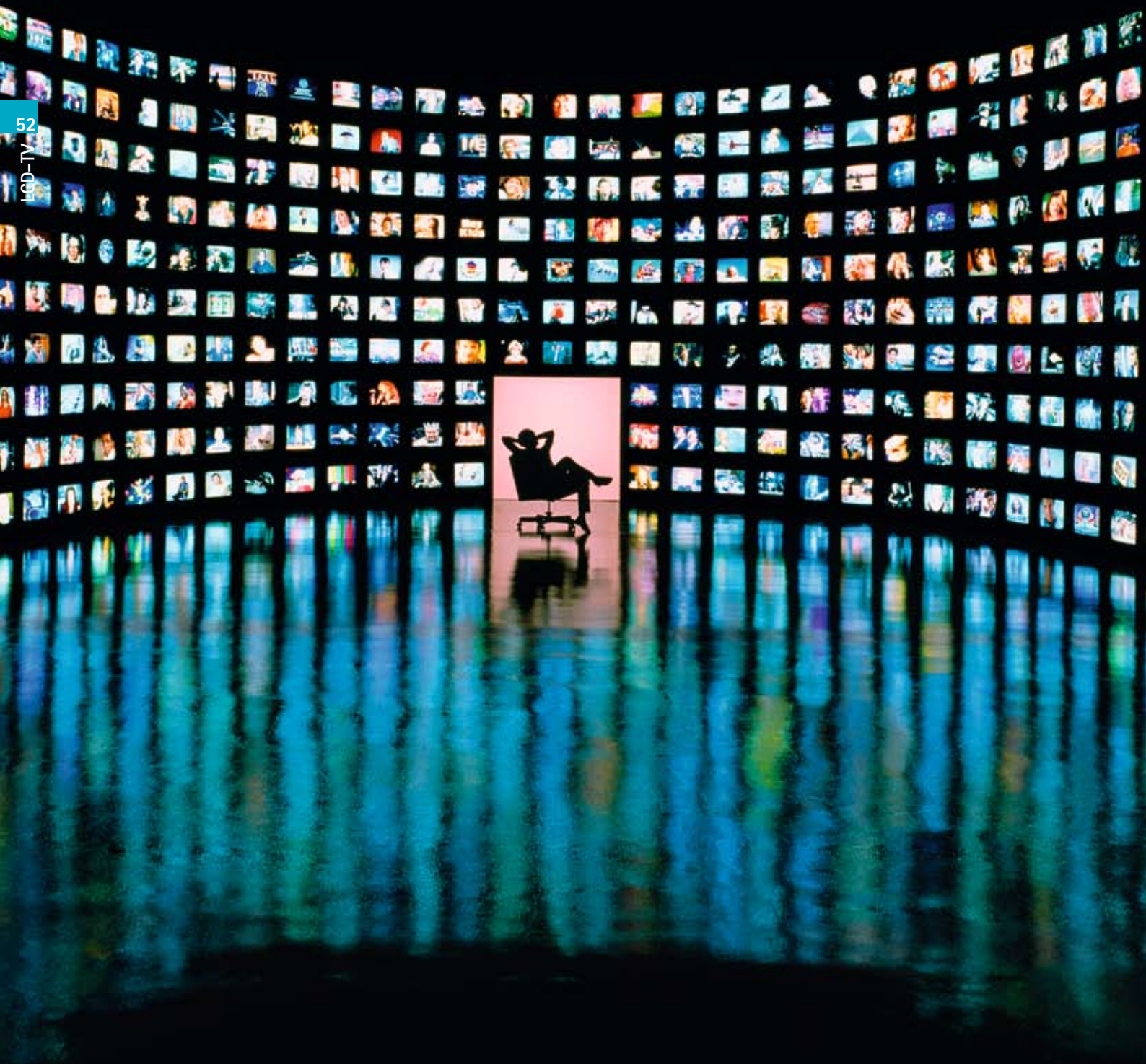


Hochreines Makrolon® lässt LCD-Bildschirme leuchten

Fernseher im Großformat



52
LCD-TV

Flachbild-Fernseher stehen längst in vielen Wohnzimmern. Herkömmliche Kunststoffe setzten dem Größenwachstum aber bisher Grenzen: Die dünnen Streuplatten wölbten sich. Forscher von Bayer MaterialScience haben jetzt hochreines Makrolon® mit hervorragenden optischen Eigenschaften entwickelt, das auch bei riesigen Bildschirmdiagonalen in Form bleibt.



