

ENTWICKLUNG  
ELEKTRONIK

# HELLER SPARSAMER FLEXIBLER

LED-TECHNOLOGIE VON MORGEN



## 3D-METALLDRUCK

Universelle Mikrokühler  
für das Prototyping S. 54

## ELEKTRONIK SCHÜTZEN

An DC/DC-Wandlern  
richtig messen S. 25

## IOT-NETZWERKE

Wettbewerbsvorteile durch  
neue Businessmodelle S. 40

# Treffen Sie die Vordenker in der Industrie!

## INDUSTRY.forward Summit 2020

Die Zukunftskonferenz der Industrie.  
**27. Mai 2020** in Berlin

**150+ Teilnehmer**  
**25+ Speaker**  
**135+ Unternehmen**



**Die Vordenker der Industrie an einem Ort versammeln und vernetzen.  
Voneinander lernen.**

Vernetzung, Digitalisierung und neue Technologien verändern Unternehmen und deren Beziehung zum Kunden. Geschäftsmodelle müssen angepasst oder neu entwickelt werden. Unternehmensperspektiven verschieben sich im Zuge des digitalen Wandels: Der INDUSTRY.forward Summit ist Pulsgeber und liefert eine Blaupause für den Digital Change eines Industrieunternehmens.

**Jetzt Ticket sichern: <https://www.industry-forward.com/get-ticket>**

INDUSTRY  
FORWARD

publish-industry Verlag GmbH Machtlfinger Str. 7 81379 München Tel. +49 151 58 21 19 00



**Bernhard Haluschak, Chefredakteur E&E:** Prüfen, messen, analysieren und mit den daraus gewonnenen Erkenntnissen Verbesserungen für den Prüfling erarbeiten: Das sind die Hauptaufgaben eines Prüfsingenieurs in einem Umweltlabor. Eine spannende und abwechslungsreiche Arbeit mit immer wieder neuen Herausforderungen, wie ich aus meinen eigenen Erfahrungen als Testingenieur vor einigen Jahren erleben durfte. Doch heute stelle ich die Frage:

## SIND PRAXISNAHE PRODUKTTESTS AUF UMWELTEINFLÜSSE NOCH ZEITGEMÄSS?

Technische Komponenten müssen sich während ihres gesamten Lebenszyklus einer Vielzahl von Umwelteinflüssen stellen, wie etwa Temperaturschwankungen, Schadgasen oder Vibrationen. Diese beeinflussen ihre Lebensdauer und Funktionalität und lassen Schwachstellen erkennen. Bei der Entwicklung neuer technischer Produkte setzen Unternehmen vermehrt auf computergestützte Entwicklungstools inklusive Software-basierten Simulationen und Tests. Denn mit aktueller High-Performance-Computertechnik (HPC) lassen sich Simulationen in neuer ungeahnter Tiefe und in kürzester Zeit am Rechner durchführen.

Alle Experten sind sich jedoch heute noch einig, dass, wenn es um die computergestützte Umweltsimulation geht, die Theorie und Praxis für valide Ergebnisse noch viel zu weit auseinanderklaffen. Denn immer noch beeinflussen zu viele unbekannte und voneinander abhängige Parameter die Computerergebnisse negativ. Zwar ließen sich Entwicklungszeiten verkürzen und enorme Entwicklungskosten sparen – doch das ginge nur auf Kosten der Produktqualität.

Nun wünsche ich Ihnen als neuer Chefredakteur der E&E viel Spaß beim Lesen dieser Ausgabe und neue nutzwertige Erkenntnisse für Ihre Arbeit.

## JEDER SPRICHT ÜBER DAS IIOT

... wir setzen es einfach um.

Netzwerke und Computer für eine „smartere“ Industrie.

- Leistungsstarke Computer für Ihre Bedürfnisse designt
- Sichere und verlässliche Netzwerke – immer und überall
- Vertikale Integration von SCADA bis zu Feldgeräten

Moxa. Wo Innovation passiert.

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

**MOXA**<sup>®</sup>  
Reliable Networks ▲ Sincere Service

# INHALT

## AUFTAKT

06 Im Rampenlicht

## FOKUS: LED

09 Licht ins Dunkel bringen

12 Einschichtige OLED leuchtet 100-mal heller als Displays

14 Wegweiser für intelligente Straßenbeleuchtungen

16 Quantum Dots machen LEDs effizienter

## STROMVERSORGUNG & LEISTUNGSELEKTRONIK

18 Effiziente Stromversorgung

22 Interview über die Herausforderungen kundenspezifischer Stromversorgungen

## ENTWICKLUNGSTOOLS & PROTOTYPING

25 Messfehler am DC/DC-Wandler vermeiden

28 E-Band basierte intrinsische Materialcharakterisierung

## DISTRIBUTION & DIENSTLEISTUNG

32 Elektrostatische Entladungen – Ursachen, Folgen und Schutz

## E&E SPEZIAL: ELEKTRONIK KÜHLEN ab Seite 47

48 Frequenzumrichter effizient mit Wasser kühlen

52 Firmenprofil: ALPHA Numerics

53 Firmenprofil: Alutronic

54 3D-Metalldruck kühlt Elektronik

57 Firmenprofil: Austerlitz Electronic

58 Abkühlung für die Leiterkarte

62 Firmenprofil: CTX

63 Firmenprofil: Fischer Elektronik

64 Luftbasiertes Temperaturmanagement

FOKUS

LED



48

EFFIZIENTE KÜHLUNG

Kritische Komponenten mit Wasser kühlen



32

ESD-SCHUTZ

Elektrostatische Entladungen im Griff



ab S. **10**

**FOKUSTHEMA**

Leuchtmittel mit Zukunftspotenzial



**18**

**LEISTUNGSELEKTRONIK**

Stromversorgung richtig dimensionieren



**DER ENTWICKLUNGSLEITER**

- 36 Edge und Cloud im Clinch
- 40 Monetarisierungsmodelle für das IOT

**EMBEDDED-SYSTEME & MIKROCONTROLLER**

- 43 Ein Gehäuse, viele Vorteile

**RUBRIKEN**

- 3 Editorial
- 8 Ackermanns Seitenblicke  
*Nach digital kommt biologisch*
- 34 Highlights aus der Branche
- 56 Impressum & Firmenverzeichnis
- 66 Die Zahl

**Wärmeleitfolien** 



**Unverstärkte Pad Typen**

- SBC-7 violettgrau 7 W/mK
  - SBC-5 grau 5 W/mK
  - SBC-3 grau 3 W/mK
  - SBC rosa 1,5 W/mK
- Weiche, gelartige Pads mit einer Shorehärte von 2 - 10° - beidseitig haftend - Stärken 0,5 bis 5,0 mm



**Glasgewebe Deckfolie Pads**

- SB-V0-7 7 W/mK
  - SB-V0-5 5 W/mK
  - SB-V0-3 3 W/mK
  - SB-V0YF 0,9 W/mK
  - SB-V0 1,3 W/mK
- Glasgewebe Deckfolie und weiche, gelförmige Unterseite. Shorehärte 2 - 20°. Einseitig haftend bis klebend. Stärken 0,5 bis 5,0 mm



**Silicon-Glasgewebe Folie**

- SB-HIS-5 5 W/mK
  - SB-HIS-4 4 W/mK
  - SB-HIS-2 2 W/mK
  - SB-HIS 1 W/mK
- Dünne glatte Folie, **auch einseitig haftend - ohne zusätzlichen Kleber.** Stärken 0,23 mm, 0,30 und 0,45 mm

Hans-Böckler-Ring 19  
22851 Norderstedt  
Tel.: 040 529 547-0

Fax: 040 529 547-11  
E-Mail: [info@detakta.de](mailto:info@detakta.de)  
Web: [www.detakta.de](http://www.detakta.de)

NEUE WEGE DER NANOPHOTONIK

# ULTRADÜNNE SUPERGITTER AUS GOLDNANOPARTIKELN

Die Forscherexperten von Prof. Dr. Matthias Karg am Institut für Physikalische Chemie der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf (HHU) haben ein Verfahren entwickelt, um ultradünne, hochgeordnete Schichten von Hydrogelkugeln entstehen zu lassen, in denen Gold- oder Silberpartikel eingebettet sind. Sie sollen als Grundlage für weitere neuartige Anwendungen in der Optoelektronik und Nanophotonik dienen.

TEXT: Bernhard Haluschak E&E, nach Material der HHU Düsseldorf BILD: HHU, Christoph Kawan



Auf Basis dieser Strukturen wollen die Forscher optoelektrische Datenleitungen bauen beziehungsweise Datenverarbeitung ermöglichen. Diese dünnen Schichten dienen zudem als Grundlage für miniaturisierte Laser, sogenannte Nanolaser. Sie sind nur Nanometer groß und stellen eine Schlüsseltechnologie im Bereich der Nanophotonik dar. Durch von außen eingestrahlichtes Licht werden die Goldpartikel in den Hydrokugeln zu kollektiven Schwingungen angeregt. Dieses gemeinsame Schwingungsverhalten ist die Grundvoraussetzung für den Aufbau von Nanolasern.

ACKERMANN'S SEITENBLICKE

# NACH DIGITAL KOMMT BIOLOGISCH

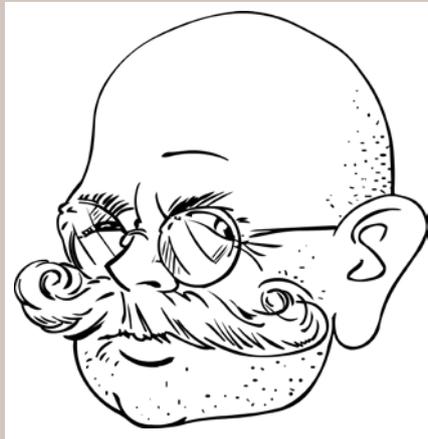
Noch ist die digitale Transformation in vielen Unternehmen alles andere als abgeschlossen, da beschäftigen sich die Zukunftsforscher bereits intensiv mit der nächsten Welle, welche die Technik prägen wird: der biologischen Transformation.

Zunächst müssen wir den Begriff von der Bionik abgrenzen, die schon seit Urzeiten Lösungen in der Natur für die Technik abkupfert. Der VDI präzisiert Bionik als "Forschungs- und Entwicklungsansätze, die ein technisches Anwendungsinteresse verfolgen und auf der Suche nach Problemlösungen, Erfindungen und Innovationen Wissen aus der Analyse lebender Systeme heranziehen und dieses Wissen auf technische Systeme übertragen." Wir kennen unzählige Beispiele dafür, so den Vogelflug, den Klettverschluss oder den Lotuseffekt.

Die biologische Transformation hingegen geht wesentlich weiter und macht die Technologie der Biologie ähnlicher. Sie beschreibt, wie etwa Fraunhofer-Präsident Prof. Dr. Reimund Neugebauer erklärt, den Prozess der zunehmenden Nutzung von Ressourcen, Strukturen und Prozessen der Natur in der Technik. Dabei setzt sie freilich neben der interdisziplinären Zusammenarbeit eine erfolgreiche digitale Transformation voraus. Sie vereint Prinzipien der Ingenieurwissenschaften mit denen der Lebenswissenschaften, von Biologie und Mikrobiologie über Biochemie bis hin zur Genetik. Ausgereifte Sensorik und Detektionssysteme machen sichtbar, was bisher nicht zu erkennen war. Mithilfe der Digitalisierung lassen sich unter anderem große Datenmengen verarbeiten, um Zusammenhänge aus der Natur in neuen Modellen nachzuvollziehen. "Erst damit können wir viele Vorgänge, die über Jahrmillionen zu einer Optimie-

rung geführt haben, in technische Fragestellungen und Lösungen überführen."

Das heißt, es wird nicht nur ein Faktor betrachtet, etwa Kosten oder Zeit, sondern auch Energie- und Ressourceneffizienz sowie eine nachhaltige Kreislaufwirtschaft. Kurz: Komplexe, verzahnte Systeme, die wechselseitig in-



Solange es die Elektronikindustrie gibt, begleitet Roland Ackermann sie. Unter anderem als Chefredakteur, Verlagsleiter und Macher des „Technischen Reports“ im Bayerischen Rundfunk prägt er die Branche seit den späten 1950er-Jahren mit.

teragieren, werden komplex geregelt und optimiert. Bei diesen Bemühungen stehen wir indes erst ganz am Anfang. Mit den modernen Möglichkeiten eröffnet sich hier ein ganz neuer Suchprozess, der beispielsweise zu selbstheilenden Beschichtungen führt, also Lacksystemen, die Korrosionsschäden mithilfe von Mikroverkapselungen selbstständig

ausbessern. Oder zu medizinischen Implantaten, die sich nach einer gewissen Zeit im Gewebe auflösen. Oder zu Basisträgermaterial für Elektronikbauteile, das sich vollständig abbaut – und so übrigens auch dazu beiträgt, dass sich weniger Mikroplastik in der Natur anreichert. Die biologische Transformation beschränkt sich jedoch nicht auf die Materialebene, sie schaut genauso auf Prozessebene der Natur über die Schulter. So entwickeln die Forscher nach dem Vorbild der Schwarmintelligenz mathematische Ansätze für die Auslegung von Maschinensteuerungen, für die Verkehrstechnik und die Logistik. Das gelingt heute, weil wir die Vorgänge in der Natur in hoher Geschwindigkeit und in Echtzeit beobachten können.

In diesem Zusammenhang muss auch die Wissenschaft umdenken, müssen Ingenieure mit Biologen, Logistikern oder Produktionsspezialisten als Pioniere einer werteorientierten Wertschöpfung neue Lösungen entwickeln. In zehn Jahren, meint Professor Neugebauer, werden wir ganz neue Studiengänge haben, in denen Ingenieurwissenschaften, Mechatronik, Informatik, maschinelles Lernen und künstliche Intelligenz sowie biologische Strukturen und Prozesse gebündelt sind. Ziel ist eine Nachhaltigkeit durch minimalen Einsatz von Ressourcen und durch Kreislaufwirtschaft – ganzheitlich gedacht und mit dem Menschen im Mittelpunkt. Denn Wertschöpfung ist erst sinngebend, wenn sie den Menschen mit einbezieht. □

**FOKUSTHEMA WIRD PRÄSENTIERT VON:  
TE CONNECTIVITY**

# LED-Innovationen







LEDs ALS UNIVERSALLEUCHTMITTEL

## LICHT IM DUNKELN

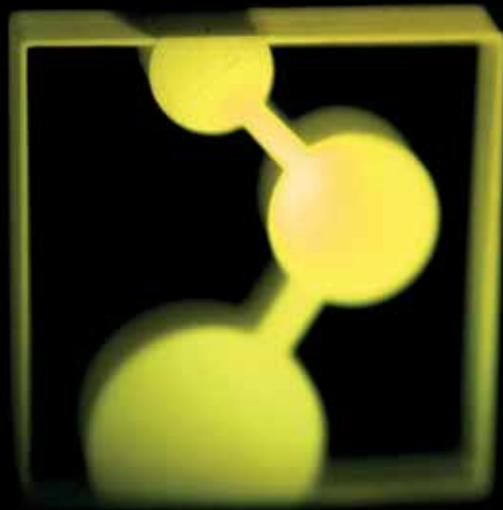
Die LED-Technologie bietet für Industrie, Gewerbe oder Automotive vielfältige Einsatzmöglichkeiten zur Lichtinszenierung und gilt als das Licht des 21. Jahrhunderts – mit enormen Entwicklungspotenzial.

TEXT: Bernhard Haluschak, E&E BILD: iStock, Aydinmutlu

Die Fakten sind bekannt: LED-Technologie spart bis zu 90 Prozent der Energie gegenüber Glühfaden-basierten Lichtquellen inklusive CO<sub>2</sub>-Reduzierung. Zudem bietet der Markt zum problemlosen Austausch die LED-Leuchtmittel in standardisierten Fassungen an. Weitere Vorteile der LED-Technik sind gute Lichtqualität, keine UV-Strahlung, geringe Wärmeabgabe sowie gute Umweltverträglichkeit durch lange Lebensdauer und Schadstofffreiheit. Außerdem bietet sie eine hohe Flexibilität, da sie robuster gegenüber Vibrationen und Erschütterungen sowie in Form, Farbe und Baugröße flexibler ist.

Die Wellenlänge des Lichts wird durch die Dotierung des Halbleitermaterials innerhalb der LED festgelegt. Damit lassen sich LEDs mit verschiedenen Lichtfarben und Farbtemperaturen herstellen. Mit dieser monochromatischen Farbtreue von LEDs und entsprechender Reflektortechnologie lassen sich bestimmte Lichtenforderungen zum Beispiel im Lebensmittelgewerbe erfüllen. So erscheinen Backwaren im warmen Licht mit Goldnote besonders appetitlich, und bei hohem Rotanteil wirken Fleischwaren frischer, da auch weiße Anteile rötlich erscheinen. Zur optimalen Inszenierung von Kleidung weisen LEDs ein konstantes Farbspektrum ohne Farbtemperaturverfälschung auf. Farben erscheinen so natürlicher.

Mithilfe von Spiegeln, Linsen, Reflektion, Brechung und einer effizienten Kühlung werden Hochleistungs-LEDs auch im Automobilbereich für Abblend- und Fernlicht genutzt. Sie erreichen eine Farbtemperatur von 5.500 K – Tageslicht hat etwa 6.000 K – und sind somit besser als die aktuelle Xenon-Technologie mit 4.000 K. Der Fahrzeuglenker fährt entspannter und ermüdet nicht so schnell. Doch in den Labors geht die Entwicklung weiter: Liegt die Lichtausbeute bei weißen LEDs heute bei 80 bis 120 lm/W, testen die Forscher bereits Prototypen mit circa 200 lm/W. Im Vergleich dazu hat das Halogenlicht 20 lm/W und das Xenonlicht 90 lm/W. □



DRUCKBARE LEUCHTDIODEN

# EINSCHICHTIGE OLED LEUCHTET 100-MAL HELLER ALS DISPLAYS

Am Max-Planck-Institut für Polymerforschung (MPI-P) ist ein OLED-Prototyp entwickelt worden, der nur aus einer einzigen, druckbaren Schicht besteht. In Sachen Effizienz und Lebensdauer kann er mit den marktüblichen, mehrschichtigen Varianten mithalten. Kommen Leuchtdioden also bald aus dem Tintenstrahldrucker?

TEXT: Max-Planck-Institut (MPI-P) BILDER: Udo Bertram, MPI-P

Organische Leuchtdioden sind heute in vielen elektronischen Geräten in Form von Displays verbaut, angefangen bei Smartphones bis hin zu Fernsehgeräten. Sie sind Bauelemente, die nicht mehr aus dem halbleitenden Material Gallium bestehen, sondern aus sogenannten organischen Verbindungen, bei denen Kohlenstoff ein Hauptbestandteil ist. Im Vergleich zu herkömmlichen Leuchtdioden sind ihre Leuchtkraft und Lebensdauer jedoch noch geringer, weshalb sie ein aktuelles Forschungsgebiet darstellen.

Wissenschaftlern des Max-Planck-Instituts für Polymerforschung (MPI-P) ist es gelungen, ein neues Design dieser Leuchtdioden zu entwickeln. Sie konnten hierbei die Anzahl

der verschiedenen Schichten, aus denen eine OLED besteht, auf eine einzige reduzieren. Dies könnte in Zukunft die Herstellung von Leuchtdioden erlauben, die mit einer Art von Tintenstrahldrucker druckbar sind.

## Werte wie bei mehrschichtigen OLEDs

OLEDs bestehen aus verschiedenen, hauchdünnen Schichten. Manche Schichten werden zum Transport von Ladungen verwendet, während andere von ihnen Elektronen in die aktive Schicht einbringen, in der das Licht erzeugt wird. So können aktuelle OLEDs leicht aus fünf bis sieben Schichten bestehen. Unter der Leitung von Gert-Jan Wetzelaer haben die Forscher

eine OLED entwickelt, die nur aus einer einzigen Schicht besteht, welche über zwei Elektroden mit Strom versorgt wird. Dies vereinfacht die Herstellung von OLEDs enorm und ebnet den Weg für druckbare Displays.

Mit diesem ersten Prototyp zeigten die Mainzer Wissenschaftler, dass sie mit einer Spannung von nur 2,9 V eine Helligkeit des emittierten Lichts von 10.000 cd/m<sup>2</sup> erzeugen können – das entspricht etwa dem 100-fachen der Helligkeit moderner Bildschirme. Das Erreichen einer derartigen Leuchtkraft bei dieser niedrigen Spannung ist ein Rekord für aktuelle OLEDs.

Außerdem konnten die Forscher einen externen Wirkungsgrad von 19 Prozent messen, was bedeutet, dass 19 Prozent der zugeführten elektrischen Energie in Licht umgewandelt werden, das in Richtung des Betrachters austritt. Auch mit diesem Wert kann der OLED-Prototyp mit aktuellen mehrschichtigen OLEDs problemlos konkurrieren.

Im Dauerbetrieb konnten die MPI-Entwickler bei einer Helligkeit, die aktuell dem Zehnfachen moderner Displays entspricht, eine sogenannte LT50-Lebensdauer von fast 2.000 Stunden messen. Innerhalb dieser Zeit ist die Anfangshelligkeit auf 50 Prozent ihres Wertes gesunken.

### Abnehmender Helligkeit auf den Grund gehen

„Für die Zukunft hoffen wir, das Konzept noch weiter verbessern zu können und damit noch längere Lebensdauern zu erreichen“, sagt Gruppenleiter Wetzelaer. Damit könnte die Entwicklung auch für industrielle Zwecke genutzt werden. Mit ihrem Einschichtkonzept wollen die Forscher außerdem dazu beitragen, die Prozesse zu identifizieren und zu verbessern, die für die Reduzierung der Helligkeit verantwortlich sind.

Verwendet wird eine lichtemittierende Schicht auf Basis der sogenannten Thermally Activated Delayed Fluorescence

(TADF). Dieses physikalische Prinzip ist seit mehreren Jahrzehnten bekannt, wurde aber vor etwa zehn Jahren in den Fokus der OLED-Forschung gerückt, als in Japan eine effiziente Umwandlung von elektrischer Energie in Licht demonstriert wurde. Seitdem arbeiten die Forscher an der Herstellung von TADF-basierten OLEDs, da diese keine teuren Molekülkomplexe benötigen, die Seltenerdmetalle enthalten, wie sie in heutigen marktüblichen OLEDs genutzt werden. □

display  
...since 1984

LED  
LCD  
LED  
TOUCH  
OLED  
TFT  
KEYPADS

COLOUR UP  
YOUR LIFE

TUV 900

www.display-elektronik.de

ROBUSTE LED-OUTDOOR-BELEUCHTUNG

# Wegweiser für intelligente Straßenbeleuchtungen

Die heutigen Designer von Straßenleuchten wie auch die Ingenieure und Betreiber von Straßenbeleuchtungen müssen mehr Disziplinen beherrschen als je zuvor, denn neue Technologien auf Basis von LEDs verändern herkömmliche Beleuchtungskonzepte.

TEXT: TE Connectivity BILDER: TE Connectivity; iStock, Characterdesign

Die Konzeption der Beleuchtungsleistung auf LED-Straßenbeleuchtungen steht in engem Zusammenhang mit der Reduzierung des Energieverbrauchs und der Energiekosten, einem extrem sicheren Betrieb, einer einfachen und kostengünstigen Wartung sowie der Anbindung an eine Vielzahl von Kommunikationsnetzwerktypen. Denn nur so lässt sich eine Fernüberwachung und -steuerung gemäß den Anforderungen der Steuerungssoftware ermöglichen sowie Langlebigkeit und Haltbarkeit unter rauen Outdoor-Bedingungen gewährleisten. Und dies sind nur vier der komplexen, multidisziplinäre Aufgaben, die zum Aufbau einer modernen, LED-basierten Straßenbeleuchtung gehören.

Die NEMA/ANSI C136.41-kompatiblen Buchsensteckverbinder der Lumawise-Serie von TE bieten Ingenieurteams eine Reihe von Vorteilen, da mit ihnen Dimmbarkeit und Fernüberwachungsintelligenz in einer Steuerung kombiniert werden können. Die Sockelbaugruppen für die Beleuchtungssteuerung, die einen Durchmesser von 76 mm und 81 mm haben, stellen die Schnittstellen

für die Spannungsversorgung und die Signalübertragung zwischen der

Beleuchtungssteuerung und der Dimmbuchse bereit. Die Buchsensteckverbinder bestehen aus einer Sockelbaugruppe, die Power-Twist-Lock-Anschlüsse, Federblattklemmen und eine separat verpackte Schaumdichtung umfasst. In Verbindung mit der 5-VA-Abdeckung erreicht die komplett montierte Lichtsteuerung Schutzart IP66 - diese Widerstandsfähigkeit ist unerlässlich.

Leuchtenkonstrukteure befassen sich sowohl mit dem Steckverbinder, dem Sensor und den Datenverbindungsoptionen für jedes Hauptelement einer Leuchte als auch mit dem System, in dem

diese eingesetzt wird. Manchmal werden Relais, Beschriftungen und Powerline-Filter für LED-Leuchten und die Beleuchtungssteuerungen benötigt, mitunter sind sie auch vorgeschrieben. Deshalb hat TE diese Komponenten ebenfalls im Portfolio. Eine LED-Beleuchtung ist grundsätzlich dimm- und steuerbarer als eine klassische Beleuchtung. Um diese Vorteile nutzen zu können, sind jedoch eine präzisere Leistungssteuerung der Vorschaltelronik und die richtige Anbindung an das Netzwerk des Beleuchtungssystems erforderlich.

Der Markt für LED-Straßenleuchten ist groß und wächst ständig. Navigant Research geht davon aus, dass 2020 weltweit rund 20 Millionen LED-Straßenleuchten installiert werden. TE hat sich jahrelang auf diesen Trend vorbereitet, indem das Unternehmen an den Zielen und Vorgaben des Zhaga-Konsortiums aktiv mitarbeitete. Deshalb ist das Lumawise Endurance S-Steckverbindersystem Zhaga Book 18-konform. Das hat große Vorteile für die Systemintegration durch

Das LUMAWISE Endurance N Zubehör für die Lichtsteuerung beinhaltet eine NEMA/ANSI-konforme Basisbaugruppe und eine Domabdeckung sowie eine integrierte Lösung, die Strom- und Signalschnittstelle zwischen Lichtsteuerung und Dimmstation kombiniert. Die Baugruppe verfügt über ein Fotokontrollgehäuse nach IP66 und bietet somit Schutz vor rauen Bedingungen wie Regen, Schnee und Salznebel.



heutige Leuchtendesigner, was schon lange das Ziel des Zhaga-Konsortiums war. Durch die Übergabe des Book 18 an die IEC kann das gesamte LED-Beleuchtungsversorgungs-, Fertigungs- und Integrations-Ökosystem nochmals profitieren und weiter ausgebaut werden. Wie die meisten Fachleute wissen, ist es äußerst schwierig, eine Änderung und Vereinheitlichung von Standards und technischen Spezifikationen von zuvor getrennten Funktionsbereichen (mechanisch, elektrisch und datenbasiert) zu erreichen. Die erste und die zweite Ausgabe des Zhaga Book 18 konnten dies für die LED-basierte Straßenbeleuchtung im Outdoorbereich bewirken.

