Optical Bonding – braucht man das?

Optical Bonding wird überall dort angewandt, wo der Kontrast nicht ausreicht, um ein Display einwandfrei ablesen zu können. Besonders im Außenbereich sorgt eine drastische Verringerung der Reflexion dafür, dass Inhalte auch bei direktem Sonnenlicht erkennbar bleiben. Doch neben der verbesserten Optik gibt es noch weitere Vorteile.

Was bedeutet Optical Bonding?

Möchte man ein Display in einem realen Umfeld einsetzen, muss man seine Oberfläche schützen. Dazu wird auf der aktiven Fläche eine Scheibe aus Glas oder Kunststoff montiert. Sie schützt den empfindlichen Polfilter an der Oberfläche des Displays vor Einflüssen wie Staub, Kratzer oder Vandalismus. Die einfachste Methode ist, umlaufend auf dem Rahmen des Displays ein doppelseitiges Klebeband anzubringen, das das Display mit der Frontscheibe verbindet. Dies wird als „Tape Bonding“ oder „Air Gap Bonding“ bezeichnet. Dadurch wird zwar das Display geschützt, es entstehen aber andere Effekte, die sich nachteilig auf die Gesamtperformance des Displays auswirken.

Alternativ wird der Raum zwischen Display und Frontscheibe mit einem transparenten Material gefüllt, das die Luft komplett ersetzt, siehe Bild 1. Der optische Brechungsindex des Bonding-Materials passt zu dem der Frontscheibe und des Displays. Damit werden unerwünschte Reflexionen, die an der Trennschicht zweier Medien mit unterschiedlichen Brechungsindizes entstehen, minimiert. Den Vorgang und das Resultat bezeichnet man als „Optical Bonding“.

Wie funktioniert das?

Für das „Optical Bonding“ gibt es verschiedene Verfahren und Materialien. Die Entscheidung, welches verwendet wird, muss im Einzelfall festgelegt werden. Eine Übersicht zeigt das Whitepaper von HY-LINE auf. Die Auswahl wird auch durch das Display bestimmt: Displays mit Blechrahmen oder mit großer Diagonale werden besser mit einem flüssigen Material gebondet, während bei kleinen rahmenlosen Displays ein hochtransparenter Klebefilm in großen Stückzahlen vollautomatisch laminiert werden kann. Die Applizierung und ggf. Aushärtung des Materials kann im Fertigungsprozess durch Einflüsse wie Temperatur, UV-Licht, Über- oder Unterdruck gefördert werden. Bei der Auswahl spielen Faktoren wie Temperaturbereich und mechanische Belastung eine Rolle, wenn man nicht mit Ausfällen wie Delaminierung (Ablösung der Verklebung) oder Blasen im Sichtbereich konfrontiert werden möchte.

Der Bonding-Prozess muss in einem Reinraum vollzogen werden, und alle Partikel von den Oberflächen entfernt sein. Sollten Fehlstellen wie Partikel oder Blasen auftreten, muss die Baugruppe nachgearbeitet werden. Der Aufwand ist also nicht unbeträchtlich, und die Entscheidung für ein „Optical Bonding“ sollte sorgfältig abgewogen werden. Manche Projektmanager lehnen das Verfahren ab, sei es, dass sie negative Erfahrungen mit mangelhafter Verarbeitung gemacht haben, oder sie den zusätzlichen Aufwand – Logistik, Kosten, Reparatur – vermeiden möchten. Das Ergebnis ohne Bonding lässt dann oft zu wünschen übrig: Schlecht ablesbare Displays finden sich überall, und sind für den Baggerfahrer, die Assistentin im Biologielabor oder die Bäckereifachverkäuferin an der Kasse ein Ärgernis.