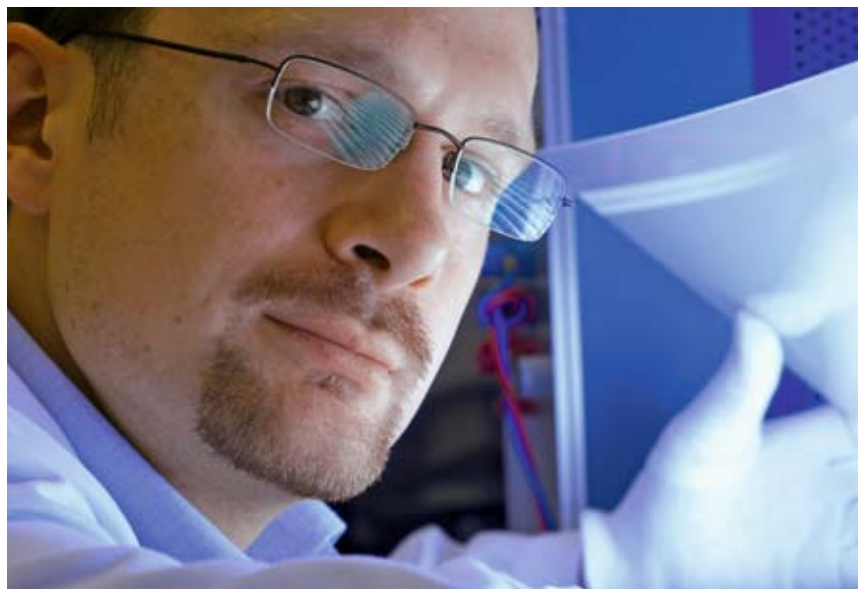
Bildschirme soweit das Auge reicht: Der Arbeitsplatz von Dr. Claus Rüdiger und Dr. Gunther Stollwerck ist voll davon. Im Gebäude R 79 von Bayer MaterialScience in Krefeld-Uerdingen haben sich Hightech-Geräte aus der Unterhaltungsindustrie versammelt. Doch die beiden sind nicht etwa fernsehsüchtig, sie interessieren sich vielmehr für das Innenleben von modernen Flachbild-Fernsehern. Auf einem Tisch steht ein gutes Dutzend der dünnen Monitore – nackt und ohne Gehäuse, sorgsam eingewickelt in Plastikfolie und hochkant aneinander gelehnt wie Bilderrahmen. Rüdiger ist Chemiker, Stollwerck Physiker. Ihr Labor ähnelt aber eher einer Elektronik-Werkstatt: Unmengen

an Elektro-Bausteinen, Regale mit einer Vielzahl kleiner Schubfächer – ein jedes sorgfältig beschriftet: „Kontaktschuhe“, „Widerstände“. Gemeinsam arbeiten sie daran, große Flachbildschirme brillant leuchten zu lassen.