Da diese Systeme von Grund auf so entwickelt und konstruiert werden, dass sie steuerbar sind sowie Daten erfassen und diese an ein zentrales Stadtbeleuchtungssystem weiterleiten, können die Vorteile „intelligenter LED-Straßenleuchten“ auch tatsächlich genutzt werden. Der Teufel steckt jedoch wie so oft im Detail. Denn es kommt nicht nur darauf an, wie viele Sensoren eine Leuchte hat, sondern ebenso darauf, wie präzise sie vernetzt und integriert sind und wie die Software, die die Leuchte steuert, auf diese sowie das ausgedehnte Netzwerk vieler miteinander verbundener Leuchten zugreifen kann. Heutzutage wird das System natürlich mit der Zeit intelligen-

ter. Denn es lernt aus früheren Prozessen und kann deshalb Vorhersagen und Überprüfungen vornehmen, um künftig einen effizienteren und längeren Betrieb zu ermöglichen. Da diese Systeme ein schlankeres Profil haben als LED-Straßenbeleuchtungsbaugruppen der vorherigen Generation, lassen sie sich besser integrieren. Dadurch bieten sie der intelligenten Stadtinfrastruktur mehr Raum und Flexibilität, um etwa Videokameras und Mikrofone hinzuzufügen, die noch mehr relevante und messbare "Erkenntnisse" über Fußgänger und Fahrzeuge sowie Aktivitäten im Stadtbild vermitteln und so den Schutz und die Sicherheit der Bevölkerung verbessern. □

iHP Serie



LpS 2019  
LED SYMPOSIUM  
professional + EXPO

Wir freuen uns auf  
Ihren Besuch auf  
unserem Stand D20

**EMTRON**

A FORTEC GROUP MEMBER

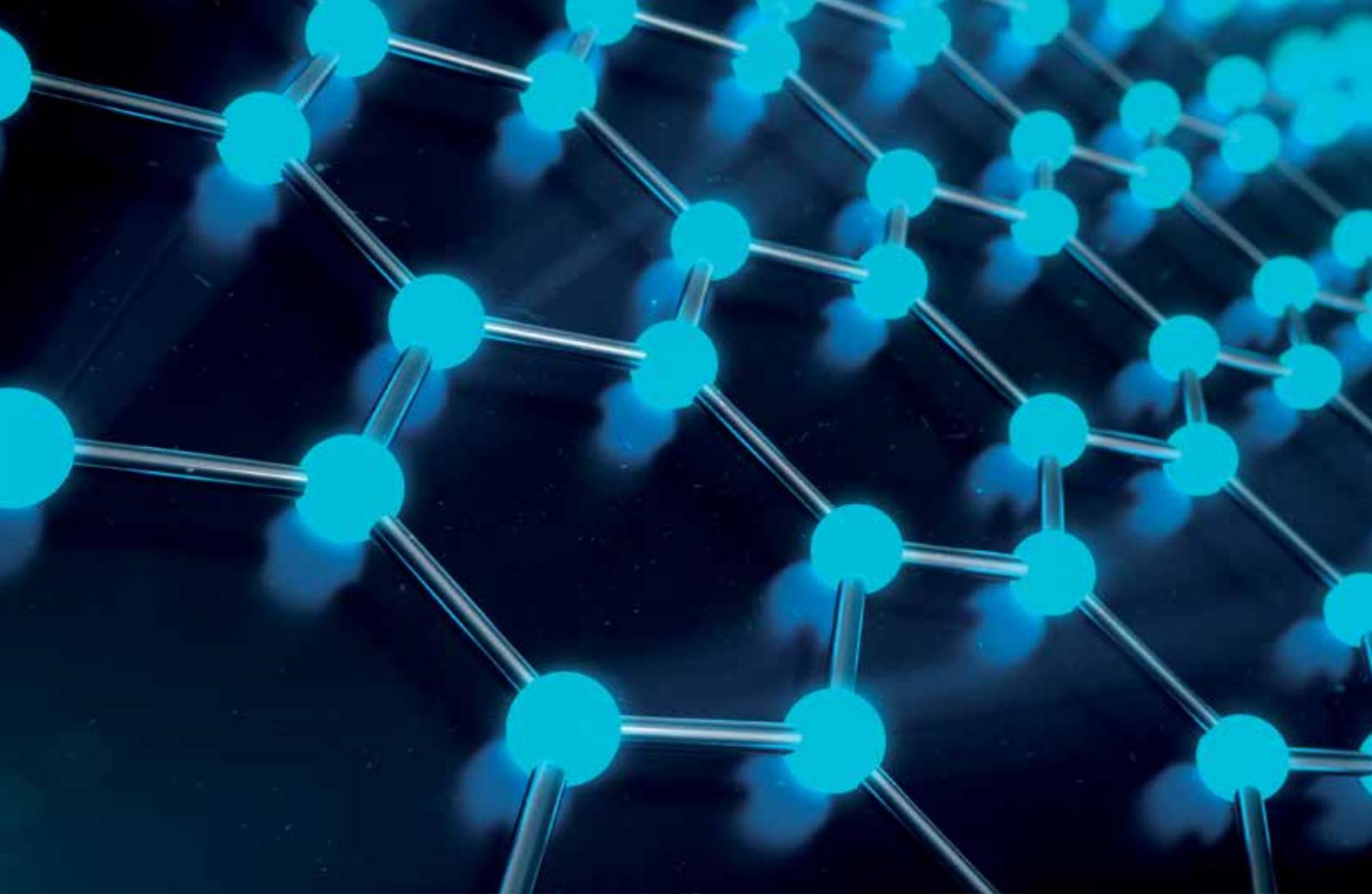
## INTELLIGENTE HOCHLEISTUNGS- NETZTEILE FÜR INDUSTRIE, MEDIZIN UND NEUE MÄRKTE

- ▶ 19" Einschub mit 4 oder 8 Slots
- ▶ bis zu 24.000 Watt Ausgangsleistung
- ▶ max. 1.000 VDC, max. 1.600 A am Ausgang
- ▶ ETH, CAN, RS-485, USB Interface
- ▶ IEC 60950 + IEC60601 zertifiziert

**KOMPETENZ, DIE ELEKTRISIERT.**

[WWW.EMTRON.DE](http://WWW.EMTRON.DE)

[WWW.NETZTEILE-KAUFEN.DE](http://WWW.NETZTEILE-KAUFEN.DE)



NANOPARTIKEL STATT KONVENTIONELLE PHOSPHOREN

# QUANTUM DOTS MACHEN LEDS EFFIZIENTER

LED-Konversionstechnologie bei Flächenbeleuchtung und Downlights ermöglicht hohe Effizienzwerte auch bei hohen Farbwiedergabeindizes.

**TEXT:** Osram Opto Semiconductors **BILDER:** Osram; iStock, Rost-9D

Quantum Dots (QD) sind nanometergroße Halbleiterteilchen, die etwa 10.000-mal kleiner sind als der Durchmesser eines menschlichen Haares. Diese Nanopartikel emittieren Licht einer bestimmten Wellenlänge, wenn blaues LED-Licht auf sie trifft. Die jeweilige Wellenlänge hängt von der Größe der einzelnen Quantenpunkte ab. So erzeugen beispielsweise etwa drei Nanometer große QDs grünes Licht, während rund sieben Nanometer große Partikel rot emittieren. Diese neuartige, einstellbare Konversionstechnologie kommt nun zum ersten Mal in ausgewählten Produkten von Osram Opto Semiconductors zum Einsatz und markiert den ersten Schritt auf dem Weg zu neuartigen LED-Komponenten für den Allgemeinbeleuchtungs-Markt. Die LED wurde speziell für den

Einsatz in Flächenbeleuchtung und Downlights entwickelt und ermöglicht es Anwendern, robuste Leuchten mit hoher Effizienz und Farbwiedergabe zu realisieren.

Bei der Herstellung konventioneller weißer LEDs stehen zwei Faktoren besonders im Vordergrund: Energieeffizienz und Produktqualität. Beides gleichzeitig zu berücksichtigen bildet vor allem bei sehr hohen Farbwiedergabeindizes (Color Rendering Index = CRI) eine besondere Herausforderung, bei der Entwickler mit konventioneller Konvertertechnologie bisweilen an ihre Grenzen gestoßen sind. Quantum Dots versprechen nun eine Lösung für dieses Problem. Der große Vorteil des Einsatzes dieser Nanopartikel besteht darin, dass die be-



Eine Eigenschaft der PLT-Technologie besteht darin, dass die Quantenpunkte gekapselt sind und somit vor schädlichen Umwelteinflüssen geschützt sind.

stehenden LED-Fertigungsprozesse gleich bleiben. Lediglich im Prozessschritt, in dem das Konvertermaterial aufgebracht wird, werden statt konventionellen Phosphoren QDs genutzt.

Diese fortschrittliche Technologie ermöglicht es den Entwicklern die heute bestehende Effizienzlücke zwischen CRI 80 und CRI 90 LEDs nach und nach zu schließen. Rund ein Jahr nach der Akquisition von Pacific Light Technologies (PLT), einem Unternehmen in der Entwicklung und Herstellung von optischen Hochleistungs-Nanomaterialien, präsentiert Osram jetzt seine erste Quantum Dot LED. Die eigens entwickelte PLT QD-Phosphorlösung ermöglicht bei CRI 90 einen Effizienzwert von 173 lm/W bei 3000 K - der bisher höchste Wert in der Klasse der 0,2 W-Hochleistungs-LEDs. Die kompakten

Abmessungen von lediglich 3,0 x 3,0 mm sowie der niedrige thermische Widerstand ermöglichen ein besonders einfaches Systemdesign. Zudem unterstützt die Quantum-Dot-LED auch im normalen Einsatz verschiedene die Farbtemperaturen von 2,700 bis 6,500 K.

Eine weitere Eigenschaft der PLT-Technologie besteht darin, dass die Quantenpunkte gekapselt sind, um sie vor Feuchtigkeit und anderen äußeren Umwelteinflüssen zu schützen, die nach wie vor das größte Risiko für die Funktionalität einer LED sind. So ermöglicht die spezielle Verkapselungstechnologie den QD-LEDs die anspruchsvollen und rauen Bedingungen des "On-Chip"-Betriebs innerhalb der LED-Komponente zuverlässig zu meistern. □

# Kingbright

Kingbright Electronic Europe GmbH

■ Quality ■ Efficiency ■ Innovation ■ First-class service

## NEUE RIGHT ANGLE SMD-LED IM ULTRA-FLACHEN GEHÄUSE KPDA-1806 SERIE

### Eigenschaften:

Abmessung = 1,8 mm x 1,5 mm x 0,6 mm

Enger Abstrahlwinkel – 25°

Lieferbar in den Farben rot, orange, grün, gelb und blau

### Applikationen:

Hintergrundbeleuchtung, Statusanzeige,

Haushalts- und intelligente Geräte, „Wearable Computer“, Medizinische Geräte



LEISTUNGSFAKTORKORREKTUR VERSTEHEN UND WIRKUNGSGRAD ERHÖHEN

# Effiziente Stromversorgung

Durch die hohen Kosten der Energieverschwendung wird der Wirkungsgrad von Stromerzeugung immer wichtiger. Deshalb haben Regierungen und Industrieverbände Standards festgelegt, die einzuhalten sind, bevor ein Produkt auf den Markt kommt. Kosten- oder umweltbewusste Kunden verlassen sich bei ihren Kaufentscheidungen auf diese Standards, um sicherzugehen, dass sie effiziente Produkte erwerben. Ein wichtiger Bereich, der dabei angesprochen werden muss, ist die Leistungsfaktorkorrektur (LFK) einschließlich EMV-Filter.

TEXT: Joel Turchi, ON Semiconductor BILDER: ON Semiconductor; iStock, Enis Aksoy

Für jede strombezogene Anwendung ist der Wirkungsgrad (die Effizienz) schon immer ein Thema und ein Parameter, den die Hersteller in ihren Spezifikationen angeben. In der Vergangenheit wurde dabei jedoch immer der bestmögliche Wert angegeben – bei einem einzigen Punkt: meist bei 75 Prozent Volllast. Folglich konzentrierten sich die Hersteller genau auf diese Auslastung, um die wahrgenommene Effizienz ihrer Produkte zu verbessern. In der Praxis arbeiten Geräte jedoch nur einen Bruchteil der Zeit mit dieser Auslastung. In realen Anwendungen, insbesondere bei dynamischen Lasten, bedeutet dies, dass der tatsächliche Wirkungsgrad weit unter den Erwartungen liegt.

Um dieses Problem zu lösen, berücksichtigen moderne Energiestandards die Leistungsfähigkeit über die gesamte Wirkungsgradkurve und nicht nur am besten Punkt. Entwickler überlegen deshalb, wie sich entscheidende Komponenten in Leistungswandlern so ausgelegt lassen, dass sie bei niedriger und mittlerer Last eine höhere Leistungsfähigkeit erbringen. Einer der entscheidenden Bestandteile solcher Netzeilschaltungen ist die Leistungsfaktorkorrektur-/LFK-Stufe und der EMV-Filter, die zusammen bis zu acht Prozent der Ausgangsleistung verbrauchen können.

## Technische Details der Leistungsfaktorkorrektur

Die von den Versorgungsunternehmen gelieferte Spannung ist immer sinusförmig, aber die Wellenform und Phase des Netzstroms hängen von der zu versorgenden Last ab. Für die einfachste ohmsche Last ist der Laststrom ebenfalls sinusförmig und in Phase, wodurch sich die Leistung leicht berechnen lässt.

Befindet sich in der Last eine Blindkomponente (Induktivität oder Kondensator), bleibt der Laststrom sinusförmig, ist jedoch in Bezug auf die Spannung phasenverschoben. In diesem Fall wird die Wirkleistung (auch als reale oder mittlere Leistung bezeichnet) wie zuvor berechnet – jedoch mit dem Kosinus des Phasenwinkels (Verschiebungsfaktor) multipliziert. Je größer die Blindlast, desto geringer wird die Wirkleistung. Nichtlineare Lasten wie die Eingangsstufe eines Schaltnetzteils mit Brückengleichrichter und Eingangskondensator erschweren die Sache. Hier besteht der Strom aus einer Reihe von Einschaltimpulsen und die Leistung wird mittels Fourier-Transformation berechnet.

Die Mittelung des Produkts zweier Sinuskurven erfordert eine komplexe Berechnung und liefert nur dann ein

Ergebnis ungleich Null, wenn die beiden Wellenformen die gleiche Frequenz aufweisen. Daraus lässt sich jedoch ableiten, dass nur die Grundkomponente Wirkleistung liefert und die Oberwellen (Harmonischen) nur nutzlose Kreisströme erzeugen. Ähnlich wie der Verschiebungsfaktor modelliert ein Verzerrungsfaktor die Auswirkung einer verzerrten (nicht sinusförmigen) Wellenform auf die Wirkleistung und definiert die Wirkleistung als Produkt aus Effektivspannung, Effektivstrom und beiden Faktoren. Weitere Analysen führen dann zum Klirrfaktor (THD; Total Harmonic Distortion).

Der Leistungsfaktor eines Systems ist einfach das Produkt der Verschiebungs- und Verzerrungsfaktoren – und daher ist die Wirkleistung das Produkt aus Effektivspannung, Effektivstrom und Leistungsfaktor.

## Ansätze zur Korrektur des Leistungsfaktors

Der wesentliche Standard bezüglich des Leistungsfaktors ist die EN 61000-3-2 – diese Norm wurde mit dem Ziel geschrieben, den Klirrfaktor des

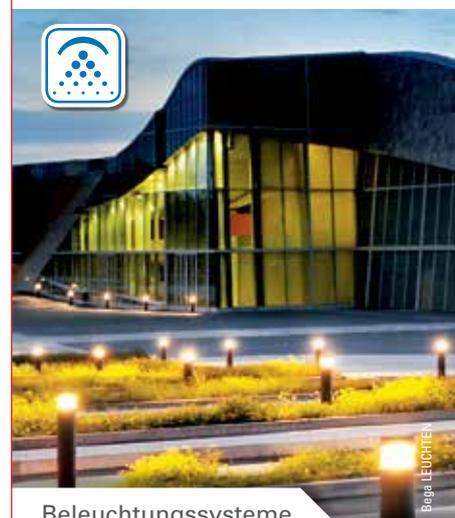


Dabei wird ein LFK-Vorregler zwischen dem Brückengleichrichter und dem Stützkondensator im Eingangskreis hinzugefügt, um eine konstante Spannung zu liefern und sicherzustellen, dass der entnommene Strom sinusförmig ist. Dieser Ansatz hat neben dem deutlich besseren Leistungsfaktor viele weitere Vorteile. Die Ausgangsspannung der LFK-Stufe beträgt recht gut geregelte 400 V, was den nachgeschalteten Wandler einfacher und kostengünstiger macht. Außerdem reduziert der nicht pulsierende Strom die Anforderungen an die EMV-Filterung und spart so Platz und Kosten.

Stroms, der aus dem Netz geliefert wird, zu minimieren. Dafür wird die maximale Größe aller Harmonischen vom 2. bis zum 40. Grad definiert. Die Anforderungen an die LFK werden auch in anderen Dokumenten wie der Energy Star Spezifikation behandelt. Deshalb hat diese Technik in so vielen Anwendungen Einzug gefunden.

Um diesen Standards gerecht zu werden, ist die bei weitem häufigste (und effektivste) Art der LFK die aktive Variante.

Diese Art von LFK-Vorwandler kann jedoch nicht zu 100 % effizient sein und trägt daher zu Systemverlusten bei. In jedem Stromversorgungssystem treten zwei wesentliche Verlustarten auf: Schaltungs- und Leitungsverluste. Leitungsverluste sind dabei die Summe zweier Arten von Verlusten: Solche, die proportional zur Leistung des Systems



Beleuchtungssysteme

## Schaltnetzteile für LED-Beleuchtung

- maßgeschneidert
- intelligent
- effizient

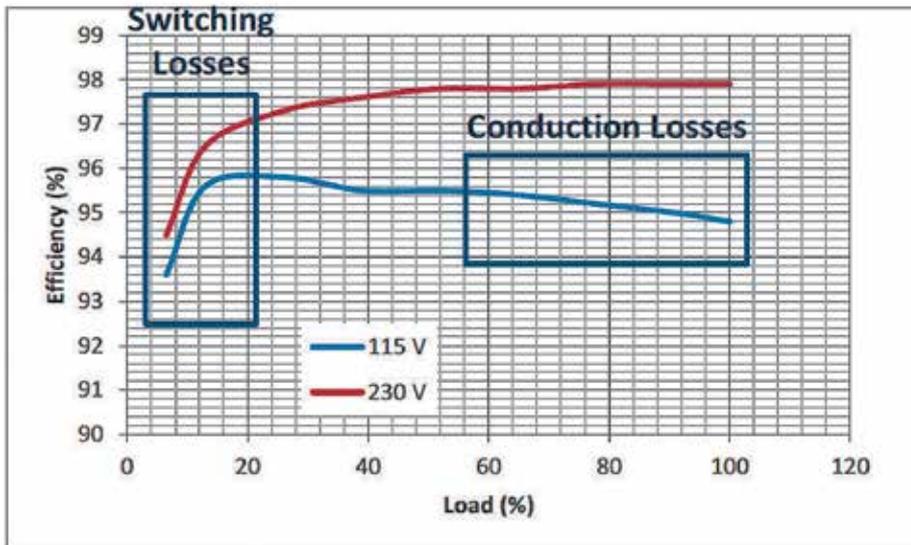


Customized Solutions  
Made in Germany



Ihr Spezialist für die Entwicklung und Herstellung kundenspezifischer Schaltnetzteile und Stromversorgungslösungen.

**inpotron Schaltnetzteile GmbH**  
Hebelsteinstr. 5, DE-78247 Hilzingen  
Phone +49 7731 9757-0  
E-Mail [info@inpotron.com](mailto:info@inpotron.com)



Schalt- und Leitungsverluste tragen zu den Gesamtverlusten in einem Stromnetz bei.

sind – aufgrund von Faktoren wie der Durchlassspannung der Dioden in der Brücke – und solche, die proportional zum Quadrat der Systemleistung sind, die Widerstandsverluste umfassen, wie z. B. den Einschaltwiderstand von MOSFETs. Letztere haben tendenziell den größten Einfluss auf den Wirkungsgrad bei höheren Leistungen.

Schaltverluste sind hingegen zu einem großen Teil proportional zum Strom und damit zur übertragenen Leistung. Zum anderen sind sie konstant und hängen nicht mit der Systemleistung zusammen. Sie werden durch parasitäre Kapazitäten und Ladeströme verursacht und sind in der Regel proportional zur Schaltfrequenz eines Systems. Da Schaltungsentwickler die Betriebsfrequenzen in Schaltungen zur Stromversorgung immer weiter erhöhen, um die Systemgröße zu verringern, werden Schaltverluste auch zu einer immer größeren Herausforderung – insbesondere bei niedrigeren Leistungsniveaus, bei denen sie eine erhebliche Verringerung des Wirkungsgrads ausmachen können.

## LFK-Regelkreise im Überblick

Es wurden verschiedene Regelverfahren für die Leistungsfaktorkorrektur entwickelt, um den Anforderungen der unterschiedlichen Systeme gerecht zu werden. Generell geht es darum, Schaltverluste bei geringen Lasten und Leitungsverluste bei höheren Lasten zu verringern. Es gibt drei grundlegende Regelverfahren. Der Continuous Conduction Mode (CCM) arbeitet mit einer festen Frequenz und begrenzt die Wellenlänge des Induktivitätsstroms, während gleichzeitig höhere Verluste zugelassen werden. Dieser Modus wird normalerweise für Systeme mit höherer Leistung (>300 W) verwendet.

Der Critical Conduction Mode (CrM) startet einen neuen Schaltzyklus, sobald der Induktivitätsstrom auf Null gefallen ist, somit ist keine Fast-Recovery-Diode erforderlich. Dies führt zu einer variablen Schaltfrequenz mit einer relativ großen Stromwellenlänge. Dieses einfache und kostengünstige Verfahren hat sich für Anwendungen mit geringem

Leistungsverbrauch bewährt, zum Beispiel für Beleuchtungen. Da immer häufiger MOSFETs mit niedrigem Durchlasswiderstand zum Einsatz kommen, kommt der CrM jetzt auch vermehrt in Anwendungen mit höherer Leistung zum Einsatz.

Der Frequency-Clamped Critical Conduction Mode (FCCrM) wurde vor einigen Jahren von ON Semiconductor eingeführt, um die beim CrM beobachtete Frequenzspreizung zu begrenzen. Unter geringer Last, wenn die Schaltfrequenz am höchsten ist, wird in den Discontinuous Conduction Mode (DCM) gewechselt, um die Schaltverluste deutlich zu verringern. Zusätzliche Schaltkreise kümmern sich um die für den DCM typischen Totzeiten und stellen so sicher, dass der Strom jederzeit die richtige Wellenform hat.

Der Markt bietet mittlerweile viele Komponenten wie LFK-Regler und Leistungsschalter, sowie Entwicklungsressourcen, mit denen sich eine effiziente Leistungsfaktorkorrektur realisieren lässt. □

## Ihr Partner in der Leistungs- elektronik

### Der Einsatz von Industriestandardmodulen bietet Ihnen heute höchste Liefersicherheit.

- Das Portfolio von SEMIKRON umfasst alle Industriestandard-Module, optimiert dank des SEMIKRON-Technologieportfolios
- Erweiterung des Multichip-Sourcing durch die Einführung der neuesten IGBTs der Generation 7 gleich zweier Hersteller
- Erweiterte Produktionskapazitäten sichern ein hohes Liefervolumen

### SEMIKRON liefert Leistungselektronik für jede Integrationsebene.

- Von Chips, Modulen, IPMs und leistungselektronische Stacks bis hin zu kompletten Systemen
- Professionelle Unterstützung bei der Auswahl des richtigen Produkts und bei der Systemauslegung durch unsere Applikationsexperten weltweit



**Power Modules  
Systems  
Power Electronic Stacks**





## Kundenspezifische Stromversorgung

# „Immer innovativ - aber nicht auf Kos- ten der Kunden“

Mit modernen, auf den jeweiligen Anwendungsfall maßgeschneider-ten Produkten verfolgt das badische Elektronikunternehmen Inpotron Schaltnetzteile eine kundenzentrierte Strategie im Bau von Stromversor-gungen. Welche technologischen Perspektiven und Herausforderungen die-ses Geschäft hat, erläutert der Geschäftsführende Gesellschafter Hermann Püthe.

**BILD:** Inpotron

### **Bezieht Inpotron Technologien wie Gal- lium-Nitrid (GaN) oder Siliziumcarbid (SiC) in seine Entwicklungen ein?**

Natürlich untersuchen wir die Einsatzmöglichkeit von Wide Bandgap-Bauteilen für unsere Stromversorgungslösungen. 600 V SiC Dioden in PFC-Schaltungen für CCM sind heute Stand der Technik. SiC-Transistoren sind zwar mittlerweile durchaus verfügbar und für bestimmte Anwendungen im Kilowatt-Bereich sinnvoll, jedoch ist es im Leistungsbereich unserer Netzteile von 1 Watt bis ca. 1 Kilowatt technologisch und kommerziell bisher vernünftiger, Superjuncti-on-MOSFETs zu verwenden, denn deren Weiterentwicklung bleibt schließlich auch nicht stehen.