Anbieter von Optical Bonding betrachten oft nur den technischen Aspekt, nämlich die Verringerung

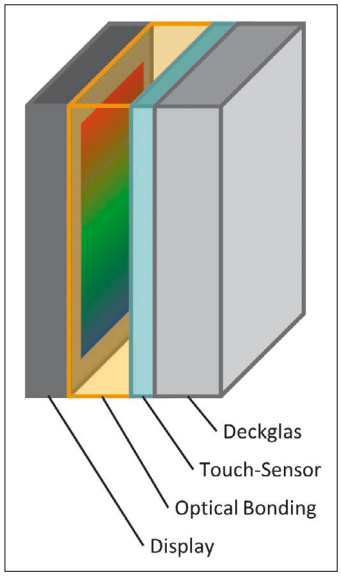

Bild 1: Aufbau eines Display-Systems mit Optical Bonding

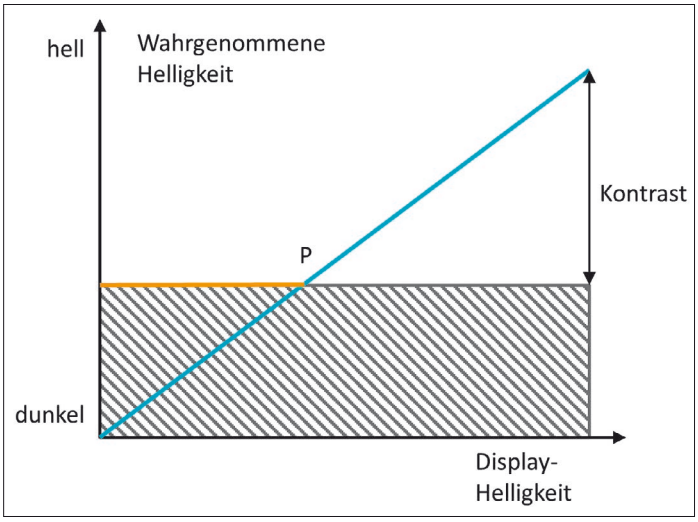

Bild 2: Ablesbarkeit unter Umgebungslicht

Autor:
Rudolf Sosnowsky, Leiter Technik
HY-LINE Computer Components Vertriebs GmbH
www.hy-line-group.com

Bild 3: Ticketautomat im Auflicht

der Reflexion, und stellen die Vorteile ihre Materialien und ihrer Prozesse heraus. Die anderen für den Systemintegrator und den Endanwender relevanten Fakten gehen dabei unter.

Ablesbarkeit

Die optischen Parameter von Displays werden unter Idealbedingungen im Labor ermittelt. Dabei ist die Umgebung dunkel, es gibt kein Umgebungslicht, das die Messwerte beeinflussen könnte. Betrachtet man die gemessene Helligkeit des Displays (= vom Display ausgehendes Licht), ergibt sich eine Abhängigkeit, die durch die blaue Linie in Bild 2 dargestellt wird.

In der Realität trifft allerdings Licht von außen auf das Display und wird reflektiert. Dadurch wird der dunkelste Farbton, der gemessen oder vom Anwender wahrgenommen werden kann, in Richtung „hell" verschoben. Der Dynamikbereich der Darstellung und damit der Kontrast werden im unteren Bereich auf die gelbe Linie limitiert; Helligkeitswerte, die sich innerhalb der schraffierten Fläche befinden, versinken im Umgebungslicht. Mit steigender Umgebungshelligkeit wandert die gelbe Linie weiter nach oben, bis der Kontrast so gering ist, dass das Display nicht mehr abgelesen werden kann. In der Literatur finden sich dafür Werte von minimal 5:1 in der Nacht, 3:1 am Tag und 2:1 bei einfallendem Sonnenlicht. Die Werte scheinen gering, sind aber in der Praxis nicht leicht zu erreichen. Bild 3 zeigt an einem Beispiel, wie die Ablesbarkeit im Sonnenlicht abnimmt. Der Kontrast ist so gering, dass die Spiegelung den dargestellten Inhalt (weißer Pfeil mit Text) überstrahlt.

