

## Im Dienste des Lichts

*HSMtec als Basis moderner LED-Technik: Die von Häusermann entwickelte und vornehmlich für Hochstrom-Anwendungen entwickelte Wärmemanagement-Technologie besticht durch ihre selbsttragenden mehrdimensionalen Konstruktionsmöglichkeiten. Sie vermag die Anforderung nach verbessertem thermischem Management, gepaart mit Energieeffizienz sowie mechanischer und photometrischer Flexibilität elegant in einer Platine zu vereinen.*

Mit *HSMtec* wollte *Häusermann* einen neuen Weg gehen. Die Technik, die nach DIN EN 60068-2-14 und JEDEC A 101-A qualifiziert ist und auditiert für Luftfahrt und Automotive, geht selektiv vor: Nur dort, wo tatsächlich hohe Ströme durch die Leiterplatte fließen sollen, wird das Dickkupfer – sei es als Profil oder in Drahtform – in die Leiterplatte integriert. Dies stellt eine sinnvolle Alternative zur vollflächigen Dickkupfer- und aufwändigen Stanzgittertechnik dar, davon ist *Stefan Hörth* überzeugt. Die Herausforderung dabei ist, ein gezieltes Wärmemanagement innerhalb der Platine mit anspruchsvollen Leiterplattentechnologien sowie höchsten Anforderungen an die Leiterplattenstruktur und deren Aufbau, wie beispielsweise Strukturbreite, Lagenanzahl und Microvias zu kombinieren, erläutert der Produktmanager *HSMtec* von *Häusermann*.

Mittels Ultraschallverbindungstechnik werden jene externen Kupferteile in Form von Drähten oder Profilen direkt auf das Basiskupfer aufgebracht, und zwar genau an den Stellen der Leiterplatte, an denen Wärme abgeführt, hohe Ströme fließen und/oder die Leiterplatte gebogen werden soll. Der Fachmann ist sich sicher, dass sich mit dieser Technologie ein durchgehender metallischer, thermischer Pfad vom

Hotspot (zum Beispiel Leistungsbauteil oder Hochleistungs-LED) bis zur Wärmesenke (Kühlkörper, Gehäuse) realisieren lasse. Damit garantiere man eine Minimierung des thermischen Widerstandes, welche notwendig sei, um die Erwärmung des Hotspots so gering wie möglich zu halten und dessen Lebensdauer zu erhöhen, betont er weiter.

### **Effizientes Wärmemanagement und große Designvielfalt**

Ein Blick auf die spezifische Wärmeleitfähigkeit (*Abb. 1*) zeigt die Bedeutung des durchgängig metallischen Pfades von der Quelle bis zur Senke und das Leistungspotential von *HSMtec*. Kupfer leitet Wärme 1000-fach besser als FR4. Durch die intelligente Kombination von integrierten Kupferprofilen mit modernen Leiterplattentechnologien wie Micro- und Thermovias ist es möglich, eine direkte metallische Ankontaktierung der Lötflächen (Bauteile, Kühlkörper) an die Profile zu realisieren, wodurch sich Engpässe im thermischen Pfad vermeiden lassen. Ein wärmetechnisch optimierter Lagenaufbau sorgt zusätzlich für rasche Wärmespreizung und unterstützt somit das gesamte thermische Konzept.

Anhand einer großen Zahl von empirischen Untersuchungen konnte der Platinenhersteller sein Know-how in den Bereichen des thermischen Managements und Hochstrom auf der Leiterplatte umfangreich erweitern, bekräftigt der Experte: Die Erkenntnisse aus diesen Untersuchungen ermöglichen es dem österreichischen Unternehmen, seine Kunden unkompliziert und aktiv bei der thermischen Dimensionierung und dem Design der Leiterplatte und Baugruppe zu unterstützen. *HSMtec* wurde von unabhängigen Prüfinstituten qualifiziert und setzt auf Standard-FR4-Material. Zudem wird es im Standard-Herstellungsprozess gefertigt und gewährleistet damit eine leichte Weiterverarbeitbarkeit. Darüber hinaus ermöglicht *HSMtec* die Konstruktion von selbsttragenden mehrdimensionalen Leiterplatten. Kerbfräsungen an den Soll-



Die Häusermann-Experten (von links): Bernhard Hennig, Stefan Hörth mit der *HSMtec*-Platine für die Schröder-Straßenlaterne und Günter Fellhofer