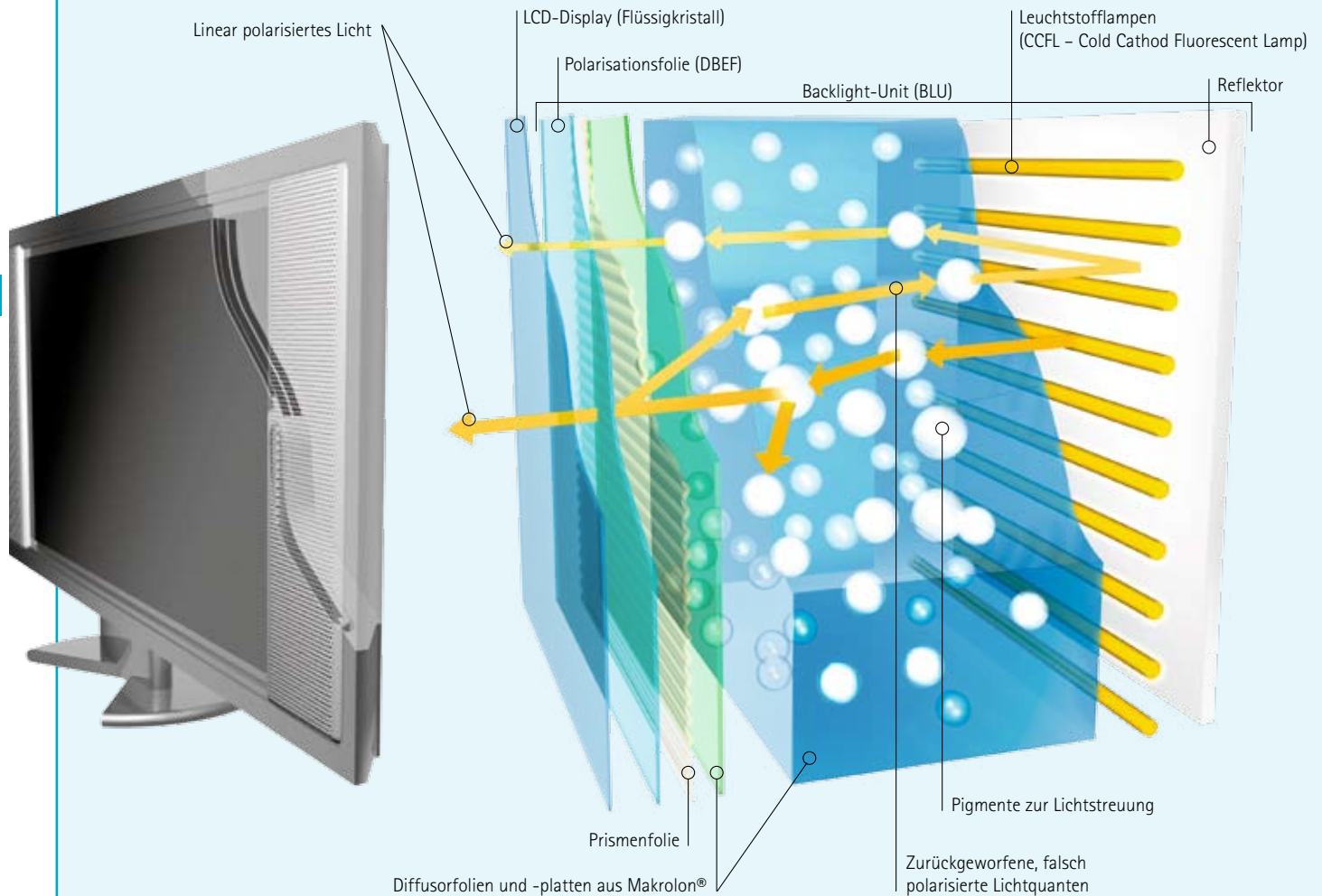
Hightech-Sandwich aus dünnen Kunststofffolien

Stollwerck greift einen Monitor und legt ihn bedächtig auf den Labortisch. Dann streift er sich weiße Stoffhandschuhe über und beginnt, den Bildschirm zu zerlegen. Aber mit dem, was man aus dem Kaufhaus kennt, hat das Gerät auf dem Tisch wenig gemein. Die dunkle Mattscheibe fehlt und auch der eigentliche

TV total: LCD-Fernseher boomen und erfordern neue Materialien. Bayer-Techniker wie Andreas Lyding sorgen jetzt beispielsweise mit speziellen Makrolon®-Mischungen für noch mehr Helligkeit bei Flachbildschirmen.



Das Licht hinter der Mattscheibe



Um ein gleichmäßig helles und brillantes Bild auf die Mattscheibe eines LCD-Monitors zu zaubern, bedarf es vieler Bauelemente und optischer Schichten. Der Bildschirm lässt sich vereinfacht in zwei Komponenten unterteilen: Die Backlight-Unit, in der das Licht erzeugt und modifiziert wird, und das LCD-Display. Dieses enthält rote, grüne und blaue Farbfilter und Flüssigkristalle, die durch feine Stromimpulse abwechselnd aktiviert werden und das Licht passieren lassen. So entsteht ein bewegtes, farbiges Fernsehbild. Im hinteren Teil der Backlight-Unit befinden sich mehrere wenige Millimeter dünne Leuchtstofflampen. Licht, das nach hinten abstrahlt, wird von einem Reflektor an der Gehäuseinnenseite nach vorn geworfen. Dann passiert es eine Reihe von Kunststofffolien, die die Lichtausbeute optimieren. Zunächst wandert das Licht durch eine Diffusorplatte und eine dünnere Diffusorfolie, die es gleichmäßig streuen und das Streifenmuster der Leuchtstoffröhren

