

# E&E EXPLORE

## NEXT TECH ELECTRONICS

JetSys-2010 – LOKALE INTELLIGENZ FÜR BAHN, LOGISTIK UND INDUSTRIE

# HIGH-PERFORMANCE RECHENPOWER UND DAS OHNE CLOUD

...mehr ab Seite 8

MUSTERERKENNUNG, SITUATIONSANALYSE ODER EREIGNISVORHERSAGE

TITELBILD-SPONSOR: ELMA ELECTRONIC

**POWER & CO.**  
Effiziente Stromversorgungen durch neue Technologien ab S. 18

**TASTER & SCHALTER**  
Mechanisch, kapazitiv oder piezoelektrisch? S. 32

**MESSTECHNIK**  
Daten richtig erfassen und visualisieren ab S. 45

# INDUSTRY.FORWARD SUMMIT

DIE ZUKUNFTSKONFERENZ  
DER INDUSTRIE

24. + 25.06.2025  
Berlin | Spreespeicher

# Auf Augenhöhe mit den Industrie-CxOs diskutieren



**INDUSTRY.forward SUMMIT 2025 – Die Zukunftskonferenz der Industrie**

[industry-forward.com/summit](https://industry-forward.com/summit) – Jetzt anmelden & mitdiskutieren. Wir freuen uns auf Sie!

## PARTNERED BY



# Auch die nächste Ausgabe der E&E kostenfrei lesen?



Jetzt Leser werden!





**Bernhard Haluschak, Chefredakteur E&E:** Die Integration von Künstlicher Intelligenz (KI) in die Leistungselektronik markiert einen Paradigmenwechsel, der die Effizienz, Zuverlässigkeit und Leistungsfähigkeit dieser Schlüsseltechnologie verändert. Entwicklungsingenieure stehen an der vordersten Front dieser Transformation, indem sie KI-Algorithmen nutzen, um neue Herausforderungen zu bewältigen und innovative Lösungen zu schaffen. Ein zentraler Aspekt ist die Optimierung von Regelungssystemen. Herkömmliche Methoden stoßen bei nichtlinearen und dynamischen Systemen oft an ihre Grenzen. Deshalb stelle ich heute die Frage:

## WIE VERÄNDERT KI DIE LEISTUNGSELEKTRONIK?

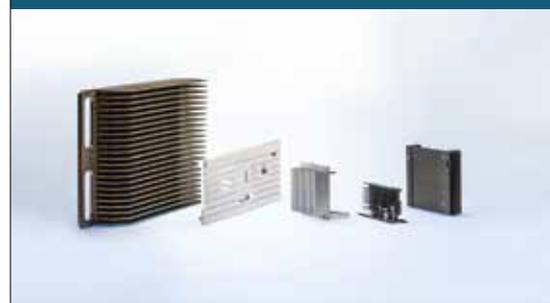
KI-basierte Ansätze, insbesondere Methoden des maschinellen Lernens wie Deep Reinforcement Learning, ermöglichen eine adaptive und selbstlernende Regelung. Diese Algorithmen können in Echtzeit auf Veränderungen im System oder der Umgebung reagieren, wodurch die Effizienz und Stabilität von Leistungswandlern signifikant verbessert werden. Darüber hinaus ermöglicht KI die prädiktive Wartung, indem sie Sensordaten und Betriebsparameter analysiert, um potenzielle Fehlerquellen frühzeitig zu erkennen. Dies reduziert Ausfallzeiten und erhöht die Systemzuverlässigkeit.

Im Bereich der Topologieoptimierung können KI-Algorithmen große Datenmengen analysieren und verschiedene Designvarianten simulieren, um optimale Lösungen hinsichtlich Effizienz, Größe und Kosten zu finden. In Anwendungen wie der Elektromobilität und erneuerbaren Energien trägt KI zur Emissionsreduzierung bei, indem sie den Energieverbrauch und die CO<sub>2</sub>-Emissionen durch Maximierung der Systemeffizienz minimiert. Die Integration von KI eröffnet auch neue Anwendungsfelder, darunter autonome Energiesysteme und adaptive Leistungselektronik für Elektrofahrzeuge. Diese Systeme können selbstständig auf Schwankungen in der Energieerzeugung und -nachfrage reagieren beziehungsweise den Energiefluss in Echtzeit anpassen, um Reichweite und Leistung zu optimieren.

Trotz dieser Möglichkeiten bringt die Integration von KI auch Herausforderungen mit sich. Die Datensicherheit ist von entscheidender Bedeutung, da sensible Daten verarbeitet werden. Zudem muss die funktionale Sicherheit gewährleistet sein, insbesondere in sicherheitskritischen Anwendungen. Darüber hinaus erfordern KI-Algorithmen erhebliche Rechenleistung, was zu höheren Kosten führen kann. Dennoch ist die KI-Revolution in der Leistungselektronik in vollem Gange, und Entwicklungsingenieure spielen eine entscheidende Rolle bei der Gestaltung der Zukunft dieser Technologie.

**CTX** THERMAL  
SOLUTIONS

Effiziente Kühllösungen  
für industrielle  
Elektronikanwendungen



KEEP IT COOL

pcim

TALK TO US @ Nürnberg  
06. – 08.05.25  
Halle 6, Stand 321

[www.ctx.eu](http://www.ctx.eu)

# INHALT

## AUFTAKT

- 06 Im Rampenlicht
- 12 Highlights der Branche
- 14 Die Rote Couch auf der Embedded World 2025
- 16 PCIM 2025: „Places to be“

## TITELREPORTAGE

- 08 Titelstory: Lokale Rechenpower als Alternative zur Cloud
- 10 Titelinterview: „Wir bringen KI dahin, wo sie gebraucht wird!“

## FOKUS: POWER

- 18 Leistungselektronik sucht neue Kühlkonzepte
- 20 Umfrage: Trends und Entwicklungen rund um Stromversorgungen auf der PCIM 2025
- 24 GaN als Gamechanger in Schaltnetzteilen
- 28 Die Bedeutung des thermischen Pfades in Entwärmungslösungen

## ELECTRONICS SOLUTIONS

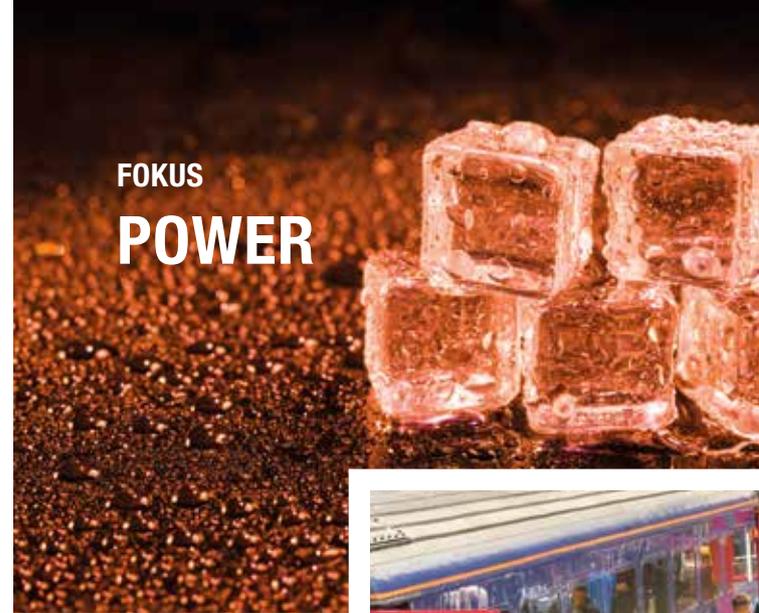
- 32 Worauf es bei Tastern und Schaltern wirklich ankommt
- 36 Bedienlösungen im Wandel: Kapazitive HMIs für raue Einsatzumgebungen
- 38 Bodyguard gesucht: Profinet-Chip TPS-1 unterstützt Security Class 1
- 42 EBO-Technologie: Verbindungslösungen für Rechenzentrumsverkabelungen

## RUBRIKEN

- 03 Editorial
- 27 Promotion: Business-Profil Rogers
- 62 Impressum & Firmenverzeichnis
- 66 Die Zahl



*Jetzt scannen  
und die E&E als  
E-Paper erhalten!*



## FOKUS POWER

### 08

#### TITELSTORY

Lokale Intelligenz für Bahn,  
Logistik und Industrie



### 46

#### TESTING & MEASUREMENTS

Was ist Betriebszuverlässigkeit  
und wie wird sie gemessen?



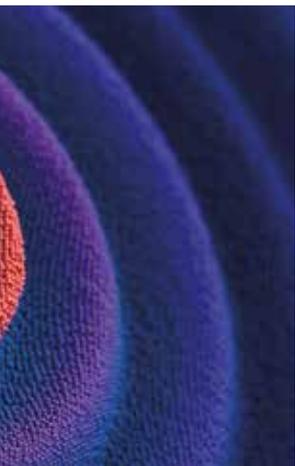


# 18

AB SEITE

## FOKUSTHEMA

Aktuelles und Lösungen  
rund um das Thema Power



# 32

## SCHALTER & TASTER

Mechanisch, kapazitiv  
oder piezoelektrisch?



### SPEZIAL: TESTING & MEASUREMENTS AB SEITE 45

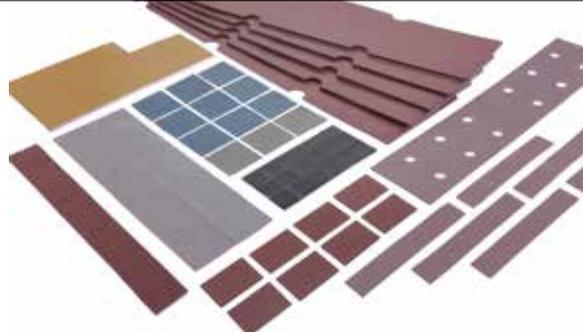
- 46 Betriebszuverlässigkeit garantieren:  
Industrielle Stromversorgungen im Härtestest
- 50 Drahtlose Kommunikation im Griff: Messdaten  
mit Hochfrequenzmesslösungen analysieren
- 52 EMV-Nahfeldscanner:  
Pre-Compliance-Tests im Entwicklungslabor

### NEXT ELECTRONICS

- 56 Die „Baby-Dummy“-Story:  
Passende Bauteile für den Newborn-Dummy
- 60 Mit KI und Embedded Software zu  
technischen Hochleistungssystemen

### NET ZERO ELECTRONICS

- 63 KI-fähige Embedded Modules:  
Treiber des Fortschritts in der Medizintechnik

Wärmeleitfolien

-60 bis +200°C



**Silikon Soft Pads**  
SBC Serie 1,5 / 3 / 5 / 7 / 12 W/mK  
Weiche gelartige Pads: 2 - 10° ShA,  
beidseitig haftend. Stärke: 0,5 bis 5,0 mm



**Silikon Soft Pads mit Gewebe**  
SB-V0 Serie 0,9 / 1,3 / 3 / 7 W/mK  
Glasgewebe Deckfolie und weiche gelartige  
Unterseite. 2 - 20° ShA., einseitig haftend.  
Stärke: 0,5 bis 5,0 mm



**Silikon Glasgewebe Folie**  
SB-HIS Serie 1 / 2 / 3 / 4 / 5 W/mK  
Optional: einseitig haftend oder klebend  
ca. 80° ShA., Stärke: 0,15 bis 0,8 mm

Verarbeitungsmethoden: Plotten, Stanzen, Wasserstrahlschnitt

**DETAKTA**  
Isolier- und Messtechnik GmbH & Co. KG  
Hans-Böckler-Ring 19  
22851 Norderstedt

Tel: +49 40 529547 0  
eMail: [info@detakta.de](mailto:info@detakta.de)  
Web: [www.detakta.de](http://www.detakta.de)

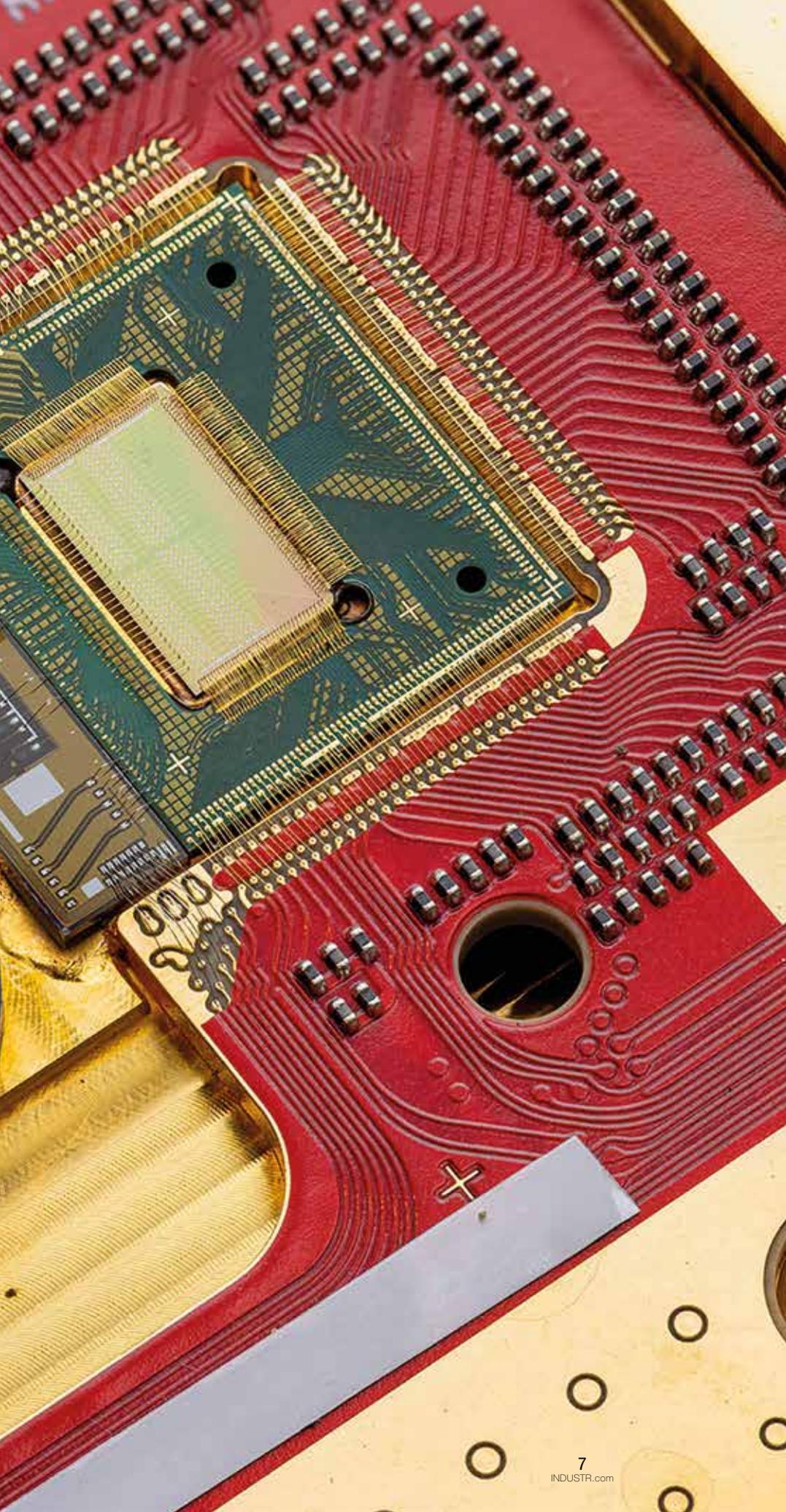
QUANTENCHIP MIT TOPOLOGISCHER KERNARCHITEKTUR

# DER WEG ZU EINER MILLION QUBITS

Majorana 1, der erste Quantenchip mit topologischem Kern, basiert auf einer neuen Materialklasse, die von Microsoft entwickelt wurde.