**Tab. 1: Gegenüberstellung der Wärmeleitfähigkeit von verschiedenen Materialien**

Material	$\lambda$ [W/mK]	Hinweis
Silber	418	
Kupfer, techn.	300	Meist gering legiert
Aluminium, techn.	150	Kühlkörper von außen, nicht in der Leiterplatte
Lötzinn	51	Bestimmt durch den Anteil Sn
Keramik	24	Als Substratmaterial mit sehr gutem $\lambda$
Edelstahl	15	Hat konstruktiv für die Entwärmung keine Relevanz
Invar	11	Sehr teuer, als Legierung schlechtes $\lambda$
Leitkleber	5	ca. 80 % silbergefüllt
Wärmeleitlack	2	Baugruppenbezogen
Polysiloxan	1,5	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> und Glasgewebe in Silikonmatrix
Glas	1	$\lambda$ durch Glas im FR4 höher gegenüber Harz
Porzellan	1	
Transferkleber	0,43	$\lambda$ um ca. Faktor 2 bis 3 besser als Acryl/Epoxy
FR4	0,25	$\lambda$ durch Glas im FR4 höher gegenüber Harz
Polyimid	0,15	
Acrylkleber	0,15	
Luft, unbewegt	0,026	Bewegte Luft (Lüfter) um Faktor >10 höher

biegestellen sorgen dafür, dass einzelne Segmente durch beliebige Einstellung des Neigungswinkels in die gewünschte Ausrichtung gebracht werden können (Abb. 1).

Im Fall von LED-Beleuchtungen wird so über eine Vielzahl von individuell ausrichtbaren Leiterplatten-Segmenten je nach Bedarf Lichtstreuung oder Lichtfokussierung erzeugt. Dadurch ergeben sich für den Lichtdesigner ungeahnte Möglichkeiten, die

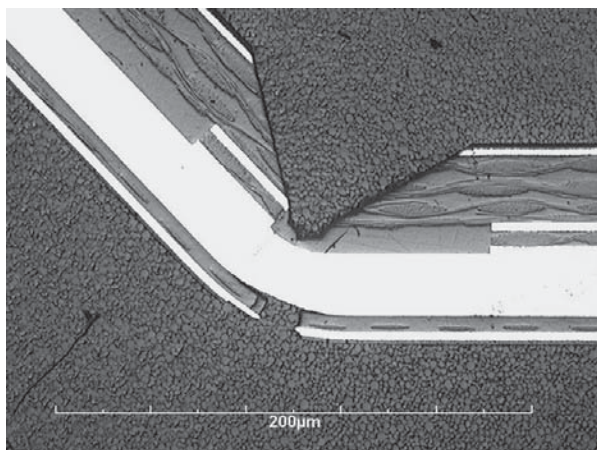


Abb. 1: Biegestelle mit Kerbfräsungen

Lichtcharakteristik einer Leuchte bzw. die Ausleuchtung von Objekten gezielt zu beeinflussen. Für den Geschäftsführer *Christoph Jarisch* besteht daher kein Zweifel, dass die *HSMtec* im Markt etabliert und aus zahlreichen Anwendungen nicht mehr wegzudenken sein wird. Der wesentliche Vorteil liege darin, dass eine einzige *HSMtec*-Platine durchaus mehrere Aufgaben parallel zu übernehmen vermag:

- Lichtstreuung oder Lichtfokussierung über flexible, aber selbsttragende Leiterplattensegmente
- Wärmeableitung von den LEDs zum Kühlkörper mittels integrierter Kupferprofile über die Biegestellen zum Kühlkörper
- Elektrische Ansteuerung der LEDs durch in die Biegestellen integrierte Kupferprofile

Die flexibel ausrichtbaren Leiterplattensegmente erreichen die gleiche Stabilität wie separate mechanisch verbundene Teile, sodass sich deren Neigungswinkel auch bei starken Vibrationen nicht ändert, versichert *Stefan Hörth*. Daher sei *HSMtec* die Grundlage vielfältigster Anwendungsmöglichkeiten: Die hohe Designfreiheit sorgt für photometrische Flexibilität, Wirtschaftlichkeit und interessante optische Lösungen, ergänzt er und verweist auf zwei Beispiele,

die Einblick in die unzähligen Einsatzgebiete geben sollen.

## Anwendungsbeispiel 1: Straßenbeleuchtung

Die *Schröder Group* ist weltweit mit über 40 Unternehmen auf fünf Kontinenten vertreten. In der Entwicklung einer neuartigen Straßenbeleuchtung, die den Energieverbrauch gegenüber herkömmlichen Technologien reduziert und eine homogenere Beleuchtung erzielt, setzt *Schröder* auf *HSMtec*. Mit dieser Platinentechnik ließen sich nicht nur die gestellten Anforderungen an das Produkt erfüllen. Durch Senkung der Sperrschichttemperatur wurde überdies auch eine Verlängerung der Lebensdauer erreicht. Wie ging man dabei vor?