verwischen. So entsteht eine homogene Ausleuchtung der Bildschirmfläche. Danach folgt eine Prismenfolie. Deren Oberfläche ist so strukturiert, dass aus verschiedenen Richtungen einfallendes Licht direkt nach vorn Richtung LCD-Display ausgerichtet wird. Anschließend trifft das Licht auf die sogenannte Dual-Brightness-Enhancement-Folie (DBEF). Diese Folie lässt nur linear polarisiertes Licht hindurch. Das ist wichtig, weil die Kristalle im LCD-Display nur exakt polarisiertes Licht verwerten können. Licht mit anderer Ausrichtung wird an der DBEF zum Reflektor zurückgeworfen. Dieser spiegelt es erneut nach vorn zur DBEF. Der Clou: Während des Hin- und Herwerfens ändert ein Teil der Lichtquanten seine Polarisierung, so dass er beim nächsten Anlauf die DBEF passieren kann. Die DBEF erhöht also die Ausbeute korrekt polarisierten Lichts und damit die Effizienz der Backlight-Unit. Schließlich passiert das Licht das LCD-Display. Auf der Mattscheibe erscheint das farbige Bild.

Flüssigkristall- oder kurz LCD-Bildschirm (Liquid-Crystal-Display) mit seiner Elektronik. Was Stollwerck vor sich hat, ist eine sogenannte Backlight-Unit (BLU): Der hintere Teil eines LCD-Fernsehers, in dem das Licht erzeugt wird. Die Backlight-Unit ist ein Hightech-Sandwich aus dünnen Kunststofffolien und einer Streuplatte. Eine Schicht nach der anderen hebt Stollwerck hoch – vier milchig weiße, halbtransparente Scheiben, die dickste gerade mal zwei Millimeter stark. Dann liegt die Rückwand des Monitors frei. Eine weiße, hochreflektierende Kunststoffschale, in der 16 bleistiftdünne Leuchtstoffröhren stecken. „Würde man die Leuchtstoffröhren direkt hinter den LCD-Schirm montieren, ergäbe sich kein gleichmäßig helles Fernsehbild. Die Röhren würden als helle Striche durchscheinen“, erklärt Rüdiger.

Helle Bildschirme durch polarisiertes Licht

Das Licht muss also zunächst gestreut werden. Und dazu dient die Streuplatte. Die verschiedenen Folien bündeln und polarisieren das Licht auch, damit möglichst jedes Quäntchen direkt durch den

LCD-Schirm ins Auge des Zuschauers gelangt. Das Knifflige an der Sache: Die homogenisierende Streuplatte stellt ein optisches Hindernis dar und absorbiert Licht. Die Lichtschwächung dieser Komponente muss deshalb minimal sein. Und genau daran arbeiten die beiden Forscher. Rüdiger entwickelt die Streuplatten, Stollwerck unterzieht sie optischen Tests. Mittlerweile ist das LCD-Team durch den Physiker Dr. Günther Walze verstärkt worden, der mithilfe optischer Simulationen an der nächsten Generation von Diffusorplatten forscht. Eng vernetzt mit dem Plattenteam entwickeln Klaus Meier und Dr. Heinz Pudleiner angepasste Streufolien.

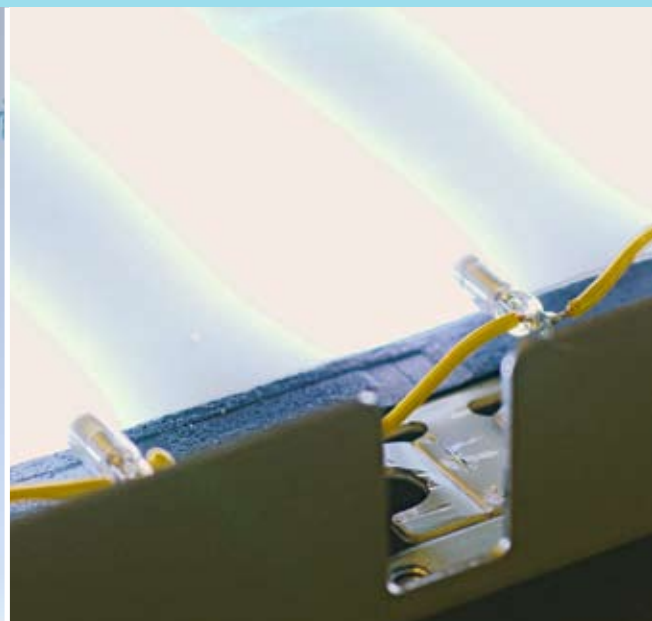
Dass sie sich dereinst mit Fernsehschirmen beschäftigen würden, hätten sich die Forscher noch vor vier Jahren nicht träumen lassen. Denn üblicherweise hat Rüdiger mit seinen Kunststoffen anderes im Sinn. Der Chemiker ist Spezialist für den Werkstoff Makrolon®. Das Polycarbonat von Bayer ist seit seiner Erfindung 1953 ein vielseitig eingesetzter Kunststoff. Rüdiger kreiert daraus verschiedene Produkte: Je nach beigemischttem Additiv entstehen unter seiner Regie transparente Schutzschei-