TEXT: Katharina Huber, E&E BILD: Microsoft/John Brecher

Majorana 1



Microsoft zufolge wird es in Jahren und nicht etwa in Jahrzehnten möglich sein, einen Quantencomputer zu realisieren: Durch die Einführung ihres Majorana-1-Chip. In diesem kommt der weltweit erste Topoleiter zum Einsatz. Das Material kann Majorana-Teilchen beobachten und steuern, um zuverlässigere und skalierbarere Qubits zu erzeugen, die die Bausteine für Quantencomputer bilden. Der Topoleiter ist eine spezielle Materialkategorie, die einen völlig neuen Materiezustand erzeugen kann – keinen festen, flüssigen oder gasförmigen, sondern einen topologischen Zustand. Dies wird genutzt, um ein stabileres Qubit zu erzeugen, das schnell, klein und digital steuerbar ist.

Dies erforderte die Entwicklung eines völlig neuen Materialstapels aus Indiumarsenid und Aluminium, den Microsoft größtenteils Atom für Atom selbst entwickelte und fertigte. Das Unternehmen hat das Ziel neue Quantenteilchen, sogenannte Majorana-Teilchen, zu erschaffen. Die einzigartigen Eigenschaften dieser Teilchen könnten dazu beitragen, die nächste Stufe des Quantencomputings zu erreichen. Der weltweit erste topologische Kern, der den Majorana 1 antreibt, verfügt über eine Fehlerresistenz auf der Hardwareebene, die ihn stabiler macht. Ein weiterer Vorteil: Majorana 1, der Quantenchip von Microsoft, der sowohl Qubits als auch die umgebende Steuer Elektronik enthält, kann in der Handfläche gehalten werden und passt in einen Quantencomputer, der in Azure-Rechenzentren eingesetzt werden kann.



JETSYS-2010 – LOKALE INTELLIGENZ FÜR BAHN, LOGISTIK UND INDUSTRIE

## LOKALE RECHENPOWER ALS ALTERNATIVE ZUR CLOUD

Wenn Sensor- und Videodaten nicht in die Cloud dürfen oder können, braucht es lokale Rechenleistung auf höchstem Niveau. Das JetSys-2010 erfüllt diese Anforderungen mit einem Nvidia Jetson Orin NX und einer speziell entwickelten Plattformarchitektur für autonome Datenverarbeitung im Feld – eine ideale Lösung für datensensible Anwendungen in regulierten Branchen, in welchen Echtzeit, Robustheit und Skalierbarkeit zählen.

TEXT: Bernhard Haluschak, E&E BILDER: Elma; iStock, Ceri Breeze

Im Inneren des JetSys-2010 arbeitet ein Nvidia Jetson Orin NX Modul mit 16 GB Arbeitsspeicher, das rund 100 Int8-TOPS KI-Leistung bereitstellt. Ein ausgeklügeltes passives Kühlkonzept, eine bahnzertifizierte Weitbereichs-Stromversorgung (16,8–154 V DC) sowie umfassende Konformität zu EN 50155 und EN 45545 machen das System robust gegenüber Temperatur, Erschütterung und elektrischen Störungen – ein wesentlicher Aspekt für den Einsatz in Schienen- und Nutzfahrzeugen.

### Rechenpower satt

Das Jetson Orin NX SoM basiert auf einer ARM-Architektur und kombiniert acht CPU-Kerne mit einer leistungsstarken GPU der Nvidia-Ampere-Generation, inklusive 1024 CUDA-Cores und 32 Tensor-Cores. Damit können selbst rechenintensive Anwendungen wie Bildverarbeitung, Objekterkennung, Deep Learning oder multimodale Sensorfusion direkt am Einsatzort verarbeitet werden. Die 16 GB LPDDR5-RAM ermöglichen eine hohe Speicherbandbreite, während M.2 NVMe-SSDs mit bis zu 2 TB für ausreichend lokalen Speicher sorgen – eine wichtige Voraussetzung für das Arbeiten ohne Cloud-Anbindung. Elma integriert das Rechenmodul in ein Trägerboard mit Compact-PCI-Serial-Backplane, was den Austausch oder die Skalierung erleichtert. Neben der Orin-NX-Variante lassen sich auch SoMs mit geringerer Leistung – etwa Jetson Orin Nano – adaptieren, um unterschiedliche Leistungsklassen und Energieprofile zu

bedienen. Damit eignet sich das System auch für kosten- und energieeffiziente Anwendungen.

### Kompakte Plattform für anspruchsvolle Umgebungen

Die JetSys-2010-Plattform misst lediglich 182 × 161 × 64 mm und wiegt rund 4,5 kg. Das kompakte Aluminiumgehäuse übernimmt gleichzeitig die Wärmeableitung und erlaubt einen lüfterlosen, wartungsarmen Betrieb. Dank Conformal Coating sind die internen Komponenten gegen Staub, Feuchtigkeit und Korrosion geschützt. Das System erfüllt die Bahnnormen EN 50155 (Schock, Vibration, EMV, Temperaturbereich) sowie die Brandschutzrichtlinie EN 45545. Damit ist ein Einsatz in Zügen, Trams oder Metros ebenso denkbar wie in Sonderfahrzeugen, mobilen Maschinen oder industriellen Außenanlagen.

Die I/O-Ausstattung umfasst zwei M12-Gigabit-Ethernet-Ports für industrielle Netzwerke, eine USB-2.0-Schnittstelle sowie wahlweise RS232-, RS485- oder CAN-Bus-Verbindungen. Wartungsschnittstellen wie USB-Konsole und interner DisplayPort sind ebenfalls vorgesehen. Über Mezzanine-Module können weitere Funktionen ergänzt werden, beispielsweise für Kameraeingänge (GMSL), zusätzliche digitale I/Os oder analoge Signalverarbeitung.



Das kompakte HPC-System JetSys-2010 ermöglicht die Verarbeitung sensibler Daten ohne Cloud-Anbindung.

## Softwarestack für alle Fälle

Elma setzt auf die Nvidia JetPack-Plattform ab Version 5.1.2. Diese bietet eine vollintegrierte Softwareumgebung auf Basis von Ubuntu, inklusive CUDA, TensorRT, cuDNN, OpenCV und DeepStream. Damit können KI-Anwendungen mit GPU-Beschleunigung unmittelbar auf dem System betrieben werden. Durch das von Elma bereitgestellte Board Support Package (BSP) sind sämtliche Hardware-Komponenten wie Netzwerk, serielle Schnittstellen oder individuelle I/Os direkt angebunden. Entwickler profitieren so von einer sofort einsetzbaren Plattform mit Docker-Unterstützung und einfacher Modellintegration – ideal für schnelle Prototypen und Serieneinführungen.

## Lokale Intelligenz statt Cloud-Abhängigkeit

Ein zentrales Merkmal des JetSys-2010 ist die vollständig lokale Datenverarbeitung. Alle KI-Berechnungen finden im Gerät statt, sodass keine sensiblen Bild- oder Sensordaten an externe Server übermittelt werden müssen. Lediglich anonymisierte Metadaten oder Ereignisse werden – wenn überhaupt – an übergeordnete Systeme weitergegeben. Dies ist insbesondere im Kontext des EU AI Act und datenschutzrechtlicher Anforderungen ein entscheidender Vorteil. Für viele Anwendungen in der Bahn- und Sicherheitsbranche ist diese Architektur nicht nur ein Komfortmerkmal, sondern eine regulatorische Notwendigkeit. Gleichzeitig werden Netzwerkkapazitäten geschont, was das System auch für abgeschottete oder netzsichere Einsatzorte wie Tunnelabschnitte, ländliche Logistik-knoten oder temporäre Einsatzorte prädestiniert.

## Einsatz in Bahn, Logistik, Agrar und Industrie

Die Plattform eignet sich besonders für Anwendungen mit hoher Sensorikdichte und Bedarf an Echtzeitverarbeitung. In

der Bahn können damit Personenströme analysiert, unbefugte Zugänge erkannt oder automatisierte Durchsagen zur Wagenbelegung gesteuert werden. Auch vorausschauende Wartung durch visuelle oder akustische Anomalieerkennung ist möglich. In der Logistik kann das JetSys-2010 in fahrerlosen Transportsystemen, auf Flurförderzeugen oder in Umschlagsplätzen als zentrales KI-System dienen. In der Agrartechnik wiederum kann es auf selbstfahrenden Maschinen zur Bilderkennung von Erntegut, Reihenführung oder Hinderniserkennung eingesetzt werden. Weitere Einsatzmöglichkeiten ergeben sich im Bereich der Industrie 4.0 – etwa zur Qualitätsüberwachung, Produktionsoptimierung oder bei sicherheitskritischen Anwendungen in Chemie- oder Energieanlagen. Die Einsatzmöglichkeiten dieser Plattform sind jedoch nicht auf diese Anwendungsfälle begrenzt – sie erstrecken sich über zahlreiche Branchen und Industriezweige hinweg.

## Vorteile für Entwickler und Anwender

Entwickler profitieren von einer kurzen Time-to-Market durch das vorintegrierte Softwarepaket, das nahtlos auf bewährten Nvidia-Tools aufsetzt. Die Nähe zum Nvidia-Developer-Kit erleichtert den Transfer bestehender Anwendungen. Gleichzeitig erlaubt die modulare Hardwarearchitektur die Anpassung an verschiedene Leistungs-, Energie- und I/O-Anforderungen – von Pilotprojekten bis zur Serienproduktion. Anwender profitieren von einem langlebigen, wartungsarmen System, das unabhängig von externer Infrastruktur funktioniert. Die robuste Mechanik, die passive Kühlung, das industrielle Spannungsmanagement sowie die Bahnzulassung machen das JetSys-2010 zu einer industriellen KI-Plattform, die Sicherheit, Skalierbarkeit und Integrationstiefe vereint. Gerade in Umgebungen mit regulatorischen oder infrastrukturellen Einschränkungen liefert das System einen entscheidenden Vorteil: Es bringt KI-Rechenleistung genau dorthin, wo sie gebraucht wird – zuverlässig, lokal und kompromisslos.



Interview mit Elma Electronic zu KI-Power am Edge

## „Wir bringen KI dorthin, wo sie gebraucht wird!“

KI-Anwendungen direkt am Netzwerkrand – ohne Cloud, aber mit voller Rechenleistung: In anspruchsvollen Branchen wie der Bahn oder der Logistik wächst der Bedarf an leistungsfähigen, gleichzeitig robusten Edge-KI-Lösungen. Im Interview erklärt Holger Heidenblut, Business Development Manager bei Elma Electronic, worauf es bei der Entwicklung solcher Systeme ankommt, welche Herausforderungen gemeistert werden mussten – und welche Potenziale noch längst nicht ausgeschöpft sind.

**DAS INTERVIEW FÜHRTE:** Bernhard Haluschak, E&E **BILD:** Elma Electronic

**Herr Heidenblut, können Sie Elma Electronic kurz vorstellen? In welchen Märkten ist das Unternehmen aktiv?**

Elma Electronic ist ein international agierender Anbieter von modularer Systemtechnik mit klarer Ausrichtung auf anspruchsvolle Industrie- und Defense-Anwendungen. In den USA liegt der Fokus des Unternehmens traditionell auf dem Verteidigungssektor. In Europa hingegen, insbesondere am Standort Deutschland, adressiert wir eine breitere Branchenlandschaft. Neben Märkten wie der Verteidigungstechnik sind wir im Bereich Transport, insbesondere im Bahnsektor, sowie in der Automatisierungs- und Medizintechnik aktiv. Während Elma bislang überwiegend kundenspezifische Lösungen entwickelte, gehen wir mit dem JetSys-2010 nun den nächsten Schritt in Richtung standardisierter Edge-KI-Building-Blocks, die dennoch modular anpassbar bleiben.

**Was war der Auslöser, ein System wie das JetSys-2010 zu entwickeln?**

Der zentrale Beweggrund für die Entwicklung des JetSys-2010 lag in der zunehmenden Nachfrage nach edge-basierten KI-Systemen für den Bahnbereich. Hier rücken Anwendungen wie Fahrgastflussanalyse, Sicherheitsüberwachung, Vandalismusprävention und Maintenance-Prognostik in den Fokus. Die Systeme müssen in diesem Umfeld nicht nur leistungsfähig sein, sondern auch regulatorische Anforderungen erfüllen – insbesondere die Bahn-Norm EN 50155. Die Architektur des JetSys wurde daher konsequent auf diese semi-ruggedisierte Anforderungen hin entwickelt: robustes Design, passive Kühlung, konforme Schutzbeschichtung der Elektronik (Conformal Coating) sowie bahntypische Rundsteckverbinder gehören zur Standardausstattung.