Vorteile für den System-Integrator

Die Aufgabe des System-Integrators besteht darin, die Erwartungen des Kunden zu erfüllen, der ein einwandfrei ablesbares Display mit einer guten Benutzerführung erwartet. Optical Bonding ist nicht nur eine weitere optische Option, wie etwa die Auswahl der Display-Oberfläche wie z. B. Anti-Glare. Mit Hilfe des Optical Bonding kann er die Kennlinie aus Bild 2 so verschieben, dass der Kontrast hoch genug bleibt. Gleichzeitig ergeben sich weitere Vorteile:

• Verbesserung der Darstellungsqualität

Das Display bleibt auch in schwierigen Beleuchtungssituationen hervorragend ablesbar, das Gerät erhält einen wertigeren Eindruck und gewinnt durch gesteigerte Benutzerfreundlichkeit.

• Designanspruch

Da der Kontrast des Displayfelds im ausgeschalteten Zustand dem der inaktiven Fläche nahe kommt („Black Panel-Effekt"), wirkt die Oberfläche homogen und edel.

• Vandalismus und Splitterschutz

Durch das Optical Bonding wirkt die gesamte Front wie ein Verbundglas; es kann ein dünneres und damit leichteres Deckglas eingesetzt werden. Damit wird nicht nur die Parallaxe bei schrägem Ablesen reduziert; das Display kann auch in rauen oder Vandalismus-gefährdeten Umgebungen durch höhere Widerstandsfähigkeit gegen Schock (IK-Wert) bestehen. Mit einem Kunststoff-Deckglas werden die Anforderungen nach Splitterschutz, wie sie z. B. in der Lebensmittel-Industrie und der Medizin bestehen, erfüllt. Optical Bonding kann bei der Verbindung gekrümmter Frontgläser mit ebenen Displays Höhenunterschiede ausgleichen.

• Thermische Kopplung

Durch das Bonding wird Wärme vom Display an die Frontscheibe abgeführt. Umgekehrt können Schädigungen des Polfilters durch UV-Strahlung und übermäßige Erwärmung des Displays durch Filter für UV und IR minimiert werden. EMV-Filter sorgen dafür, dass in sensiblen Umgebungen keine Strahlung nach außen dringt, oder externe Felder die Funktion des Gerätes

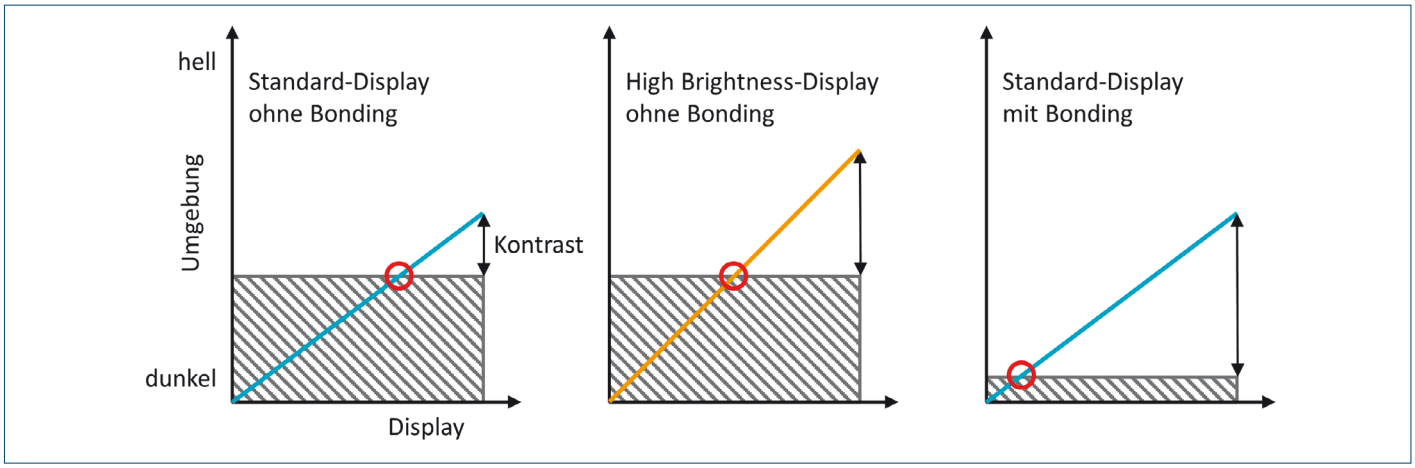

Bild 4: Vergleich der Ablesbarkeit

Modell	G215HVN01.1	G215HVN01.3
Helligkeit [cd/m²]	250	1.000
P_{LED}	14,6W	41,0W
Energieaufnahme/Jahr bei täglich 16h Betrieb	85,5kWh	239,7kWh
Energiekosten/Jahr bei 0,30€ pro kWh	25,65€	71,90€