### **Welche Vorteile bieten SiC und GaN aus Ihrer Sicht?**

SiC-Transistoren zeichnen sich durch eine sehr hohe Spannungsfestigkeit aus. Dies prädestiniert die Bauteile für dreiphasige Anwendungen, zum Beispiel Solar-Umrichter, was allerdings gegenwärtig nicht zu unserem Portfolio gehört. Ein weiterer Vorteil von SiC ist die deutlich geringere Drift des Innenwider-standes über die Temperatur gegenüber Superjunction-MOSFETs. SiC und GaN sind aufgrund ihrer geringen Eigenkapazitäten optimal für den Einsatz bei hohen Schaltfrequenzen. Durch ihre sehr hohe thermische Zerstörungsgrenze sind die Bauteile, rein von den technologischen Fähigkeiten des Halbleiters, stark überlastfähig. Die Gehäuse und Anschlussmaterialien begrenzen indes-sen die Nutzung dieser Fähigkeiten im Moment noch. Diesen Vorteilen stehen allerdings auch einige gravierende Nachteile gegenüber, wie die aufwendige, aber zwingend erforderliche präzise Ansteuerung. Das nur sehr kleine Fenster der Gate-Spannung für den optimalen Betriebspunkt und, daraus resultierend, die Gefahr der Zerstörung bei auch nur leicht überhöhter Ansteuerspannung stellen ebenfalls einen Nachteil dar. Zudem sind noch keine Informationen zur Robustheit in industriellen Applikationen über viele Jahre hinweg verfügbar. Die schnellen Schaltflanken sind auch nicht immer ideal. Ein Stromversorgungs- >

- > entwickler muss deswegen beim Einsatz von SiC- und GaN-Bauteilen vom Leistungselektroniker zum HF-Spezialisten mutieren, um die EMV-Aussendungen im Griff zu behalten. Aber wir wollen nicht jammern, die neuen Bauteile bieten mehr Chancen als Risiken, es muss nur sinnvoll zur Applikation passen.

**In welchen Anwendungsfällen lohnt sich der finanzielle Mehraufwand für solche Bauteile?**

Es hilft nur eine TCO-Betrachtung, natürlich auch unter Abwägung der Vorteile, die mir ein solches, vergleichsweise teures Bauteil zum Beispiel beim Kühlkonzept beschert. Einen Kostenvorteil bieten diese Bauelemente sicherlich im Leistungsbereich größer 3-5 Kilowatt; zum Teil auch für dreiphasige Netzteile.

**Wie sieht mittelfristig die Perspektive für den Einsatz dieser Bauteile aus, berücksichtigt man die wahrscheinliche Preisentwicklung für solche Bauteile, die sicherlich in Richtung günstigerer Beschaffungspreise gehen wird? Und welche neuen Anwendungsfälle werden dadurch in das Spektrum der Anwendungen rücken, wie schätzen Sie den zeitlichen Horizont hierfür ein?**

Die Preise für Wide-Bandgap-Transistoren sind zwar gesunken, jedoch wehren sich auch die bisherigen „Platzhalter“ mit technologischen Verbesserungen bei deutlichem kommerziellem Vorteil. Es geht eher darum einen technologischen Sprung zu wagen und die Schaltfrequenzen im MHz-Bereich zu nutzen. Hierzu gibt es noch vieles zu erforschen und natürlich auch Chancen und Risiken abzuwägen. Für die nächsten fünf Jahre sehe ich noch viel Forschungsarbeit vor uns liegen. Wir wollen und werden nicht die ersten sein, die sich auf dem Rücken der Kunden in ein Abenteuer stürzen werden. Natürlich immer gerne innovativ und technologisch weit vorne, aber auch mit dem konservativen Ansatz des Bewährten.

**Welche schaltungstechnischen innovativen Komponenten finden sich in Inpots „Werkzeugkasten“? Für welche Anwendungsfälle empfehlen sich solche Komponenten?**

Der Trend zu steuerbaren LED-Treibern für ein breites Anwendungsspektrum von Leuchten in Bereichen wie Pflanzenwachstum, Ambiente-Beleuchtung, Szenendarstellungen bis zu Leuchten mit komplettem Farb- >

**Umdenken bei Umrichtern!**

FischerLink DC-Link Kondensatoren in einem robusten und niederinduktiven Modul

- Design nach Kunden-Vorgabe
- extrem niedrige Induktivität
- 10 Prozent höheres Kapazitätsvolumen
- keine Kontaktkorrosion
- leichte Montage
- sehr lange Lebensdauer

www.ftcap.de

**Kondensatoren Made in Germany**

„Sicherheit und EMV gehören in kritischen Umgebungen, neben den funktionellen Gesichtspunkten, zu den meist diskutierten Anforderungen.“

**Hermann Pütke, Geschäftsführender Gesellschafter Inpotron**

- > spektrum geht weiter voran. Hier dominiert der Softwareaufwand schon deutlich die Hardware. Gesteuert über DALI, DMX, WiFi oder sonstige Schnittstellen, wird der LED-Treiber zum Rechner mit angehängter Leistungselektronik. Weitere Innovationen, die aktuell bei Inpotron umgesetzt werden, sind digital gesteuerte LPS-Produkte, redundante Lösungen, smarte Stromversorgungen für die Gebäudesystemtechnik, Kleinleistungs-Netzteile im 5-Watt-Bereich mit Wirkungsgraden nahe 90 Prozent, Automotive-Ladegeräte mit ultraweitem Versorgungsspannungsbereich, und Bridgeless PFC für die Niedervolt-AC Versorgung.

**Digital gesteuerte Schaltnetzteile sind ein viel diskutierter Trend. Was hat der Kunde davon?**

Für die Anwender erschließt sich mit der digitalen Steuermöglichkeit von beispielsweise DIN-Rail-Netzteilen eine höhere Flexibilität. Der Hersteller kann ein standardisiertes Produkt fertigen, und erst kurz vor Auslieferung erfolgt die gewünschte Kunden-Konfiguration über eine digitalisierte Eingabe. Auch die Steuerbarkeit kann neue Möglichkeiten bieten; dies ist insbesondere für LED-Treiber erkennbar und dort wird auch ein entsprechender Nutzen geschaffen. Redundante Stromversorgungen erhöhen die Betriebssicherheit. Sie werden – je nach Lastbedarf - optimiert digital überwacht und gesteuert. Statusinformationen über einen digitalen Bus aus dem Netzteil zum Kunden setzen wir schon seit über 20 Jahren um. Die Möglichkeiten diese Informationen detaillierter auszuwerten und gegebenenfalls darüber eine Prozesskette zu steuern erhöhen für die Kunden den Nutzen im Sinne von Industrie 4.0.

**Der Einsatz elektronischer Geräte in sicherheitsrelevanten Umgebungen wie Medizintechnik, Industriesteuerungen oder Fahrzeugelektronik rückt die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) ins Schlaglicht. Wie geht Inpotron dieses Thema an?**

Sicherheit und EMV gehören, neben den rein funktionellen Gesichtspunkten, zu den meist diskutierten Anforderungen. Wir versuchen unsere Lösung im Sinne eines optimalen Kundennutzens zu entwickeln. So sehen wir uns in der Verpflichtung, nicht nur das Netzteil zu entzören, sondern auch die Störphänomene der Kundenelektronik mit einzubeziehen und entsprechend die Filter und deren Anordnungen zu gestalten. Dazu gehört auch das Gehäusedesign. Unser Anspruch geht dahin, dass der Kunde kein zusätzliches Filter in seiner Applikation benötigen sollte. Entsprechendes gilt für die Störfestigkeit. Der Wunsch nach maximaler Systemverfügbarkeit bei gleichzeitig sinkender Stabilität der Versorgungsnetze macht uns das nicht leichter. Aber das ist gerade eben das Schöne an unserer Tätigkeit: Es bleibt auch in Zukunft spannend und herausfordernd. □



WANDLER UND NETZTEILE RICHTIG QUALIFIZIEREN

## Messfehler am DC/DC-Wandler vermeiden

Bei der Überprüfung der Restwelligkeit, der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) oder der Einschaltparameter bei DC/DC-Wandlern oder AC/DC-Netzteilen kommt es auf die richtige Messmethode an.

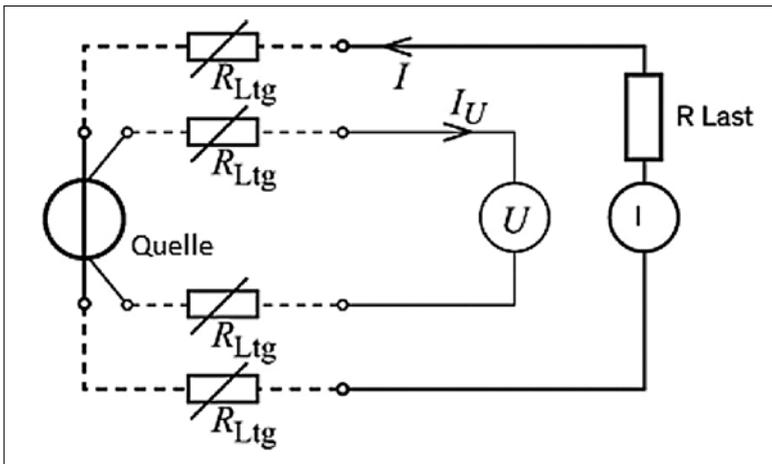
**TEXT:** Oliver Beckmann, Martin Tenhumberg, Traco

**BILDER:** Traco; iStock, Makitalo

Ein unter Autobesitzern immer wieder gern diskutiertes Thema sind die Verbrauchswerte ihrer fahrbaren Untersätze. Manche sprechen schon von Irreführung der Verbraucher, wenn das Auto 1-2 Liter mehr Verbrauch zeigt, als die Hersteller angeben. Aber ist es tatsächlich ein Betrug am Kunden oder sind wir da in einem Bereich, der in der Elektronikentwicklung schon lange bekannt ist, dass sich Laborwerte und Istwerte unterscheiden. Wie kommt es dazu? Stimmen die Angaben tatsächlich nicht oder gibt es Punkte, die zu beachten sind, wenn ein AC/DC-Netzteil oder ein DC/DC-Wandler in einer Schaltung eingesetzt ist? Schließlich sollte jedem klar sein, dass ein Auto auf einer definierten Teststrecke ohne viel Gewicht weniger verbraucht, als voll beladen mit einer vierköpfigen Familie den nächsten Alpenpass hoch. Ein Auto kauft man im Regelfall nach den persönlichen Bedürfnissen bzw. dem Budget entsprechend. Doch wie wählt man nun die passenden Komponenten für die Stromversorgung aus?

### Die Bedarfsanalyse

Zuerst einmal sollte man die Anforderungen an die Stromversorgung definieren. Dabei stellen sich vorab schon einige



So sieht ein korrekter Schaltplan einer Vierleitermessung mit Quelle und Last aus.

Fragen, die als trivial bezeichnet werden können. Prinzipiell möchte man für die Applikation die Eingangsspannung auf ein neues Potential bringen. Soll dieses getrennt sein oder nicht? Welchen Ein- und/oder Ausgangsspannungsbereich hat und benötigt man bei welchem Ausgangsstrom? Für welche Bauform habe ich Platz bzw. geben andere Komponenten auf der Platine schon etwas vor? Für welches Endprodukt wird die Schaltung benötigt? Auf welche Normen ist zu achten (Industrie, Bahn oder Medizin)? In was für Umgebungsbedingungen wird die Anwendung eingesetzt? Wie zuverlässig soll/oder muss die ganze Schaltung sowie die gesamte Applikation sein?

Ein Porsche 911 ist ein tolles Auto, aber für eine Expedition durch den Dschungel Südamerikas wohl denkbar ungeeignet. Ein Allrad-Jeep wird für dieses Unterfangen die bessere Wahl sein. Aber so einfach wie mit dem passenden Fahrzeug ist es bei der Wahl der Stromversorgung nicht immer. Sind die Standardfragen geklärt, kommen wir zu denen, die wir in diesem Artikel etwas näher betrachtet wollen. Wie messe ich korrekt und vermeide Messfehler? Wie gehe ich mit der Restwelligkeit (Ripple & Noise) um? Was passiert beim Einschaltstromstoß? Was ist bezüglich der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) zu beachten?

Schaut man z.B. ins umfangreiche Produktportfolio eines Herstellers wie Traco wird man zahlreiche DC/DC-Wandler-Serien im Bereich um 3 Watt finden. Da gibt es dann die TVN-Serie mit extrem geringen Ripple & Noise oder THM welches über Medizinzulassungen verfügt. Open-Frame Varianten oder die TMR-WIR-Serie mit einer Isolation von 3000 VDC und der Zulassung für den Bahnbereich.

Wir hätten wohl alle gerne einen fertigen Wandler, der die benötigten Anforderungen direkt erfüllt. Aber der Regelfall bedeutet mehr Aufwand - weil die Anforderungen vielleicht

mehr als einen Wandler oder eine Zusatzbeschaltung benötigt, um die gewünschten Werte zu erhalten. Was muss nun bestimmt werden, um eine passende Lösung zu finden? Erst einmal: Welche zu messenden Werte benötigt werden? So kann mit einer einfachen Messung recht einfach eine grobe Qualifizierung gemacht werden, in dem man Eingangs- und Ausgangsspannung und Strom am Wandler, an der Last und eventuell Veränderungen des Wirkungsgrads ermittelt.

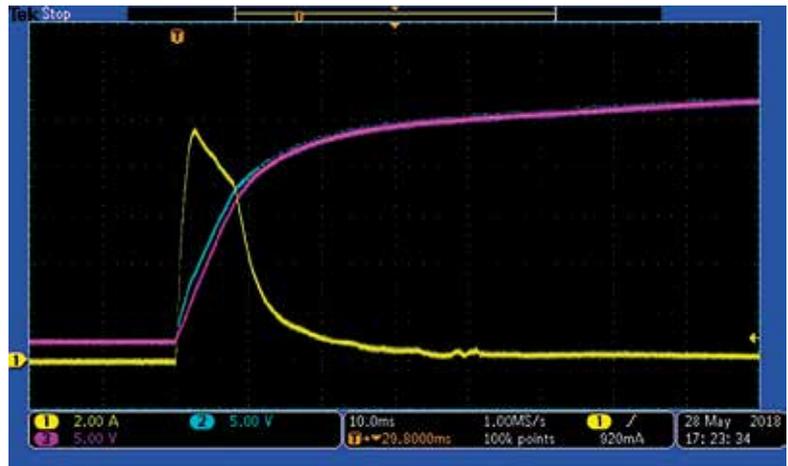
## Messfehler vermeiden

Grundsätzlich ist zu beachten, dass jede Messung den Ist-Zustand der Schaltung verändert. Dieser Einfluss sollte möglichst gering gehalten werden. Daher wird selbst für eine einfache Messung empfohlen, eine 4-Leiter-Messung einzusetzen. Durch unabhängige Leitungen für die Messung von Strom und Spannung gibt es weniger Einfluss auf die Ergebnisse. Sie werden durch die Eigenwiderstände der Messleitungen hervorgerufen. Auch sollte man an die Endanwendung denken. So können zum Beispiel in einem Operationssaal schon einmal 30 m Leitungen zwischen der Stromversorgung und der eigentlichen Last liegen. Die Last benötigt vielleicht 24 V also muss die Quelle eine entsprechend höhere Ausgangsspannung haben, um die Spannungsverluste auf der Leitung auszugleichen. Also muss man an der Last als auch an der Quelle messen. Das Beispielschaltbild zeigt eine klassische Vierleitermessung der Spannung an der eigentlichen Quelle.

## Bestimmung der Restwelligkeit

Warum wird die Restwelligkeit, auch Ripple & Noise genannt, bestimmt? Abhängig von der Applikation könnte eben die Restwelligkeit eines DC/DC-Wandlers im eigentlichen Arbeitsbereich z.B. einer Messbrücke liegen und sollten entsprechend separat betrachtet und beachtet werden. Worum han-

Das ist ein typischer Verlauf eines Einschaltstromstoß eines DC/DC-Wandlers im energiefreien Zustand (kalt=Raumtemperatur 25°C).



delt es sich bei diesen und wie lassen sie sich sauber messen? Bei AC/DC- und DC/DC-Schaltungen spricht man vom Ripple, wenn durch interne Schaltungen unregelmäßige Störungen verursacht werden. Wohingegen als Noise die periodisch wiederkehrenden Peaks bezeichnet werden, welche durch das Pulsen des Übertragers in der Schaltfrequenz entstehen. Um dabei die tatsächlichen Werte zu bestimmen, muss der Messkopf direkt an den Pins - sowohl mit dem Massering als auch der Tastspitze - kontaktiert werden. Um die Ergebnisse mit den Angaben des Herstellers vergleichen zu können, wird am Oszilloskop die Bandbreite auf laborübliche 20 MHz begrenzt.

Für eine einfache Reduzierung der Restwelligkeit reichen in der Regel zwei parallel geschaltete Kondensatoren beispielsweise ein 100-nF-Metallfilmkondensator und ein 10- $\mu$ F-Elektrolytkondensator aus. Dabei ist zu beachten, dass Datenblattangaben unter Laborbedingungen gemessen werden und diese durch äußere Einflüsse in der Endanwendung variieren.

## Umgang mit dem Einschaltstromstoß

Der Einschaltstrom muss ermittelt werden, um vorgeschaltete Bauteile richtig zu dimensionieren. Der Strom hängt maßgeblich von der Schaltgeschwindigkeit ab. Idealerweise wird deshalb im Labor mit Quecksilberschaltern gearbeitet. Die Quelle sollte einen möglichst geringen Innenwiderstand haben. Der Strom wird mit einer entmagnetisierten Zange gemessen. Ebenso hat die Umgebungstemperatur einen großen Einfluss auf den Einschaltstromstoß, denn beispielsweise ist der Einsatz von Elkos stark temperaturabhängig. Im Beispielbild sehen Sie einen Einschaltstromstoß an einer LED-Lampe (gelbe Linie). Dargestellt wird weiterhin der Spannungsverlauf in der Lampe (violett dargestellt). Schön zu sehen ist der Einschaltmoment T, der orange markiert ist, welcher bei circa 10 A das Maximum erreicht und binnen 30 ms wieder bei 300 mA

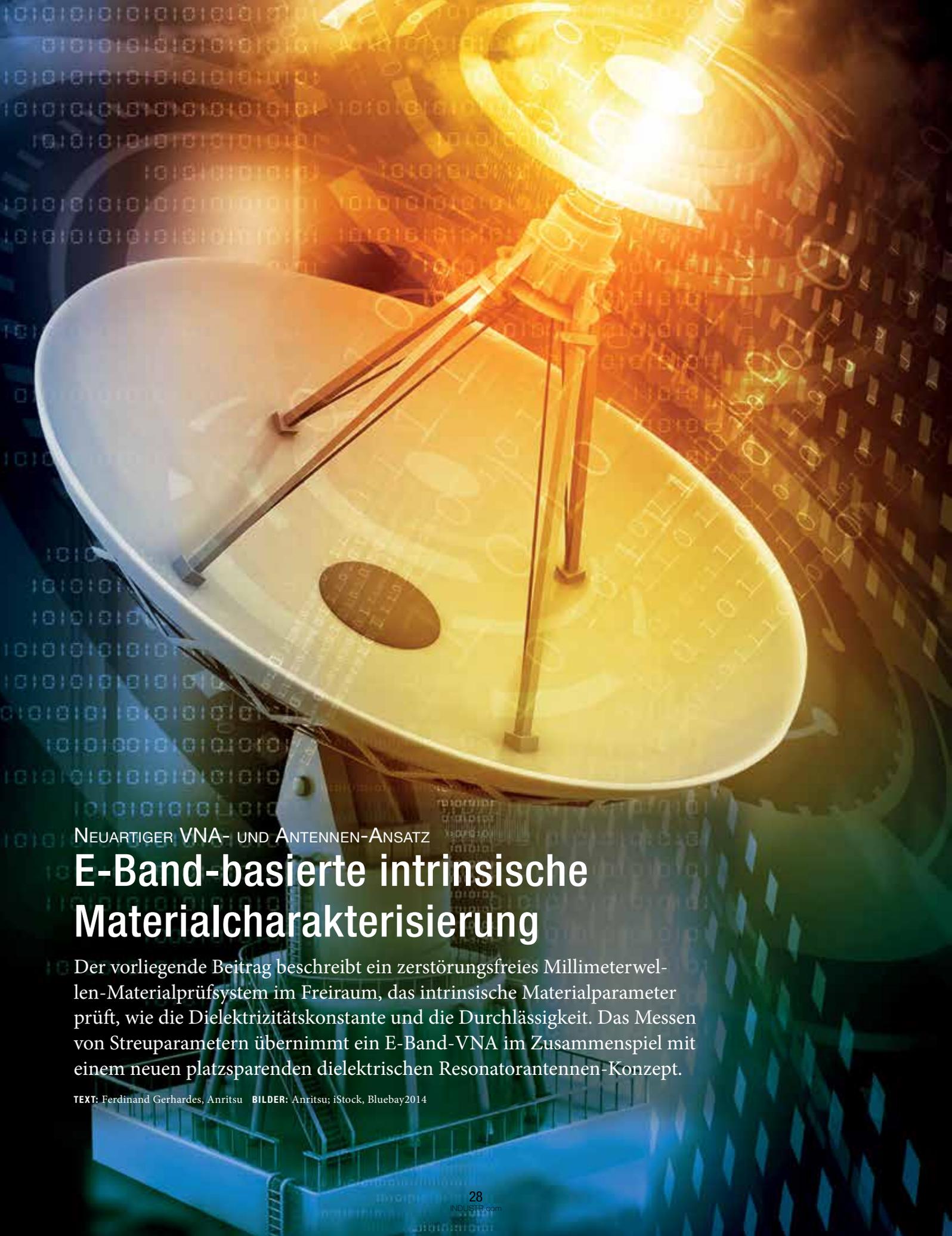
angekommen ist. Hat man in seiner Schaltung Schwierigkeiten mit dem Einschaltstromstoß, kann der Einsatz eines Thermistors (NTC) helfen.

## Die Elektromagnetische Verträglichkeit

Weiterhin sollte beachtet werden, dass durch die Gesamtapplikation das EMV-Verhalten (Elektromagnetische Verträglichkeit) maßgeblich bestimmt wird. Der Einsatz eines DC/DC-Wandlers mit internem Filter bedeutet nicht automatisch die Einhaltung der Grenzwerte einer Gesamtapplikation, da zumeist mehrere Bauteile Einfluss auf das EMV-Verhalten nehmen. In vielen Fällen wird aus Gründen der Sicherheit eine Verbindung der Ausgangsspannung mit PE gefordert, was die EMV maßgeblich beeinflussen kann. Hinweise zur Einhaltung der Grenzwerte kann dann im Regelfall der Hersteller der Stromversorgung geben.

## Fazit

Zusammenfassend sei gesagt, dass die Qualifizierung von Stromversorgungskomponenten für ein Design mit einfachen Mitteln und mit wenig Aufwand realisiert werden kann. Vor der Auswahl und Qualifizierung sollten die Anforderungen klar definiert werden. Eine wichtige Unterscheidung ist aber: Was BRAUCHE ich wirklich und was HÄTTE ICH GERN. Um auf die eingangs erwähnten Autohersteller zurück zu kommen, denken wir an die korrekte Aufnahme der Messwerte und die daraus resultierende Beeinflussung eben dieser. Die Teststrecke ist definiert ebenso wie die Laborbedingungen, wenn eine Schaltung aufgebaut wird. Wichtig ist aber zu wissen, unter welchen Bedingungen kommt die Schaltung zum Einsatz? Wenn es auf dem Markt kein passendes Produkt gibt, sollte nach entsprechenden Serien-, Parallelschaltung oder Filter für das gewünschte Ergebnis Ausschau gehalten werden. □



NEUARTIGER VNA- UND ANTENNEN-ANSATZ

# E-Band-basierte intrinsische Materialcharakterisierung

Der vorliegende Beitrag beschreibt ein zerstörungsfreies Millimeterwellen-Materialprüfsystem im Freiraum, das intrinsische Materialparameter prüft, wie die Dielektrizitätskonstante und die Durchlässigkeit. Das Messen von Streuparametern übernimmt ein E-Band-VNA im Zusammenspiel mit einem neuen platzsparenden dielektrischen Resonatorantennen-Konzept.

TEXT: Ferdinand Gerhardes, Anritsu BILDER: Anritsu; iStock, Bluebay2014

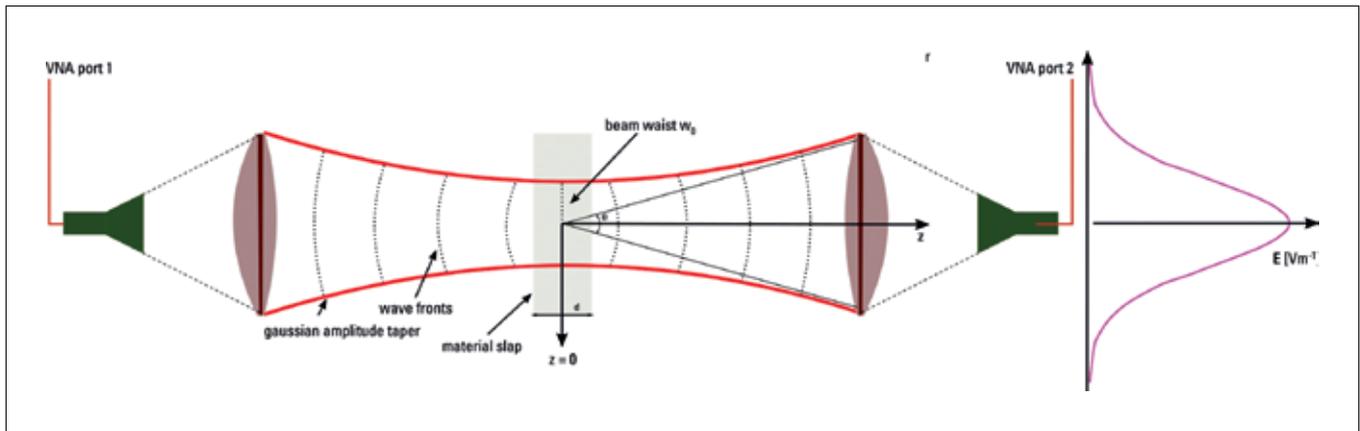
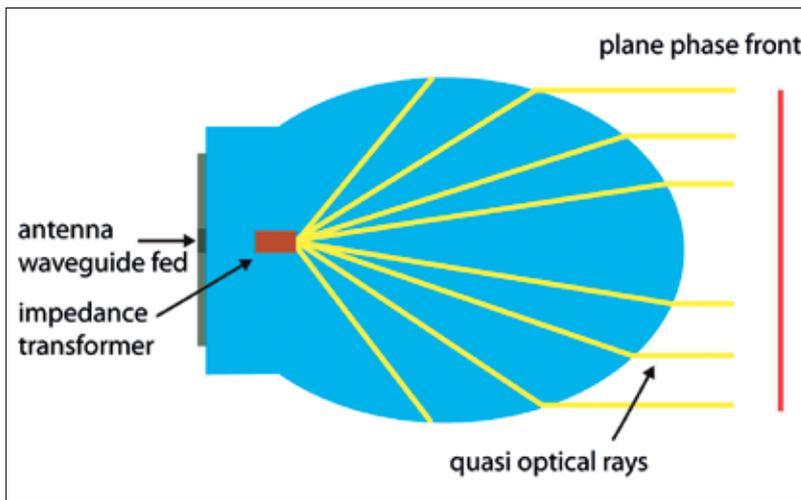


Abbildung 1: (links) Breite  $w(z)$  des Gauß-Strahls in Abhängigkeit vom Abstand  $z$  entlang des Strahls;  $w_0$  = Strahltaille;  $\theta$  = Gesamt-Abstrahlwinkel; (rechts) Querintensitätsprofil eines Gauß-Strahls, das die Amplitude des elektrischen oder magnetischen Feldes im Vergleich zur Radialposition von der Strahlachse darstellt.