**Was zeichnet das JetSys-2010 technisch besonders aus?**

Technisch basiert das System auf der Nvidia Jetson-Plattform, konkret auf dem Orin NX Modul, das für industrielle Einsatzbereiche qualifiziert ist. Dieses Modul bildet die zentrale Recheneinheit, die auf einem eigens entwickelten Carrierboard mit modularen Schnittstellen sitzt. Die Flexibilität der Hardware erlaubt unter anderem die optionale Integration von Kamera-Interfaces (zum Beispiel GMSL) oder seriellen Kommunikationsports (RS-232/485), sodass unterschiedlichste Sensorik oder Peripherie angebunden werden kann. Durch die modulare Auslegung ist die Rechenleistung skalierbar – alternativ zum

Orin NX kann beispielsweise auch das Jetson Orin Nano verbaut werden, falls die Anwendung weniger Performance erfordert. Im Software-Stack setzt Elma auf das etablierte JetPack-System von Nvidia, eine auf Ubuntu/Linux basierende Entwicklungsumgebung inklusive KI-Toolkits wie CUDA und TensorRT. Zusätzlich stellen wir ein angepasstes Board Support Package (BSP) bereit, das die spezifischen Hardwareinterfaces adressiert und so eine schnelle Inbetriebnahme ermöglicht. Auf dieser Basis können Partnerlösungen wie die KI-Anwendungen von Isarsoft direkt installiert und betrieben werden. Letztere visualisieren zum Beispiel Personenflüsse in Bahnhöfen oder Waggons, erkennen Anomalien wie zurückgelassene Gepäckstücke oder verdächtige Bewegungsmuster – lokal, in Echtzeit und ohne Cloud-Anbindung.

**Welche Rolle spielt hierbei das Cloud-Computing?**

Der Verzicht auf die explizite Cloud-Integration ist bei JetSys-2010 nicht nur technisch motiviert, sondern zunehmend regulatorisch erforderlich. So macht der European AI Act klare Vorgaben, insbesondere für den Einsatz von KI im öffentlichen Raum: Bilddaten und Analysen dürfen nicht personenbezogen gespeichert oder weitergegeben werden. Unser System verarbeitet daher alle Daten lokal und gibt ausschließlich anonymisierte Metadaten aus – ein wichtiger Vorteil gegenüber rein cloudbasierten KI-Systemen. Hinzu kommt, dass bandbreitenintensive Bilddatenübertragung entfällt, was sowohl Infrastrukturkosten spart als auch die Latenzzeiten deutlich reduziert.

**Welche branchenspezifischen Anwendungsfälle lassen sich mit dem JetSys-2010 besonders gut umsetzen?**

Besonders prädestiniert ist JetSys-2010 für bildbasierte KI-Modelle, etwa zur Objekterkennung, Bewegungsanalyse oder Anomaliedetektion. Gleichzeitig kann die Plattform auch Sensordaten aus Funk-, Radar- oder Umweltquellen verarbeiten, was sie für Anwendungen in der Agrar- oder Sicherheitsbranche interessant macht, wie beispielsweise die Fahrgastflussanalyse in Zügen oder die Detektion von Sicherheitsvorfällen im ÖPNV. Hier läuft bereits ein Pilotprojekt mit T-Systems. Weitere Anwendungen sehen wir in der Logistik – etwa bei autonom fahrenden Flurförderzeugen – oder in der Agrartechnik, etwa bei der Ernteüberwachung oder Bodenanalyse. Prinzipiell ist das System sehr vielseitig – Voraussetzung ist hier nur, dass es am Netzwerkrand, also ohne Cloud, funktionieren muss.

**Welche besonderen technischen Herausforderungen mussten Sie bei der Entwicklung des JetSys-Systems meistern?**

Es waren einige – das passive Kühlkonzept in Kombination mit leistungsstarker Hardware und konformer Beschichtung stellte uns vor einige thermische und mechanische Herausforderungen. Zudem war die Balance zwischen Funktionsvielfalt und Kosten oft ein Thema: Schnittstellenvielfalt bringt Flexibilität, erhöht jedoch die Komplexität und Kostenstruktur. Wir entschieden uns hier für eine klare Priorisierung auf die branchenspezifischen Anforderungen.

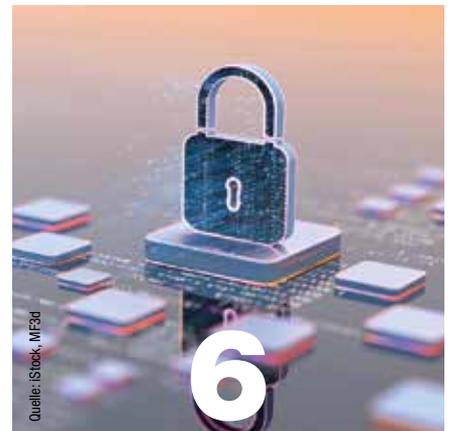
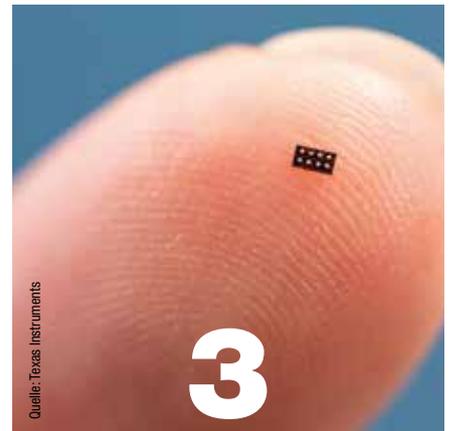
**Welche weiteren Entwicklungen plant Elma in diesem Bereich?**

Wir werden die JetSys-Plattform weiterentwickeln – sowohl technisch als auch in Bezug auf neue Märkte. Dazu gehört eine E-Mark-Zulassung für den Einsatz in Agrar- und Sonderfahrzeugen. Auch eine stärkere Integration mit Softwarepartnern ist geplant – inklusive vorkonfigurierter Softwarebundles, die Kunden den Einstieg erleichtern. Ziel ist es, KI-basierte Edge-Lösungen breitenwirksam verfügbar zu machen, ohne dabei auf branchenspezifische Anforderungen zu verzichten.

# 6

## HIGHLIGHTS

Fakten, Trends und Neues: Was hat sich in der Branche getan? Texas Instruments hat den weltweit kleinsten Mikrocontroller vorgestellt und Forschende haben eine neue Ionenwind-Technologie für die Kühltechnik entwickelt. Bei Wago gab es einen Führungswechsel und Socionext zielt mit neuen PCIe-Switches auf die nächste Generation von High-Performance-Computing.



**KOSTENFREIES  
PRODUKTMUSTER  
ANFORDERN**

Die nächste Stufe modularer Industrie-Steckverbinder.

Han-Modular<sup>®</sup> Domino Module in Verbindung mit Han<sup>®</sup> HPR Compact Gehäusen – Die perfekte Kombination für Anwendungen mit begrenztem Platzangebot.



- Kleinere & leichtere Steckverbindungen ermöglichen **bis zu 50 % Platzersparnis**
- **Maximale Flexibilität**, passend skalierbar auf den jeweiligen Bedarf
- **Reduktion der Installationszeiten** durch Zusammenführung mehrerer Einzelsteckverbindungen
- **Kompatibel** mit bestehenden Komponenten der Han-Modular<sup>®</sup> Baureihe, dem Marktstandard für modulare Industrie-Steckverbinder
- **Nachhaltigkeit** durch konsequente Modularisierung

One Range. No Limits:  
[www.HARTING.com/domino](http://www.HARTING.com/domino)



Schurter und Hughes-Peters  
**Neue Partnerschaft**  
Schurter freut sich, seine Partnerschaft mit Hughes-Peters, einem Distributor im Bereich der Industrieelektronik, bekannt zu geben. Diese Zusammenarbeit wird es Schurter ermöglichen, sein Vertriebsnetz zu erweitern und seine Präsenz in den Schlüsselmärkten weiter zu stärken. Hughes-Peters wird das hochwertige Sortiment an elektrischen Komponenten von Schurter an Kunden vertreiben.  
**1**  
Erfahren Sie mehr: [industr.com/2783824](http://industr.com/2783824)

Kühlung der Zukunft  
**Ionenwind-Technologie**  
Mit einem neuen Luftstromverstärker für Ionenwind erschließt das Jungunternehmen Ionic Wind Technologies völlig neue Einsatzmöglichkeiten. Die patentierte Technologie soll unter anderem zur effizienten Kühlung von Rechenzentren und Hochleistungs elektronik beitragen. Für seine neue zukunftsweisende Entwicklung wurde das Empa-Spin-off bereits mehrfach ausgezeichnet.  
**2**  
Erfahren Sie mehr: [industr.com/2779942](http://industr.com/2779942)

Kleinster Mikrocontroller der Welt  
**Embedded-Design**  
Texas Instruments (TI) hat den weltweit kleinsten Mikrocontroller vorgestellt. Mit einer Grundfläche von nur 1,38 mm<sup>2</sup> – vergleichbar mit einer Pfefferschote – ermöglicht der MSPM0C1104 eine platzsparende Integration in kompakte Anwendungen wie elektronische Kleingeräte. Dabei verbessert er die Nutzung der Leiterplattenfläche ohne Einbußen bei der Leistungsfähigkeit.  
**3**  
Erfahren Sie mehr: [industr.com/2784237](http://industr.com/2784237)

High-Performance-Computing vorantreiben  
**Neue PCIe-Switches**  
Die PCI-Switch-Familie von Socionext zielt auf die nächste Generation von High-Performance-Computing-Plattformen im Automobilbereich. Der Trend zu Fahrerassistenz- und autonomen Fahrsystemen führt zu einem Anstieg der benötigten Rechenleistung in Fahrzeugen. Eine PCIe-Switch-basierte Architektur stellt eine passende und flexible Lösung innerhalb des Compute-Clusters dar.  
**4**  
Erfahren Sie mehr: [industr.com/2781138](http://industr.com/2781138)

CFO wird Interim-CEO bei Wago  
**Führungswechsel**  
Wago, tätig im Bereich der Verbindungs- und Automatisierungstechnik sowie der Interface-Elektronik, hat bekannt gegeben, dass Dr. Heiner Lang das Unternehmen verlässt. Um Stabilität in der Unternehmensführung zu sichern, übernimmt Jürgen Koopsingraven, CFO von Wago, interimistisch die CEO-Funktion. Die Nachfolge des CEO wird mit Sorgfalt und ausreichend Zeit besetzt werden.  
**5**  
Erfahren Sie mehr: [industr.com/2780440](http://industr.com/2780440)

MicroSD-Lösung für Embedded-Systeme  
**Cybersicherheit**  
Das neue Security Upgrade Kit von Swissbit bietet eine Lösung für den Schutz von Daten und die Einhaltung von Cybersecurity-Standards. Die Kombination aus hardwarebasierter Zugriffskontrolle und AES-256-Datenverschlüsselung ermöglicht die Absicherung von Embedded-Systemen. Durch das MicroSD-Format eignet sich das Kit als Nachrüstlösung für industrielle Anwendungen.  
**6**  
Erfahren Sie mehr: [industr.com/2782526](http://industr.com/2782526)

# TRENDSETTER IM GESPRÄCH

Von Robotik-Subsystemen zu Cloud-to-Edge-Innovationen: Auf der Embedded World 2025 sprach publish-industry mit Ausstellern über ihre Messe-Highlights, Produkte und Pläne. Die Links führen Sie direkt zu den Videos der Technik-Talks. Stöbern Sie auch auf dem YouTube-Kanal von publish-industry und entdecken Sie weitere Gespräche:

 [youtube.com/publishindustry](https://youtube.com/publishindustry)



**Analog Devices**  
– Robotik-Subsysteme

Gesprächspartner: **Maurizio Granato**  
Produkt: **Industrial Mobile Robot Platform**  
Web: **analog.com**

Die Robotik-Subsysteme von Analog Devices (ADI) für mobile Roboter bewältigen die wichtigsten Entwicklungsherausforderungen mit hochpräziser Tiefenabtastung für präzise Navigation, intelligenter Verarbeitung für Entscheidungsfindung in Echtzeit, optimierter Kommunikation für nahtlose Datenübertragung und fortschrittlichen Batteriemanagementsystemen zur Verlängerung der Betriebszeit. Das Fachwissen auf Systemebene gewährleistet die nahtlose Integration verschiedener Hardware- und Softwarekomponenten, vereinfacht den Entwicklungsprozess und verkürzt die Markteinführungszeit. Indem ADI nicht nur Komponenten, sondern umfassende Lösungen anbietet, können sich Roboterentwickler auf Innovation und Effizienz konzentrieren. Dieser ganzheitliche Ansatz macht die Lösungen von ADI zu einem unverzichtbaren Bestandteil der Robotikbranche. Mit der Lösung reagiert das Unternehmen auf die wichtigsten Markttrends und -anforderungen in der Robotikbranche und geht auf die wachsende Nachfrage nach intelligenten und effizienten Roboterlösungen ein. Durch die Zusammenarbeit mit Arduino nutzt ADI den Trend zu Open-Source-Lösungen. Dieser umfassende Ansatz entspricht nicht nur den aktuellen Marktanforderungen, sondern verkürzt auch die Zeit bis zur Markteinführung erheblich, so dass sich die Entwickler auf Innovation und Effizienz konzentrieren können.

 [INDUSTR.com/2784114](https://INDUSTR.com/2784114)



**Pyramid Computer  
– Industrie-PCs und Server**

Gesprächspartner: **Uwe Wiest**  
Produkt: **AKHET – Industrielösungen**  
Web: **pyramid-computer.com**

Unter der Marke Akhet finden sich hochwertige Computersysteme für Industrieautomation, Handel, Netzwerk und IT-Security. Für mittelständische Unternehmen und Großbetriebe erstellt Pyramid passende Lösungen in Design, Technik, Logistik und Service. Hierbei werden die Kunden vom Kick-Off bis zum Roll-Out persönlich begleitet, wodurch eine schnelle Time-to-Market erreicht werden kann. Mit den entsprechenden nationalen und internationalen Produktzertifizierungen wird der gezielte Zugang zu den länderspezifischen Märkten ermöglicht. Auf der Messe standen mehrere Produkthighlights im Fokus: Die neuen Workstation-Plattformen für High-End-, KI- und Grafik-Anwendungen sind robuste Tower-Systeme, die mit den aktuell größten Consumer-GPUs bestückt werden können und so ein hervorragendes Preis-Leistungsverhältnis aufweisen. Die BoxFlex-IPC-Serie für den Industrie-Bereich sind für höchstmögliche Leistung aktiv gekühlt und werden deshalb immer mit wechselbaren Staubfiltern ausgestattet. Des Weiteren steht eine neue Server-Serie in 1U und 2U für Private-Clouds oder HA-Anwendungen im Rampenlicht.

