die Farbwerte dann als wissenschaftliches Modell in ein Koordinatensystem eingetragen. Wie auf einer Landkarte werden Bereiche markiert (Abb. 3). Je weiter nach „Norden“, desto gelber, der Osten ist rot, der Süden blau, der Westen grün. Die Mitte, also der Kreuzungspunkt der Koordinatenachsen, ist farbneutral.

Wer es ein wenig genauer wissen will: Farbe lässt sich mit dem sog.  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ -System sehr genau beschreiben. Dabei steht  $a^*$  für die rot-grüne Farbachse,  $b^*$  für die gelb-blaue Farbachse. Diese zweidimensionale Zuordnung wird überlagert durch  $L^*$ , das ein Maß für die Helligkeit ist. Daher kann jede Farbe als sog. Farbort  $\Delta E^*$  in einem dreidimensionalen (Raum-) System eindeutig charakterisiert werden. Auch die Farbabstände vom Sollwert lassen sich darin durch ein  $\Delta E^*$  präzise festlegen.



Abbildung 1

Ansicht eines Schmetterlingsflügels.

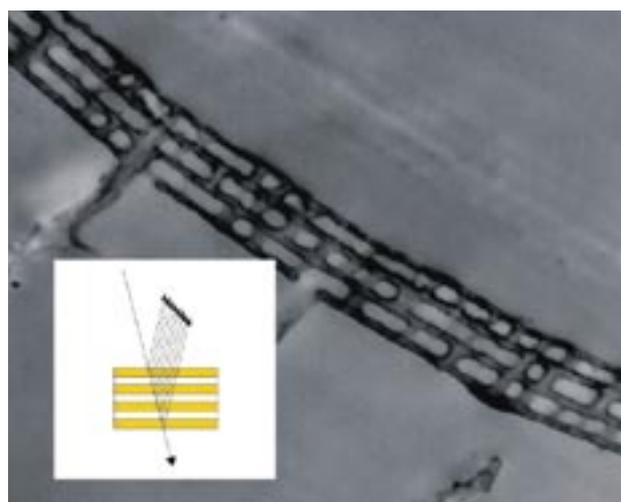


Abbildung 2

Schnitt durch einen Schmetterlingsflügel.

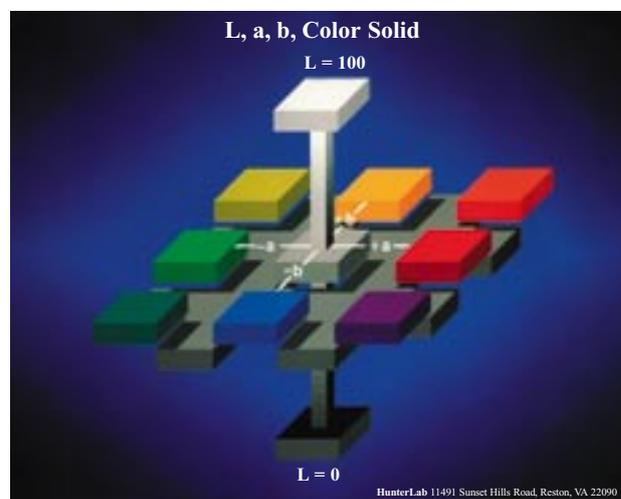


Abbildung 3

Farbdarstellung in einem dreidimensionalen  $L^*$   $a^*$   $b^*$ -System.

Nun sollte man spontan annehmen, eine Punktlandung auf dem Achsenschnittpunkt stelle das Ideal dar. Aber weit gefehlt!

Damit wäre vielleicht der Wissenschaftler glücklich, aber man vergisst schnell, was das Gehirn aus unserer Wahrnehmung macht. Zum einen ist es wahrscheinlich für die meisten von uns unbewusst gar nicht entscheidend, dass ein Glas wirklich perfekt neutral erscheint, sondern dass es so aussieht wie früher Einfach- oder Isolierverglasungen immer aussahen. Dann müsste man neuen Gläsern von vornherein einen leichten Grüntich mit auf den Weg geben.

Zum anderen wird, wie weiter oben ausgeführt wurde, ein leichter Blauton als freundlicher und frischer empfunden als eine perfekte Neutralität oder gar das Abdriften zu einer anderen Farbe als Blau.