Hintergrund dieses Projektes ist eine Machbarkeits-Studie, wobei das Fraunhofer FHR die dielektrische Resonatorantenne und die Mechanik entwickelt hat. Die RWTH Aachen (Institut IHF) hat die ASTM-Implementation für die Extrahierung der Materialeigenschaften entwickelt, und Anritsu unterstützt das Projekt mit einem Millimeterwellen-VNA-Konzept mit neuem Frequenzband. Die Festlegung der intrinsischen Mikrowelleneigenschaften von Materialien ist für eine Reihe von Anwendungen wichtig, angefangen von der zerstörungsfreien Mikrowellenprüfung (MNDT) über den Entwurf von Antennen und elektronischen Schaltkreisen, bis hin zu Fernerkundung und der Minderung elektromagnetischer Störungen oder der Prüfung von Kfz-Radar-Antennen-Radomen. Die Nutzung eines Versuchsaufbaus für solche Messungen im Freiraum hat deshalb Beliebtheit erlangt, weil er benutzerfreundlich ist und eine ausreichende Genauigkeit garantiert. Messverfahren im Freiraum haben einen entscheidenden Vorteil gegenüber anderen geführten Messverfahren mit Übertragungsleitung, da keine „Schnittstelle“ zwischen der Materialprobe und einer Leitwand besteht. Zudem ist es auch möglich, quasi parallel die dielektrischen (Permittivität) und magnetischen Materialeigenschaften (Permeabilität) zu ermitteln, indem die Ergebnisse einer normalen Zwei-Tor-Streuparameter-Messung mathematisch ausgewertet werden. Zudem ist dieser Versuchsaufbau in der Lage, mit inhomogenen Ver-

bundmaterialien wie Wabenkernen oder verbauten Metamaterialien umzugehen. Es wird damit auch für den Nicht-Wissenschaftler sehr einfach, Materialproben in Fertigungsumgebungen zu charakterisieren.

Die Abbildung 1 zeigt eine schematische Darstellung des historisch VNA-basierten Mikrowellen-Messsystems im Freiraum (Free-Space-Setup), in dem eine Materialprobe eines homogenen Feststoffes zwischen einem Antennenpaar mit gewellten punktfokussierten Hornantennen angeordnet ist, die einen Gauß-Strahl erzeugen, der anschließend durch eine vor den Antennen befindliche Linse geleitet wird. Beim Free-Space-Setup können die Materialeigenschaften entweder nur durch Messung der Reflektionsparameter ( $S_{11}$ ) oder in Kombination mit den Transmissionsparametern ( $S_{21}$ ) bestimmt werden. Die Nutzung von normalisierten Transmissionsmessungen ( $|S_{21}|$  und Phase) ist ebenfalls möglich. Das Bewerten der dielektrischen Eigenschaften auf Grundlage der Reflexionsdaten führt bei Millimeterwellenfrequenzen zu potenziellen Schwierigkeiten. Es müssen beispielsweise Mehrfachreflexionen beherrscht werden, die an den Schichtgrenzen in mehrschichtigen Systemen auftreten, und der Zustand der Oberfläche des Materials wird zum entscheidenden Faktor für die Wellenreflexion bei hohen Frequenzen. Diese Schwierigkeiten lassen sich durch eine Filterung der Messwerte im Zeitbereich (Time Domain Gating) beheben.



Auf dielektrischer Resonatorlinse basierende Antenne (DRA) mit Darstellung der Strahlausbreitung innerhalb der Antenne.

## Alternative Antennentechnik

Die Grundlage des hier erörterten Konzepts ist die Verwendung einer alternativen Antennentechnik, die eine sehr große Nutzbandbreite, einen gleichmäßigen Gewinn über der Frequenz, geringe Nebenkeulen und eine gute Anpassung gewährleistet. Somit eignet sie sich optimal für Millimeterwellenanwendungen. Letztendlich zum Einsatz kommt eine dielektrische, auf einer Resonatorlinse basierende Antenne (DRA), die zahlreiche Vorteile bietet. Unter anderem die geringe Größe, verglichen mit konventionellen Bauformen (Horn-Antenne mit dielektrischer Linse), wobei die Größe um einen Faktor der Quadratwurzel der Dielektrizitätskonstante des Materials geringer ist. Weitere Vorteile sind ein hoher Antennenwirkungsgrad von über 95 Prozent aufgrund fehlender Leitungsverluste beziehungsweise fehlender Oberflächenwellen-Verluste, sowie die schon erwähnte höhere Bandbreite und geringere Kosten.

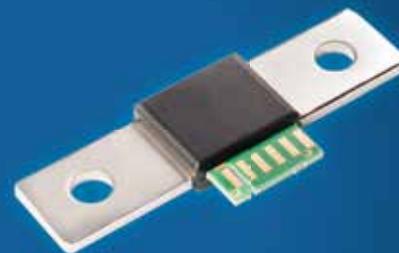
Die Antenne ist als massiver Linsenkörper ausgeführt, die von einem Hohlleiter direkt in die dielektrische Linse hinein gespeist wird. Eine standardmäßige Herangehensweise zur Umwandlung der sphärischen Phasenvorderseite des Speiseelements in ebene Phasenvorderseiten hat einen Ellipsoiden zum Ergebnis, der von einem der Brennpunkte des Ellipsoiden gespeist wird. Zur Speisung der Antenne wird ein WR-12-Hohlleiter mit einem mit Viertelwellen abgestuften Impedanzwandler verwendet. Von der Einspeisestelle breitet sich die elektromagnetische Welle zur Außenfläche des Ellipsoiden aus, von der ein Teil nach Innen zurück reflektiert wird und nach einer zweiten internen Reflexion wieder an der

Einspeisestelle ankommt. Der andere Teil wird beim Verlassen des Ellipsoiden gebrochen und bildet – orthogonal zur kleinen Halbachse der Ellipse – eine Wellenfront. Die Summe aus allen diesen Strahlen erzeugt eine planare Wellenfront in Richtung des zu prüfenden Materials. Da das Radius-Längen-Verhältnis durch das Linsenkonzept und die Materialeigenschaften vorgegeben ist, verhält sich die Länge proportional zum Durchmesser. Diese Antennenart eignet sich hervorragend für Anwendungen mit hohem Antennengewinn im Millimeterwellenbereich.

## E-Band-Vektornetzwerkanalysator

Ein weiterer neuer Technologieansatz, der in diesem Messsystem genutzt wird, ist der Vektornetzwerkanalysator MS46522B von Anritsu mit der Option 82, ein spezieller und kostengünstiger E-Band-VNA für Anwendungen im Bereich von 55 bis 92 GHz. Im Bereich der Antennencharakterisierungen und Materialprüfungen eignet sich dieser VNA-Typ bestens für industrielle Anwendungen, bei denen Benutzerfreundlichkeit, Einsatz in industriellen Umgebungen und die Anbindung an bestehende IT-Systeme wichtige Anforderungen sind. Der E-Band-VNA besteht aus kleinen miteinander verketteten Sende- und Empfängermodulen und einem Grundchassis. Die Module sind in der Grundversion mit einem Meter langen Spezialkabeln mit dem Chassis permanent verbunden. Das macht das Gerät als sofort einsatzfähiger E-Band-VNA kompakter. Andere Versionen mit bis zu fünf Meter langen Spezialkabeln sollen sich sehr gut für planare Antennen Nahfeld-Prüfanwendungen oder robotergestützte Anwendungen eignen. Die Testportmodule haben einen

# WENIGER IST MEHR



MESSTECHNIK



## WENIGER PLATZ. WENIGER GEWICHT. WENIGER KOSTEN. MEHR PRÄZISION.

Die kompakten Ein-Chip-Strommesssysteme der ICD-Serie tun das, was sie am besten können: sehr genau Strom messen.

Das ICD-C gewährleistet die Strommessung in industriellen Applikationen und ist mit einem praktischen Platinenstecker ausgestattet. Das ICD-A wurde speziell für die Automobilindustrie entwickelt und verfügt über einen abgedichteten, sechspoligen MCOM-Stecker. Beide Geräte sind in den Varianten 100A, 300A und 500A erhältlich und decken verschiedenste Anforderungsprofile ab. Die integrierte CANbus 2.0 Schnittstelle gewährleistet eine schnelle und zuverlässige Kommunikation zwischen ICD-System und Steuergerät.

Überzeugen Sie sich von den herausragenden Eigenschaften hochpräziser Strommessung mit Systemen der ICD-Serie und fordern Sie das Datenblatt an.

## DIE FEATURES IM ÜBERBLICK:

- Messung: Strom
- Zusatzfunktionen: Sleep mode, Eigenverbrauch-Messung
- Kommunikation: CANbus 2.0
- Auflösung: 1mA
- Messgenauigkeit: 0,1%



**ISABELLENHÜTTE**

Innovation aus Tradition

Isabellenhütte Heusler GmbH & Co. KG  
Eibacher Weg 3-5 · 35683 Dillenburg  
Telefon 02771 934-0 · Fax 02771 23030

isascale@isabellenhuetten.de · www.isabellenhuetten.de

außerordentlich kleinen Formfaktor ( $6 \times 10 \times 4$  cm) und bieten einen WR-12 Hohlleiteranschluss. Das 19-Zoll-Basisgerät (drei UE) enthält im Wesentlichen nur den Steuerrechner und stellt die Verbindung zur Außenwelt her. Die grafische Shockline-Benutzeroberfläche bietet den gleichen Funktionsumfang wie der Rest der Shockline-Gerätefamilie von Anritsu. Die Time-Domain-Messoption kann jederzeit über ein Softwareupgrade nachgerüstet werden.

## Immun gegen Störeinflüsse

Die Einfügedämpfung und Phasenstabilität der Koaxialkabel bei Millimeterwellenanwendungen verschlechtern sich mit der Frequenz. Das kann letztendlich die Messgenauigkeit und Messwiederholbarkeit negativ beeinflussen. Um diesen Herausforderungen gerecht zu werden, hat Anritsu eine Reihe von Miniatur-Reflektometern entwickelt. Sie basieren auf der nicht-linearen leitungsgebundenen Übertragungstechnologie (NLTL), die zur Erweiterung des Frequenzbereichs eines Mikrowellen-VNA auf 145 GHz und höher verwendet werden kann. Zusätzlich zu ihrer Miniaturausführung bie-

ten diese Reflektometer eine kurz- und langfristige thermische Stabilität, eine hohe Amplitude und Phasenstabilität sowie eine überaus hohe Richtschärfe des unkalibrierten Richtkopplers. Zur Verringerung der mechanischen Komplexität sowie der damit verbundenen Kabelführungen und im Hinblick auf den Trend hin zu immer höheren Messfrequenzen wurde eine E-Band-Version von Reflektometern entwickelt, die auf einem modularen AXIe-Format basiert.

## Fazit und Ausblick

Diese Machbarkeitsstudie hatte zum Ziel, ein benutzerfreundliches, intuitives Materialprüfsystem zu entwickeln, welches im so genannten E-Band funktioniert. Die Studie hat gezeigt, dass eine neuartige VNA-Architektur im Einklang mit einer neuen dielektrischen Resonatorantenne, die einen gebündelten gaußähnlichen Strahl hervorbringt, in der Lage ist, die Komplexität eines so genannten Freiraum-Versuchsaufbaus wesentlich zu vereinfachen. Darüber hinaus kann diese Herangehensweise auch von Laien genutzt werden, um in fertigungsnahen Umgebungen entsprechende Ergebnisse zu erzielen. □

ESD IM GRIFF

# ELEKTROSTATISCHE ENTLADUNGEN - URSACHEN, FOLGEN UND SCHUTZ

Elektrostatische Entladungen bedrohen täglich eine Unmenge elektronischer Geräte und Maschinen. Wer die Ursachen und Folgen von ESD-Schäden kennt, der schätzt einen effektiven ESD-Schutz.

TEXT: Tom Westcott, Distrelec BILD: iStock, Nzphotonz

Bei der Fertigung elektronischer Geräte erscheint der Schutz vor elektrostatischen Entladungen (ESD) mitunter als unnötiger Mehraufwand. Wird dieser Aspekt jedoch vernachlässigt, kann das zu ernsthaften Qualitätsproblemen führen, die unter Umständen erst Tage, Wochen oder sogar Monate nach Auslieferung des Produktes an den Kunden auftreten. Tom Westcott, Leiter des Bereichs Quality and Legislation bei Distrelec, erläutert, wie die rechtzeitige Berücksichtigung von ESD-Risiken Ausfälle beim späteren Einsatz der Produkte verhindern und die Gesamtqualität des Montageprozesses verbessern kann.

## Ursachen und Folgen von ESD

Die Ursachen elektrostatischer Entladungen sind vielfältig und zum Teil überraschend. Beispielsweise können sich an Klebebandrollen oder Klebebandabrollern Spannungen von bis zu einigen Tausend Volt aufbauen. Das liegt vor allem an den isolierenden Eigenschaften, die solche Gegenstände meist aufweisen und durch die sich elektrische Potenziale aufbauen können. Selbst Plastikbeutel, die elektronische Komponenten enthalten, können eine statische Aufladung bewirken, die zwischen einigen Hundert Volt und über 1000 Volt liegen kann.

Wenn sich diese Spannung an Halbleiterbauelementen entlädt, kann dies zu einer Reihe von Problemen führen. Ist der induzierte Strom stark genug, kann es beispielsweise zu einem Defekt der Halbleiter-Sperrschicht kommen. Bei den neuen Hochleistungsbauelementen mit Strukturgrößen von 10 nm und 7 nm ist das Risiko sogar noch grösser. Diese weisen Ga-

te-Oxide auf, die nur wenige Nanometer dick sind und mit niedrigen Spannungen operieren – damit sind sie noch anfälliger für Schäden durch hohe ESD-Spannungsdurchschläge.

Auch wenn es nicht sofort zu einem Totalausfall kommt, kann die Sperrschicht geschwächt werden, da der Stromimpuls die Oxidschicht beschädigt. Das verkürzt die Lebensdauer des Bauelements und kann zu einem Ausfall im laufenden Betrieb führen oder wichtige Parameter wie Schaltgeschwindigkeit oder Stromverbrauch ändern. Durch eine hohe Entladung kann auch die Isolierung durchbrennen und es können Kurzschlüsse in der Metallisierung unterschiedlichster Bauteile auftreten, nicht nur bei Halbleitern. Dadurch verringert sich der reale MTBF-Wert (Mittlere Betriebsdauer zwischen Ausfällen) des Moduls oder Subsystems im Vergleich zum berechneten MTBF-Wert und auch hier kann es später zu verfrühten Ausfällen im laufenden Betrieb kommen.

Auch elektrostatische Entladungen von fest installierten Maschinen können ESD-Schäden verursachen. Dazu kommt es, wenn ein nicht geerdetes Teil einer Maschine oder eines Werkzeugs während der Montage mit einem ESD-empfindlichen Teil in Berührung kommt – ein Risiko, das manchmal übersehen wird. Eine dritte Ursache, die zwingend berücksichtigt werden sollte, sind die elektrostatischen Entladungen geladener Geräte. Dazu kommt es, wenn ein Bauteil oder Gerät selbst eine elektrische Ladung aufbaut und dann mit einer leitfähigen Oberfläche in Berührung kommt. Die schnelle und energiereiche Entladung, zu der es dabei kommt, kann ein ESD-empfindliches elektronisches Bauteil beschädigen.



## Einige effektive Lösungen für den ESD-Schutz

Ausfälle durch Kurzschlüsse oder einen Defekt der Oxid-Sperrschicht, die durch ESD an elektronischen Bauelementen verursacht wurden, werden in der Regel rechtzeitig bei abschließenden Tests festgestellt. Oft sind es jedoch latente Defekte, die größere Auswirkungen auf die Gesamtzuverlässigkeit eines Systems haben. Daher sollten in der gesamten Lieferkette verschiedene Strategien umgesetzt werden, um das Risiko elektrostatischer Entladungen zu minimieren.

Die wichtigste Maßnahme zur Vermeidung elektrostatischer Entladungen ist der Einsatz einer entsprechenden Arbeitsstation. Erdungstreifen an Schuhen, Werkbänken und Geräten können dazu beitragen, das Risiko eines ESD-Vorfalles zu verringern, genauso wie Schulungen, in denen die Mitarbeiter über die häufigsten ESD-Ursachen informiert werden. Zusätzlich ist jedoch eine einheitliche Masseebene über alle Werksbereiche hinweg erforderlich, um Probleme zu vermeiden. Die wichtigste Lösung zur Vermeidung elektrostatischer Entladungen durch Maschinen besteht darin, Maschinenteile und Werkzeuge zu erden. Dies kann allerdings bedeuten, dass mehrere Werkzeuge in einer Montagelinie ersetzt oder Werkzeuge mit Erdungsleitungen versehen werden müssen.

Gegen ESD durch elektrostatisch aufgeladene Geräte können dagegen Ionisatoren eingesetzt werden, die in der Umgebungsluft Ströme positiver und negativer Ionen erzeugen und damit den Aufbau einer Ladung auf den Komponenten selbst verhindern. Eine Reduzierung der Teilebewegungen durch das Werk,

die Verwendung von zuverlässig abgeschirmten Behältern und eine einheitliche Masseebene können ebenfalls dazu beitragen, Beeinträchtigungen durch diesen ESD-Typ zu verringern.

Neben der Erdung ist die Lagerung ein wichtiges Thema. Antistatische Beutel können im Laufe der Zeit ihre ESD-Schutzfunktion verlieren, und Behälter für Teile und Werkzeuge müssen ebenfalls gegen elektrostatische Aufladung geschützt werden. Ionisatoren tragen dazu bei, dass sich an Werkzeugen und Arbeitsstationen keine Ladung aufbaut. Es ist jedoch wichtig, auf die Emittter zu achten und sicherzustellen, dass ein gleichmäßiger Anteil positiver und negativer Ionen erzeugt wird.

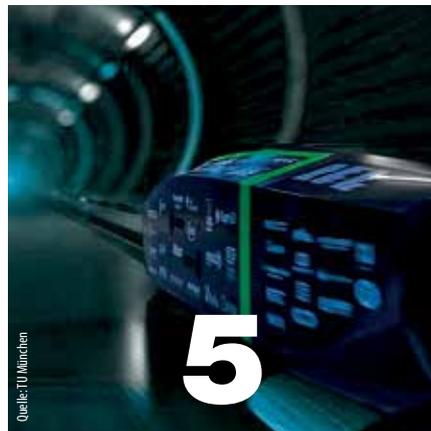
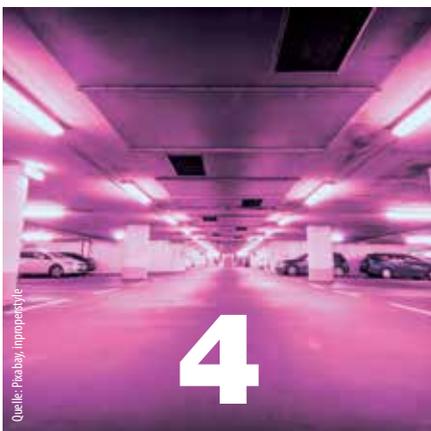
Ionisatoren können zudem Informationen zu statischen Bedingungen und zum Zustand der Geräte liefern. Die Verknüpfung der Diagnose- und Leistungsdaten eines Ionisators mit den Werksmanagementsystemen – als Teil des industriellen Internets der Dinge (IIoT) – kann wertvolle Informationen liefern, die die Zuverlässigkeit erhöhen und für Sicherheitsbewertungen und das Gesamtrisikomanagement genutzt werden können.

Geräteentwickler berücksichtigen ESD auch auf Systemebene durch die Integration von Schutzeinrichtungen, besonders bei Geräten mit Hochgeschwindigkeitsschnittstellen. Der ESD-Schutz muss jedoch nicht nur für die dynamischen Bedingungen ausgelegt sein, die elektrischen Parameter dürfen auch keine Signalintegritätsstörungen an einer Datenschnittstelle verursachen. Effektiver ESD-Schutz bietet in der Regel eine schnelle Ansprechzeit, niedrige Betriebs- und Klemmspannungen, einen geringen Leckstrom und niedrige Kapazität. □

# 6

## HIGHLIGHTS

Sie fahren ins Parkhaus, steigen aus Ihrem Fahrzeug und sind bereits auf dem Weg zum Ausgang – währenddessen sucht Ihr Auto sich selbstständig einen Parkplatz. Mit der ersten behördlichen Zulassung für ein automatisiertes Parksystem sind Bosch und Daimler diesem Szenario ein gutes Stück näher gekommen. Mehr dazu und was sich sonst noch in der Elektronikwelt getan hat.



## MIT KÖPFCHEN ZUR LÖSUNG!

Extrembelastung standgehalten

### Supraleitender Magnet

**Bilfinger** ist es gelungen, die Supraleitungstechnologie für raue Umgebungsbedingungen einsatzfähig zu machen. In mehreren Messkampagnen hat das Unternehmen seine Supraleiter-Magneten Belastungen von bis zu 14-facher Erdbeschleunigung ausgesetzt. Das System ist trotz dieser Extrembelastung stabil geblieben.

Erfahren Sie mehr: [industr.com/2382636](http://industr.com/2382636)

Quantencomputing vorantreiben

### Partnerschaft

Das **Forschungszentrum Jülich** und **Google** wollen künftig gemeinsam zu Quantencomputern forschen und haben hierzu eine Partnerschaft vereinbart. Sie beinhaltet miteinander die Ausbildung von Experten auf dem Gebiet der Quantentechnologien und Quantenalgorithmen sowie eine wechselseitige Nutzung von Hardware.

Erfahren Sie mehr: [industr.com/2381111](http://industr.com/2381111)

Fujitsu-Standort in Augsburg

### Käufer gefunden

Im Oktober 2018 gab der **Fujitsu-Konzern** bekannt, sein in Augsburg angesiedeltes Industrie-Mainboard-Geschäft zu schließen. Nun hat sich ein Käufer gefunden: Die S&T-Tochter **Kontron** wird das operative Geschäft voraussichtlich im Oktober 2019 übernehmen und will dabei qualifizierte Fujitsu-Mitarbeiter weiterbeschäftigen.

Erfahren Sie mehr: [industr.com/2382024](http://industr.com/2382024)

Zulassung für fahrerloses Parken

### Autonomes Parkhaus

**Bosch** und **Daimler** haben die behördliche Freigabe für ein automatisiertes Parksystem erhalten. Das Parkhaus des Mercedes-Benz-Museums verfügt damit nun über die weltweit erste behördlich für den Alltagsbetrieb zugelassene vollautomatisierte und fahrerlose Parkfunktion auf der vierten von insgesamt fünf Autonomiestufen.

Erfahren Sie mehr: [industr.com/2382234](http://industr.com/2382234)

Hyperloop-Wettbewerb

### Mit 463 km/h zum Sieg

Ende Juli wurden in Elon Musks **SpaceX Hyperloop Pod Competition** wieder Kapseln um die Wette geschossen. Siegreich war dabei die **TU München**: Mit einer Spitzengeschwindigkeit von 463,5 km/h ließ ihr Pod die Konkurrenz weit hinter sich. Einen Beitrag dazu leisteten unter anderem auch Leistungshalbleiter von **Infineon**.

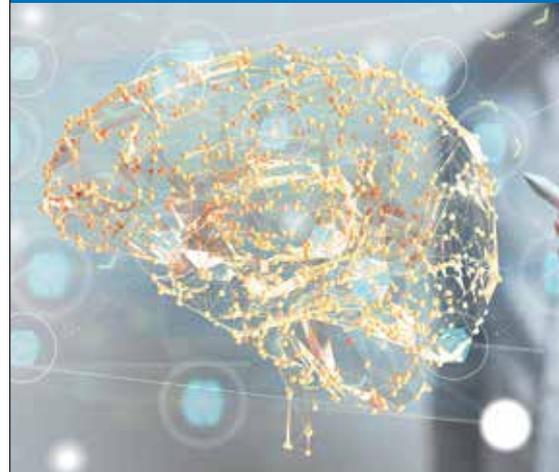
Erfahren Sie mehr: [industr.com/2382102](http://industr.com/2382102)

Forschungseinrichtung in Münster

### Batteriezellenfertigung

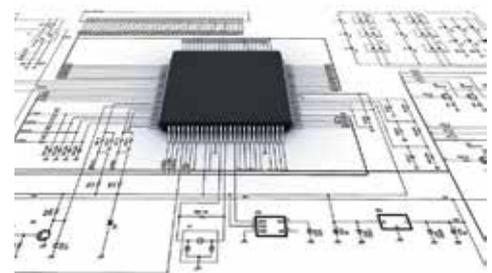
Anfang Februar wurden für die Einrichtung einer Batteriezellenfertigung verschiedene Forschungseinrichtungen wegen Standortvorschlägen kontaktiert. Die **Fraunhofer-Gesellschaft** begleitete das Bewerbungsverfahren für den künftigen Standort. Die Wahl fiel schlussendlich auf das nordrhein-westfälische **Münster**.

Erfahren Sie mehr: [industr.com/2379872](http://industr.com/2379872)



### RESULTAT

Ihre Elektronik - spezifisch für Sie entwickelt und gefertigt



Sprechen Sie uns an!  
Wir setzen Ihre Idee um.