 [INDUSTR.com/2784106](https://www.INDUSTR.com/2784106)



**Linutronix  
– Virtuelle Steuerungen & Cybersecurity**

Gesprächspartner: **Dr. Wilfried Wessner**  
Produkt: **IGLOS**  
Web: **linutronix.de**

IGLOS (Industrial Grade Linux Operating System) bildet alle Ebenen ab: Von Board-Support-Packages bis hin zu spezialisierten Sicherheitslösungen im Bereich der IEC 62443 wie Secure Boot, Datenintegrität, Verschlüsselung, Read-Only Filesystemen oder speziellen Autorisierungsverfahren wie zum Beispiel FIDO2. Sollten Schwachstellen gefunden werden, werden diese Lücken gestopft und den Kunden entsprechende Updates zur Verfügung gestellt. Dieses kontinuierliche Validieren ermöglicht ein frühzeitiges Erkennen von Fehlern.

 [INDUSTR.com/2784102](https://www.INDUSTR.com/2784102)



**Wind River  
– Cloud-to-Edge-Innovation**

Gesprächspartner: **Avijit Sinha**  
Produkt: **eLxR Pro**  
Web: **windriver.com**

Das differenzierte Edge-to-Cloud-Portfolio, inklusive dem eLxR Pro, bietet ein komplettes Set an Tools für die Erstellung, den Betrieb und die Wartung von KI-gesteuerten Anwendungen für unternehmenskritische Branchen. Es umfasst Echtzeit-Betriebssysteme, Linux, Hypervisoren, DevSecOps und Cloud – und gewährleistet damit Sicherheit, Zuverlässigkeit und Leistung sowie KI am Edge. Diese Technologien ermöglichen es den Kunden von Wind River, die Leistungsfähigkeit des intelligenten Netzwerks zu nutzen, das neue Anwendungen hervorbringen wird.

 [INDUSTR.com/2784110](https://www.INDUSTR.com/2784110)



**NewTec  
– KI in sicherheitsgerichteten Systemen**

Gesprächspartner: **Stephan Strohmeier**  
Produkt: **KI-Safety-Check**  
Web: **newtec.de**

Durch den KI-Safety Check gewinnen Hersteller Gewissheit über die Machbarkeit der Integration von Künstlicher Intelligenz in ein sicherheitsgerichtetes Produkt. Damit haben sie eine solide Basis für die Entwicklung funktionssicherer, KI-gestützter Systeme, ohne dafür entsprechendes Know-how im eigenen Unternehmen aufbauen zu müssen. Sie können sich weiterhin ganz auf ihre Kernkompetenz konzentrieren. Damit der Entwicklungsprozess möglichst ohne große Reibungsverluste gelingt, unterstützt NewTec außerdem mit weiteren KI-Services.

 [INDUSTR.com/2784099](https://www.INDUSTR.com/2784099)



Quellen: 01, 03, 04, 06, 07 | Messago / Arturo Rivas; 02 | iStock / sarawuth702; 05 | iStock / Volodymyr Kryshchal

# PCIM Europe 2025

Die Messe für Leistungselektronik PCIM Europe öffnet vom 06. bis 08. Mai 2025 in Nürnberg wieder ihre Tore. Folgende „Places-to-be“ sollten Sie auf keinen Fall verpassen.

## 01 Technology Stage

Halle 4, Stand 435

Die Technology Stage bietet eine exklusive Plattform für wissenschaftliche Präsentationen und Podiumsdiskussionen von Experten zu Forschungs- und Entwicklungsthemen aus dem Bereich der Leistungselektronik. Besucher erhalten einen Zugang zu direkten Austauschmöglichkeiten mit Industriespezialisten.



## 02 E-Mobility & Storage

Halle 6, Stand 220

Die E-Mobility & Energy Storage Stage beleuchtet Elektromobilität und Energiespeicherung entlang der gesamten Wertschöpfungskette, sowie Entwicklungen in der Leistungselektronik für unterschiedliche Applikationen wie Elektro-, Hybrid- und Brennstoffzellen-Fahrzeuge oder Ladeinfrastrukturen.



## 03 Exhibitor Stage

Halle 5, Stand 135

Auf der Exhibitor Stage können die Fachbesucher die neuesten Produktinnovationen der ausstellenden Unternehmen kennenlernen. In zahlreichen Präsentationen erhalten die Teilnehmer tiefe Einblicke in die Lösungen und Technologien der Aussteller mit der Möglichkeit zu Diskussionen.



## AUFTAKT



05



06

### 04 Konferenzprogramm

#### Konferenzräume

Die Themen der Konferenz umfassen aktuelle Entwicklungen bei Leistungshalbleitern, passiven Bauelementen, Produkten zur Wärmebeherrschung, Energiespeicherung, Sensoren, neuen Materialien und Systemen. Im Fokus der diesjährigen Konferenz stehen die Trends der Leistungselektronik.



### 05 Seminare

#### Arvena Park Hotel

Hier finden Sie spezifische Informationen zum Thema Leistungselektronik und das aus Expertenhand. Das Programm findet am 4. und 5. Mai statt. Bei den halbtägigen Seminaren profitieren



Teilnehmende von intensiven Vertiefungen in Spezialthemen, Praxiswissen und Austausch mit Experten.



07

### 06 Career Area

#### Halle 4A, Stand 4A-110



Diese Area bietet Karrieremöglichkeiten für alle, die ihre Zukunft in der Leistungselektronik aktiv gestalten möchten.

### 07 University Zone

#### Halle 4, Stand 314

Auf der University Research Zone supported by ECPE erwarten Sie neun nationale und internationale Universitäten und Institutionen mit ihren neuesten Forschungsprojekten und -ergebnissen der Leistungselektronik. Besucher bekommen täglich



wechselnde tiefgehende Einblicke in die aktuelle Forschungslandschaft der Leistungselektronik.



### Kundenspezifische DC-Link Kondensatoren

Unter der Bezeichnung WIMATEc stellt WIMA eine neue Serie DC-LINK Kondensatoren mit ausgeklügeltem Design für die Umrichter-technik vor:

#### WIMATEc PRO

Multitalent mit extrem niedriger Eigeninduktivität. Einfacher Aufbau mit vielfältigen Möglichkeiten der Anpassung an Kundenanwendungen.

#### WIMATEc MAX

Mit deutlich reduzierter Eigenerwärmung für höhere Kondensatorströme und maximale Strompfadsymmetrie.

#### WIMATEc ULTRA

Mit einer Vielzahl von Anschlussmöglichkeiten für Stromschienen. Optimale Kühlung durch direkt verbundene Kühlkörper.

#### WIMATEc ULTRA Lite

Mit modularem Aufbau für maximale Kosteneffizienz, Leistung und Flexibilität.

**pcim**  
EUROPE  
Nürnberg, 06.-08. Mai 2025  
Halle 4A / Stand 325

Capacitors Made in Germany !

Leistungselektronik

## NEUE KÜHLKONZEPTE GESUCHT

Moderne Leistungselektronik erfordert zunehmend leistungsfähige Wärmemanagement-Lösungen. Neue Ansätze ermöglichen eine effizientere Wärmeableitung, reduzieren thermische Belastungen und tragen zur langfristigen Zuverlässigkeit elektronischer Bauteile bei.

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

Die zunehmende Verbreitung von GaN- und SiC-Bauelementen stellt neue Anforderungen an das Wärmemanagement von Leistungselektronik. Während SiC aufgrund seiner hohen Wärmeleitfähigkeit (bis zu 490 W/mK) gegenüber Silizium eine bessere thermische Performance bietet, konzentrieren sich die Verlustleistungen durch die höhere Leistungsdichte dennoch auf kleinere aktive

Flächen. GaN hingegen weist eine geringere intrinsische Wärmeleitfähigkeit auf (ca. 130 W/mK), erreicht jedoch durch seine geringe Sperrschichtkapazität und ultraschnellen Schaltvorgänge eine Reduktion der Gesamtverluste.

In beiden Fällen ist eine effiziente Kühlung entscheidend, um thermisch bedingte Degradationsmechanismen wie

Hot Carrier Injection oder Elektromigration zu minimieren.

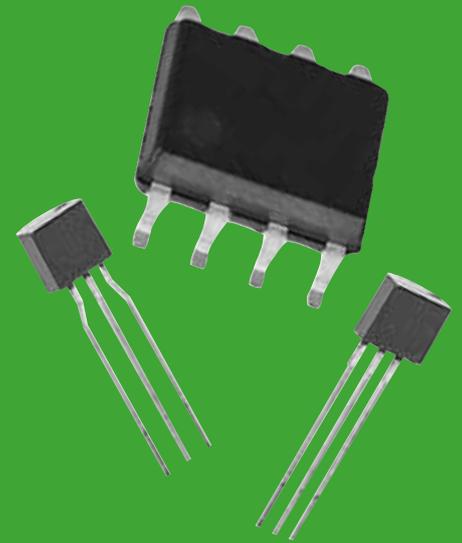
Klassische Luftkühlung stößt bei diesen Halbleitern schnell an Grenzen, weshalb innovative Konzepte zum Einsatz kommen. Zweiphasige Kühlsysteme, die den Phasenwechsel eines Fluids nutzen, bieten eine hohe Wärmetransportkapazität bei minimalem thermischen Widerstand.



Mikrostrukturierte Heat Sinks, etwa mit optimierten Pin-Fin- oder Microchannel-Designs, maximieren die Wärmeabfuhr durch konvektiven Wärmeübergang. Additiv gefertigte Kühlkörper ermöglichen zudem komplexe Geometrien mit minimalem Materialeinsatz und optimierter thermischer Performance. Ein weiterer Ansatz zur Verbesserung des Wärmemanagements ist die Integration von Hoch-

leistungsmaterialien. Diamantbeschichtete Substrate oder wärmeleitfähige TIMs (Thermal Interface Materials) mit geringen thermischen Widerständen reduzieren den Junction-to-Case-Widerstand signifikant. Die Kombination dieser Technologien ist entscheidend, um die thermische Zuverlässigkeit und Lebensdauer von GaN- und SiC-Leistungshalbleitern nachhaltig zu gewährleisten.

# Bleib stabil!



## STMicroelectronics Festspannungsregler Serie L78

- Ausgangsstrom bis zu 100 mA
- Feste Ausgangsspannungen von 3,3 V bis 24 V
- Integrierter Überhitzungs- und Kurzschlusschutz
- Verfügbar mit  $\pm 4\%$  (A) oder  $\pm 8\%$  (C) Spannungstoleranz

### 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](https://www.schukat.com)

**SCHUKAT**  
electronic

Trends und Entwicklungen rund um Stromversorgungen

## Power, Leistungselektronik und mehr

Die Leistungselektronik bildet das Fundament einer jeden Komponente, die mit Strom versorgt werden muss. Um dabei hohe Leistungsverluste zu vermeiden, sind effiziente Systeme mit einem hohen Wirkungsgrad gefragt. Doch nicht nur Stromversorgungen, sondern auch etwa AC/DC- oder DC/DC-Wandler, die zum Beispiel im Bereich alternativer Energien gefragt sind, müssen möglichst verlustarm arbeiten. Auf der Leistungselektronik-Show PCIM 2025 in Nürnberg kommen zahlreiche Unternehmen zusammen und wollen in diesem Umfeld die Fachbesuchern mit ihren innovativen Highlights, Lösungen, Services und mehr überraschen.

UMFRAGE: Bernhard Haluschak, E&E BILDER: teilnehmende Unternehmen; iStock, chekat



## TOBIAS BEST

In diesem Jahr präsentiert die Alpha-Numerics GmbH die branchenspezifische Simulationssoftware CelsiusEC live auf dem Messtand von Constellium. CelsiusEC ist eine hochspezialisierte CFD-Software, welches für die Entwicklung von elektronischen Geräten konzipiert wurde. Diese Software ermöglicht es Entwicklern, thermische Herausforderungen von der PCB-Konzeptionierung über die CAD-basierte Gehäusekonstruktion bis hin zum virtuellen Prototyp präzise vorherzusagen und die entwickelten Lösungskonzepte durch Simulationen zu validieren. Dank der jährlichen Releases wird CelsiusEC kontinuierlich weiterentwickelt. Kundenwünsche und die Anforderungen neuer Märkte sind hierbei die treibenden Kräfte für Innovation.

Inhaber und Geschäftsführer,  
Alpha-Numerics

**pcim** EUROPE PCIM 2025  
Halle 9, Stand 438



## THOMAS WINDECK

Im Mittelpunkt stehen unsere Flüssigkeitskühlkörper, wie sie zum Beispiel in der E-Mobilität zum Einsatz kommen. Sie sind sehr leistungsfähig, da sie direkt am Hotspot montiert werden. Effiziente Kühllösungen werden immer gefragter, da Leistungselektronik immer noch kleiner und leistungstärker wird und einen zunehmend größeren Wärmetransfer benötigt. CTX-Lösungen, die hier ebenfalls funktionieren, sind Skived Fin-Kühlkörper sowie Heatpipes. Skived Fin überzeugen mit einer hohen Dichte feiner Rippen. Heatpipes lassen sich lageunabhängig montieren und können Wärme umverteilen. Welche Lösung die passende ist, wird nach Kühlungsbedarf und Bauraum entschieden und applikationsgenau ausgelegt.

Leiter Vertrieb,  
CTX Thermal Solutions

**pcim** EUROPE PCIM 2025  
Halle 6, Stand 321

# TEST!



Mit Lastwiderständen von FRIZLEN die Leistungsfähigkeit von Spannungsquellen testen.

- USV-/ Notstromanlagen
- Laborprüfungen
- Lastsimulation (auch für 19"-Rack)

### FRIZLEN Leistungswiderstände

- Belastbar
- Zuverlässig
- Made in Germany

**+100** JAHRE DYNAMIK  
DURCH WIDERSTAND

Tel. +49 7144 8100-0  
[www.frizlen.com](http://www.frizlen.com)



## WOLFGANG REITBERGER- KUNZE

Auf über 90 m<sup>2</sup> stellt die ICT Suedwerk gemeinschaftlich mit ihren beiden Kooperationspartnern – dem ZFW – Zentrum für Wärmemanagement – und der Nucletron unterschiedlichste innovative Wärmemanagement-Lösungen aus. Und es gibt ein weiteres Debüt, denn am Gemeinschaftsstand werden in diesem Jahr auch die unter dem Dach der Nucletron Electronic weiteren beiden zugehörigen Tochter Unternehmen die HVC-Technologies wieder mit ihren Produkten und Dienstleistungen den Geschäftsbereich Industrie-Leistungselektronik komplettieren und abrunden. Kunden und Interessenten werden somit die verschiedensten Dienstleistungen, TIM Test- und Messapparaturen, Produkte, Anlieferungsformen und Fertigungsmöglichkeiten am Messestand veranschaulicht dargeboten.