Die Herausforderung bestand zunächst darin, LEDs in ein vorhandenes Leuchtgehäuse zu integrieren und dabei die LED-Optiken so auszurichten, dass die Lichtverteilung gegenüber einer Leuchte mit einer Leuchtstofflampe optimiert wird, führt *Steffen Holtz* aus, der Projektleiter LED, R-Tech von *Schröder Group G.I.E.* ist. Gleichzeitig galt es, die Wärme von den LEDs optimal abzuleiten, um den Energieverbrauch mindestens 25 % unter jenem von Kompaktleuchtstofflampen zu halten (*Abb. 2* und *3*).



Abb. 2: Absolute Designfreiheit durch die auf HSMtec basierende LED-Beleuchtung



Abb. 3: Die Form der Straßenlampe war bereits vorgegeben

Auch war es erstmals möglich, auf eine mechanische Halterung der einzelnen Leiterplatten-LED-Segmente zu verzichten, weshalb *Holtz* in der Platinentechnik die Grundlage einer vereinfachten und somit wirtschaftlicheren Fertigung sieht. Im Vergleich zu einer Lösung mit Starrflex-Platinen ließ sich nicht nur die Sperrschichttemperatur senken. Der aufwändige Montageaufwand und der damit verbundene Ausschuss ließen sich dadurch erheblich reduzieren, weshalb der Experte betont, dass man mit *HSMtec* nicht nur die technisch sondern auch wirtschaftlich perfekte Lösung gefunden habe. Im konkreten Fall kam ein vierlagiger Multilayer mit einer Gesamtdicke von 1,2 mm und mit integrierten Profilen auf der Innenlage zum Einsatz. Die Entwärmung und Ansteuerung erfolgte mittels eines 12 mm breiten Kupferprofils über der Biegestelle, während die thermische und elektrische Ankontaktierung über Microvias bzw. Sacklöcher geschah. Dabei beträgt der Vorwärtsstrom der LEDs 350 mA. Die entstehende Gesamt-Verlustleistung von etwa 25 W wird über die Leiterplatte abgeführt (*Abb. 4*).



Abb. 4: Gut zu erkennen sind die individuell einstellbaren Biegungen

Die absolute Designfreiheit sorgt überdies für photometrische Flexibilität und interessante optische Lösungen, denn: Jede einzelne LED lässt sich durch beliebige Einstellung des Neigungswinkels individuell ausrichten (*Abb. 5*). Mit dem intelligenten Wärmemanagement war es möglich, die Sperrschichttemperatur der LEDs im Betrieb von 85 °C auf 80 °C zu senken, wodurch sich die Lebensdauer der LEDs um 10 % verlängert. Bei einem Lichtstrom von 70 % des Anfangslichtstromes wird damit eine Lebensdauer von etwa 60 000 h erreicht (*Abb. 6*).

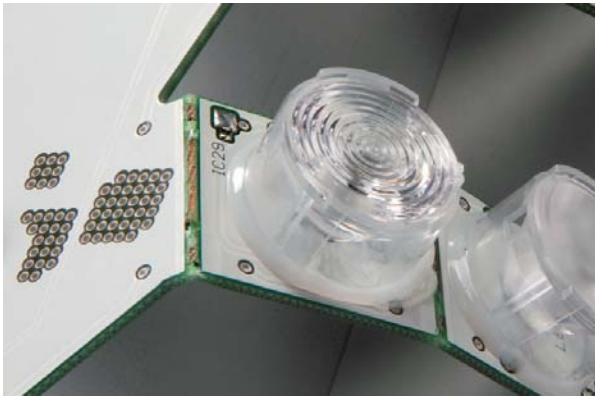
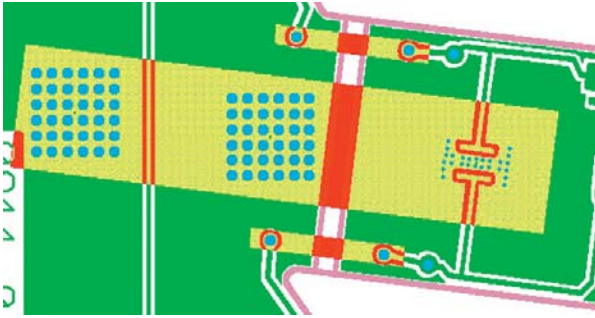


Abb. 5: a) Leiterplattenlayout einer Biegestelle und b) die dazugehörige Detailansicht