DER ENTWICKLUNGSLEITER





AUF DIE RICHTIGE COMPUTING-STRATEGIE SETZEN

## Edge und Cloud im Clinch

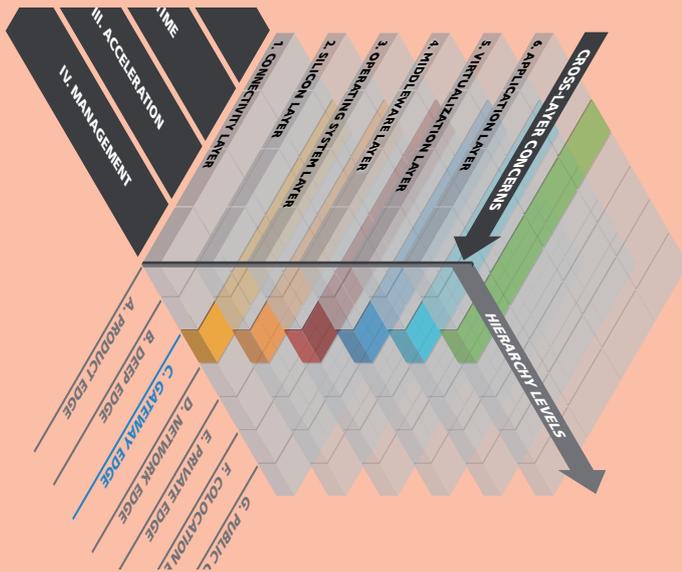
Edge-, Cloud- und Fog-Computing ‚greifen‘ immer mehr um sich und viele Unternehmen sind ratlos, wie man das Ganze anfangen soll. Zunehmend finden sich aber Plattformen und Konsortien zusammen, um Lösungen und Hilfestellungen zu erarbeiten.

**TEXT:** Dr. Barbara Stumpp für E&E

**BILDER:** Edge Computing Consortium Europe; iStock, Xavierarnau

„Grob betrachtet ist Edge Computing alter Wein in neuen Schläuchen, im Detail sind jedoch spannende neue Entwicklungen zu beobachten“, bringt es Dr. Alexander Willner, Leiter des Industrial IoT Centers bei Fraunhofer Fokus auf den Punkt. Die grundsätzliche Programmierung der Anlagen und auch die dazugehörige Datenverarbeitung ist etabliert und geschieht direkt an der Maschine beziehungsweise innerhalb des Produktionsnetzwerks. Analog ist Cloud Computing das Verfrachten von Prozessen in die Cloud. Und neblig wird's bei Fog Computing – hier überschneiden sich beide Bereiche.

Beim Edge-Computing werden Datenströme möglichst an Ort und Stelle verarbeitet. Das kann direkt auf der Maschine, in einem Gateway, in verschiedenen Netzwerkkomponenten, im lokalen Rechenzentrum des Unternehmensnetzwerks oder topologisch in der Nähe des Unternehmens geschehen. Je näher Daten auf Sensoren und andere Komponenten im Unternehmensnetz gesammelt und vorverarbeitet werden, desto weniger Daten überträgt man beispielsweise in die



Für Edge Computing ist eine Referenzarchitektur (RAMEC4) in Arbeit – angelehnt an die Referenzarchitektur für Industrie 4.0 (RAMI4.0).

Cloud und schutzwürdige Daten verlassen unter Umständen gar nicht erst das eigene Netzwerk innerhalb der Produktion.

Fog Computing ist eine Mischung aus Edge und Cloud Computing. Komponenten, Rechenleistung und Software-Anwendungen bewegen sich dabei zu den Endgeräten hin, für bessere Effizienz und kürzere Latenzzeiten. Dabei werden die Informationen nicht komplett in die Cloud geschaufelt, sondern lokal vorverarbeitet. Anders gesagt, hier wird im Edgebereich die Spreu vom Weizen getrennt und nur der ‚Weizen‘ in die Cloud transportiert.

### Latenzzeit vs. Rechenleistung

Allgemein bietet sich Edge-Computing dann an, wenn niedrige Latenzzeiten, eine Beschränkung der Bandbreite oder Datenschutzaspekte gegeben sind, was das Versenden von Daten in die Cloud ausbremst. Cloud Computing dagegen dominiert, wenn eine erhebliche Rechenleistung gefragt ist, z.B. um die Daten aus verschiedenen Werken eines Unternehmens standortübergreifend zu analysieren.

Der Kern der klassischen Automatisierung ist die SPS. „Ein grundsätzlicher Trend in unterschiedlichen Anwendungsbereichen ist, Hardware durch Software zu ersetzen. In der Automatisierung könnten klassische Hardware-SPS durch virtualisierte Soft-SPS auf günstigen Edge-Knoten ersetzt werden“, so Alexander Willner. Aber das geht nicht überall. Die garantierte Einhaltung harter Echtzeitanforderungen auf Mehrzweckhardware unter Verwendung von Virtualisierungsumgebungen, sind noch nicht abschließend gelöste Herausforderungen.

### Noch fehlende Standards

Leider gibt es im Bereich Edge kaum Standards und die Firmen kommen um anbieterabhängige Lösungen noch nicht herum. Dazu herrschen in den Firmen oft Insellösungen vor, was zusammen mit den fehlenden Standards die IT-Landschaft sehr komplex macht. Industrie 4.0 verlangt aber eine intelligente Vernetzung entlang der gesamten Wertschöpfungskette. „Das Edge-Computing Konsortium Europa befindet sich derzeit noch in Gründung und ein Ziel ist es, relevante Standards beziehungsweise Lücken auf unterschiedlichsten Ebenen zu identifizieren und Empfehlungen auszusprechen. Am Ende entsteht hoffentlich ein Hersteller-unabhängiges Edge-Computing-System“, wünscht sich Alexander Willner.

### Open Edge Computing

Eine Perspektive zeigt hier das Open Edge Computing. „Wichtig für ein effizientes Edge Computing sind offene Schnittstellen“, so Dr. Klaus Wölfel, Geschäftsführer von Nexedi Deutschland. In dem Unternehmen hat man deshalb das Open Edge Cloud Computing System SlapOS entwickelt. Open bedeutet hier aber auch eine geräteübergreifende Sicherheit. „Deshalb kommunizieren die Geräte bei SlapOS nur verschlüsselt miteinander“, betont Klaus Wölfel. Der zentrale Server hat keine Kenntnis über die privaten Schlüssel der Edge Geräte- und Dienste, so dass es hier keinen zentralen Angriffspunkt gibt.

Diese Software arbeitet mit einer minimalistischen, offenen Architektur, bei der die gewünschten Zustände von Diensten und Geräten über sogenannte "Promises" gesteuert werden. Stürzt ein Gerät ab oder wird die Netzwerkverbin-

## *„Wichtig für ein effizientes Edge Computing sind offene Schnittstellen.“*

**Dr. Klaus Wölfel, Geschäftsführer Nexedi Deutschland**

derung unterbrochen, dann verbindet sich das Gerät nach dem Ausfall wieder mit dem Master und fragt den gewünschten Zustand ab. SlapOS basiert auf dem Nanocontainer-Prinzip, bei dem die unterschiedlichen Dienste auf eine Art und Weise gekapselt werden, die auch auf kleinen Geräten funktioniert. Ein Anwendungsfall ist "Factory-in-the-box", bei dem automatisch Softwaredienste wie ERP und CDN für einen europäischen Automobilhersteller auf Mini-Servern direkt in seinen örtlichen Montagewerken in Afrika und Asien bereitgestellt werden.

### Open Source Projekt

Eng verzahnt mit SlapOS ist das unter Experten bekannte Open Source Projekt re6stnet, bei dem sich Edge Geräte über ein Mesh-Netzwerk miteinander verbinden. Damit können die normalerweise verbundenen Geräte auch dann miteinander kommunizieren, wenn es im normalen Netzwerk routing-Probleme gibt. Insbesondere ermöglicht es eine Kommunikation mit Produktionsstätten in China, wo normale VPN-Verbindungen nach Europa oft blockiert werden.

„Mit Edge Computing geht's weit in die Zukunft. Viele Organisationen wurden zu Edge Computing gegründet, denn der Bedarf ist da. Dazu wird die Computerleistung günstiger und es kommen technisch einfachere Lösungen zur Datensicherheit“, berichtet Dr. Albert Krohn, Engineering & Product Management Industrial - Data Intelligence bei Softing. Mächtige Frameworks gibt's im Edge-Bereich noch nicht, werden aber kommen. Dazu kommt, dass Edge Computing noch etwas mühsam ist. „Abhilfe würden open source Plattformen schaffen“, so Dr. Krohn.

### Edge und Cloud im Clinch

Die Algorithmen zu Maschine Learning können auf der Edge laufen. Sicherheit und Latenz sind hier kein Problem und die Kosten kalkulierbar. Nur für KMUs ist Edge ein Stück weit mühsamer. Hier könnte die Cloud mitunter der leichtere technische Einstieg sein, denn es gibt Plattformen und viele aufeinander abgestimmte Tools, die es bei Edge Computing noch nicht gibt. „Edge Computing ist etwas sperriger, aber für viele Kunden der angenehmere Einstieg“, ist sich Albert Krohn sicher und sieht in den nächsten Jahren einen Kampf zwischen Edge und Cloud.

### Mockfog als Hilfestellung

„Als Hilfestellung für Unternehmen hier haben wir Mockfog entwickelt, zum Testen von Fog- und Edge-Anwendungen“, berichtet Prof. David Bernbach von der Mobile Cloud Computing Research Group, TU Berlin. In dem Projekt Mockfog ersetzt man jeden Edge-Server durch einen Cloud-Server. Bei MockFog nutzen die Wissenschaftler Cloud-Automatisierung, um die Cloud-Server und die Netzwerke dazwischen von der Qualitätserfahrung möglichst dicht an die emulierten Edge-Server heranzubringen. So kann man etwa Netzwerkfehler einfach simulieren.

Diese Testsoftware ist praktisch, wenn die physische Infrastruktur noch nicht existiert, weil die Edgeserver noch nicht beschafft wurden; wenn Software in Kontexten getestet werden soll, die so real nicht existieren, z.B. weil man überlegt, eine andere Hardware für die Edgeserver zu kaufen oder wenn man Software testen möchte und (insbesondere) die Edgeserver einfach mit dem Produktivsystem ausgelastet sind. □



VERNETZT ODER NICHT VERNETZT – IST KEINE FRAGE MEHR

# MONETARISIERUNGSMODELLE FÜR DAS IOT

Für Hersteller kann die Vernetzung von Produkten im IoT neues Umsatzpotential offenlegen und einen echten Wettbewerbsvorteil darstellen. Allerdings nur wenn die Monetarisierung stimmt. Welche Strategie die Richtige ist, hängt vom Markt, vom Produkt und der Nutzung des Kunden ab.

**TEXT:** Nicole Segerer, Flexera **BILDER:** Flexera; iStock, Tawanlubfah

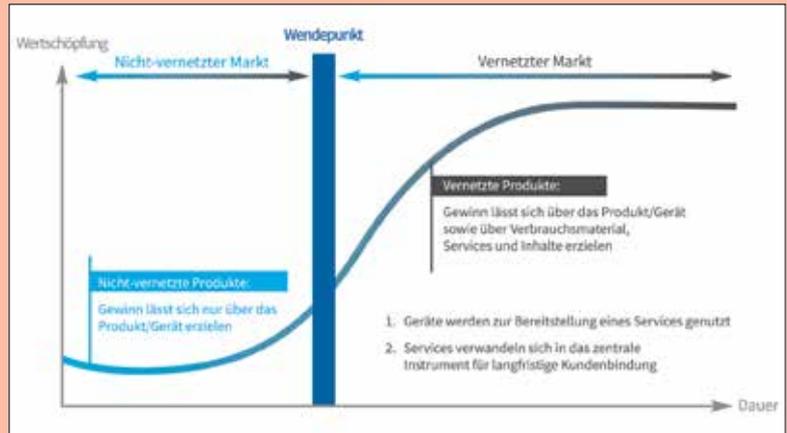
Egal ob Konsumgüter, Gesundheitswesen, Industrie, Einzelhandel, Gebäudetechnik, Energie, Verkehr oder Sicherheit – Hersteller müssen in Zeiten von Digitalisierung und IoT ihre Produkte neu denken und vermarkten. Durch die Anbindung und Vernetzung von Geräten und Systemen entstehen zahlreiche Möglichkeiten, neue Dienstleistungen anzubieten und diese entsprechend zu monetarisieren. Damit verändern sich zwangsläufig auch etablierte Geschäftsabläufe im Unternehmen. Der Wert eines Produkts verschiebt sich, von der reinen Hardware zum datengestützten Servicepaket.

## Alles ist vernetzt

Idealerweise bringt jeder zusätzliche Service eines Produkts dem Kunden einen Mehrwert und passt sich den Anforderungen der Kunden fortlaufend an. Features und Updates lassen sich per Software auf die bestehende Produkte spielen und freischalten. Im IIoT haben sich Predictive und Prescriptive Maintenance als willkommenes Serviceangebot etabliert, um Stillstandszeiten von Maschinen und Anlagen zu minimieren.

Grundsätzlich sind solche Serviceleistungen für alle IoT-fähigen Produkte

möglich: Vom Druckertoner, über flüssigen Stickstoff, der zum Kühlen in der Lebensmittelbranche und in der Medizin benötigt wird, bis zu den Kaffeepads in der Büroküche – neigt sich der Vorrat dem Ende zu, wird automatisch vom System nachbestellt. Der Kunde zahlt dabei nicht mehr länger das Produkt an sich, sondern die Nutzung bzw. das Verbrauchsmaterial. Wichtige Voraussetzung für solche Pay-per-Use (PPU) Modelle sind eine Netzwerkanbindung an Cloud/Server-Systeme der Hersteller sowie entsprechende Lizenzmodelle für diese Services, mit denen sich neue Formen des Leasings realisieren lassen.



Vernetzte Produkte bieten höhere Wertschöpfung als nicht vernetzte Produkte.

In der Landwirtschaft und im Bergbau kommt dieses Modell schon länger zum Einsatz. Maschinenhersteller berechnen dabei die Zeit, dokumentieren minutengenau Fahrzeiten oder zählen die gefahrenen Kilometer. Auch Rolls Royce nutzt seit Jahren ein Pay-per-Outcome Modell, das allein das erreichte Ergebnis – also die absolvierten Flugstunden – in Rechnung stellt. Für Kunden hat das den Vorteil, dass sie hohe Anfangsinvestitionen vermeiden und die Kosten als Betriebsaufwand verrechnen können.

### Schlüsseletappen beachten

Für die Geschäftsstrategie von Herstellern wirft diese digitale Verschiebung vom Produkt zum Service eine Reihe von Fragen auf: Welche Serviceleistung eignet sich zur Vermarktung? Lässt sich die Dienstleistung in Rahmen eines Pakets anbieten? Und welches Monetarisierungs- und Lizenmodell macht Sinn? Um eine erfolgreiche digitale Strategie für Produkte und Services auf die Beine zu stellen, sollten Unternehmen grundlegende Auswirkungen berücksichtigen.

### Geschäftsabläufe verändern sich

Mit einem breit aufgestellten Serviceangebot bewegen sich traditionellen

Gerätehersteller weg von einmaligen Produktverkäufen hin zu wiederkehrenden Umsätzen. In der Regel geht damit auch ein anfänglicher Umsatzeinbruch einher, da die Anfangsinvestitionen der Kunden sinken während wiederkehrende Umsatzströme nur langsam zu steigen beginnen. Die Auswirkungen auf Finanzsysteme und -prozesse, auf den Vertrieb und die Produktentwicklung sollten daher genau vorbereitet werden. Viele Unternehmen entscheiden sich für eine schrittweise Umstellung, beginnen mit einer Produktlinie und nutzen die gewonnenen Erfahrungen bei der weiteren markt- und produktspezifischen Feinanpassung.

### Marktkennntnisse nutzen

Der Erfolg eines Servicemodells hängt stark von der Kundenzufriedenheit ab. Im Klartext heißt das: Der Kunde muss in dem neuen Angebot einen Mehrwert sehen für den er bereit ist zu zahlen. Gleichzeitig sollte das Angebot dem Hersteller genügend Freiraum lassen, um ein rentables Geschäftsfeld aufzubauen. Dreh- und Angelpunkt ist hier das richtige Preis- und Monetarisierungsmodell. Dabei reicht es nicht, den Kundennutzen einmalig zu definieren. Vielmehr lautet die Aufgabe, kontinuierlich am Mehr-

wert für den Kunden zu arbeiten und neuem Umsatzpotential nachzugehen.

### Nutzungsverhalten beachten

Eine Analyse des Nutzungsverhaltens ist unabdingbar, um zu verstehen wie, wann und warum Kunden ein Produkt tatsächlich nutzen. Welche Funktion gehört zu den absoluten Favoriten und welches Feature kommt so gut wie nie zum Einsatz? Bezahlen Kunden das, was sie brauchen, oder zahlen sie zu viel? Ehe solche Fragen nicht geklärt sind, lohnt es sich nicht, neue Servicepakete zu schnüren und ein Produkt- bzw. Serviceportfolio von Grund auf umzustellen.

### Managementsysteme helfen

Die kontinuierliche Datenerfassung und Analyse sind Grundvoraussetzung für den Aufbau, die Implementierung und Umsetzung eines digitalen Geschäftsmodells. Über eine Monetarisierungsplattform lassen sich die Daten verwalten und alle damit verbundenen Prozesse automatisieren, einschließlich Berechtigungsmanagement und Lizenzierung, Nutzungsanalyse sowie der Bereitstellung von Software, Updates und Sicherheitspatches. Damit entwickeln sich auch Prozesse und Systeme zwangs-



Daten und Einblicke zur Umsetzung neuer Geschäftsmodelle.

läufig weiter. Wer Software und Dienstleistungen anbietet, muss in der Lage sein, die Nutzungsrechte von Kunden präzise zu verwalten, um Kunden genau den Zugang bereitzustellen zu können, für den sie bezahlt haben.

## Monetarisieren, aber richtig

Welche Metrik genutzt und welche Lizenz- und Compliance-Richtlinien für die Monetarisierung festgesetzt werden, trägt entscheidend zum Erfolg bei. Sie unterscheiden sich im Wesentlichen darin, wie lange Kunden Zugang zu der Software oder dem Service erhalten, in der laufenden Wartung, den Zahlungsoptionen und der Umsatzrealisierung. In der Regel werden service-basierte Angebote auf Abonnement-Basis, über Nutzungsvolumen oder sogar über ein ergebnisorientiertes Modell monetarisiert.

Ein Beispiel für die erfolgreiche Implementierung neuer Geschäfts- und Lizenzmodelle ist Siemens Building Technologies. Die Division der Siemens AG mit Sitz in der Schweiz hat sich als zuverlässiger Partner, Systemintegrator und Dienstleister für sichere, energieeff-

ziente und umweltfreundliche Gebäudetechnik und Infrastruktur bewährt. Um das gesamte Softwareportfolio besser zu monetarisieren, den Lizenz- und Bestellprozess zu optimieren und die Kundenzufriedenheit zu verbessern, suchte das Unternehmen nach einer neuen standardisierten Lizenztechnologie. Die Wahl fiel schließlich auf das die Softwaremonetarisierungsplattform von Flexera. Gleichzeitig wurde das Backoffice Berechtigungsmanagementsystem FlexNet Operations mit den unternehmenseigenen ERP- und BI-Systemen integriert. So konnte Siemens Building Technologies auf neue Geschäfts- und Lizenzmodelle beim Verkauf ihrer Software und Dienstleistungen umstellen. Statt umständlicher Hardware-Dongles, erhalten Kunden einfach einen Lizenzschlüssel, der die Betriebs- und Bestellprozesse automatisiert. Manuelle Prozesse gehören damit der Vergangenheit an. Gleichzeitig kann sich der Anbieter sicher sein, dass die Softwareprodukte über die Standard-Lizenzierungstechnologie optimal geschützt sind.

Ein anderes Beispiel ist Schneider Electric. Der Elektrotechnik-Konzern

benötigte eine Software-Monetarisierungslösung, um an Flexibilität zu gewinnen, schneller auf neue IoT-Geschäftsmöglichkeiten reagieren und Produkte und Services anpassen zu können. Durch die Standardisierung von Softwarelizenzierung, Berechtigungsmanagement und -bereitstellung auf einer einzigen, konsolidierten Plattform im gesamten traditionellen und digitalen Softwaregeschäft konnte der Spezialist für Energiemanagement die Kosten senken und die Flexibilität erhöhen – und Kunden echten Mehrwert bieten.

Mit dem IoT verwandeln sich ehemals reine Hardwareprodukte mehr und mehr in softwaregestützte und datenbasierte Services, die ein schnelleres Wachstum versprechen und Kunden gezielter abholen können. Innovative Produkte und Services werden verstärkt über Software realisiert – von Datenanalytik über Remote-Funktionen bis hin zu KI-gestützten Diensten. Für Hersteller wird damit das Internet der Dinge ganz konkret und schlägt sich unmittelbar in ihrer Geschäftsstrategie nieder. □

## SINGLE-CHIP-LÖSUNGEN FÜR FLASH-SPEICHER

## Ein Gehäuse, viele Vorteile

Verschiedene Flash-Speicher arbeiten mit ganz unterschiedlichen Techniken. Bei der Auswahl des passenden Modells, sind deshalb einige Faktoren zu berücksichtigen. Wenn der Dreiklang der Performance – Zugriffsgeschwindigkeit, Datenintegrität und Langzeitverhalten – stimmen soll, ist eine Single-Chip-Lösung die beste Wahl.

TEXT: Rudolf Sosnowsky, Hy-Line BILDER: Hy-Line; iStock, Ghing

Wenn Sie einen USB-Stick öffnen, werden Sie mit größter Wahrscheinlichkeit folgende Komponenten darin vorfinden: Neben dem oder den Flash-Chips, die die größte Fläche einnehmen, sitzt der Controller-Chip mit USB- und Flash-Interface sowie die Spannungsversorgung. In höherwertigen Speichermedien, beispielsweise einer SSD mit SATA- oder PCIe-Interface,

kommt meist noch ein RAM hinzu, das den Transfer besonders beim Schreiben von Daten in den Flash-Speicher beschleunigt.

Für den Einsatz in rauen Umgebungen ist diese Konfiguration jedoch schlecht geeignet: Schocks und Vibrationen belasten die Mechanik, zudem beanspruchen Kontakte und Temperaturwechsel im industriellen Maßstab die Lötstellen stark. Mit einer Single-Chip-Lösung, die alle Komponenten in einem IC-Gehäuse vereint und hermetisch versiegelt, lassen sich diese Problemstellen umgehen. Das BGA-Gehäuse kann wie üblich gemeinsam mit den anderen Schaltungskomponenten auf der Leiterplatte verlötet werden.

## Wirkungsweise von Flash

Die Wirkungsweise der Flash-Technologie basiert auf einer elektrischen Ladung, die zwischen zwei isolierenden Schichten eingeschlossen ist. Beim Beschreiben und Löschen des Speichers werden diese Schichten durch eine erhöhte Spannung kurzzeitig leitfähig, sodass sie von der Ladung durchdrungen werden können. Da dieser Prozess die Isolationsschicht beansprucht, nimmt der Isolationswiderstand im Laufe der Zeit ab und die Zelle altert. Entsprechend geben die Hersteller in ihren Daten-





Zur Evaluierung einer Single-Chip-SSD eignet sich ein m.2-Board.

blättern sogenannte P/E-Zyklen an, das heißt wie häufig sich die Zelle programmieren (P) und löschen (Erase, E) lässt. Bei Flash können übrigens keine einzelnen Zellen gelöscht werden, sondern immer nur ein ganzer Block – entsprechend geht das Ändern eines einzigen Bits stets mit einem P/E-Zyklus für den ganzen Block einher.

## Abstufungen beim Auslesen

Beim Auslesen wird von der Höhe der Ladung auf einen digitalen Wert geschlossen. Bei der Single-Level-Cell (SLC) entscheidet ein Komparator, ob der gemessene Spannungswert kleiner oder größer als eine definierte Schwelle ist – entsprechend gibt er dann eine 0 oder eine 1 zurück. Bei der Multi-Level-Cell (MLC) ist die Abstufung feiner, so dass vier unterschiedliche Spannungspegel als der Zustand zweier Bits (00, 01, 10, 11) interpretiert werden können. Mit fortschreitender Halbleitertechnologie haben sich die Isolation und damit die Ladungshaltung stetig verbessert: Triple-Level-Cells (TLC) enthalten etwa acht verschiedene Spannungswerte, die als drei Bits pro Zelle interpretierbar sind. Mit der Quad-Level-Cell (QLC) ist derzeit der technologische Höhepunkt erreicht.

Mit der immer höheren Integration durch immer kleinere Strukturen verringern sich zwar die Kosten pro Bit, jedoch nehmen die Haltbarkeit und die Übertragungsrate des Speichers ab. Da die meisten Hersteller von NAND-Flash-Speichern der Nachfrage nach höherer Kapazität folgen, sind SLC-Speicher zu moderaten Preisen kaum noch erhältlich. Ein guter Kompromiss zwischen Kapazität, Anzahl

der Schreibzyklen und Betriebskosten ist der Betrieb von MLC-Zellen im sogenannten SLC-Mode, auch Pseudo-SLC genannt. Dabei wird die MLC-Speicherzelle mit nur zwei statt der möglichen vier Werte beschrieben. Im SLC-Mode geht zwar nutzbare Kapazität verloren, dafür steigen aber die Zuverlässigkeit und die Langlebigkeit. Bei ungefähr doppelten Kosten im Vergleich zum MLC-Betrieb verzehnfacht sich die Anzahl der Schreibzyklen. Die nicht-sequentielle Abfolge der binären Zustände beim SLC-Mode hängt mit der erhöhten Störfestigkeit aufgrund der größeren Hamming-Distanz zusammen. Das Verfahren setzt eine enge Zusammenarbeit zwischen Controller- und NAND-Hersteller voraus, da der interne Aufbau des Flash-Bausteins eine wichtige Rolle spielt.