Geschäftsführer / Managing Director,  
ICT Suedwerk

**pcim** EUROPE PCIM 2025  
Halle 7, Stand 145



## MEHRDAD BAGHAIE YAZDI

Infineon zeigt auf der PCIM 2025 ein breites Portfolio an energieeffizienten Silizium-, Siliziumkarbid- (SiC) und Galliumnitrid (GaN)-Lösungen für Anwendungen wie nachhaltige Gebäude, KI-Rechenzentren und Elektromobilität. Highlights auf unserem Stand 7/470 umfassen die bewährten CoolMOS 650 V und OptiMOS 8 100 V MOSFETs in Silizium sowie unsere neue CoolSiC JFET-Technologie, die ein herausragendes Maß an Effizienz, Systemintegration und Robustheit für Hochspannungs-Stromversorgungsanwendungen bietet. Neben Innovationen für On-Board-Charger und DC-DC-Wandler werden auch unser CoolSET System-in-Package sowie die CoolGaN BDS 650 V G5 bidirektionale Schalter-Technologie zu sehen sein.

Vice President Systems,  
Applications and Software, Infineon

**pcim** EUROPE PCIM 2025  
Halle 7, Stand 470



## SASCHA BOSKA

Auf der diesjährigen PCIM möchte Littelfuse das Fachpublikum mit seinen bahnbrechenden Innovationen beeindrucken. Wir werden robuste Lösungen zur Verbesserung von Sicherheit, Verfügbarkeit und Effizienz in KI und Rechenzentren vorstellen. Zudem werden wir unser umfassendes Portfolio für Batterie-Energiespeichersysteme (BESS) für Wohngebäude vorstellen und unsere Kompetenz in den Bereichen Stromversorgung, Treiber und Schutz für die Elektromobilität demonstrieren. Darüber hinaus stellen wir Produkte vor, die Frequenzantriebe (VFD) und Softstarter unterstützen, und heben Stromversorgungs- und Klemmvorrichtungen für zuverlässige Halbleiterschaltlösungen hervor. Wir freuen uns auf eine spannende Messe!

Product Manager / Bare Die,  
Littelfuse

**pcim** EUROPE PCIM 2025  
Halle 9, Stand 402



## TIM HELD

Wir freuen uns, das Fachpublikum auf der PCIM mit unseren innovativen Technologien und Lösungen für die Geräteanschluss-technik zu begeistern. Im Fokus stehen dabei unsere Leiterplattenklemmen und -Steckverbinder mit Hebeln, die durch ihre hohe Benutzerfreundlichkeit punkten. Wir zeigen Ihnen Lösungen auf der Platine so wie steckbare Varianten – alles mit der praktischen Hebeltechnik von Wago. Als konkretes Anwendungsbeispiel finden Sie an unserem Messestand einen Drive, an dem wir Ihnen zeigen, wie einfach Sie mit unserer Anschluss-technik verdrahten können. Außerdem zeigen wir Ihnen unsere neuen, um 30° abgewinkelten Leiterplattenklemmen der Serien 2606 und 2616.

Global Industry Manager,  
Device Connection Technology, Wago

**pcim** EUROPE PCIM 2025  
Halle 6, Stand 436

# UNSERE KERNKOMPETENZ IST INNOVATION UND QUALITÄT! WIR LIEFERN LÖSUNGEN, NICHT NUR PRODUKTE!



## Wolfgang Reitberger-Kunze

Geschäftsführer und Inhaber  
der ICT SUEDWERK GmbH

Gründungsjahr: 2017

Mitarbeiter: 12

### ANGEBOT-LEISTUNGSUMFANG:

- Eigene Fertigung vor Ort
- Staubarme Plotter und CO<sub>2</sub> Lasercutfertigung
- Just-in-time-Produktion
- Lohnfertigung

### PRODUKTPORTFOLIO:

#### Wärmeleitende und elektrisch isolierende Materialien:

- Hochwärmeleitende-Silikon(freie)-Folien und Gapfiller pads (verstärkt)
- Wärmeleitwachsbeschichtete Polyimidfolien
- Wärmeleitende Silikonkappen und Schläuche
- Wärmeleitende technische Keramiken

#### Wärmeleitende elektrisch nicht isolierende Materialien:

- Wärmeleitwachsbeschichtete Aluminiumfolien und PCM-Freestanding-Dünnschichtfilme
- Graphit/Graphenfolien (Pyrolytische)
- Abschirmfolien sowie weitere Metall- und weitere Kunststofffolien
- Alle Produkte RoHS Konform

#### Weitere Materialien:

- EMV Abschirmfolien (PI-KU-PI)
- Heizfolien



Sind Sie auf der Suche nach Entwärmungslösungen und Wärmeleitmaterialien für Ihre Anwendung? Dann sind Sie bei uns genau richtig! Die ICT SUEDWERK GmbH von Wolfgang Reitberger-Kunze ist Ihr zuverlässiger Lieferant aus Oberhaching bei München.

Von der Vorentwicklung bis hin zur Serienproduktion bieten wir unseren Kunden thermische Wärmemanagementlösungen insbesondere für Leistungshalbleiter und aktive elektronische Bauelemente in der Leistungselektronik.

Wir erarbeiten für unsere Kunden individuelle hochwertige Lösungen mit Thermal-Interface-Materialien – immer mit dem Anspruch an höchste Präzision und Qualität – alles unter einem Dach. Technische und institutionelle Beratung sowie modernste In-house-Fertigung vervollständigen das Unternehmensportfolio. Wir realisieren die Verarbeitung unserer Produkte am Standort in Oberhaching „Made in Germany“.

### ZIELMÄRKTE:

Unternehmen aus der Elektronikindustrie, insbesondere der Leistungselektronik, Mikroelektronik, dem Maschinenbau sowie Unternehmen, die einen Lösungsansatz zur optimalen Wärmeableitung aus Verlustleistung benötigen.



### DEUTSCHSPRACHIGER RAUM (D-A-CH) und EU

Die ICT SUEDWERK GmbH beliefert namhafte Kunden aus den Bereichen Automotive, Luft- und Raumfahrt, IT- und Steuerungstechnik, Medizintechnik, Leuchtmittelindustrie sowie im Bereich nachhaltige Energieerzeugung mit integrierten Anwendungen.

### PRODUKTION

Wir fertigen mit modernsten Methoden bedarfssynchron am Produktionsstandort in Oberhaching. Mit dem Ergebnis, dass auch bei knappen Entwicklungsphasen auf den Punkt geliefert werden kann. Die ICT SUEDWERK GmbH bietet einen ökonomischen und nachhaltigen Prozess für individuelle Serienproduktion ihrer Kunden und rundet ihr breit gefächertes Leistungsspektrum durch Lohnfertigung ab.



### ZERTIFIZIERUNGEN:

Die ICT SUEDWERK GmbH sichert mit innovativer Technologie die Qualität und Zuverlässigkeit ihrer Produkte und Prozesse in allen Unternehmensbereichen mit den Zertifizierungen DIN EN ISO 9001:2015 | 14001:2015.

### TECHNISCHER SUPPORT

- TKB (technische Kundenberatung direkt vor Ort)
- Sonderbeschaffung (Lohnfertigung)
- Zeitnaher Angebotsservice
- Bei Bedarf Design-In-Support

### LOGISTIKLEISTUNG

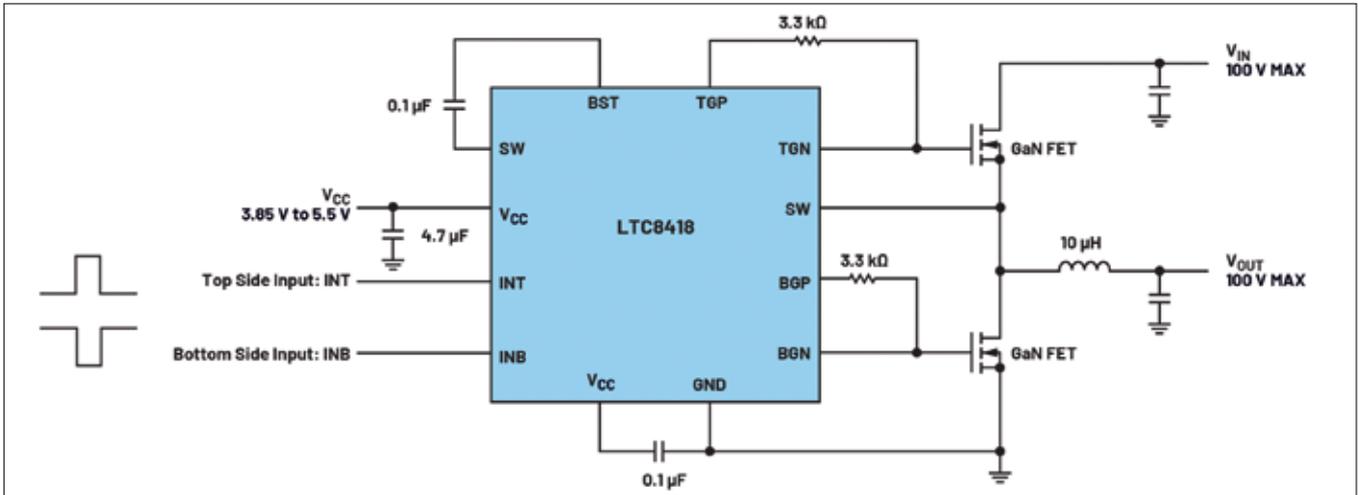
- Kundenspezifische Etikettierung (nach Absprache)
- EDI Anbindung möglich
- Sicherheitslager (bei Bedarf und nach Absprache)
- Just-In-Time-Lieferungen, Lieferwunschtage
- Umweltbewusste Verpackung

Auf den Einsatz von GaN-Leistungsschaltern  
in Schaltnetzteilen umsteigen

## GaN als Gamechanger

Zunehmend stellt sich für Entwickler von Power-Management-Systemen die Frage, ob sie von Silizium-Leistungsschaltern zu GaN-basierten Schaltern wechseln sollten. GaN bietet eine höhere Leistungsdichte, schnellere Schaltzeiten und einen besseren Wirkungsgrad, insbesondere bei Anwendungen über 100 V. Der Umstieg bringt jedoch auch Herausforderungen mit sich, wie die Anpassung an niedrigere Gatespannungen und die Minimierung von Totzeiten – Herausforderungen, die jedoch mit gezielt entwickelten Controller-ICs und einem durchdachten Design gelöst werden können.

TEXT: Frederik Dostal, Analog Devices BILDER: Analog Devices; iStock, wildpixel



Ein dedizierter GaN-Treiber steuert eine auf PWM-Signalen basierende Leistungsstufe eines traditionellen Silizium-MOSFET-Controllers.

Unter den Entwicklern von Power-Management-Systemen gibt es heute eine weitverbreitete Frage: Ist es jetzt an der Zeit von Silizium-Leistungsschalter auf GaN-basierte überzugehen? Die Gallium-Nitrid-Technik (GaN) bietet viele Vorteile gegenüber traditionellen auf Silizium basierten MOSFETs. Als Halbleiter mit breiter Bandlücke erlaubt es GaN, dass Leistungsschalter

bei hohen Temperaturen arbeiten und dabei eine hohe Leistungsdichte erzielen. Zudem hat GaN eine hohe Durchbruchspannung, wodurch es sich für Applikationen über 100 V eignet. Und selbst über 100 V bieten die hohe Leistungsdichte und das schnelle Schalten von GaN Vorteile wie einen höheren Wirkungsgrad der Leistungswandlung in unterschiedlichen Schaltkreis-Designs.

# TRACO POWER

Reliable. Available. Now.

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

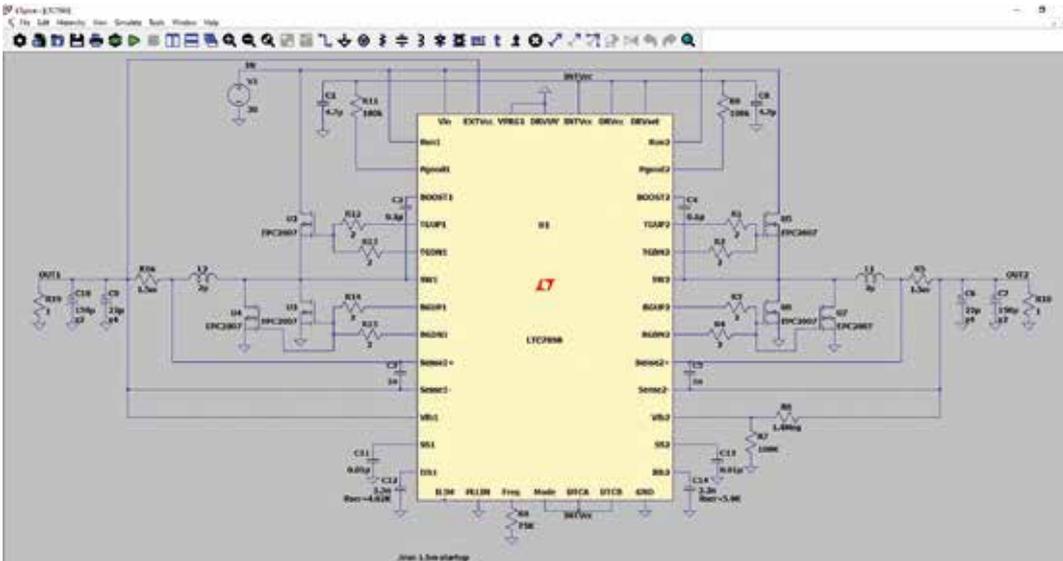
## TXO-Serie

AC/DC-Netzteile in offener Bauform für kostensensitive industrielle Anwendungen

- Verstärkte E/A-Isolation 3000 V<sub>AC</sub>
- Arbeitstemperaturbereich von -20 °C bis +70 °C
- Vorbereitet für Schutzklasse II
- Integrierter Filter gemäss EN 55032, Klasse B
- Konvektionsgekühlte Ausführung



	Leistung	Ausgangsspannung	Stellfläche
<b>TXO 45</b>	45 Watt	12, 15, 24, (36), 48, (56) V <sub>DC</sub>	76,2 × 50,8 mm
<b>TXO 60</b>	60 Watt	12, 15, 24, (36), 48, (56) V <sub>DC</sub>	76,2 × 50,8 mm
<b>TXO 120</b>	120 Watt	12, 15, 24, (36), 48, (56) V <sub>DC</sub>	76,2 × 50,8 mm
<b>TXO 150</b>	150 Watt	12, 15, 24, (36), 48, (56) V <sub>DC</sub>	101,6 × 50,8 mm
<b>TXO 200</b>	200 Watt	12, 15, 24, (36), 48, (56) V <sub>DC</sub>	101,6 × 76,2 mm
<b>TXO 300</b>	300 Watt	12, 15, 24, (36), 48, (56) V <sub>DC</sub>	127 × 76,2 mm
<b>TXO 500</b>	500 Watt	12, 15, 24, (36), 48, (56) V <sub>DC</sub>	152,4 × 101,6 mm



LTSpice ist ein nützliches Simulationswerkzeug für GaN-Stromversorgungen.