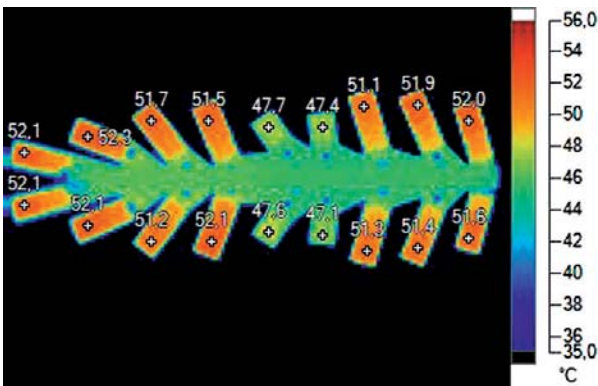


Abb. 6: Thermographien der Leiterplatte im Betrieb

Die enge Bindung zwischen Kunde und Platinenhersteller war unabdingbar für eine erfolgreiche Umsetzung dieser vielseitigen Platinentechnik: *Steffen Holtz* von *Schröder* erklärt, dass bereits in der Konzeptphase das gesamte thermische Design – von der Leiterplatte bis zum Leuchtengehäuse – gemeinsam optimal abgestimmt wurde. Rasch und unkompliziert wurden Prototypen in unterschiedlichen Varianten hergestellt, begleitet von thermischen Analysen, die es erlaubten, die *HSMtec*-Technologie optimal zu nutzen.

## Anwendungsbeispiel 2: LED-Ringbeleuchtung

Seit mehr als 15 Jahren fertigt *Büchner* Lichtsysteme LED-Leuchten für die industrielle Bildverarbeitung und Automatisierung. Vorrangiges Ziel sei die Optimierung der optischen Eigenschaften bei gleichzeitiger Gewährleistung einer besonders hohen Produktqualität, erläutert der Geschäftsführer *Thomas Büchner*. Bei der neuesten Produktentwicklung, einer Ringbeleuchtung für Kameras mit verbessertem thermischem Design und hoher Variabilität, fand das Unternehmen mit *HSMtec* eine interessante Lösung (Abb. 7): Mit ihr lässt sich die Fokussierung des Lichtes sowie die Ausleuchtung des Objektes individuell an den vom jeweiligen Kunden geforderten Arbeitsabstand der Leuchte anpassen, ergänzt der Experte.

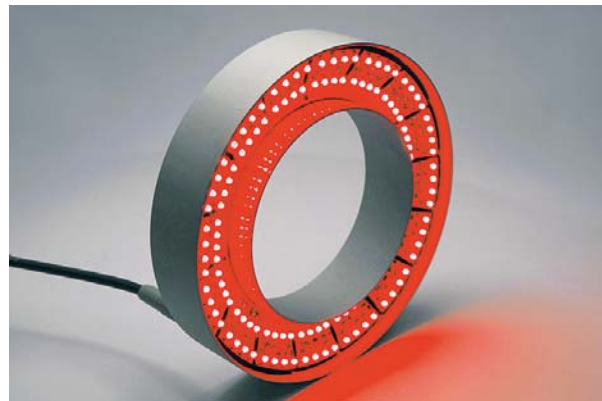


Abb. 7: Die mit *HSMtec* realisierte LED-Ringbeleuchtung *Corona L*

Die Herausforderung bestand darin, einen möglichst guten Wärmefluss von den LEDs zum Gehäuse zu realisieren und das trotz stark eingeschränktem Anteil an wärmeübertragender Fläche. Mit *HSMtec* ließ sich sowohl das Problem der lateralen Wärmeleitung im Board sehr gut lösen als auch weitere Bauteile und Montageaufwand ersetzen, weshalb er lobend anmerkt: Während der einjährigen Planungs- und Entstehungsphase habe sich *Häusermann* als technisch kompetenter Entwicklungspartner erwiesen. Eine weitere Annehmlichkeit sei die daraus gewonnene größere Designfreiheit.