## Flash-Controller

In der Praxis werden Flash-Bausteine nicht direkt mit einer Host-CPU verbunden. Vielmehr wird zwischen den Host und den Speicher ein Controller geschaltet, der zur Host-Seite ein Standardinterface anbietet und die Speicher mit Hilfe einer speziellen Firmware kontrolliert. Im Folgenden soll der Begriff SSD für alle Speichermedien gelten, bei denen die Flash-Chips über einen Controller unabhängig von der Schnittstelle an ein Host-System angeschlossen werden. Bei einer SSD übernimmt der Controller viele wichtige Funktionen, um dem Speicher-Subsystem ein langes Leben und hohe Geschwindigkeiten bei höchster Zuverlässigkeit zu ermöglichen. Eine dieser Funktionen ist das Wear Levelling, mit dessen Hilfe die Schreibvorgänge auf den gesamten Speicher verteilt werden, um die Lebensdauer des Systems zu maximieren. Auch das Management defekter Blöcke ist eine wichtige Aufgabe des Controllers. Eine weitere Funktion ist die Ansteuerung und

Verwaltung des Caches, um die Zugriffsgeschwindigkeit besonders beim Schreiben zu erhöhen. In schnellen Systemen ist dieser Cache mehrstufig angelegt.

### Optimierte Firmware

Werden alle Flash-Komponenten in ein einziges Gehäuse gepackt, so lässt sich die Firmware des Controllers bezüglich der Eigenschaften des Speichers optimieren. Dabei wird die Performance der Hardware – Zugriffsgeschwindigkeit, Datenintegrität und Haltbarkeit – fein abgestimmt. Für eine kostengünstige Lösung wird TLC-Speicher eingesetzt. Teile des TLC-Speichers werden im SLC-Mode angesteuert – als Cache für den langsameren TLC-Speicher und um die Datensicherheit für den Programmspeicher zu verbessern. Zudem sorgt die kompakte Bauform für eine gute thermische Kopplung und eine Unempfindlichkeit gegenüber Umwelteinflüssen wie Schock oder Vibration. Ein weiterer Vorteil ist die Vielfalt an

Produkten, die bei gleichem Gehäuse in unterschiedlichen Speichergrößen, mit oder ohne RAM-Cache und für verschiedene Temperaturbereiche zur Verfügung stehen.

Für die Evaluierung von SSDs auf einem Chip eignet sich ein m.2-Board, das einfach eingesteckt werden kann. Aufgrund ihrer kompakten Bauweise eignet sich diese Lösung besonders für tragbare Messgeräte und Datenlogger, für Geräte in der Labor- und Medizintechnik sowie für alle Baugruppen, die Vibrationen oder Schocks ausgesetzt sind. Da der Speicher aufgelötet und nicht gesteckt ist, besteht kein Manipulationsrisiko durch Auswechseln des Datenträgers.

### 3D-NAND-Technologie

Eine weitere Entwicklungsrichtung bei Flash-Speichern firmiert unter dem Begriff 3D NAND. Bei dieser relativ neuen Technologie werden mehrere Speicher-Chips übereinander

**NOW!**

**Bestellen noch einfacher...**  
per **Drag & Drop**



\* unterstützte Dateiformate

Gleich testen: [www.beta-layout.com](http://www.beta-layout.com)

PCB-POOL® ist eine eingetragene Marke der  
**30 Jahre Beta**  
LAYOUT

mit > 40.000 Kunden Europas größter Prototypenhersteller

NAND-Typ	Werte	P/E-Zyklen	Kostenfaktor
SLC	1 0	60k bis 100k	5
SLC Mode	11 10 00 01	30k bis 50k	2
MLC	11 10 00 01	3k bis 5k	1
	Elektrische Ladung ← hoch niedrig		

Beim SLC-Modus wird nur ein Teil der möglichen Zustände eines MLC-Speichers verwendet.

platziert, was zu einer hohen dreidimensionalen Packungsdichte im Chip-Gehäuse führt. Dadurch lassen sich je nach Aufbau und Betriebsart des Speichers unterschiedlich hohe Netto-Kapazitäten auf kleinstem Raum erzielen.

Anhand von zwei Beispielen soll in der Folge gezeigt werden, welchem Zweck all diese technologischen Weiterentwicklungen im Speicher-Chip-Umfeld dienen könnten. Das erste Beispiel dreht sich um Nutzfahrzeuge. Dort wird der Fahrer/Bediener heute verstärkt von Videokameras unterstützt, die Bereiche teils dreidimensional visualisieren, die aus der Position des Bedieners nicht einsehbar sind – zum Beispiel beim Rückwärtsfahren, direkt an der Baggerschaufel oder an der Hecköffnung des Fahrzeugs.

Zu Dokumentationszwecken kann das Kamerasignal direkt in einen digitalen Videorecorder eingespeist werden. Dabei muss das Speichermedium eine konstante Mindestdatenrate garantieren, damit keine Frames verloren gehen. Zudem muss es eine ausreichend hohe Anzahl von Schreibzyklen gewährleisten, um die Lebensdauer des Fahrzeugs im besten Fall zu übertreffen. Da konventionelle SD-Karten nur ein bis zwei Jahre durchhalten, ergeben sich hier wichtige Anwendungsfelder für hochintegrierte Flash-Speicher.

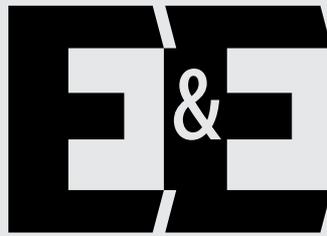
## Automatisierte Medikamentenausgabe

Ein anderes Anwendungsbeispiel betrifft die Lagerhaltung in großen Apotheken, zum Beispiel in Krankenhäusern. Hier werden Medikamente in riesigen Mengen umgesetzt. Mo-

derne automatisierte Systeme helfen dabei, Bestellungen zu disponieren, die Fehlerrate bei der Ausgabe zu senken, den Lagerbestand zu verwalten und dabei nie die Verfallsdaten der Medikamente aus den Augen zu verlieren. Eine Schlüsselfunktion übernehmen dabei Kameras, die jede eingelagerte beziehungsweise abgerufene Medikamentenverpackung scannen und identifizieren. Die von mehreren Seiten aufgenommenen hochauflösenden Bilder werden in einem Speicher abgelegt, per OCR oder Code dem Datensatz des betreffenden Medikaments zugeordnet und entsprechend verbucht. Da die Bilder in einer sehr raschen Abfolge eingehen, muss die dabei eingesetzte SSD eine hohe Datentransferrate haben und eine große Anzahl von Schreibzyklen ermöglichen.

## QLC auf dem Vormarsch

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass der Integrationsgrad von Flash-basierten Speichermedien in der nächsten Zeit weiter steigen wird. Während die Versorgung mit NAND-Flash niedriger Integration (SLC, MLC) bereits stark zurückgegangen ist, hat die TLC-Technologie durch die Inbetriebnahme neuer Fertigungslinien an Fahrt aufgenommen und wird in absehbarer Zeit den größten Teil des Marktes übernehmen. Zudem erscheint am Horizont die neue QLC-Technologie. Dadurch und bedingt durch immer kleinere Halbleiterstrukturen wird die Kapazität pro Flash-Chip weiter zunehmen, gleichzeitig wird die Zahl der möglichen P/E-Zyklen aus demselben Grund abnehmen. Die Integrationsdichte, gemessen in Gigabit pro Chip, steigt. Gleichzeitig sinkt der Preis pro Bit. Entsprechend werden die Kosten pro Chip annähernd gleich bleiben. □



ENTWICKLUNG  
ELEKTRONIK

# ELEKTRONIK KÜHLEN

BILD-SPONSOR: FISCHER ELEKTRONIK

## WASSERKÜHLUNG

Frequenzumrichter  
richtig kühlen Seite 48

## FIRMENPROFIL

Alpha Numerics Seite 52

## FIRMENPROFIL

Alutronic Seite 53

## WÄRMEMANAGEMENT

3D-Metalldruck gegen  
Hitzestau Seite 54

## FIRMENPROFIL

Austerlitz Electronic Seite 57

## TEMPERATUR IM GRIFF

Thermomanagement  
auf Leiterkarten Seite 58

## FIRMENPROFIL

CTX Seite 62

## FIRMENPROFIL

Fischer Elektronik Seite 63

## AKTIVE KÜHLUNG

Cooler Luftschübe Seite 64



LEISTUNGSSTARKES DUO

# Frequenzumrichter mit effizienter Wasserkühlung

Hohe Wärmemengen in Systemen lassen sich mit herkömmlichen Kühlungstechnologien nur bedingt effizient abführen. Sieb & Meyer geht einen anderen Weg. Das Unternehmen kühlt die Endstufe seiner Frequenzumrichter mit Wasserkühlkörpern.

TEXT: CTX    BILDER: CTX; iStock, Subman





Sieb & Meyer konzipierte den Frequenzumrichter SD2S speziell für Hochgeschwindigkeitsanwendungen.

Wasser kann aufgrund seiner um den Faktor 4.000 höheren spezifischen Wärmekapazität pro Volumeneinheit wesentlich mehr Wärme abführen als Luft. Daher ist bereits eine dünne Wasserleitung um ein vielfaches effektiver als eine lüfterbetriebene Kühlung. Zudem kommen Flüssigkeitskühlkörper mit sehr geringen Übertragungsflächen aus. Sie sind ausgesprochen kompakt und leiten den Kühlungsprozess genau dort ein, wo die Wärme entsteht: unmittelbar an den elektronischen Hochleistungselementen der Baugruppen. Dadurch werden 15 bis 25 Prozent mehr Wärme abgeleitet als bei herkömmlichen Kühlsystemen. Damit sind Wasserkühlkörper in der Lage, hohe

Verlustleistungen auch bei schwierigen Einbaulagen sicher und schnell abzuführen.

Diese Eigenschaften macht sich das Lüneburger Industrie-elektronik-Unternehmen Sieb & Meyer für die Kühlung der Endstufe seiner leistungsstarken Frequenzumrichter vom Typ SD2S zu Nutze. Der kompakte SD2S ist speziell für Hochgeschwindigkeitsanwendungen wie beispielsweise Werkzeugmaschinen oder Turbokompressoren ausgelegt und ermöglicht den Antrieb synchroner und asynchroner Motoren bis zu einer Drehzahl von 480.000 Umdrehungen pro Minute. Da ins-



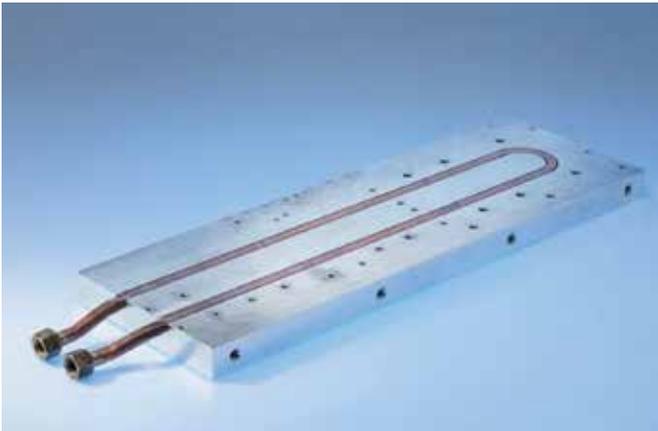
[WWW.MES-ELECTRONIC.DE](http://WWW.MES-ELECTRONIC.DE)

**Verbindungen,  
die uns antreiben.**

Weil Steckverbinder von MES nicht nur in E-Bikes gebraucht werden, sondern an ganz vielen Orten, wo es kraftvoll nach vorne geht.

Steckverbinder von JST mit robuster Abdichtung





Auf Kundenwunsch können werkseitig spezielle Anschlüsse zur Montage vorgesehen werden – wie hier die Innengewindeanschlüsse.

besondere hochdrehende Motoren aufgrund ihres geringeren Rotorvolumens nur geringe Übertemperaturen zulassen, muss der Frequenzrichter eine möglichst geringe Erwärmung der Motoren garantieren. Doch nicht nur der Motor erwärmt sich während des Betriebs, auch die elektrischen Baugruppen des Frequenzrichters erzeugen Wärme. Insgesamt fallen vor allem in der Endstufe rund zwei Kilowatt Verlustleistungen an. Sie müssen schnell abgeführt werden, um die Leistung des SD2S zuverlässig sicherzustellen.

## Effektive Wasserkühlung

Für die Kühlung des SD2S setzt Sieb & Meyer seit circa 5 Jahren Flüssigkeitskühlkörper von CTX. Das Unternehmen konnte zum Zeitpunkt der Produktentwicklung genau das richtige Produkt bereitstellen. Im Rahmen der Auswahl und Entwicklung einer geeigneten Kühllösung wurden die Lüneburger umfassend von den Experten des Nettetalers Handelshauses beraten – nicht nur bei der Entscheidung für den passenden Kühlkörpertyp, sondern unter anderem auch bei der bestmöglichen Platzierung der Kühlrohre in der Kühlplatte. Neben der Kühlleistung war für Sieb & Meyer die optimale Anordnung der Kühlrohre wichtig. Schließlich verursachen die zu kühlenden Bauteile unterschiedliche Wärmeeinträge und sind an unterschiedlichen Positionen platziert. Damit erfolgt der Wärmeeintrag nicht homogen über die gesamte Kühlkörperfläche. Die größten Verluste entstehen an dem IGBT-Modul der Endstufe sowie am Netzgleichrichter. Hier laufen die meisten (Schalt-) Vorgänge ab und erzeugen die größte Wärme. Schnell war klar: ein Wasserkühlkörper aus der Superplate-Reihe des CTX-Lieferanten Pada könnte die Lösung sein.

Das leistungsstarke Hochleistungskühlkörper-System hält mit der permanenten Weiterentwicklung der IGBTs und anderer elektronischer Leistungsmodule Schritt. Da es auf Standardelementen basiert, stellt es dennoch eine kostengünstige Lösung zur konzentrierten, effektiven Wärmeabfuhr bei Leistungshalbleitern dar. Das Kühlsystem genügt der Richtlinie IEC 77 und verursacht weder Geräusche noch Vibrationen. Es besteht aus einer Zirkulationspumpe, einem Ausgleichsbehälter, einem Wärmetauscher und der eigentlichen Kühlplatte, der Superplate. Sie besteht wahlweise aus Aluminium oder Kupfer mit kernlochgebohrten oder extrudierten Kühlkanälen zur Realisierung des Wasserkreislaufs. Eine weitere Alternative ist eine Aluminiumplatte (Dicke 15-20 mm) mit eingepresstem Kupfer- oder Edelstahlrohr, das in der Regel einen Außendurchmesser von 10 mm und eine Wandstärke von 1 mm besitzt.

Die Kühlleitungen werden in exakt gefräste, u-förmige Nuten auf der jeweiligen Kühlplattenfläche eingepresst. Ein Spezialkleber aus leitendem Harz schließt mögliche thermische oder mechanische Unterbrechungen und damit eine Beeinträchtigung der Wärmeableitung aus. Die Rohrbögen liegen bei Größenordnungen von 30,5 bis 90 mm und können wahlweise innerhalb oder außerhalb der Platten liegen. Im Fall der Kühllösung für die Frequenzrichter befinden sich die Rohrbögen mit einem Durchmesser von 40 mm in der Platte. Für einen idealen Sitz der Rohre sind alle Auflageflächen der Platten mit seitlichen Löchern passend gefräst. Auf diese Weise wird eine Ebenheit von 0,01 mm/150 mm und eine Rauheit von  $Ra < 1,2 \mu$  erzielt. Die Verbindungen berücksichtigen die unterschiedlichen Ausdehnungskoeffizienten der Werkstoffe und bilden einen außerordentlich guten Wärmekontakt. Sie liegen absolut dicht auf und besitzen eine sehr hohe Lebensdauer.

## Das richtige Material ist entscheidend

Bei der Materialwahl für die jeweilige Kühllösung müssen Kriterien wie Wärmeleitfähigkeit, Gewicht und die jeweiligen Einsatzbedingungen berücksichtigt werden. Denn auch wenn Aluminium kostengünstiger ist als Kupfer oder Edelstahl: bei sogenannten Wärmenestern bietet sich das besser wärmeleitende Kupfer trotz des dreifach höheren Gewichts an. Bei Kühllösungen mit deionisiertem Wasser empfehlen sich dagegen korrosionsfeste Edelstahllegierungen.

Der Flüssigkeitskühlkörper für die Frequenzumrichter von Sieb & Meyer besteht aus einer 15 mm starken, 160 mm breiten und 340 mm langen Aluminiumplatte mit einem eingepressten Kupferrohr, das sich in drei Bögen durch die gesamte Länge der Platte zieht. Der Außendurchmesser des Rohres beträgt 10 mm, die maximale Kühlwassertemperatur 40 °C und die Durchflussmenge liegt bei mindestens vier Litern pro Minute. Darüber hinaus muss bei der Konzeption eines Flüssigkeitskühlkörpers für einen Frequenzumrichter die Temperaturbeständigkeit auch bei kurzzeitigem Volllastbetrieb gewährleistet sein.

Bis das finale Kühlkörperdesign gefunden war, dauerte es insgesamt drei Monate. Nach weiteren sieben Wochen konnten dann die ersten Wasserkühlkörper ausgelie-

fert werden. Inzwischen benötigt Sieb & Meyer jährlich rund 50 dieser Flüssigkeitskühlkörper für ihre Frequenzumrichter. Damit diese kurzfristig bei CTX abgerufen werden können, übernehmen die Nettetaler Kühltechnikspezialisten auch die notwendige Lagerhaltung für die Kühlsysteme. □

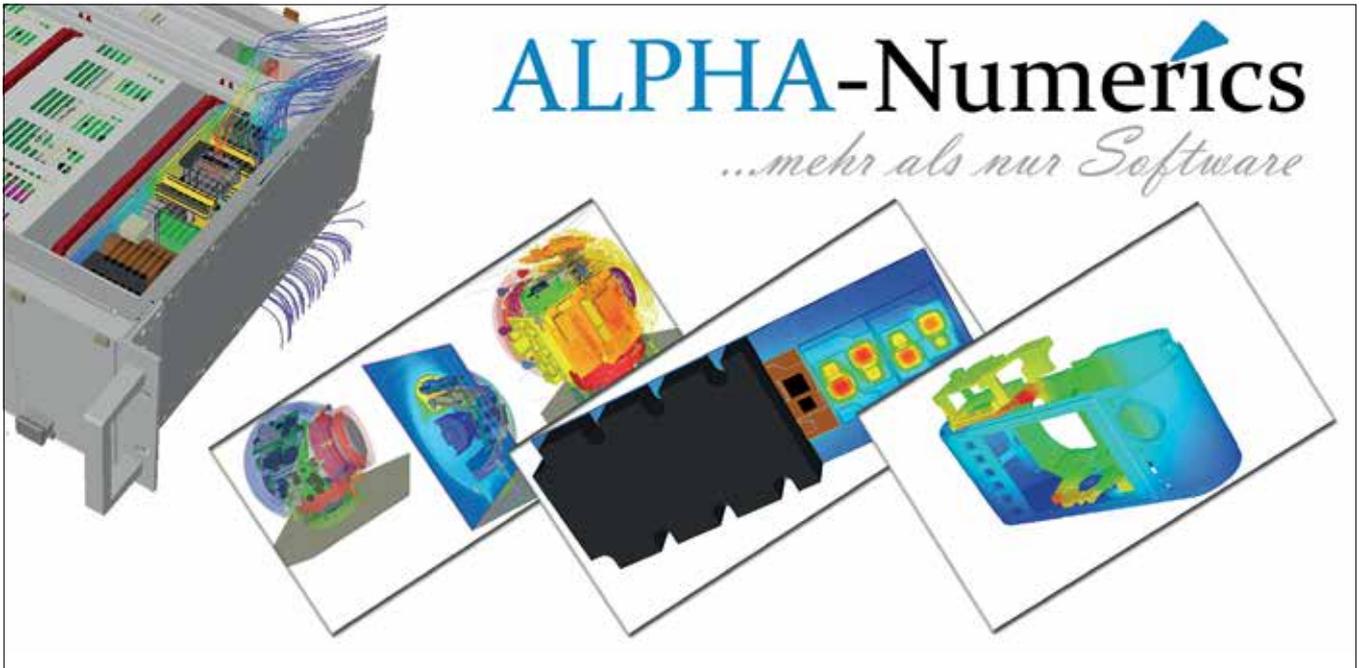
## Mit Conrad behebe ich Fehler schneller.

- ✓ Ein großes Sortiment hochwertiger Ersatzteile
- ✓ Lösungen für meine Sonderwünsche
- ✓ Eine einfache und übersichtliche Bestellung

Johannes K., Elektrotechniker

Entdecken Sie die Plattform für Ihr Business unter [conrad.de/mro](https://conrad.de/mro)

**CONRAD**



#### Anschrift

ALPHA-Numerics GmbH  
 Römerstraße 32  
 56355 Nastätten, Germany  
 T +49/6772/9693-470  
 F +49/6772/9693-471  
 info@alpha-numerics.de  
 www.alpha-numerics.de

#### Ansprechpartner

Tobias Best, Geschäftsführer  
 T +49/6772/9693-470  
 Tobias.Best@alpha-numerics.de

#### FIRMENPROFIL

Die ALPHA-Numerics GmbH ist ein Spezialist für das Fachgebiet „Elektronikkühlung“ und vertreibt Simulationssoftware (6Sigma-ET-Wärmesimulation) sowie Beratungsdienstleistung. Mit über 20 Jahren Erfahrung haben sich die Mitarbeiter bei vielen namhaften Elektronikunternehmen als Kompetenzpartner bewiesen und unterstreichen dies durch regelmäßige Vorträge an Fachkongressen und eigene Seminarangebote.

#### Simulations-Software

Die ALPHA-Numerics GmbH ist die deutsche Industrievertretung der FutureFacilities Ltd. aus London. Wir betreuen den deutschsprachigen Kundenkreis durch eine kundenspezifische Ausbildung an den Simulationswerkzeugen der 6Sigma SUITE. Hierzu zählt im Besonderen das Werkzeug 6SigmaET, ein branchenspezifisches Simulationstool für Elektronikkühlung. 6SigmaET ermöglicht es dem Entwickler schon in der Konzeptphase mit wenigen Angaben über den Einbauraum, den Gehäuseabmessungen, der Konzept-Leiterplatte und den Hauptverlustleistungsträgern eine thermische Analyse über die 3 Wärmewege (Wärmeleitung, Konvektion, Strahlung) zu simulieren. Je weiter sich der Entwicklungsweg vollzieht, desto detaillierter kann das Simulationsmodell mit Vias, Lüftern, CAD-Elementen oder sogar Detailaufbauten von Komponenten beschrieben werden. Die Automatismen der Software bewahren den Ingenieur davor, seine Zeit mit dem Aufbau von Lösungsgittern und Solverdetails zu blockieren und bieten in überschaubaren Zeitschritten fertige Analyseergebnisse über Temperaturen, Luftgeschwindigkeiten und Druckverteilungen. Ein Ergebnis-Export nach Excel ist problemlos möglich.

#### Ausbildung

ALPHA-Numerics bietet 2 Bereiche von Ausbildungstagen an. Zum einen ein Grundlagenseminar über das Fachgebiet Elektronikkühlung, welches von den physikalischen Grundlagen bis hin zu Überschlagsformeln und aktuellen Übersichten von Werkzeugen dem Ingenieur eine Basis für seine tägliche Arbeit liefert. Zum anderen die Ausbildung an der Simulationssoftware, welche auf Nachfrage auch gerne an ein aktuelles Projekt angebunden wird. Eine Testlizenz mit Unterlagen zum Selbststudium kann kostenlos angefragt werden.

#### Dienstleistung

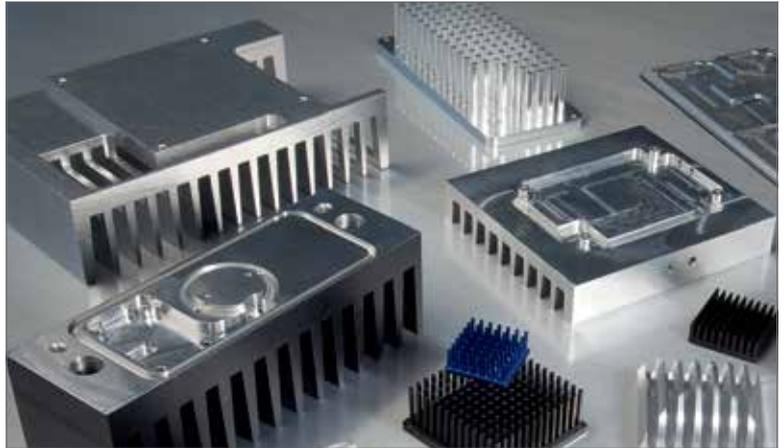
Aufgrund steigender Nachfrage nach externen Dienstleistern bietet ALPHA-Numerics auch als festes Standbein die Simulationsdienstleistung an. Nach einem ersten Projektgespräch generiert ALPHA-Numerics ein Simulationsmodell, welches via Variantenanalyse tatkräftig Ihre Entwicklungsarbeit und die anstehenden Entscheidungen zum Kühlkonzept unterstützt. Typische Durchlaufzeit einer Simulation inklusive Variantenanalyse ist maximal 1 Woche. Die Kosten bewegen sich meist zwischen 500 EUR und 5.000 EUR. Angebot nach Aufwandsabschätzung. □

# ALUTRONIC

SOLUTIONS FOR COOL RESULTS

## Anschrift

Alutronic Kühlkörper GmbH & Co KG  
 Auf der Löbke 9-11  
 58553 Halver, Germany  
 T 49/2353/915-5  
 F +49/2353/915-333  
 info@alutronic.de  
 www.alutronic.de



## Effizient gekühlt ist gut gekühlt...

... und effizient gefertigt ist noch besser! Unser Team in Halver im Sauerland bietet Ihnen passende Kühllösungen- durch viel Erfahrung, modernste Technik und immer einen Tick weniger Material- und Ressourceneinsatz. Durch hohe Materialverfügbarkeit mit einer erstklassigen Planung erreichen wir kürzere Lieferzeiten als sonst auf dem Markt üblich ist. Ihr Weg zu einer passenden Lösung für die Entwärmung Ihrer Elektronik sollte so kurz wie möglich sein und die Lösung selbst muss in

Ihren Kostenrahmen und in Ihre Prozesse passen. Bei Alutronic sind Sie da gut aufgehoben. Das wir Ihnen die schnellste sowie technisch und wirtschaftlich effizienteste Lösung bieten können hat System: Wir investieren viel Zeit und Grips in die Verbesserung unseres Service, in die Aus- und Weiterbildung unserer Mitarbeiter, in die Erweiterung unseres Produktportfolio, in stabile Qualität unserer Produktionstechnik, unser IT System sowie den Klima- und Umweltschutz.