## Die Herausforderungen

Wenn man auf Silizium basierende MOSFETs durch GaN-Bausteine ersetzt, gibt es sicherlich einige Herausforderungen. Zunächst haben GaN-Schalter typischerweise geringere Gate-Nennspannungen. Daher ist es wichtig sicherzustellen, dass die Treiberstufen die maximale Spannung strikt einhalten, um eine Beschädigung des GaN-Bausteins zu vermeiden.

Dann muss man mit der schnellen Spannungsänderung ( $dV/dt$ ) des Schaltknotens der Stromversorgung zurechtkommen. Diese kann zu einem falschen Einschalten des unteren Schaltpunktes (bottom switch) führen. Um dieses Problem zu lösen sind ein separater Pull-Up- und Pull-Down-Pin sowie ein sorgfältiges Layout der Leiterplatte notwendig.

Und schließlich zeigen GaN-FETs höhere Leitungsverluste während der Totzeit. Ein Weg, dieses Problem zu lösen ist es die Totzeiten strikt zu minimieren. Allerdings muss dies so gemacht werden, ohne dabei überlappende Zeiten der Schalter auf der oberen (high side) und der unteren Seite (low side) zu generieren, um einen Kurzschluss mit Masse zu verhindern.

## Wie man startet

Bei den verlockenden Versprechungen von GaN für die Entwicklung von Stromversorgungen muss man aber eine grundlegende Frage beantworten: Wie startet man eine solche Entwicklung? Ein einfacher Weg ist es, ein Controller-IC, wie den einphasigen, abwärts wandelnden (buck) GaN-Controller LTC7891 von Analog Devices auszuwählen. Die Wahl eines dedizierten GaN-Controllers macht die Entwicklung einer Stromversorgung einfach und robust. All die beschriebenen

Herausforderungen werden mit derartigen Controllern adressiert und gelöst.

## Verwendung eines beliebigen Controller-ICs

Wenn eine bereits bestehende Stromversorgung mit einem integrierten Silizium-Controller-IC in eine GaN-basierte Stromversorgung umgerüstet werden soll, ist es sinnvoll, dazu einen dedizierten GaN-Treiber zu verwenden. Er sorgt für die Lösung der Herausforderungen des GaN-Einsatzes und erlaubt eine einfache und robuste Entwicklung.

## Die ersten Schritte machen

Sind einmal eine geeignete Hardware, Controller-IC und GaN-Leistungsschalter ausgewählt, ist es eine gute Möglichkeit, eine detaillierte Schaltungssimulation durchzuführen, um erste Evaluierungsergebnisse zu erhalten. LTSpice des Unternehmens ADI bietet dazu komplette Schaltungsmodelle, die man kostenfrei zur Simulation nutzen kann. Dies ist ein komfortabler Weg, um über den Einsatz von GaN-Leistungsschaltern zu lernen.

## Zusammenfassung

Die GaN-Technik für Schaltnetzteile hat mittlerweile einen soliden Entwicklungsstand erreicht, mit dem sich viele Stromversorgungsanwendungen entwerfen lassen. Allerdings wird es mit jeder neuen Generation von GaN-Leistungsschaltern auch künftig Weiterentwicklungen geben. Die von dem Unternehmen ADI verfügbaren Controller und Treiber für GaN-Schaltnetzteile sind flexibel und arbeiten heute und künftig auch mit GaN-FETs von unterschiedlichen Herstellern.



## ROGERS GERMANY GMBH

### Kontakt

Rogers Germany GmbH  
Am Stadtwald 2  
92676 Eschenbach  
Deutschland  
T +49/9645/92 22 0  
F +49/9645/92 22 22  
info@rogerscorp.com  
www.rogerscorp.com/aes

### Gründungsjahr

1832

Rogers Corporation (NYSE:ROG) ist ein weltweit führender Anbieter von Hochleistungsmaterialien, die unsere Welt mit Energie versorgen, schützen und vernetzen. Mit mehr als 190 Jahren Erfahrung liefert Rogers leistungsstarke Lösungen, die saubere Energie, Internetkonnektivität, Sicherheits- und Schutzanwendungen sowie andere Technologien ermöglichen, bei denen es auf Zuverlässigkeit ankommt. Rogers liefert Leistungselektronik-Lösungen für energieeffiziente Motorantriebe, Fahrzeugelektrifizierung und alternative Energien, Elastomer-Material-Lösungen für Abdichtung, Schwingungsmanagement und Aufprallschutz in mobilen Geräten, Transporteinrichtungen, Industrieausrüstung und Leistungsbeleidung sowie Advanced Connectivity-Lösungen für drahtlose Infrastruktur, Fahrzeugsicherheit und Radarsysteme. Mit Hauptsitz in Arizona (USA) betreibt Rogers Produktionsstätten in den Vereinigten Staaten, China, Deutschland, Belgien, Ungarn und Südkorea, mit Joint Ventures und Vertriebsbüros weltweit.

Der Geschäftsbereich AES bietet ausgereifte Materialtechnologien zur merklichen Steigerung der Effizienz, Wärmeregulierung und Gewährleistung der Qualität und Zuverlässig-

keit leistungs- und optoelektronischer Geräte. Die fortschrittlichen elektronischen Materialien von Rogers werden in Anwendungen für die Elektromobilität, Fahrzeugsicherheits- und Radarsysteme, mobile Geräte, erneuerbare Energien, energieeffiziente Motorantriebe, Industrieanlagen, drahtlose Infrastrukturen und vieles mehr verwendet. Unter dem Markennamen curamik® werden High-Tech-Lösungen in Eschenbach gefertigt und Kunden in der ganzen Welt beliefert. Die „curamik®“ keramischen Substrate (DCB & AMB) aus Keramik und Kupfer, sowie die curamik® Mikrokanal-Kühler werden in Eschenbach (Oberpfalz) von der Rogers Germany GmbH hergestellt.

### curamik® keramische Substrate

curamik® Hochtemperatur/Hochspannungssubstrate bestehen aus reinem Kupfer, das auf ein keramisches Substrat wie Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Aluminium), AlN (Aluminiumnitrid), HPS (ZrO<sub>2</sub> dotiert) oder Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> auf Siliziumbasis (Siliziumnitrid) gebondet ist.

curamik® bietet zwei Technologien zum Anbringen des Substrats auf dem Kupfer. DCB (Direct Copper Bonded) – ein Hochtemperaturschmelz- und Diffusionsverfahren, bei

dem das reine Kupfer auf die Keramik gebondet wird, und AMB (Aktives Hartlöten) – ein Hochtemperaturprozess, bei dem das reine Kupfer mit dem keramischen Substrat verlötet wird.

### curamik® Kühlösungen

Rogers bietet zwei Arten von Kühlösungen: Kühler für Flüssigkeiten oder passive Kühlung. Für die Flüssigkeitskühlung bietet Rogers curamik® CoolPower und CoolPower Plus sowie curamik® CoolPerformance und CoolPerformance Plus. Das Herzstück dieser Flüssigkeitskühler bildet eine Mikro- bzw. Makrokanalstruktur aus dünnen Kupferfolien, die mithilfe des curamik® Bonding-Prozesses zu einem hermetisch dichten Block zusammengefügt werden. Die spezifische Kanalstruktur bestimmt den Wärmewiderstand, den Druckabfall und den Durchfluss. Das Kühlwasser wird in der Regel durch Öffnungen, die mit O-Ringen oder Schraubverbindungen angeschlossen sind, zugeführt und abgeleitet. Flüssigkeitskühler sind die optimale Lösung für Hochleistungsanwendungen. Der curamik® Cool Easy ist ein mit höchster Präzision gefertigter Kupferkühler für die passive Kühlung von Laserdioden.



curamik® - keramische Substrate

The background of the page is a colorful thermal map with various shades of green, yellow, orange, and red, representing heat distribution. A large, semi-transparent green rectangular box is overlaid on the lower half of the page, containing text.

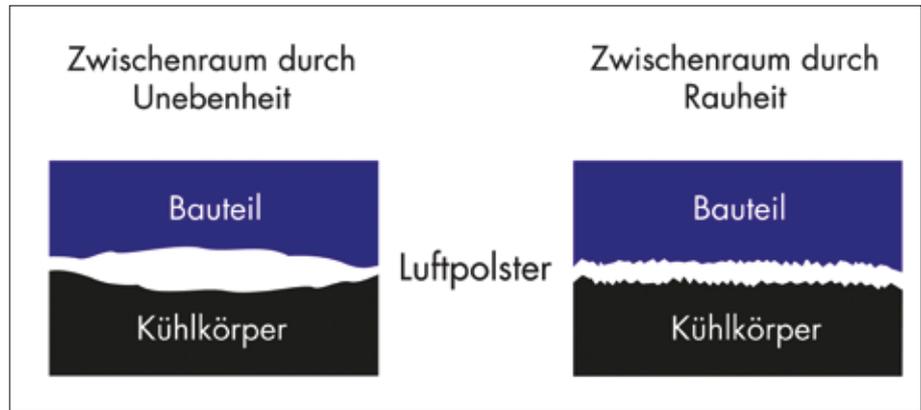
Die Bedeutung des thermischen Pfades in Entwärmungslösungen

# WÄRMETECHNISCH RICHTIG KONTAKTIEREN

Bauteilausfälle in elektronischen Funktionseinheiten, Geräten oder Baugruppen, sind oftmals auf ein unzureichendes thermisches Wärmemanagement zurückzuführen. Diese Tatsache ist statistisch bewiesen, so dass zu hohe Bauteiltemperaturen, neben Feuchtigkeit und Staub, die häufigste Ausfallursache darstellen.

**TEXT:** Dipl. Physik Ing. Jürgen Harpain, Fischer Elektronik **BILDER:** Fischer Elektronik; iStock, Oxana Litvinova

Jede Auswahl an geeigneten TIMs sollte zunächst mit einer genauen Betrachtung der Kontaktpaarung und deren dazugehörigen Toleranzen starten.



Die Auswahl eines für die Applikation geeigneten Entwärmungskonzeptes ist nicht immer ganz einfach, zumal es oftmals sehr viele Faktoren zu berücksichtigen gilt. Ziel einer jeden Lösung muss es sein, elektronische Bauelemente vor dem Hitzetod zu bewahren und deren Lebensdauer langfristig zu gewährleisten. Es ist also die Hauptaufgabe eines jeden Wärmemanagements, die in der Anwendung eingesetzten Halbleiter in einem vom Hersteller vorgegebenen Temperaturbereich zu betreiben, um Fehlfunktionen oder gar eine Zerstörung zu verhindern. Unabhängig von einer passiven oder aktiven Entwärmungslösung, sollte stets eine fachgerechte Kontaktierung der Bauteile auf der Wärmesenke sorgfältig betrachtet und analysiert werden. Leider oftmals vernachlässigt, hat die richtige und wärmetechnisch optimale Kontaktierung der zu entwärmenden Bauteile einen signifikanten Einfluss auf das Gesamtergebnis. Die Bauteilkontaktierung muss immer im Gesamtkonstrukt entlang des thermischen Pfades gesehen werden, das heißt der thermische Übergangswiderstand von dem Bauteil auf eine Entwärmungslösung spielt mitunter eine entscheidende Rolle. Der so bezeichnete thermische Pfad beschreibt hierbei den Weg der Wärme vom Entstehungspunkt im Bauteil bis hin zur ausgewählten Wärmesenke inklusive sämtlicher Wärmeübergangswiderstände.

Je größer dieser Widerstand gegen den Wärmefluss, desto schlechter wird also die Wärme von A nach B übertragen.

Der thermische Gesamtwiderstand setzt sich aus einer Addition der einzelnen abschnittsbezogenen Einzelwiderstände des thermischen Pfades, welche der Wärmestrom überwinden muss, zusammen. Folge dessen gilt, je kleiner der Wärmeübergangswiderstand zwischen den Kontaktstellen, desto kleiner der thermische Gesamtwiderstand und desto weniger Temperatur geht auf dem Weg zur Wärmesenke verloren. Sogenannte TIM-Materialien (Thermal Interface Material), liefern in puncto Bauteilkontaktierung auf einer Wärmesenke, bei richtiger Auswahl und Anwendung, hervorragende Lösungsansätze.

### Einflussgebende Faktoren

Aufgrund fertigungstechnischer Belange und Toleranzen zur Herstellung verschiedenartiger Wärmesenken, wie zum Beispiel extrudierter Strangkühlkörper, Lüfteraggregate und Flüssigkeitskühlkörper, sind ohne jegliche mechanische Nachbearbeitung weder die Oberflächen der elektronischen Bauteile noch die der Halbleitermontageflächen plan eben und glatt. Auch wenn es auf den ersten Blick nicht so aussieht, weisen diese Flächen zum Teil erhebliche Unebenheiten in Form von Durchbiegungen (konvex/konkav) und starken Rauigkeiten auf. Wie im Darstellungsbild ersichtlich ist eine plan ebene und saubere beziehungsweise flächige Kontaktfläche zwischen einer Kontaktpaarung ohne zusätzliche Unterstützung nicht gegeben. Die Luft in den

Zwischenräumen fungiert als thermischer Isolator und beeinflusst maßgeblich den Wärmeübergang. Die Luft ist nach wie vor ein sehr schlechter Wärmeleiter, genauer gesagt mit einer Wärmeleitfähigkeit von  $0,026 \text{ W/m}^2\text{K}$ , ein 7.692-mal schlechterer Wärmeleiter als das häufig für Wärmesenken eingesetzte Grundmaterial Aluminium ( $\lambda = 200 \text{ W/m}^2\text{K}$ ). Solche Durchbiegungen können speziell bei Strangkühlkörpern, je nach Größe und Geometrie, in einem Toleranzbereich von einigen Zehnteln bis hin zu einigen mm liegen. Auf die Applikation angepasste und richtig ausgewählte TIM-Materialien, leiten die Wärme definitiv besser und egalisieren die genannten Luftpolster.