Außerdem könnte sich ein Beschichtungshersteller voraussichtlich Probleme aufhalsen mit einem wirklich neutralen Produkt: Es ist eine Eigenheit unseres Sehvermögens und -gedächtnisses, dass wir zwar ein miserables Farbgedächtnis haben (die Schwierigkeit kennt jeder, der zu einem farbigen Hemd aus der Erinnerung heraus eine passende Krawatte kaufen will), aber im direkten Vergleich fallen uns schon allerfeinste Farbnuancen sofort auf, und zwar um so mehr, je neutraler die Farbe ist.

Für Glasbeschichter heißt das: Aufgrund der natürlichen Beleuchtung könnte man sich bei einigen Farben größere Abweichungen erlauben als bei den neutralen. Und wenn diese Schwankungen dann auch noch mal in die eine, mal in die andere Richtung fallen sollten, sieht solch eine Fassade schnell scheckig aus, auch wenn die Abweichungen eigentlich nur sehr gering sind. Ein Grund mehr, gezielt zu einer leichten Farbigeit zu gehen.

Man sieht dies sehr schön in der Abb. 4: In diesem Diagramm sind die Farbreflexionswerte sehr vieler der in Deutschland angebotenen aktuellen Wärmedämmgläser (mit 4 % Emissivität) eingetragen, natürlich in anonymisierter Form. Alle zeigen eine leichte bis mittlere Tendenz in Richtung Blau mit ein wenig Grünanteil. (Umgekehrt zeigt sich dann die Durchsicht stets in der Komplementärfarbe, also in einem sehr leichten Gelbton.)

In Einzelfällen mag der Blauton in der Ansicht das Unvermögen eines Herstellers dokumentieren, im Wesentlichen aber ist es das Ergebnis gezielter „Nicht-Neutralität“ zur perfekten Erfüllung der Kundenwünsche.

Aus diesen Überlegungen heraus erklärt sich leicht, dass die zahlenmäßige Festlegung einer Toleranzbreite als Maßstab einer

zufriedenstellenden Farbeinhaltung oder einer Farbgleichmäßigkeit nur begrenzt nützlich ist. Einerseits ist es auch für den besten Hersteller mit den neuesten und hervorragendsten Anlagen unmöglich, ohne jede Schwankung zu produzieren. Man bewegt sich nämlich häufig nur noch bei Schicht-„Dicken“ weniger Atomlagen! Andererseits ist der Wunsch des Bauherren nach einer perfekten Fassadenansicht nur zu verständlich.

Zwar lässt die einzige dazu im Bauglasbereich bekannte Norm, die amerikanische ASTM C 1376-97, einen Farbabstand  $\Delta E^*$  von fünf Einheiten zu, in Deutschland wird aber in der Baupraxis ein  $\Delta E^*$  von etwa drei akzeptiert. Das bedeutet nun nicht, dass dann keine Unterschiede mehr erkennbar wären, sondern es ist die notwendige Konzession an das praktisch Machbare.

Und letztlich ist das Auge und das Farberkennungsvermögen des jeweiligen Kunden der Maßstab für seine Zufriedenheit. Intensivfarbene und hochspiegelnde Gläser sehen immer gut aus, erst recht bei Sonnenschein. Kritischer sind naturgemäß die neutralen „Farben“, bei bedecktem Himmel, möglichst noch aus spitzem Blickwinkel betrachtet. Kommen dann noch irritierende optische Einflüsse hinzu durch die Nachbarschaft farbiger Rahmen oder Wandflächen, dann steht man vor Extremsituationen, bei denen die Entwickler an die Grenzen des technisch Erreichbaren stoßen und bei denen sie die manchmal doch ein wenig übersteigerte Erwartungshaltung mancher Planer nicht mehr erfüllen können.