Ersparnis:
46,25€ pro Display und Jahr

Bild 5: Vergleich der Energiekosten

beeinträchtigen. Mit einem ITO-Heater wird der Temperaturbereich des Displays nach unten erweitert.

• Füllung des leeren Zwischenraums

Nicht nur als „Void filling" bei ATEX-Anwendungen bekannt, sondern auch, um Betauung zu verhindern, füllt das Material den Zwischenraum. Das Eindringen von Luft mit den damit verbundenen Nachteilen wie Ablagerungen von Staub aus der Luft und Kalk aus der Feuchtigkeit wird vermieden.

• Verbesserte optische Leistung

Der gesteigerte Kontrast eines gebondeten Displays durch verringerte Reflexionen erlaubt der TFT-Technologie, mit anderen wie OLED gleichzuziehen, ohne eigene Vorteile aufzugeben. In Verbindung mit Local Dimming wird der Schwarzwert weiter abgesenkt, so dass auch ein erweiterter Farbraum bei allen Umgebungslicht-Bedingungen besser zur Geltung kommt. Dies steigert die Qualität des Geräts in technischen und Design-Aspekten, beispielsweise bessere Ablesbarkeit und „Black Panel"-Effekt mit tiefschwarzem Hintergrund.

Display-Vergleich

Bild 4 zeigt den Vergleich eines Standard-Display mit einer High Brightness-Ausführung. Um bei gleicher Umgebungshelligkeit einen höheren Kontrast (Länge des Pfeils oberhalb der schraffierten Fläche) zu erzielen, wurde im Vergleich zum Standard-Display links in der Mitte ein High-Brightness-Display verwendet. Beide Displays sind nicht gebondet. Ganz rechts wird das ursprüngliche Display verwendet, jedoch steigt der Kontrast allein durch Optical Bonding weit an.

Energie-Einsparung: Ökologisch wertvoll!

Ein Aspekt, der immer wichtiger wird, ist der ökologische Fußabdruck des Geräts, der durch die aufgenommene Energie geprägt wird. Vergleichen wir ein gebondetes Industriedisplay mit „normaler" Helligkeit von 250 cd/m² mit einem ungebondeten „High Brightness"-Typen mit 1.000 cd/m². Nehmen wir weiter an, dass für den gleichen Kontrast die passende Umgebungshelligkeit gewählt wurde. Bei einem Preis von 0,30 € pro Kilowattstunde liegt die Energie-Einsparung bei knapp 50 €. Hinzu kommt, dass ein High Brightness-Display mehr als 50 % teurer als das Standard-Display ist. Das Netzteil muss für die stärkere Leistung ausgelegt sein, und die Entwärmung des Gesamtsystems stellt den Konstrukteur im Outdoor-Bereich vor eine besondere Aufgabe. Bild 5 vergleicht die Energiekosten am Beispiel eines 21,5"-Displays von AUO.

Ein Beispiel

Beim Einsatz von 1000 Stelen in der Kette eines Lebensmittel-Einzelhandels kann ein fünfstelliger Betrag pro Jahr eingespart werden. Hinzu kommt die verbesserte Ökobilanz für das Unternehmen, was heute wichtig für die eigene Reputation ist.

Das Standard-Display ist nicht nur in der Anschaffung günstiger; auch ist nicht jedes Display in einer „High Brightness" Ausführung erhältlich. Die höheren Anschaffungskosten für das gebondete Display haben sich gegenüber den Energiekosten nach kurzer Zeit amortisiert, wie Bild 6 zeigt.