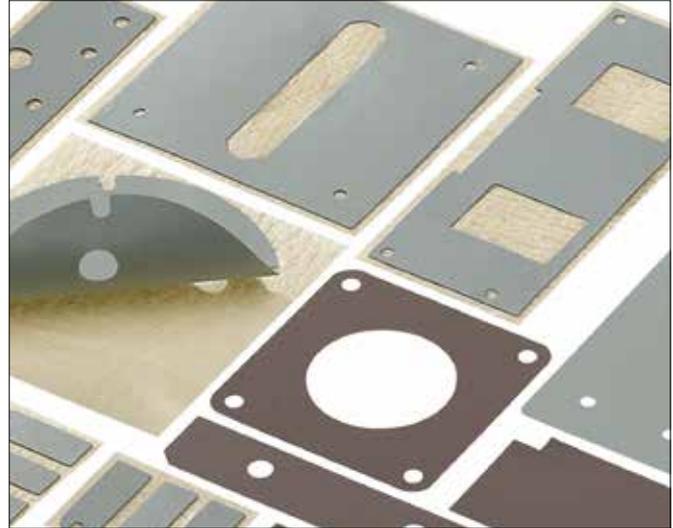
Der thermische Kontaktwiderstand zwischen zwei Oberflächen ist dagegen abhängig von der Kontaktfläche, der Materialausdehnungen, der Oberflächenrauigkeit und -ebenheit, der Anpassungsfähigkeit des Wärmeleitmaterials und dem aufgewendeten Anpressdruck. Bei den meisten Wärmeleitmaterialien handelt es sich um Verbundwerkstoffe auf Polymerbasis und enthalten zusätzliche wärmeleitende Feststoffe, auch als Füllstoffpartikeln bezeichnet, wie zum Beispiel Aluminiumoxid und -nitrid, Bornitrid, Magnesiumoxid oder auch metallische Füllstoffe.

### Was bietet der Markt

Wärmeleitmaterialien sind in den verschiedenartigsten Ausprägungen auf dem Markt erhältlich sowie in deren



Wärmeleitpasten dienen nicht zum Ausgleich von größeren Fertigungstoleranzen, sondern füllen lediglich die Rautiefen bei exakt plan ebenen Kontaktflächen.



Auf die Kundenapplikation angepasste silikonhaltige oder silikonfreie Wärmeleitfolien liefern ein optimales Verhältnis zwischen Wirtschaftlichkeit, Verarbeitbarkeit und Performance.

technischen Eigenschaften sehr variierend. Das Angebotsspektrum aus dem Hause Fischer Elektronik beinhaltet Wärmeleitpasten und -kleber, silikonhaltige und -freie Elastomere, Schaum- und GEL-Folien, Graphit- und Aluminiumfolien, Phasen veränderndes Wärmeleitmaterial, einseitig- und doppelseitig klebende Wärmeleitfolien, Kapton- und Glimmerscheiben sowie Aluminiumoxydmaterialien. Aufgrund der Produktvielfalt ist es sicherlich für den Anwender nicht immer ganz einfach ein passendes Wärmeleitmaterial auszuwählen. Für einen ersten Näherungsschritt ist es empfohlen, sich zunächst die Kontaktpaarung genauer anzuschauen, mit dem Ziel, das zu überbrückende Spaltmaß zwischen den beiden Komponenten zu ermitteln.

Somit erhält der Anwender eine grobe Aussage über die Dicke des Wärmeleitmaterials und kann anhand dessen die unterschiedlichen Wärmeleitmaterialien eingrenzen. Das Wärmeleitmaterial sollte stets in der Dicke passgenau und nicht zu dick ausgewählt werden. Oftmals ist der Gedanke das Material dicker auszulegen, um gleichzeitig eine gewisse „Reserve“ einzurechnen, was allerdings direkt den Wärmewiderstand negativ beeinflusst. Je dicker das Material, desto länger braucht

die Wärme durch das TIM. Weitere geforderte Randbedingungen der Applikation, wie zum Beispiel die Wärmeleitfähigkeit, die Durchschlagsfestigkeit, der Temperaturbereich, die Härte oder auch die Dehnbarkeit des Materials, gilt es in einem zweiten Schritt zu überprüfen.

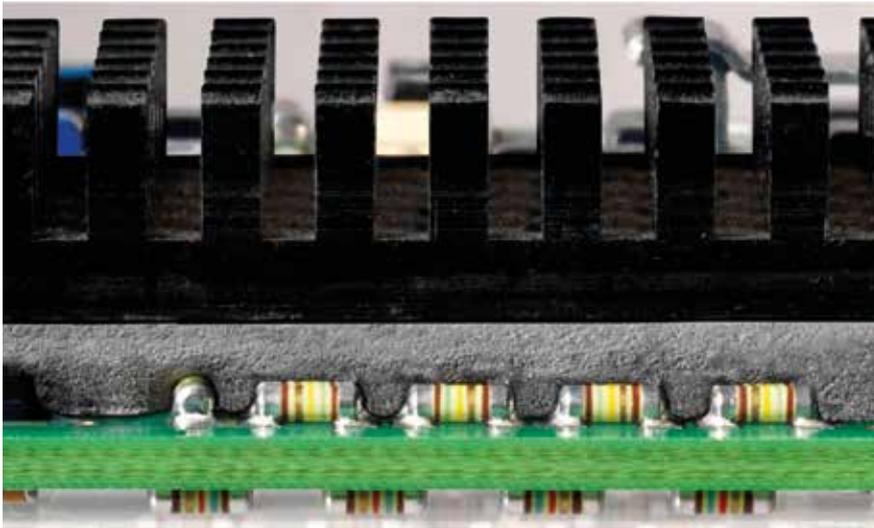
### Welches TIM für welches Spaltmaß

Wirklich plan ebene Flächen, ohne jegliche mechanische Nachbearbeitung, trifft der Anwender in der Praxis selten bis gar nicht an. Oftmals werden Halbleitermontageflächen auf Kühlkörpern durch eine CNC-Bearbeitung exakt plan gefräst, weshalb sich Wärmeleitpasten als TIM-Material sehr gut eignen. Diese dienen dazu, lediglich die durch das Fräsen entstandenen Rautiefen auszugleichen beziehungsweise aufzufüllen. Silikonhaltige oder -freie Ausführungen an Wärmeleitpasten sind prädestiniert für die Erzeugung von dünnen Schichten zwischen der Kontaktpaarung mit kleinen Spaltmaßen. Aufgrund der Zusammensetzung von Wärmeleitpasten und deren Pump Out Eigenschaften, eignen sich diese grundsätzlich nicht zum Ausgleich von größeren Spaltmaßen. Getreu dem Motto, weniger ist mehr, sind maximale Schichtstärken von

50 µm ausreichend, um die Rauheit einer guten Frässtruktur auszugleichen.

Das fachgerechte Aufbringen von Wärmeleitpaste gestaltet sich meistens als Herausforderung, zumal wenn keine Hilfsmittel, wie automatische Dispenser, zur Verfügung stehen. Sogenannte PCM-Materialien (Phase-Change-Material) leisten bei etlichen Anwendungen Abhilfe. PCM-Materialien werden aus Plattenware in fester Form angeboten und lassen sich in beliebigen Konturen zuschneiden. Die Handhabung, das Aufbringen der PCM ist einfach und sauber. Alle PCM-Materialien besitzen eine Phasenänderungstemperatur (in etwa 48 °C bis 52 °C) bei der sich deren Konsistenz von fest in weich verändert und somit oberhalb dieser Temperatur in alle Zwischenräume der beaufschlagten Bauteile und Kühlkörper fließt.

Vergrößert sich das Spaltmaß zwischen der Kontaktpaarung in einem Bereich angefangen von in etwa 0,1 mm bis 0,4 mm, so kommen wärmeleitfähige Silikonfolien ins Spiel. Natürlich sind die silikonhaltigen Ausführungen, je nach Anwendung und Anforderung, auch als silikonfreie Varianten verfügbar. Silikonhaltige als auch silikonfreie Wärmeleitfolien werden in Puncto Bauteilkontaktierung in



GEL-Wärmeleitfolien garantieren ausgezeichnete Anpassungsmöglichkeiten bei Kontaktpaarungen mit größeren Fertigungs-toleranzen oder Bauteildifferenzen.

vielzähligen Applikationen eingesetzt und liefern darüber hinaus neben einer sehr guten technischen Performance, ein optimales Verhältnis zwischen Wirtschaftlichkeit und Verarbeitbarkeit. Die Wärmeleitfolien in den genannten Materialstärken, egal ob silikonhaltig oder silikonfrei, sind sehr weich und elastisch, besitzen daher gute Oberflächeneigenschaften zur Kompensation von Unebenheiten und mechanischen Toleranzen. Unterschiedliche Lieferformen, wie als Platten-, Rollen-, Kappen- und Schlauchmaterial, bieten dem Anwender verschiedenartige Einsatzmöglichkeiten. Ebenso sind die verschiedenartigen Wärmeleitfolien zusätzlich mit einer Glasfaserverstärkung oder einer Haftbeschichtung zwecks Montageerleichterung ausgestattet. Weitere technische Parameter, wie ein hoher Temperaturbereich, eine hohe elektrische Durchschlagsfestigkeit, eine gute chemische Stabilität sowie einer hohen Alterungsbeständigkeit, liefern dem Anwender zusätzliche positive Eigenschaften.

Möchte der Anwender zum Beispiel einen Kühlkörper auf der Leiterkarte mit mehreren darauf verbauten Bauteilen kontaktieren, so stellt sich oftmals das Problem der unterschiedlichen Bauteilhöhen. Für zu überbrückende Differenzen in einem

Bereich von 0,5 bis 5 mm, sind die sogenannten kompressionsfähigen GAP-Filler Materialien sehr gut und effizient einzusetzen. Diese silikonhaltigen oder -freien Elastomere dienen grundsätzlich nur zum Ausgleich von größeren Bauteildifferenzen und sind je nach Härtegrad, bis zur Hälfte der Materialstärke komprimierbar.

Die so bezeichneten GEL-Wärmeleitfolien aus dem Hause Fischer Elektronik benötigen zwecks Kompression einen gewissen Anpressdruck, damit sich das Material wie in Bild 4 dargestellt, sämtliche Bauteile auf der Leiterkarte einbettet und somit kontaktiert. Der angesprochene Anpressdruck muss allerdings so gewählt werden, dass eine optimale Komprimierung des Materials erreicht und langfristig im gesamten Toleranzbereich der Applikation eine thermische Kontaktierung gewährleistet wird. Andererseits darf der aufgebrachte Druck nur so hoch sein, dass eine Beschädigung der Leiterplatte, der Lötverbindungen oder sogar der Bauteile ausgeschlossen wird. Das richtige Verhältnis zwischen auszugleichender Toleranz, dem aufgebrachtem Druck und der damit verbundenen Kompression sowie der eingesetzten Materialdicke, liefern optimalerweise kleinste Wärmeübergangswiderstände.

## Leistungselektronik entwärmen

- verschiedenartige Entwärmungskonzepte zur Wärmeabfuhr hoher Verlustleistungen
- sehr guter thermischer Wirkungsgrad
- kompakter Aufbau und homogene Wärmeverteilung
- exakt plangefräste Halbleitermontageflächen
- Entwärmung mittels Luft oder Flüssigkeit
- kundenspezifische Sonderlösungen



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

**Fischer Elektronik GmbH & Co. KG**

Nottebohmstraße 28  
 58511 Lüdenscheid  
 DEUTSCHLAND  
 Telefon +49 2351 435-0  
 Telefax +49 2351 45754  
 service@fischerelektronik.de



MECHANISCH, KAPAZITIV ODER PIEZOELEKTRISCH?

# WORAUF ES BEI TASTERN UND SCHALTERN WIRKLICH ANKOMMT

Das Schalten elektrischer Energie ist eine zentrale Funktion der Elektrotechnik – sei es „Licht an, Licht aus“ oder „Maschine ein, Maschine aus“. Früher gab es nur wenige Technologien, sodass die Wahl einfach war. Heute bietet der Markt, insbesondere im Niederspannungsbereich, eine Vielzahl an Optionen. Es lohnt sich, diese genauer zu betrachten.

TEXT: Schurter BILDER: Schurter; iStock, JuSun

Das Schalten elektrischer Stromkreise ist seit den Anfängen der Elektrotechnik ein zentrales Element der Energieverteilung und -nutzung. Bereits mit der Entdeckung des elektrischen Stroms erkannten Pioniere wie Alessandro Volta und Michael Faraday die Notwendigkeit, den Fluss von Elektrizität kontrolliert zu unterbrechen und zu ermöglichen. In der Frühzeit wurden einfache mechanische Schalter verwendet, die durch manuelles Öffnen und Schließen eines Kontakts den Stromfluss steuerten.

Mit der fortschreitenden Industrialisierung und der Verbreitung elektrischer Geräte und Systeme stieg die Bedeutung zuverlässiger und sicherer Schaltmechanismen exponentiell an. Schalter wurden nicht nur zu essenziellen Bedienelementen für Verbraucher, sondern spielten auch eine entscheidende Rolle beim Schutz von Anlagen und Personen vor elektrischen Gefahren wie Kurzschlüssen oder Überlastungen. Die kontinuierliche Weiterentwicklung der Schalttechnologien war somit eng mit den steigenden Anforderungen an Sicherheit, Zuverlässigkeit, Effizienz und Benutzerfreundlichkeit verbunden.

## Heutige Schaltertechnologien

Im Laufe der Zeit haben sich verschiedene Schaltertechnologien entwickelt, die auf unterschiedlichen physikalischen Prinzipien basieren. Zu den heute gebräuchlichen Technologien gehören mechanische, elektronische, piezoelektrische, kapazitive, induktive und andere spezialisierte Schalter. Jede dieser Technologien hat spezifische Eigenschaften, Vorteile und Einschränkungen, die sie für bestimmte Anwendungen mehr oder weniger geeignet machen.

## Mechanische Schalter

Mechanische Schalter sind die klassischste Form und basieren auf physischen Kontakten, die durch eine mechanische Bewegung geöffnet oder geschlossen werden. Die Betätigung erfolgt in der Regel durch Drücken, Drehen oder Kippen eines Elements. Sie sind oftmals einfach konstruiert, kostengünstig und bieten ein direktes haptisches Feedback, was die Bedienung intuitiv macht. Mechanische Schalter können hohe Ströme schalten und sind daher für Anwendungen geeignet, die eine hohe Stromtragfähigkeit erfordern, wie zum Beispiel Lichtschalter oder industrielle Schalter. Allerdings unterliegen mechanische Teile einem natürlichen Verschleiß, was die Lebensdauer bei einfacheren Versionen begrenzt. Zudem können Phänomene wie Kontaktprellen auftreten, bei dem das schnelle Öffnen und Schließen der Kontakte zu unerwünschten elektrischen Störungen führt.