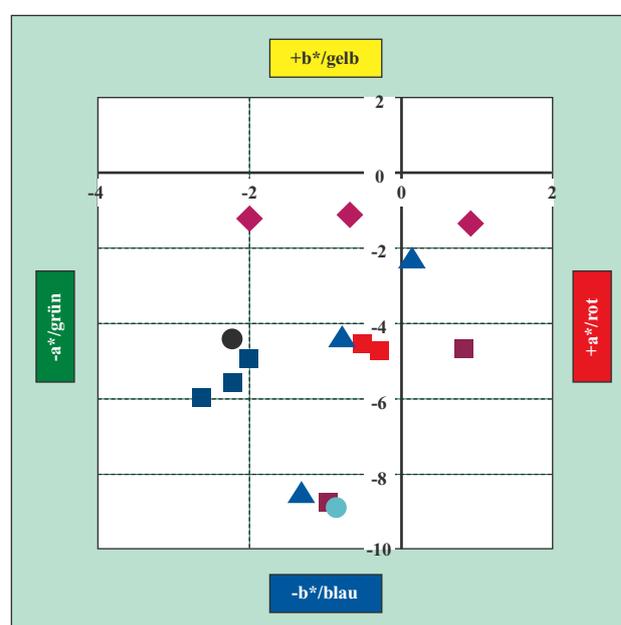


Abbildung 4

Reflexionsfarben aktueller Wärmedämmgläser.

### Für „Dickbrettbohrer“:

Der Brockhaus definiert **Farbe** wie folgt :

Eine durch Licht bestimmter spektraler Beschaffenheit ausgelöste und durch das Auge vermittelte Sinnesempfindung (Farbsehen); die wahrgenommene Farbe ist keine physikalische Eigenschaft der Gegenstände, wird jedoch im Sprachgebrauch für die auslösende Lichtstrahlung selbst oder für stoffliche Farbmittel verwendet.

An den **bunten Farben** nimmt man einen **Farbton** wahr (Gelb, Rot, Blau, Grün), der verschieden stark ausgeprägt sein kann (**Sättigung**), sowie eine **Helligkeit**. Fehlt der Farbe der Farbton, ist die Sättigung null, und es liegt eine unbunte Farbe vor (Schwarz, Weiß und ihre Mischungen, die Farben der Graureihe). Eine Farbe eines bestimmten Farbtons lässt sich in zweierlei Weise abwandeln: Durch additive Zumischung von gleich hellem Grau kann man den Farbtoncharakter immer mehr zurücktreten lassen; die ursprüngliche Helligkeit bleibt unverändert und die Sätti-

gung wird vermindert. Durch Abdunkeln der gegebenen Farbe, das heißt eine additive Zumischung von Schwarz, bleiben Farbton und Sättigung unverändert; nur die Helligkeit nimmt ab, und es entstehen Farben derselben **Farbart**. Da außerdem der Farbton geändert werden kann, ergibt sich eine dreifache Variationsmöglichkeit der Farbe: Die Farbe ist »dreidimensional«, das heißt, drei voneinander unabhängige Bestimmungen sind zur eindeutigen Beschreibung einer Farbempfindung notwendig; diese Dreidimensionalität ist im physiologischen Vorgang des Farbsehens begründet und wird in der Farbmeterik ausgenutzt. Die Helligkeitsempfindung bei nicht selbstleuchtenden Flächen (**Körperfarbe**) wird vom Auge stets relativ zu den Helligkeiten gleichzeitig gesehener anderer Flächen beurteilt (**gebundene Farbe**). Bei selbstleuchtenden Objekten (Lichtquellen) ist dem Auge ein solcher Bezug nicht möglich; deshalb wird deren Helligkeit durch das photometrische Maß der Leuchtdichte beschrieben.

### Impressum

**Herausgeber:** Pilkington Deutschland AG  
Alfredstraße 236 45133 Essen

**Verantwortlich:** Daniela Lemanczyk, Horst Harzheim  
Telefon +49 (0)201 125 53 15 Telefax +49 (0)201 125 50 99

**Quellenangabe der Fotos:** Applied Films GmbH, Alzenau,  
„Precision“ August 2002, Hans-Georg Lotz

**Literatur:** Farbe und Verhalten im Tierreich,  
Fogden, Herder Verlag, 1975.

Bibliographisches Institut & F. A. Brockhaus AG, 2002  
(Gekürzte Wiedergabe)

**Gestaltung:** Identity Development GmbH, Essen

Pilkington Glaskompendium  
Ausgabe 8, Dezember 2003 – ISSN 1611-0951



PILKINGTON

[www.pilkington.com](http://www.pilkington.com)