Bei batteriebetriebenen Geräten verlängert sich durch die niedrigere Leistungsaufnahme die Akkulaufzeit, oder es kann – Vorteil für portable Geräte – ein kleinerer und leichterer Akku mit geringerem Bauvolumen eingesetzt werden.

Glas-Oberfläche

Nicht vergessen werden sollte neben den „inneren" Werten, mit denen das Optical Bonding die Ablesbarkeit steigert, auch die Gestaltung der Oberfläche des Deckglases. Hier gibt es verschiedene Möglichkeiten, über deren Einsatz am konkreten Projekt entschieden werden muss. Das Deckglas muss nicht unbedingt ein einfaches Floatglas („Fensterglas") sein, es kann auch eine Kunststoffscheibe, ein Aluminium-Silikat-Glas („Gorilla" oder „Xensation") oder ein Verbundglas sein. Ob die Oberfläche ein Anti-glare, Anti-reflective oder ein Anti-Fingerprint-Finish erhält, wird durch die Applikation bestimmt.

Zusammenfassung

Optical Bonding bietet weit mehr Vorteile aus nur eine Verringerung der Reflexion. Für Systemintegratoren und Endanwender zählen auch der erzielbare Designanspruch, Splitterschutz oder Wärmeableitung. Besonders bei Außenanwendungen ist der ökologische Aspekt der Energieeinsparung relevant, da auf spezielle High Brightness-Displays verzichtet werden kann.

Referenzen

HY-LINE Computer Components Vertriebs GmbH https://www.hy-line-group.com/

Optical Bonding https://www.hy-line-group.com/optical-bonding

Whitepaper über Verfahren https://www.hy-line-group.com/de-de/news-room/whitepaper/whitepaper-optical-bonding~w5752 ◄

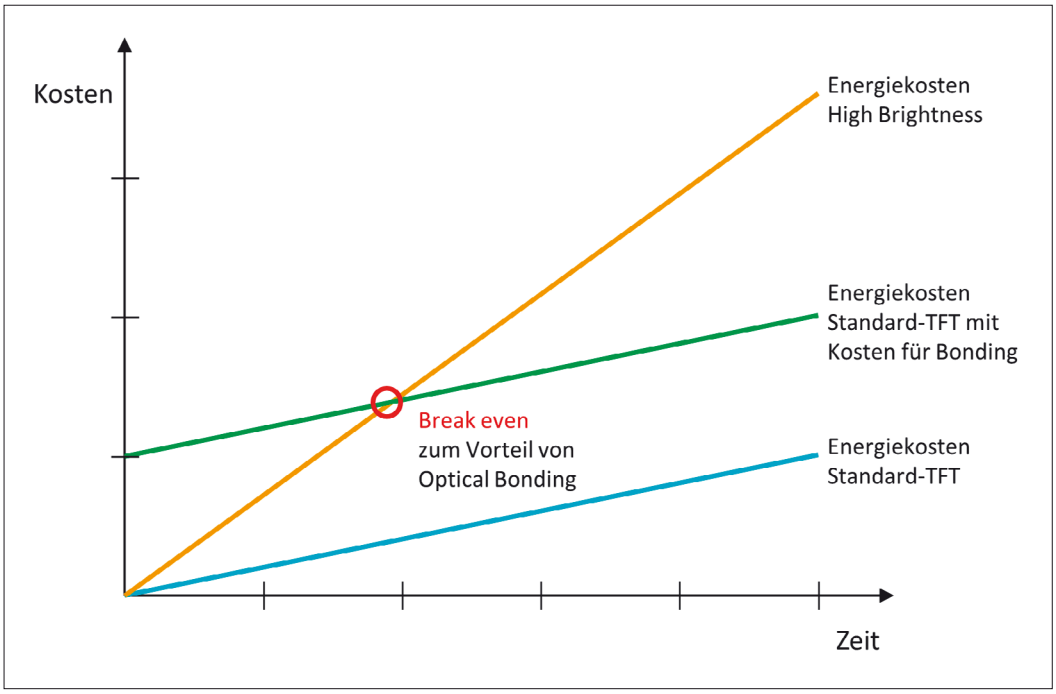

Bild 6: Vergleich des Energiebedarfs