ben für Maschinen oder hell durchscheinende Platten für Gebäude- und Design-Architektur. Auch das Dach des benachbarten Krefelder Bahnhofs trägt Makrolon®. Mehrere Tausend kleine Plastikplatten-Proben sind ständig in Rüdigers Reich unterwegs – im Labor oder im Bewitterungstest unter freiem Himmel. Manche sogar in Florida – dort muss der Werkstoff zehn Jahre lang der Tropenhitze trotzen, ohne zu vergilben oder zu verspröden.

Wärmestabiles Makrolon® für große Bildschirmdiagonalen

Im Jahr 2003 flatterte Rüdiger eine Probe ganz anderer Art ins Labor. Ein Kollege aus dem Vertrieb hatte ihm ein Stückchen Folie aus dem Kunststoff PMMA (Polymethylmethacrylat) geschickt – aus der Backlight-Unit eines Flachbildschirms. Die Anfrage dazu war ebenso knapp wie vielsagend: „Können wir das auch mit Makrolon?“ PMMA ist seit Langem als Material für LCD-Monitore beispielsweise für Computer etabliert. Man nutzt es für die Streuscheiben in der BLU, die sogenannten Diffusionsplatten. Doch mit dem Größenwachstum der LCD-Fernseher

Für mehr Helligkeit: Chemiker Dr. Claus Rüdiger (li.) und Physiker Dr. Gunther Stollwerck entwickeln im Labor für Display Technology, Lighting and Optics neue Makrolon®-Mischungen, die den sogenannten Backlight-Units (Detailaufnahme im Bild rechts) von LCD-Fernsehern zu höherer Lichtausbeute verhelfen.



stößt PMMA langsam an seine Grenzen. Denn je größer der Bildschirm, desto eher biegt sich die Platte durch. Die Folge: Auf der Mattscheibe machen sich störende Schatten breit, die gleichmäßige Helligkeitsverteilung ist dahin. Experten nennen das mangelnde Dimensionsstabilität. Verschärft wird das Problem durch die hohen Temperaturen in der BLU von bis zu 80 Grad Celsius. Fachleute sind sich einig: Ab einer Bildschirmdiagonale von 42 Zoll bereitet PMMA den Bildschirmherstellern Probleme. Makrolon® ist deutlich dimensionsstabiler und erträgt spielend Temperaturen von bis zu 120 Grad Celsius.

Ping-Pong-Spiel erhöht die Lichtausbeute

Ob es aber den hohen optischen Anforderungen in einem LCD-Backlight gewachsen ist, das wusste 2003 noch niemand. Rüdiger begann, verschiedene Makrolon®-Platten aus seinem Fundus zu testen und mit PMMA zu vergleichen. Die ersten Versuche waren ernüchternd. Zwar ließ sein Standard-Makrolon® bei diversen Messungen genauso viel Licht

durch wie PMMA: Beide hatten eine „Transmission“ von knapp 90 Prozent. Legte er aber eine Makrolon®-Diffusionsplatte unter den Foliensandwich der Backlight-Unit, sackte die Helligkeit drastisch ab. Rüdiger und seine Kollegen erkannten die Ursache schnell: Die Funktion aller Folien beruht auf dem Prinzip des Lichtrecyclings. Alle ungewollten Lichtquanten werden zum Reflektor an der Rückwand des Fernsehers zurückgeworfen und von dort erneut auf die Reise geschickt. Während dieses optischen Ping-Pong-Spiels werden die Lichtquanten umgelenkt und können nun, beim zweiten Anlauf, das System ungehindert passieren.

Saust das Licht aber mehrfach durch die Makrolon®-Diffusionsplatte, wird es nach und nach geschwächt: bei den ersten Versuchen der Bayer-Forscher auf ernüchternde 63 Prozent. Rüdiger musste also die optische Eigenschaft des Makrolon® verbessern. Das war ausgesprochen knifflig, denn: Eine Diffusorplatte oder -folie besteht nicht nur aus reinem Makrolon®, sondern enthält winzige, mit bloßem Auge unsichtbare Pigmente, an denen das Licht

der Leuchtstoffröhren gestreut wird. Rüdiger und seine Mitarbeiter testeten Hunderte verschiedene Makrolon®-Rezepturen, mischten unterschiedliche Streupigmente dazu und variierten immer wieder deren Partikelgröße. Doch das Ergebnis blieb mager – die Helligkeit kletterte gerade einmal auf 80 Prozent des PMMA-Werts.