## Unser Service

- Thermische Simulationen
- Materialoptimierte Kühlkörper
- Fertigungsoptimierte Kühlkörper
- Beratung Sonderprofile
- Eloxieren, Hart-Eloxieren, Chromatieren
- Logistikservice: Mehrweg-tauschverpackung
- CO<sup>2</sup> Bilanz-/ Kompensation aller Produkte
- Rahmenverträge mit Langzeit-Preisstabilität und Liefergarantie
- Logistiklösungen mit kundenspezifischen Mehrweg-Tauschverpackungs-Systemen

- Vom ersten „Sägeschnitt“ bis zum „Eloxieren“ – alles unter einem Dach

## Für Sie da

- Umfangreiches und gut sortiertes Lager
- Kurze Reaktionszeiten
- Freundliche und kompetente Mitarbeiter/-innen
- Beratung vor Ort – direkt in ihrem Unternehmen
- Konzentration auf die zu uns passenden Branchen und Unternehmen
- Ausgewählte Distributoren weltweit

## Aussergewöhnliches

- Wir arbeiten klimaneutral – zertifiziert durch climatepartner
- Viele langjährig tätige Mitarbeiter/-innen garantieren zuverlässige Leistungen
- Eine sehr moderne SPS-Steuerung unserer Eloxalanlage gewährleistet hohe Produktivität
- Modernste CNC-Bearbeitungsmaschinen in Doppelspindel-Version für rationellste mechanische Bearbeitung

## GRÜNDUNGSJAHR

1977

## MITARBEITER

58

## PRODUKTE

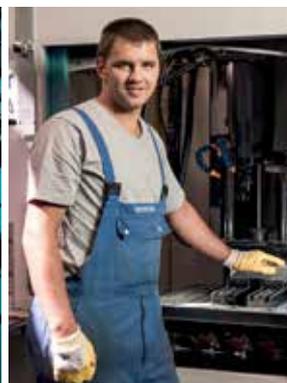
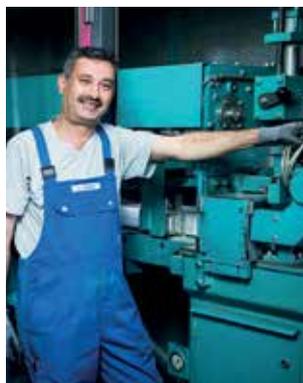
- Über 200 Kühlkörper Standardprofile
- Kundenspezifische Profillösungen
- Powerbloccs – Stiftkühlkörper
- Embedded Kühlkörper
- Lüfter
- Kühlkörper für Standard Halbleitergehäuse
- Hochleistungs-Kühlaggregate
- Aluminium Gehäuse und Konstruktionsteile
- Isolier- und Wärmeleitmaterialien
- Befestigungszubehör

## ZERTIFIZIERUNGEN

ISO 9001:2015

Klimaneutral:

climatepartner.com/12274-1702-1001



WÄRMEMANAGEMENT AUF KLEINSTEM RAUM

## 3D-Metalldruck kühlt Elektronik

In der Leistungselektronik werden Kühlkörper eingesetzt, um Wärme von Platinen abzuleiten. Die fortschreitende Miniaturisierung dieser anspruchsvollen Komponenten erfordert immer kleinere Bauteile, die mit spanenden Verfahren kaum noch realisiert werden können. Selective Laser Melting (SLM) schafft Abhilfe. Es ermöglicht die schnelle und ressourcenschonende Herstellung von hocheffizienten Mikrokühlern mit monolithischer Struktur.

TEXT: IQ Evolution BILD: iStock, Pulvas

Moderne Elektronik benötigt immer kleinere Bauteile, wodurch auf geringerem Raum eine höhere Leistungsdichte bei gleichem Wirkungsgrad entsteht. Für herkömmliche Kühlkörper ist dies eine große Herausforderung, da ihre eigenen Strukturen viel Platz erfordern, sie jedoch gleichzeitig ein zunehmendes Maß an Wärme abführen müssen. IQ Evolution hat deshalb ein 3D-Metalldruckverfahren mit Pulverbett entwickelt, durch das Mikrokühler in jeder Form produziert werden können. Die mit dem Selective Laser Melting (SLM) hergestellten Kühlkörper sind in der Lage, enorme Wärmemengen auf kleinstem Raum abzuführen. Dabei haben weder Komplexität noch Detailgrad der Kühlstruktur eine Auswirkung auf die Fertigungskosten – diese werden lediglich vom eingesetzten Material und dem Volumen des Bauteils bestimmt.

### Ressourcenschonender 3D-Metalldruck

Zunächst wird für das SLM ein CAD-Modell der Komponente erstellt, das individuell auf das jeweilige Einsatzgebiet zugeschnitten ist. Dabei sind Erfahrungen im Bereich der Thermodynamik essentiell, um schnell die kritischen Hotspots ausfindig zu machen und das System auf die erforderlichen Werte einzustellen. Bisherige Kühlkörper nutzen Rippenstrukturen, um die entstehende Hitze abzuleiten. Dadurch sind sie aber auf bestimmte Designs festgelegt. Bei den Mikrokühlern auf Basis von SLM wird die Wärme dagegen über hoch turbulente Strömungen abgeführt, die durch spezielle Aufbauparameter an den Innenflächen entstehen. Eine Computersimulation unterstützt bei der optimalen Auswahl der notwendigen Parame-

# 24 / 7 / 365

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



ter, wodurch die mechanischen Eigenschaften wie Verwirbelung oder Strömungsgeschwindigkeit 1:1 aus der Entwicklung in die Produktion übertragen werden können.

Nach der Erstellung des Modells wird das Metallpulver in einer isolierten Kammer in dünnen Schichten von etwa 0,03 mm auf eine Substratplatte aufgetragen. Dafür wird üblicherweise Nickelpulver benutzt, denn dessen Fließfähigkeit begünstigt die Herstellung von kleinsten und filigranen Strukturen. Je nach Anwendungsfall können aber auch andere Metalle oder Kupferlegierungen verwendet werden, wenn beispielsweise ein bestimmter thermischer Ausdehnungskoeffizient gewünscht wird. Der eigentliche 3D-Druck geschieht über das Schmelzen des Pulvers mithilfe eines Lasers, der sich gemäß der Vorgaben des CAD-Modells über die oberste Schicht bewegt. Nach dem ersten Durchlauf wird die Substratplatte gesenkt und der Laser schmilzt nun die neu gebildete Lage. Dieser Vorgang wird wiederholt, bis das maßgeschneiderte Produkt hergestellt ist. Das nicht von dem System verwendete Pulver wird am Ende der Fertigung entnommen und kann ressourcenschonend in den Herstellungsprozess zurückgeführt werden. Auf diese Weise lässt sich ein Prototyp selbst bei der Verwendung von teuren Rohstoffen innerhalb weniger Wochen kosteneffizient bis zur Serienreife bringen.

#### Unsere Leistungen:

- 1,5+ Mio. Artikel von 500+ renommierten Herstellern
- 75.000+ Artikel ab Lager München
- 500.000+ Artikel kurzfristig lieferbar ab Lager
- Lieferversprechen: Bis 18:00 Uhr bestellt, morgen geliefert
- Online-Shop: [buerklin.com](http://buerklin.com)
- Starke Linecards mit bekannten und zuverlässigen Marken
- E-Procurement-Lösungen (OCI, API, elektronische Kataloge, EDI)
- Große Innen- und Außendienstteams in Deutschland
- Repräsentative Vertriebsmitarbeiter in Frankreich, Italien, Skandinavien, Großbritannien, Irland, Osteuropa, dem Nahen Osten und Brasilien

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



65 JAHRE  
**Bürklin**  
DIE GANZE ELEKTRONIK

FIRMEN UND ORGANISATIONEN IN DIESER AUSGABE

Firma	Seite	Firma	Seite
ALPHA-Numerics .....	52	Hy-Line .....	43
Alutronic .....	53	Inpotron .....	19, 22
Anritsu .....	28	Intermas .....	64
Austerlitz Electronic .....	57	Isabellenhütte.....	31
Beta LAYOUT .....	45	IQ Evolution .....	54
Bürklin .....	55	Kingbright .....	17
Conrad .....	51	Measurement .....	Einhefter
CTX Thermal Solutions .....	48, 62	MES .....	49
Detakta .....	5	Moxa .....	3
Display Elektronik .....	13	ON Semiconductor.....	18
Distrelec .....	32	Osram .....	16
Emtron electronic .....	15	Schukat .....	61
Etas .....	U4	Semikron .....	21
Fischer Elektronik .....	58, 63, 65	TE Connectivity.....	9, 14
Flexera .....	40	Traco .....	25
FTCap .....	23	TURCK duotec .....	35

IMPRESSUM

**Herausgeber** Kilian Müller  
**Head of Value Manufacturing** Christian Fischbach  
**Redaktion** Bernhard Haluschak (Managing Editor/verantwortlich/-928), Roland R. Ackermann (freier Mitarbeiter), Anna Gampenrieder (-923), Ragna Iser (-898), Demian Kutzmutz (-937)  
**Newsdesk** newsdesk@publish-industry.net  
**Anzeigen** Saskia Albert (Director Sales/verantwortlich/-918), Klement Bezdeka (-899), Beatrice Decker (-913), Caroline Häfner (-914), Veronika Muck (-919), Maja Pavlovic (-917);  
 Anzeigenpreisliste: vom 01.01.2019  
**Sales Services** Isabell Diedenhofen (-938), Ilka Gärtner (-921), Franziska Gallus (-916); sales@publish-industry.net  
**Marketing & Vertrieb** Anja Müller (Head of Marketing), Alexandra Zeller (Product Manager Magazines),  
**Herstellung** Veronika Blank-Kuen  
**Verlag** publish-industry Verlag GmbH, Machtfinger Straße 7, 81379 München, Germany  
 Tel. +49.(0)151.58 21 1-900, info@publish-industry.net, www.publish-industry.net

**Geschäftsführung** Kilian Müller  
**Leser- & AboService** Tel. +49.(0)61 23.92 38-25 0, Fax +49.(0)61 23.92 38-2 44; leserservice-pi@vuservice.de

**Abonnement** Das Abonnement enthält die regelmäßige Lieferung der E&E (derzeit 9 Ausgaben pro Jahr inkl. redaktioneller Sonderhefte und Messe-Taschenbücher) sowie als Gratiszugabe das jährliche, als Sondernummer erscheinende E&E-Kompodium.

**Jährlicher Abonnementpreis**  
 Ein JAHRES-ABONNEMENT der E&E ist zum Bezugspreis von 64 € inkl. Porto/Versand innerhalb Deutschland und MwSt. erhältlich (Porto Ausland: EU-Zone zzgl. 10 € pro Jahr, Europa außerhalb EU zzgl. 30 € pro Jahr, restliche Welt zzgl. 60 € pro Jahr). Jede Nachlieferung wird zzgl. Versandkosten und MwSt. zusätzlich berechnet. Im Falle höherer Gewalt erlischt jeder Anspruch auf Nachlieferung oder Rückerstattung des Bezugsgeldes. Studentenabonnements sowie Firmenabonnements für Unternehmen, die E&E für mehrere Mitarbeiter bestellen möchten, werden angeboten. Fragen und Bestellungen richten Sie bitte an leserservice-pi@vuservice.de

**Gestaltung & Layout** Schmucker-digital, Lärchenstraße 21, 85646 Anzing, Germany

**Druck** Firmengruppe APPL, aprinta druck, Wemding  
**Nachdruck** Alle Verlags- und Nutzungsrechte liegen beim Verlag. Verlag und Redaktion haften nicht für unverlangt eingesandte Manuskripte, Fotos und Illustrationen.

Nachdruck, Vervielfältigung und Online-Stellung redaktioneller Beiträge nur mit schriftlicher Genehmigung des Verlags.  
**ISSN-Nummer** 1869-2117

**Postvertriebskennzeichen** 30771  
**Gerichtsstand** München

Der Druck der E&E erfolgt auf FSC®-zertifiziertem Papier, der Versand erfolgt CO<sub>2</sub>-neutral.

Mitglied der Informationsgemeinschaft zur Feststellung der Verbreitung von Werbeträgern e.V. (IVW), Berlin



Der CO<sub>2</sub>-neutrale Versand mit der Deutschen Post

Flexible Spezialanfertigungen für Anwendungen

Mit dem Verfahren lässt sich so jeder Mikrokühler optimal auf das Einsatzgebiet abstimmen. Zusätzlich kann die Prototyp-Entwicklung jederzeit auf Kundenwünsche, Dank des computergestützten CAD-Modells, während der Entwicklungsphase reagieren. Für übliche Anwendungen lassen sich einfache Standardprodukte, wie 2er-, 4er- oder 8er-Kühler herstellen. Doch die Spezialität des 3D-Druckverfahrens sind spezielle nicht genormte Kühlstrukturen, aber auch runde oder noch ungewöhnlichere platzsparende Geometrien sind denkbar. Leider wird aber in der Leistungselektronik häufig nur in zweidimensionalen Formen gedacht. Durch die flexiblen Design-Varianten ergeben sich hingegen zahlreiche neue Einsatzmöglichkeiten – beispielsweise ultra-dünne Mikrokühler, welche bereits bei der Herstellung einer Leiterplatte in diese integriert werden.

Nicht nur bei Größe und Struktur ist das SLM flexibel, sondern auch bei der Verwendung der Metalle, denn das Verfahren ist mit verschiedenen Rohstoffen durchführbar – von Kupfer über Nickel bis hin zu Chrom und zahlreichen Legierungen. Dadurch ergeben sich auch neue Funktionen, die ein solcher Mikrokühler übernehmen kann. Häufig ist in der Leistungselektronik ein elektrischer Kontakt zur metallenen Oberfläche des Mikrokühlers unerwünscht. Daher ist zum Beispiel auch eine Kombination aus elektrischer Isolierung und elektrisch leitfähigen Schichten möglich, welche auf die Kühlfläche aus Metall aufgebracht wird. So werden alle Hotspots auf der Platine gekühlt, der Mikrokühler ist aber gleichzeitig nicht elektrisch mit der Platine verbunden. Eine solche kompakte und effiziente Bauweise eignet sich besonders für die E-Mobility, da der Platz in Elektrofahrzeugen meist äußerst beschränkt ist. Aber auch für Multilayer-Platinen kommt ein SLM-Mikrokühler infrage. Da das Verfahren so flexibel ist, birgt es zudem noch viel Potenzial für weitere Einsatzgebiete. □

# austerlitz electronic DR. G. R. C.

## Anschrift

austerlitz electronic gmbh  
Ludwig-Feuerbach-Straße 38  
90489 Nürnberg, Germany  
T +49/911/59747-0  
F +49/911/59747-19  
info@austerlitz-electronic.de  
www.austerlitz-electronic.de

## Gründungsjahr

1968

## Mitarbeiter

80

## Produktspektrum

- Profilkühlkörper
- Kühlsysteme mit Lüfter
- Flüssigkeitskühlsysteme
- Wärmeleitpaste
- Stromschienen und Multilayer Busbars

## Hauptdifferenzierung

- Kundenspezifische Kühllösungen
- Flexible & hohe Produktvielfalt
- Fachliche Beratung auch vor Ort

## Zertifizierungen

- ISO 9001:2015
- AEO-C



## Austerlitz electronic liebt die Herausforderung!

Wo immer bei unseren internationalen Kunden große Leistung große Wärme erzeugt, entwickeln wir individuell passende und besonders leistungsstarke Halbleiter-Kühlkörper.

## Wir machen Herausforderungen zur Serie

Unser Entwicklungsteam am Stammsitz in Nürnberg wirft seine außergewöhnliche Ingenieurskunst Tag für Tag in die Waagschale, um immer die passendste, effizienteste und nachhaltigste Kühltechnik zu kreieren. Unsere kreativen Köpfe investieren laufend viel Leidenschaft in bessere Ideen für bessere Technik, die schnellstens in Serie gehen kann. Egal, wie groß diese Serie ausfällt.

## Einzigartige Technologie mit echten Vorteilen

Gerade in Sachen Flüssigkeitskühlung ist austerlitz electronic absolut führend – mit ausgereifter Technik, deren wahre Wirkung im Detail steckt. Denn nur das Ergebnis zählt:

Unsere Kunden profitieren erheblich von einer dauerhaft besseren Wärmeableitung der Kühlsysteme.

## Im Einsatz auf der ganzen Welt

Kunden schätzen an austerlitz electronic vor allem die große Flexibilität und das hohe technische Know-how. Beides treibt unser hoch motiviertes Team täglich zu neuen Höchstleistungen an. Kunden aus der Industrie, Medizintechnik, Vertreter des internationalen Bahn- und Nahverkehrs, Hersteller erneuerbarer Energien oder E-Mobilität setzen nur auf höchste Qualität und sind damit eine echte Auszeichnung für austerlitz electronic.

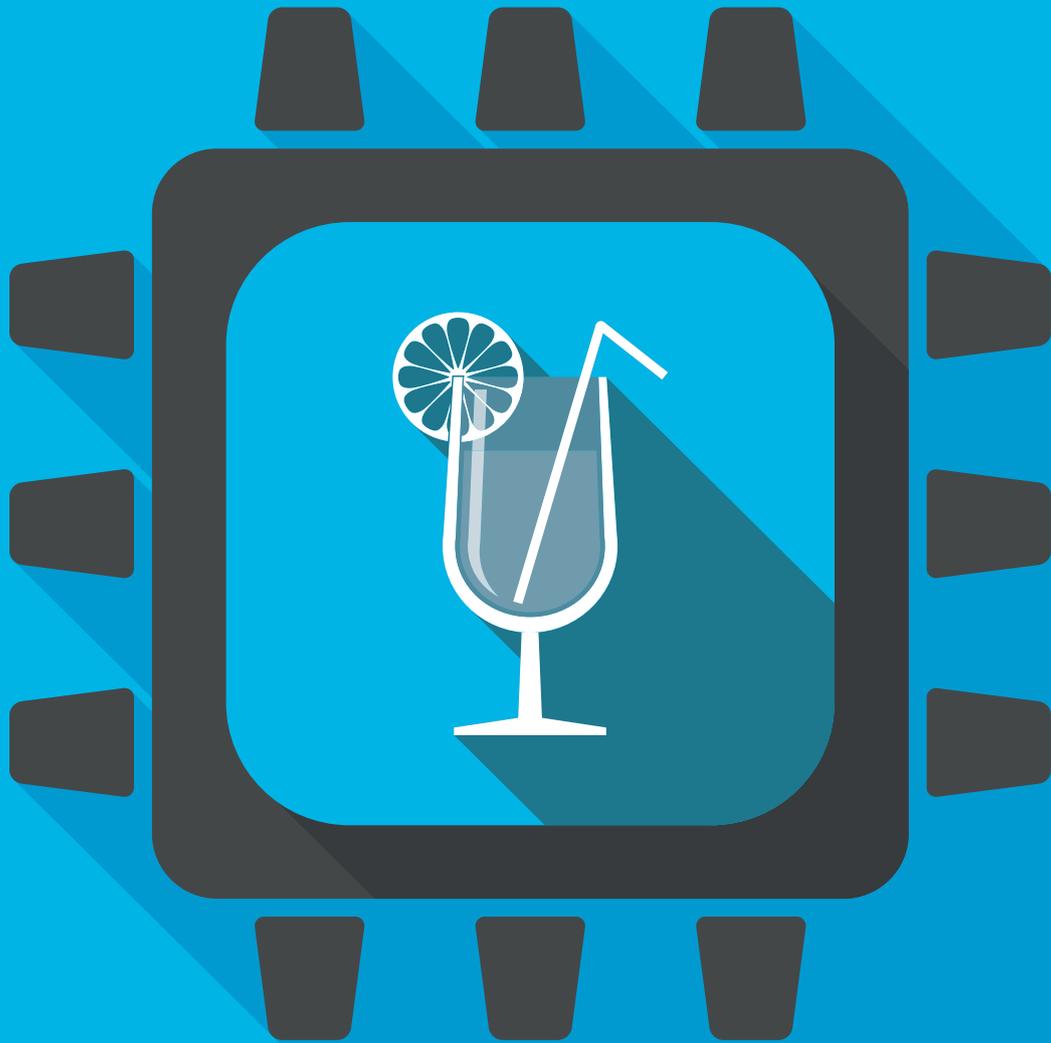
## Was ist mit Ihnen?

Wann dürfen wir Ihnen unser traditionsreiches Unternehmen vorstellen? In einem persönlichen Gespräch erzählen wir Ihnen gerne, welche Herausforderungen wir schon gemeistert haben. Oder noch viel besser: wir hören Ihnen zu. Und meistern anschließend Ihre Herausforderungen. □

## WAS BEKOMMEN SIE BEI AUSTERLITZ ELECTRONIC?

- Ein umfangreiches Standardsortiment an Profil- & Flüssigkeitskühlkörper
- Individuelle und nachhaltige Kühllösungen
- Umfangreiche Bearbeitungsmöglichkeiten wie etwa: CNC-Bearbeitung, Oberflächenveredelung, verschiedene Schweiß- und Klebverfahren sowie Montagearbeiten
- Über 50 Jahre Erfahrung in der Konzeption bis hin zur Serienproduktion effizienter Kühlsysteme





EFFIZIENTES THERMOMANAGEMENT MIT KÜHLKÖRPERN

## Abkühlung für die Leiterkarte

Die Miniaturisierung sowie die Leistungsfähigkeit elektronischer Halbleiter schreiten stets voran. Einhergehend steigt gleichermaßen die Wärmeverlustleistung pro Flächeneinheit. Zunehmende Probleme der Entwärmung von elektronischen Bauteilen auf der Leiterkarte, müssen durch ein effizientes thermisches Management gelöst werden.

**TEXT:** Fischer Elektronik **BILDER:** Fischer Elektronik; iStock, Blablo101

In der Literatur wird die Leiterkarte, als ein mit Hilfe von Kunstharz und Glasgewebe verpresstes Laminat aus kupferbeschichteten Kunststoffplatten beschrieben. Die Wärmeleitfähigkeit dieses Laminates, bis auf die genannte Kupferbeschichtung in Form von Leiterbahnen, ist allerdings sehr schlecht. Jedoch hätten die einzelnen Bauteile

ohne jegliche Leiterkarte, kaum Überlebenschancen, da die Bauteile selbst für eine effiziente Wärmeableitung an die Umgebung nicht die notwendige Oberflächengröße besitzen. Erst durch die Verbindung dieser Bauteile mit der Leiterkarte (THT/SMD) und der damit verbundenen Wärmespreizung, auch mittels geeigneter Leiterkartenkühlkör-

per, kann die entstehende Verlustwärme an die Umgebung abgegeben werden. Die an die Umgebung abzuführende Wärmemenge, korreliert wie bereits angesprochen, mit der Oberflächengröße der elektronischen Bauelemente als auch deren Gestaltung. Nicht nur ein effizientes Entwärmungskonzept wird seitens der Kunden nachgefragt und verlangt,

Vielfältige und verschiedenartige Board Level Kühlkörper ergeben Lösungsmöglichkeiten zur Entwärmung von elektronischen Bauteilen auf der Leiterkarte.



sondern auch sollte dieses kompakt ausgeführt und einfach auf der Leiterkarte integrierbar sein. Der permanent ansteigende Trend zu kleineren, kompakteren sowie ungenormten Leiterkarten ist für jeden Endanwender deutlich ersichtlich. Kleinere Baugruppen auf der Leiterkarte erfordern eine größere Anzahl an SMD Bauteilen mit hoher Leistungsdichte. Neben einer intelligenten Leiterkartengestaltung mit einem innovativen Leiterkartendesign, müssen gleichwohl effektive Schaltungskonzepte mit einer sinnvollen Bauteilenauswahl und besonders die thermischen Randbedingungen mit berücksichtigt werden. Die richtige Berechnung einer geeigneten Entwärmung, mittels einfacher Formeln oder thermischen Simulationen, gehört ebenso zu den genannten Randbedingungen, wie eine optimale Platzierung, z. B. von Kühlkörpern auf der Leiterkarte.

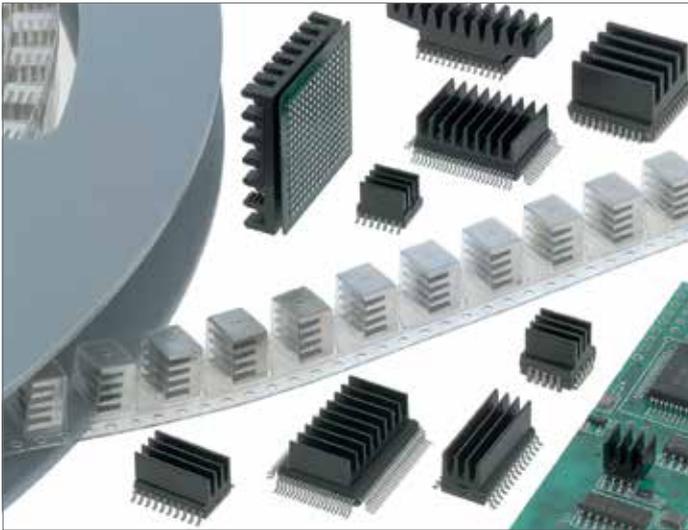
### Entwärmung durch verschiedene Wirkprinzipien

Ein einfaches und sehr häufig genutztes Verfahren, um elektronische Bauelemente auf der Leiterkarte zu entwärmen, ist z. B. in Form von entsprechenden Leiterkartenkühlkörpern gegeben, wel-

che direkt an oder auf dem zu kühlenden Bauteil befestigt werden. Eine optimale Entwärmungsmöglichkeit von elektronischen Bauteilen, welche direkt mittels der IMT Technik (Insertion-Mount-Technology) auf der Leiterkarte verlötet sind, bieten so genannte Fingerkühlkörper ausgezeichnete Lösungsansätze. Fingerkühlkörper werden in der Fachsprache auch als Board Level Kühlkörper bezeichnet. Diese jeweils auf die Bauteile abgestimmten Fingerkühlkörperformen, werden aus Aluminium- oder Kupfermaterial produziert und liefern angefangen von TO 220 bis TO 247, SIP-Multiwatt und etliche mehr, ausgezeichnete Entwärmungsmöglichkeiten auf kleinstem Einbauraum. Der Aufbau der genannten Fingerkühlkörper besteht aus einer Grundplatte, die gleichzeitig als Bauteilmontagefläche dient. Von dieser Fläche abgehend bilden einzelne Fahnen oder Lamellen in abgewinkelter sowie gerader Form die Kühlrippen zur Wärmeabfuhr an die Umgebung. Die jeweilige Kühlkörpergeometrie wird im Stanz-Biege Verfahren umgeformt und liefert als Fingerkühlkörper die oftmals geforderte Systemkompaktheit, andererseits eine bestmögliche Oberflächengröße per Volumen zur idealen Wärmeabfuhr.