*Corona L* besteht aus einem inneren und einem äußeren Leiterplattenring (Abb. 8). Die 16 anwinkelbaren selbsttragenden Platinensegmente des äußeren Ringes, Kupferprofile und Drähte mit dem inneren

Ring verbunden, sind die Träger der 128 LEDs. Der massive Kupferquerschnitt der Profile und Drähte sorgt für eine sehr gute Wärmeführung von den LEDs zum inneren Ring, wo die Wärme am Gehäuse beziehungsweise Wärmesenke abgegeben wird. Die individuelle Abstrahlcharakteristik der Leuchte wird durch die Anpassung des Neigungswinkels ( $0^\circ, 15^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ$ ) der einzelnen LED-Platinensegmente erzielt (Abb. 9). Dadurch ist es möglich, die Fokussierung sowie die Ausleuchtung des Objektes an den individuellen Arbeitsabstand der Leuchte anzupassen. Zusätzlich gewährleisten variable Ansteuermöglichkeiten der einzelnen LEDs (segmentweise, ringweise) in Kombination mit vielfältigen Betriebsmodi der Leuchte (Dauer-, Schalt- und Blitzbetrieb) eine hohe Bandbreite an unterschiedlichen Einsatzmöglichkeiten sowie eine Anpassung der Beleuchtungsintensität an die jeweiligen betrieblichen Gegebenheiten. Die Lebensdauer der LEDs liegt bei einer Umgebungstemperatur von  $25^\circ\text{C}$  bei 50 000 bis 100 000 h.



Abb. 8: Detailansicht der LED-Ringbeleuchtung: Gut zu sehen sind die individuell verstellbaren Platinensegmente des äußeren Ringes

<p><b>Optionale Steuerung der LEDs</b> Die CORONA-L kann auf Wunsch so ausgerüstet werden, dass entweder der innere und äussere Ring oder 8 Segmente einzeln angesteuert werden können.</p>	<p><b>Optionale Anstellung</b> Die 16 Teilflächen können werkseitig nach Vorgabe angewinkelt werden.</p>
<p><b>Segmentsteuerung</b></p>	<p><b>Ringsteuerung</b></p>

Abb. 9: Funktionsaufbau der LED-Ringbeleuchtung: Flexible Ansteuerung der LED-Segmente sowie individuelle Anpassung der Lichtfokussierung und Ausleuchtung.

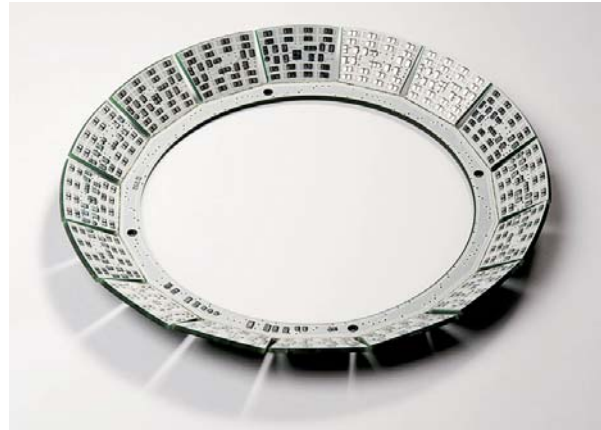


Abb. 10: Unbestückte HSMtec-Platine mit angewinkelten Segmenten

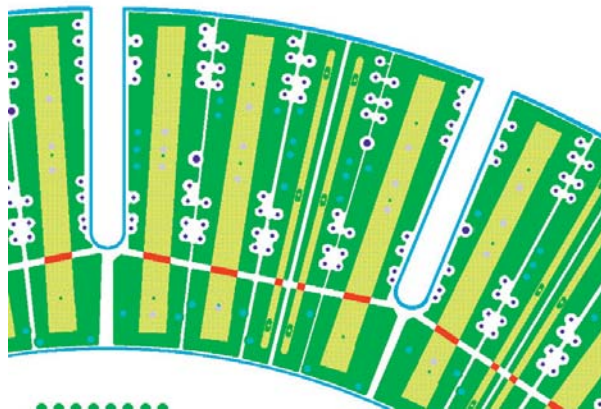


Abb. 11: Kupferprofile und Drähte auf Innenlage

Bei der verwendeten Leiterplatte handelt es sich um einen 4-Lagen-Multilayer auf FR4-Basis, der 1,6 mm dick ist und einen Durchmesser von 149 mm aufweist (Abb. 10). In diese HSMtec-Platine wurden 49 Kupferprofile mit einer Breite von jeweils 2 mm und 33 Drahtverbindungen mit einem Durchmesser von 0,5 mm integriert (Abb. 11). Die Platine übernimmt hier eine große Vielfalt an Funktionen: Optimierte laterale Wärmeleitung über die Biegestellen zur Wärmesenke sowie elektrische Ansteuerung über die Biegestellen vom inneren Ring zum äußeren Ring, Lichtfokussierung (durch flexible Ausrichtung des Biegewinkels der Segmente des äußeren Ringes) und Stabilisierung der angewinkelten Teilflächen.

-mrc-  
Häusermann GmbH, Zitternberg 100, A-3571 Gars am Kamp,  
www.haeusermann.at