LCD-Fernseher mit Makrolon® strahlen deutlich heller

Dann aber machte Rüdiger den entscheidenden Schritt: Statt bekannte Makrolon®-Rezepturen zu testen, schnappte er sich diesmal einen speziellen Carbonattypen, „der in dieser Form bisher nicht verwendet wurde“. Noch einmal musste er Streupigmente variieren und die Rezeptur verändern. Doch dann klappte es, die Helligkeit sprang auf 102 Prozent. Das war der Durchbruch: Jetzt besaß Rüdiger einen dimensionsstabilen Werkstoff, der zudem das PMMA optisch noch übertraf. Seitdem sind drei Jahre vergangen.

Mittlerweile hat Rüdiger durch weitere Optimierungen einen Wert von



Die Flächen boomen

2006 wurden weltweit erstmals mehr LCD- und Plasmafernseher als Röhrengeräte verkauft. Und noch ein Trend zeichnet sich ab: Die Kunden greifen zunehmend nach großen Formaten. Die Gesellschaft für Unterhaltungs- und Kommunikationstechnik in Frankfurt am Main geht davon aus, dass sich allein in Deutschland die Zahl flacher Fernsehgeräte mit einer Größe von mehr als 37 Zoll von jährlich gut zwei Millionen verkauften Geräten im Jahr 2006 bis 2010 mehr als verdoppeln wird. Gute Aussichten für das dimensionsstabile Makrolon®.



105 Prozent erreicht. Und so strahlen Flachbildschirme aus Polycarbonat jetzt sogar deutlich heller als jene aus PMMA. „Damit gehören wir weltweit zu den wenigen Herstellern, die robustes Polycarbonat in dieser Qualität herstellen können.“

Inzwischen hüten Rüdiger und seine Mitarbeiter in ihren Laboren eine ganze Reihe von Diffusorrezepturen. Produziert wird das Makrolon® im thailändischen Map Ta Phut und bei der Bayer-Tochter

Bayer Sheet Korea zu Platten extrudiert, denn Asien stellt bei Weitem die meisten Flachbildschirme her. Von dort treffen immer wieder neue BLUs in Deutschland ein. In Stollwercks Testlabor werden sie dann mit Diffusorplatten aus Makrolon® bespannt. Er untersucht, ob sich dank Rüdigers Rezepturen die Helligkeitswerte verbessern. Je nach Anzahl der Lampen oder des Aufbaus der BLU ist stets eine andere Polycarbonat-Variante optimal geeignet. Ob

die Diffusorplatte am Ende tatsächlich homogen streut und die gewünschte Helligkeit bringt, testen die Entwickler in einem waschmaschinen großen Messgerät. Die Eigenkreation hat Stollwercks Mitarbeiter Andreas Lyding entwickelt. Ein mit einem Licht- und Farbsensor bestückter Roboterarm fährt darin nach einem vorgegebenen Raster die beleuchtete BLU ab.

Die nächste Generation von Diffusorplatten wird fast kein Streupigment mehr enthalten, sondern durch eine Mikro-Oberflächenstrukturierung das Licht gezielt zum LCD-Display lenken. Die strukturierten Diffusorplatten erhöhen so die Designfreiheit und reduzieren zudem die Kosten. Zwei große Fernsehhersteller beliefert Bayer Sheet Korea bereits mit der ersten Generation des neuen Werkstoffs und deckt damit einen Großteil des Markts für LCD-TV ab. Rüdiger: „Die Zukunft von Makrolon für LCD-TV hat vielversprechend begonnen.“

 www.displaysearch.com/free/presos.html
Der Link listet zahlreiche Präsentationen zum Thema LCD-Screens zum kostenlosen Download.



Zu diesem Thema gibt es Materialien für den Physik- und Chemie-Unterricht unter:
www.research.bayer.de/unterrichtsmaterial.de

Hohe Lichtdurchlässigkeit gefragt: Aus Asien – wo bei Weitem die meisten Flachbildschirme produziert werden – treffen immer wieder neue Backlight-Units (Bild li.) bei den Bayer-Forschern ein, die sie dann mit Diffusorplatten aus Makrolon® bespannen. Techniker Andreas Lyding (re.) prüft eine solche Platte auf ihre Transparenz.