Die Befestigung der unterschiedlichen Arten von Board Level Kühlkörpern auf oder an dem Bauteil, erfolgt mittels einer in der Geometrie integrierten Klammerbefestigung (Aufsteckkühlkörper), mittels integrierter Befestigungslöcher und Lochbilder für eine Schraubmontage oder für spezielle Transistorhaltefedern, aber auch durch einfaches aufschieben auf das Bauteil. Die bereits im Herstellungsprozess integrierten Federklammergeometrien, wie auch die einzelnen auf das Bauteil abgestimmten Transistorhaltefedern, ermöglichen durch ihren hohen Anpressdruck einen optimalen Wärmeübergang zwischen Bauteil und Kühlelement sowie eine einfache und schnelle Montage mit sicherem Halt. Ebenfalls sind für eine horizontale oder vertikale Fixierung der einzelnen Transistortypen auf dem Kühlkörper, unterschiedliche Befestigungsmöglichkeiten gegeben.

Die Kühlkörperbefestigung auf bzw. mit der Leiterkarte erfolgt über im Fertigungsprozess integrierte Lötstifte. Diese sind der jeweiligen Kühlkörperkontur angepasst, ermöglichen eine mechanische Stabilisierung der Gesamtbaugruppe Kühlkörper/Bauteil und sind für eine



Angepasste SMD Kühlkörper ergeben den Mehrwert, dass diese bei der Leiterkartenbestückung wie ein elektronisches Bauteil behandelt werden können.

vertikale oder horizontale Einlötbefestigung gegeben. Neben der Wärmeableitung des Fingerkühlkörpers, wird seitens der Kunden gleichfalls eine einfache Montage auf der Leiterkarte sowie eine gute Lötbarkeit gefordert. Die lötfähige Beschichtung der kompletten Board Level Kühlkörper, aber auch der einzelnen Lötstifte, ist gemäß der EU-Richtlinie RoHS ausgelegt. Fingerkühlkörper aus Aluminium mit einer schwarz eloxierten Oberfläche und extra angecrimpten Lötstiften, bewirken eine weitere Steigerung der Wärmeabfuhr durch die erhöhte Wärmestrahlung der Oberfläche.

### Größere Wärmeabfuhr durch angepasste Strangkühlkörper

Das umfangreiche Produktspektrum zur Entwärmung von elektronischen Bauteilen auf der Leiterkarte, beinhaltet ebenfalls effiziente SMD Kühlkörper als Strangpressprofil aus Aluminium. Diese direkt auf der Oberfläche montierbaren Kühlkörper sind in ihrem Gewicht und ihrer Geometrie auf die unterschiedlichsten Bauteile angepasst. Aufgrund des sehr geringen Eigengewichtes können SMD

Kühlkörper auf der Leiterkarte direkt auf die Oberseite des Bauteils aufgeklebt werden, ohne hierbei die verbindenden Lötstellen mit der Leiterkarte durch mechanischen Stress zu beschädigen.

Doppelseitig klebende Wärmeleitfolien oder auch 2-komponentige Wärmeleitkleber, ermöglichen eine schnelle und sichere Montage der SMD Kühlkörper auf dem Bauteil. Zur Klebefestigung besitzen die SMD Kühlkörper eine schwarz eloxierte Oberfläche, hingegen Kühlkörper zur Lötbefestigung auf der Leiterkarte eine lötfähige Oberflächenbeschichtung aufweisen. Mittels Reflow- oder Wellenlötverfahren können SMD Kühlkörper mit einer lötfähigen Oberflächenbeschichtung direkt auf der Leiterkarte bzw. auf einer Kupfer- Wärmepreisfläche aufgelötet werden. Ein weiterer Mehrwert für den Anwender ist durch die standardmäßige Verpackungsform als Tape and Reel (Gurt und Spule) gegeben. Hierdurch können SMD Kühlkörper wie ein elektronisches Bauteil gehandhabt werden und lassen sich deshalb relativ einfach in den Bestückungs- und Lötprozess integrieren.

Steigen die Verlustleistungen der auf der Leiterkarte verbauten elektronischen Bauteile, dann sind größere Kühlkörper gefragt und gefordert. Hierbei finden sehr häufig so genannte Leiterkartenkühlkörper für Einrasttransistorhaltefedern ihren Einsatz. Diese Ausführungen der Leiterkartenkühlkörper werden ebenfalls im Strangpressverfahren hergestellt und liefern in Summe ein optimales Verhältnis von spezifischer Wärmeleitfähigkeit des eingesetzten Materials, Gewicht und Preis, in Relation zum Wärmeableitvermögen.

Die Kühlkörperbefestigung der Leiterkartenkühlkörper, kann je nach Applikation auf unterschiedliche Weise erfolgen. Grundsätzlich besitzen alle Leiterkartenkühlkörper eine Art Kühlkörperfuß, welcher auf der Leiterkarte aufgesetzt wird und eine stabile Befestigung des Kühlkörpers auf der Leiterkarte ermöglicht. Im dem Kühlkörperfuß befindet sich ein stranggepresster Gewindekanal, in welchem von der Rückseite der Leiterkarte eine metrische M3 Schraube eingedreht werden kann. Für vibrationsreiche Applikationen, z. B.

# Psssst!

SUNON® < 20 phon



## SUNON®

### SUNON-Lüfter HA-Serie:

- Akustisch optimiertes Design
- Geräusentwicklung unter Wahrnehmungsschwelle
- Hoher Luftdurchsatz
- Niedrige Startspannung

Mehr Infos: 0 21 73 - 950 780

### Distribution by Schukat electronic

- Über 250 Hersteller
- 97% ab Lager lieferbar
- Top-Preise von Muster bis Serie
- Persönlicher Kundenservice

Onlineshop mit stündlich aktualisierten Preisen und Lagerbeständen

[schukat.com](http://schukat.com)

# SCHUKAT

electronic

im Bereich Automotive oder Bahntechnik, besteht gleichfalls die Möglichkeit in dem Gewindekanal einen massiven Messingbolzen mit einem M3 Außengewinde einzupressen. Die Befestigung auf der Leiterkarte erfolgt dann nach Durchsteckmontage mittels einer Gegenmutter auf der anderen Leiterkartenseite. Eine weitere Montagemöglichkeit der Kühlkörper auf der Leiterkarte, ist durch einen Messingbolzen mit lötfähiger Oberflächenbeschichtung zur Einlötbefestigung gegeben. Der Messingbolzen hat die Geometrie eines entsprechenden Lötstiftes und kann wahlweise unverlierbar in den Gewindekanal eingeschraubt oder verpresst werden.

Die verschiedenartigen Leiterkartenkühlkörper sind in puncto ihrer Rippengeometrie optimal auf die freie Konvektion angepasst, unterstützen des Weiteren die unterschiedlichen Einbaulagen (horizontal/vertikal) von Leiterkarten in Systemen. Eine sichere und schnelle Bauteilbefestigung der jeweiligen Transistoren, wird über verschiedenartige Einrasttransistorhaltefedern aus Edelstahl gewährleistet. Diese Haltefedern

können per Clipfunktion, in eine im Kühlkörper enthaltene spezielle Nutgeometrie, unverlierbar eingerastet werden.

Die einfache Montage der Komponenten mit sicherem Halt und hohem Anpressdruck, bewirkt einen optimalen Wärmeübergang zwischen dem Bauteil und der Kühlkörpermontagefläche, senkt nebenbei die Montagekosten, da die Befestigung der jeweiligen auf der Leiterkarte verbauten Transistoren an dem Kühlkörper, kundenseitig oftmals als Kostenreduktionsfaktor angesehen wird. Richtig in die Nut des Kühlkörpers eingerastet, hält die Einrasttransistorhaltefeder unverrückbar sowie unverschieblich ihre Position und fixiert mit hohem Anpressdruck das Bauteil auf der Montagefläche. Die universellen Einrasttransistorhaltefedern in Verbindung mit dem jeweiligen auf die abzuführende Verlustleistung angepassten Kühlkörper für Leiterkartenmontage, erlauben eine sichere und schnelle Montage fast alle Arten und Größen von Transistorgehäuseformen, wie TO 220, TO 218, TO 247 etc., diverse SIP-Multiwatt als auch lochlose MAX-Typen. □



#### Anschrift

CTX Thermal Solutions GmbH  
 Lötscher Weg 104  
 41334 Nettetal, Germany  
 T +49/2153/7374-0  
 F +49/2153/7374-10  
 info@ctx.eu  
 www.ctx.eu

#### Leistungselektronik perfekt kühlen

Kühlkörper der CTX Thermal Solutions GmbH (CTX) sichern die Funktionalität elektronischer Bauteile.

Moderne Leistungselektronik zeichnet sich durch eine hohe Leistungsdichte und damit eine hohe thermische Belastung aus. Zur Wahrung einer zuverlässigen Funktion und langen Lebensdauer ist eine effiziente Kühlung unabdingbar. CTX verfügt als Spezialist für applikationsspezifische und Standard-Kühlösungen über eine umfas-



sende technische Kompetenz im Bereich Wärmebeherrschung und Kühlung von Leistungselektronik. Das Unternehmen mit Sitz im nordrhein-westfälischen Nettetal besitzt langjährige Erfahrung in Design und Vermarktung von Kühllösungen und liefert passgenaue Kühlkörper für Anwendungen in den unterschiedlichsten Branchen.

#### Außergewöhnlich breites Produktportfolio

Vom Wettbewerb differenziert sich CTX durch das außergewöhnlich breite Angebot an Kühlkörpern und Kühlkonzepten. Neben sofort lieferbaren Standardausführungen umfasst das CTX-Kühlkörper-Portfolio auch spezielle, maßangefertigte Kühllösungen. Dazu zählen Kühlelemente für die Hochleistungselektronik, die Automobil-, Haushalts- und Unterhaltungselektronik sowie für industrielle Netzteile, Computer und für den Bereich der regenerativen Energien, der Haustechnik und der LED-Kühlung. Die Kühlkörper reichen von nur wenigen Millimeter großen und einige Gramm leichten Kühlelementen für SMD-Bauteile bis hin zu zwei Meter langen und 200 Kilo schweren Kühlkörpern für Wechselrichter in der Eisenbahntechnik. Auch die Kühlungsarten sind so unterschiedlich wie die Anwendung selbst: von natürlicher Konvektion über Luftkühlung mit Gebläsen bis hin zu Wärmetransport durch Flüssigkeiten oder Heatpipes zur Kühlung von Halbleiterelementen.

#### Passiv, aktiv oder flüssigkeitsgekühlt

Die Art der Kühllösung ergibt sich aus den Platz- und Einbauverhältnissen in Abhän-

gigkeit zur Verlustleistung des zu kühlenden elektronischen Bauteils. Diese Parameter bestimmen, ob eine passive Kühlung mit natürlicher Konvektion ausreicht oder ob die Höhe der Verlustleistung eine aktive Kühlung mit Lüfterunterstützung erforderlich macht. Reicht auch eine forcierte Kühlung nicht aus, wird auf Flüssigkeitskühlung zurückgegriffen. „Wann immer Bauraum und Verlustleistung es erlauben, sollte aus Gründen der Langzeitverlängerbarkeit und Kosten die Wahl auf eine lautlose passive und damit wartungsfreie Kühllösung fallen“, rät Wilfried Schmitz, Geschäftsführer von CTX. Das Unternehmen bietet für diese Art der Kühlung verschiedenste Profilkühlkörper aus Aluminium-Strangguss in den unterschiedlichsten Ausführungen. Auch bei SMD- und Leiterplattenkühlkörpern lässt das Angebot an Standard- sowie projektspezifischen Kühllösungen nichts zu wünschen übrig. Speziell für Embedded-Systeme und Industriecomputer bietet CTX passgenaue, CNC-gefertigte Lösungen an, darunter Kühlkörper mit Kupfer-Inlay zur direkten Installation am Hotspot und Heatspreader-Lösungen mit integrierten Heatpipes sowie Lüftern.

#### Entscheidungshilfe

Bei der optimalen Dimensionierung der Kühllösung und der Klärung der Frage nach passiver oder aktiver Kühlung kann eine thermische Simulation helfen. Der Vorteil: Durch die Simulation entfällt der kostspielige Part der Prototypenfertigung oder wird zumindest drastisch reduziert. □

#### GRÜNDUNGSJAHR

1997

#### MITARBEITER

30

#### PRODUKTE

- Hochleistungs-Kühlkörper in Modulbauweise
- Flüssigkeits-Kühlkörper
- Druckguss-Kühlkörper
- Profil-Kühlkörper, CNC-bearbeitet
- Embedded-Kühlkörper
- Clipse und Federn
- Gehäuse
- Industrielle Lüfter zur Kühlung von Computern, Bürotechnik, Medizintechnik etc.
- Drehknöpfe

#### ZERTIFIZIERUNGSSTAND

ISO 9001:2015, ISO 14001:2015



### Anschrift

Fischer Elektronik GmbH & Co. KG  
 Nottebohmstraße 28  
 58511 Lüdenscheid, Germany  
 T +49/2351/435-0  
 F +49/2351/45754  
 info@fischerelektronik.de  
 www.fischerelektronik.de

### Firmenbeschreibung

Fischer Elektronik ist seit 1968 ein vielseitiger und flexibler Hersteller von mechanischen Elektronikkomponenten am Standort Deutschland. Man beschäftigt am Hauptsitz in Lüdenscheid in Nordrhein-Westfalen und in den Verkaufsbüros mehr als 400 Mitarbeiter, denen hochmoderne Produktionsanlagen, Betriebsmittel und Verwaltungstools zur Verfügung stehen. Mit eigenen Verkaufsbüros in Österreich, der tschechischen Republik sowie der Slowakei sichert Fischer Elektronik den Zugang in neue Märkte im Osten Europas. Langjährige Vertriebspart-

ner im In- und Ausland ermöglichen es die Produkte weltweit in mehr als 90 Länder zu verkaufen. Namhafte Branchen- und Marktführer haben Fischer Elektronik Produkte einedesigned. Mit mehr als 17.000 Kunden der Elektro- und Elektronikindustrie ist Fischer Elektronik eine echte Brand für mechanische Elektronikkomponenten, die auch in den Katalogen der wichtigsten international tätigen Katalogdistributoren zu finden ist. Das Herstellungsprogramm umfasst Kühlkörper und Systeme für die Halbleiterentwärmung, Steckverbindungen rund um die Leiterplatte sowie ein komplettes 19“ Aufbausystem und systemunabhängige Gehäuselösungen. Die Varianz der Standardartikel unter Berücksichtigung verschiedener Oberflächen, Polzahlen und Längen beträgt weit mehr als 75.000 Einzelartikel, die man in dem am Markt bekannten dreiteiligen Produktkatalog wiederfindet. Durch frühe Beteiligungen an Forschungsprojekten und in Entwicklungsverbänden steht man in der ersten Reihe bei

Kunden aus den Gebieten erneuerbare Energien, LED-Lighting und Brennstoffzellen. Die Stärke des Unternehmens liegt zum einen in der Vorhaltung eines Lagers für mehr als 650 verschiedene Aluminium-Kühlkörperprofile. Eigens hierfür hat man antizyklisch im Krisenjahr 2009 in ein rund 3.200 Tonnen fassendes Hochregal-Wabenlager investiert. Zum anderen besteht die Möglichkeit, aus den Standards spezielle, kundenspezifisch bearbeitete Lösungen generieren zu können, die in puncto Stückzahl, Qualität und Preis den hohen Kundenanforderungen entsprechen. Ein hohes Maß an Qualitäts- und Umweltbewusstsein sowie die Fokussierung auf die Wünsche und Belange der Kunden gehören zur Unternehmensphilosophie. Der Zertifizierungsstand nach ISO 9001, ISO 14001, ISO 27001 und AEO-C zeugen hiervon. Um auch weiterhin im nationalen und internationalen Kontext erfolgreich agieren zu können, wurde das komplette Unternehmen 2014 auf SAP umgestellt. □



VARIABLE LUFTEINSCHÜBE VERHINDERN ÜBERHITZUNG

# Luftbasiertes Temperaturmanagement

Betrachtet man das Temperaturmanagement auf Basis von Luft etwas genauer, gibt es eine Vielzahl von Punkten, die es im Einzelnen zu bewerten und zu beachten gilt.

TEXT: Intermas BILD: iStock, MariaTkach

Ein Szenario, das jeder kennt: ein neuer Schaltschrank oder neue Komponenten werden benötigt. Ein Platz im Unternehmen, z.B. in der Produktion ist schnell gefunden und der Schrank zügig mit einer Anlage verknüpft oder in ein vorhandenes Netzwerk eingebunden. Häufig stellt sich dann -je nach Bestückungsdichte des Schaltschranks- erst im Nachhinein die Frage, wie die entstehende Wärme effektiv abgeleitet werden kann. Neben Schaltschränken benötigen auch Elektronik-Baugruppen ein effektives Wärmemanagement, insbesondere, da die Baugruppen heutzutage immer kleiner und gleichzeitig leistungsfähiger werden. Dieser Trend stellt neue Anforderungen an die Wärmeabfuhr, da thermische Probleme die Zuverlässigkeit von

Systemen negativ beeinflussen und die Lebensdauer deutlich verkürzen.

Das Internet bietet bei der Suche in Bezug auf effiziente Lüftung und Entwärmung erste Anhaltspunkte für verfügbare Systeme und Anwendungen sowie deren Vor- und Nachteile. In den meisten Fällen gestaltet sich die Suche auf eigene Faust und ohne einen kompetenten Partner an seiner Seite oftmals als recht schwierig. Betrachtet man das Temperaturmanagement etwas genauer, gibt es eine Vielzahl von Punkten, die es im Einzelnen zu bewerten und zu beachten gibt. Unter anderem geht es um die Frage der richtigen Platzierung des Lüftereinschubes. Im Bodenbereich des Schaltschranks befindet sich üblicherweise die beste Position, da

der Lüfter kalte Luft ansaugen kann und diese nach oben bläst. Thermisch ist diese Lage optimal, weil die Lebensdauer der Lüfter nicht verringert wird. Oft findet sich aber nur im oberen Bereich des Schaltschranks Platz, um einen Lüftereinschub zu montieren. Dies wirkt sich jedoch nachteilig auf die Lebensdauer des Lüfters aus, da der Lüfter permanent warme Luft ansaugt und mangels Abkühlung des eigenen Motors selbst der Hitze zum Opfer fällt.

Die Planung rund um das Thema Wärmemanagement ist komplex und zeitintensiv, so dass es sinnvoll ist, sich einen Spezialisten auf diesem Gebiet beratend zur Seite zu holen. Zur passiven Kühlung elektronischer Baugruppen und



Systeme in Racks empfehlen sich zum Beispiel 19"-Kühlkassette. Durch die hohe Packungsdichte der Baugruppen wird eine konventionelle Lüftung, etwa durch natürliche Konvektion erschwert, auch der Einsatz von Lüftern stößt dadurch häufig an Grenzen. Durch eine Kassette wird die im Gerät entstehende Verlustleistung bzw. -wärme über einen gleichzeitig als Seitenwand fungierenden Kühlkörper nach außen abgeführt. Bei extremer Temperaturentwicklung kann die Wärme dabei noch zusätzlich gezielt über eine so genannte Heatpipe auf einem Kühlkörper geleitet werden. Bei Bedarf sollte die Frontplatte für den EMV-Schutz mit Kontaktfedern ausgestattet werden. Optional sollte eine Kassette auch gegen HF-Störeinflüsse abgeschirmt werden.

Im Bereich Schaltschrank-Entlüftung empfehlen sich 1 HE Lüftereinschübe, die sich durch einen günstigen Preis und guter Variabilität auszeichnen. Sie ermöglichen es, entsprechend der anfallenden Wärmelast, die Anzahl der Lüfter zu variieren und dient somit der kostengünstigen, aber hocheffektiven und punktgenauen Kühlung elektronischer Baugruppen in 19"-Schränken oder Gehäusen. Oft verfügen die Lüftereinschübe über integrierte Temperaturfühler, die eine Anpassung der Lüfterdrehzahl in Abhängigkeit der Umgebungstemperatur ermöglichen. Zudem bieten sie oft die Option, bei Unterschreiten einer kritischen Lüfterdrehzahl einen Alarm auszugeben, sowohl optisch (LED) als auch über einen potentialfreien Kontakt. □

## Strangkühlkörper

- umfangreiches Standardprogramm
- zeitoptimierte, automatische Lagerhaltung für kürzere Lieferzeiten
- kundenspezifische Fräsbearbeitungen
- losgrößenoptimierte Fertigung
- diverse Oberflächenausführungen
- Sonderprofile nach Ihren Vorgaben



Mehr erfahren Sie hier:  
[www.fischerelektronik.de](http://www.fischerelektronik.de)

Fischer Elektronik GmbH & Co. KG

Nottebohmstraße 28  
58511 Lüdenscheid  
DEUTSCHLAND  
Telefon +49 2351 435-0  
Telefax +49 2351 45754  
E-mail [info@fischerelektronik.de](mailto:info@fischerelektronik.de)

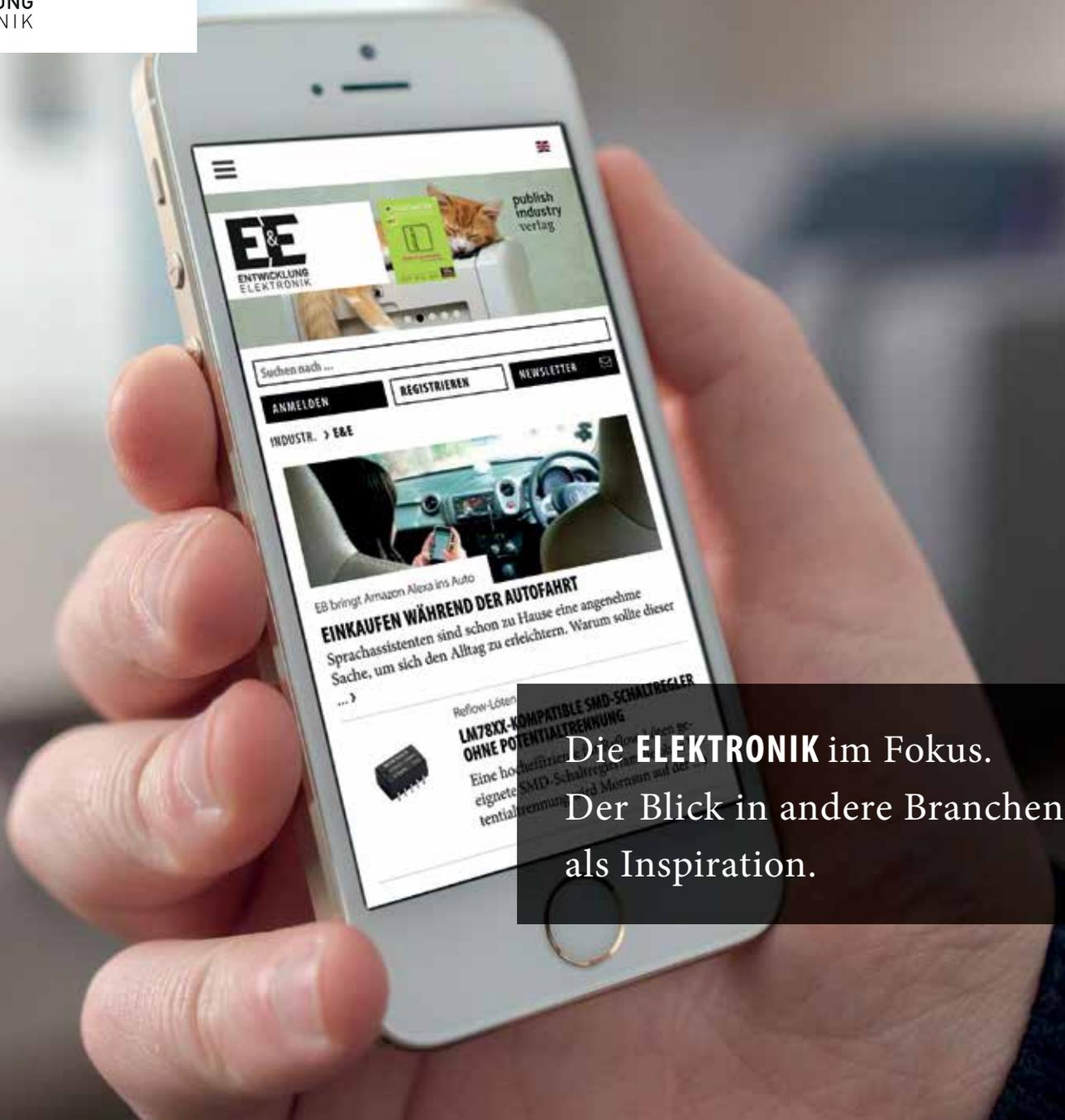


Wir stellen aus: SPS  
in Nürnberg vom 26.-28.11.19  
Halle 3C, Stand 744

# -273,15

Grad Celsius bezeichnet den unteren Grenzwert für die Temperatur, auch absoluter Nullpunkt genannt.

Erreicht man diese Temperatur, haben die Atome die gesamte Wärmeenergie verloren. Wie elektronische Systeme oder Komponenten bei deutlich wärmeren Temperaturen optimal gekühlt werden, lesen Sie in unserem Kühlungs-Spezial auf Seite 47.



Die **ELEKTRONIK** im Fokus.  
Der Blick in andere Branchen  
als Inspiration.



**INDUSTR.com/EuE:** Das E&E-Web-Magazin liefert relevante News, Artikel, Videos, Bildergalerien sowie Whitepaper und macht die Faszination von Entwicklung & Elektronik lebendig.

Vernetzt mit den anderen Web-Magazinen von publish-industry unter dem Dach des Industrie-Portals **INDUSTR.com** ist es Ihre Eintrittspforte in eine faszinierende Technik-Welt. Gehen Sie online und werden Sie kostenfrei Mitglied der **INDUSTR.com**-Community: **INDUSTR.com/EuE**.



Years  
**ETAS**  
Still wild  
at heart.



ETAS – seit 25 Jahren schlägt  
unser Herz für Embedded Systeme

Mit dieser Hingabe und unserem Können  
werden aus den Visionen unserer Kunden  
erfolgreiche Lösungen.

ETAS – wir treiben Embedded Excellence voran.  
Damit unsere Kunden zu den Besten gehören.