## Elektronische Schalter

Elektronische Schalter nutzen Halbleiterbauelemente wie Transistoren oder Thyristoren, um den Stromfluss zu steuern. Sie enthalten keine beweglichen Teile und werden durch elektrische Signale angesteuert. Dies ermöglicht eine hohe Schaltgeschwindigkeit und eine lange Lebensdauer. Elektronische Schalter sind geräuschlos und eignen sich hervorragend für digitale Anwendungen, bei denen schnelle und zuverlässige Schaltvorgänge erforderlich sind, wie in Computern und Smartphones.

Jedoch können sie empfindlich gegenüber Überspannungen, elektro. magnetischen Störungen oder hohen Tempera-



Schurter MSM RD: Design-Version eines mechanischen Hubtasters

turen sein. Zudem benötigen sie oft zusätzliche Schaltungen für die Ansteuerung und können im ausgeschalteten Zustand Leckströme zulassen.

### Piezelektrische Schalter

Piezelektrische Schalter basieren auf dem piezoelektrischen Effekt, bei Schurter PSE EX: Piezotaster für den Einsatz in explosionsgefährdeten Umgebungen welchem ganz bestimmte Materialien elektrische Spannung erzeugen, wenn sie mechanischem Druck ausgesetzt werden. Ein Druck auf den Schalter erzeugt eine Spannung, die zur Auslösung des Schaltvorgangs genutzt wird. Diese Technologie ist sehr robust, da sie keine beweglichen Teile enthält, und eignet sich daher für Anwendungen, die eine hohe Zuverlässigkeit und Langlebigkeit erfordern. Piezelektrische Schalter sind widerstandsfähig gegen mechanische Beanspruchung, Umwelteinflüsse und können in wasserdichten Designs realisiert werden. Sie finden Anwendung in der Medizintechnik, in Industrieanlagen und in Außenbereichen. Allerdings sind sie in der Herstellung teurer und bieten weniger haptisches Feedback als mechanische Schalter.

### Kapazitive Schalter

Kapazitive Schalter erkennen Änderungen im elektrischen Feld, wenn ein leitfähiges Objekt, wie ein Finger, in die Nähe kommt. Ein physischer Kontakt ist nicht notwendig, was diese Technologie besonders für Anwendungen interessant macht, bei denen Hygiene und Design eine Rolle spielen. Sie ermöglichen flache und Schurter CPS: kapazitiver Taster mit Ringbeleuchtung

im Metallgehäuse nahtlose Oberflächen, was sie ideal für Touchscreens, Haushaltsgeräte und moderne Bedienfelder macht.

Die Nachteile liegen in der Empfindlichkeit gegenüber Feuchtigkeit und Verschmutzung, was zu Fehlbedienungen führen kann. Zudem benötigen sie eine permanente Überwachung des elektrischen Feldes, was zu einem höheren Energieverbrauch führt.

### Induktive Schalter

Induktive Schalter arbeiten nach dem Prinzip der elektromagnetischen Induktion und erkennen metallische Objekte durch Veränderungen in einem erzeugten Magnetfeld. Sie sind verschleißfrei und unempfindlich gegenüber Umwelteinflüssen wie Schmutz, Staub und Feuchtigkeit. Aufgrund ihrer Eigenschaften werden sie häufig in der Automatisierungstechnik und Industrie eingesetzt, etwa für Positionsabfragen oder als Sicherheitssensoren. Allerdings ist ihre Reichweite begrenzt, und sie können nur metallische Objekte erkennen, was ihre Einsatzmöglichkeiten einschränkt.

### Die am besten geeignete Technologie

Die Auswahl der optimalen Taster- oder Schaltertechnologie für eine spezifische Anwendung ist ein komplexer Prozess, der eine Vielzahl von Faktoren berücksichtigen muss. Es geht nicht nur darum, die technischen Spezifikationen der Schalter zu verstehen, sondern auch darum, die Anforderungen der Anwendung, die Umgebungsbedingungen und die Erwartungen der Endbenutzer zu erfüllen.

Anwendung	Mechanische Schalter	Elektronische Schalter	Piezoelektrische Schalter	Kapazitive Schalter	Induktive Schalter
Haushaltsgeräte	Sehr geeignet	Geeignet	Weniger geeignet	Sehr geeignet	Nicht geeignet
Industrielle Automatisierung	Geeignet	Sehr geeignet	Sehr geeignet	Geeignet	Sehr geeignet
Medizinische Geräte	Geeignet	Geeignet	Sehr geeignet	Geeignet	Weniger geeignet
Konsumgüter (z. B. Smartphones)	Weniger geeignet	Sehr geeignet	Geeignet	Sehr geeignet	Nicht geeignet
Außenanwendungen	Weniger geeignet	Geeignet	Sehr geeignet	Geeignet	Sehr geeignet
Hochstromschaltungen	Sehr geeignet	Geeignet	Weniger geeignet	Nicht geeignet	Nicht geeignet
Touchscreens und moderne Bedienfelder	Nicht geeignet	Sehr geeignet	Geeignet	Sehr geeignet	Nicht geeignet

In sicherheitskritischen Anwendungen müssen Schalter zusätzliche Anforderungen erfüllen.

## Anwendungsbereiche und ihre Anforderungen

Der erste Schritt bei der Auswahl ist die genaue Analyse des Anwendungsbereichs. Industrielle Anwendungen stellen andere Anforderungen als Konsumgüter oder medizinische Geräte. In der Industrie könnten Faktoren wie Robustheit, Zuverlässigkeit unter extremen Bedingungen und hohe Schaltzyklen entscheidend sein. In Konsumgütern spielen oft Designaspekte, Benutzerfreundlichkeit und Kosten eine größere Rolle.

## Umgebungsbedingungen

Die Umgebungsbedingungen, unter denen der Schalter betrieben wird, beeinflussen die Wahl maßgeblich. In feuchten und/oder staubigen Umgebungen sind berührungslose Technologien wie kapazitive oder induktive Schalter von Vorteil, da sie weniger anfällig für Verschleiß oder Funktionsstörungen sind. Für Außenanwendungen oder Bereiche mit extremen Temperaturen könnten piezoelektrische Schalter die beste Wahl sein, da sie widerstandsfähig gegen Umwelteinflüsse sind.

## Lebensdauer und Schaltzyklen

Die erwartete Lebensdauer und die Anzahl der Schaltzyklen sind ebenfalls wichtige Kriterien. Anwendungen, die Millionen von Schaltzyklen erfordern, profitieren von Technologien ohne mechanische Verschleisssteile, wie elektronischen oder piezoelektrischen Schaltern. Mechanische Schalter könnten hier aufgrund von Abnutzung und Kontaktproblemen weniger geeignet sein.

## Wirtschaftlichkeit

Das verfügbare Budget und die Kostenstruktur des Projekts beeinflussen die Entscheidung ebenfalls. Mechanische Schalter sind in der Regel kostengünstig und für besonders preissensible Anwendungen geeignet. High-End-Technologien wie piezo elektrische oder spezielle elektronische Schalter können teurer sein. Sie bieten dafür im Gegenzug aber auch zusätzliche Vorteile, die den höheren Preis durchaus rechtfertigen.

## Benutzererfahrung und Design

In Anwendungen, bei denen die Benutzerinteraktion im Vordergrund steht, sind Aspekte wie haptisches Feedback, Bedienkomfort und Design entscheidend. Mechanische Schalter bieten ein direktes taktiles Feedback, das von vielen Benutzern geschätzt wird. Kapazitive Schalter ermöglichen hingegen moderne, flache Designs und können unter Glas oder Kunststoffoberflächen installiert werden, was sie für Produkte mit hohen Designansprüchen attraktiv macht.

## Sicherheitsanforderungen

In sicherheitskritischen Anwendungen müssen Schalter zusätzliche Anforderungen erfüllen. Hier sind Zuverlässigkeit, Fehlerfreiheit und oft auch redundante Systeme gefragt. Elektronische Schalter können mit zusätzlichen Sicherheitsfunktionen ausgestattet werden, während mechanische Schalter in bestimmten Fällen aufgrund ihrer Einfachheit bevorzugt werden.

## Anwendungsbeispiele

- **Piezoelektrische Schalter:** Perfekt für industrielle Steuerungen, medizinische Geräte und Außenanwendungen,



Schurter PSE EX: Piezotaster für den Einsatz in explosionsgefährdeten Umgebungen

wo Robustheit und Widerstandsfähigkeit gegen Umwelteinflüsse wichtig sind.

- **Mechanische Schalter:** Ideal für einfache Haushaltsgeräte, Lichtschalter und Anwendungen, bei denen Kosten und Einfachheit im Vordergrund stehen.
- **Elektronische Schalter:** Geeignet für digitale Geräte, Computer, Smartphones und Anwendungen, die schnelle Schaltvorgänge und eine lange Lebensdauer erfordern.
- **Kapazitive Schalter:** Bevorzugt in modernen Haushaltsgeräten, Touchscreens und Bedienfeldern mit hohem Designanspruch und Anforderungen an einfache Reinigung und Hygiene.
- **Induktive Schalter:** Verwendet in der Automatisierungstechnik für Positionsabfragen, Sicherheitssysteme und

überall dort, wo berührungslose und verschleissfreie Schaltvorgänge benötigt werden.

### Fazit

Die Wahl der geeigneten Taster- oder Schaltertechnologie erfordert Verständnis der technischen Möglichkeiten und Einschränkungen der verschiedenen Technologien sowie eine sorgfältige Abwägung der spezifischen Anforderungen der Anwendung. Durch die Berücksichtigung von Faktoren wie Anwendungsbereich, Umgebungsbedingungen, Lebensdauer, Kosten und Benutzerkomponenten für sichere Stromzuführung und Eingabesystemen für einfache Bedienung überzeugen wir unsere Kunden durch Agilität und exzellente Produkt- und Servicequalität.

# Kingbright

■ Quality ■ Efficiency ■ Innovation ■ First-class service

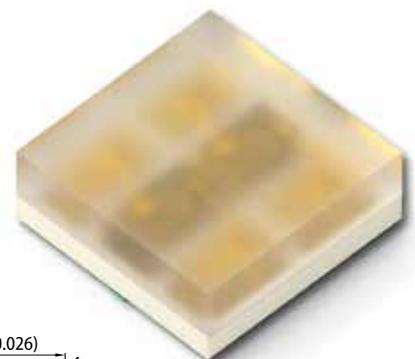
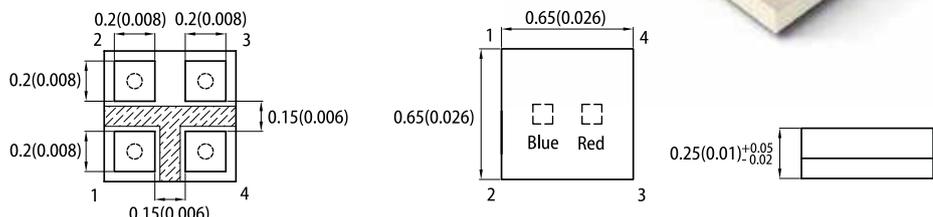
## Kingbright's new KPGB-0607 series 0,65 mm x 0,65 mm Bi-colour SMD LED

### Product Features:

- 0,65 mm x 0,65 mm SMD LED, 0,25 mm thickness
- Low power consumption
- Viewing angle: 140°
- Moisture Sensitivity Level: 3
- RoHS Compliant

### Applications:

- Backlight
- Status Indicator
- Home & smart appliances
- Wearable and portable devices
- Healthcare applications





INDUSTRIELLE BEDIENLÖSUNGEN IM WANDEL

## Kapazitive HMIs für raue Einsatzumgebungen

Neue kapazitive Bedienpanels verbinden robuste Hardwareeigenschaften mit modernen Kommunikationsschnittstellen und IoT-Funktionalitäten. Damit werden sie zu einem entscheidenden Baustein in vernetzten Automatisierungsumgebungen – auch unter rauen Einsatzbedingungen.

TEXT: Bernhard Haluschak, E&E; Apem BILDER: Apem; iStock, smuay

In industriellen Anwendungen steigen die Anforderungen an Bedienoberflächen kontinuierlich. Neben einer intuitiven Benutzerführung rücken auch Widerstandsfähigkeit, Integrationsfähigkeit in vernetzte Systeme sowie langfristige Zuverlässigkeit immer stärker in den Fokus. Mit dem Modell HG2J bietet Apem/IDEC ein kapazitives Touchpanel, das auf die besonderen Anforderungen von rauen Industrieumgebungen abgestimmt ist.

### Robustes Design und Beständigkeit

Das HG2J basiert auf Projected-Capacitive-Touch-Technologie (PCAP) mit kratzfester Glasoberfläche und bietet eine WVGA-Auflösung (800 × 460 Pixel) auf einem 7-Zoll-TFT. Mit einer Leuchtdichte von 500 cd/m<sup>2</sup> ist das Display auch unter schwierigen Lichtverhältnissen gut ablesbar. Die Bedieneinheit kann sowohl im Hoch- als auch im Querformat

Das Touchpanel HG2J sorgt nicht nur für gutes Aussehen und Erkennbarkeit, sondern bietet auch eine hohe Bediensicherheit und Widerstandsfähigkeit.



montiert werden und ist bei einer Einbautiefe von nur 30 mm platzsparend integrierbar – ein Vorteil gegenüber Geräten mit Infrarot-Touchtechnik. Besonderes Augenmerk wurde auf die Umweltresistenz gelegt. Das Gerät ist öl- und chemikalienbeständig, IP66F/IP67F-zertifiziert und arbeitet zuverlässig in einem Temperaturbereich von -20 bis +60 °C. Die Glasoberfläche verhindert eine UV-bedingte Trübung, was zur langfristigen Lesbarkeit beiträgt. Eine Hintergrundbeleuchtung mit 50.000 Stunden Lebensdauer unterstreicht den Einsatz für langlebige Maschinenkonzepte.

### Protokollvielfalt und Anschlussmöglichkeiten

Das Panel unterstützt eine Vielzahl industrieller Protokolle. Neben Modbus TCP und Ethernet/IP stehen serielle Schnittstellen (RS232/RS485) sowie MQTT-Kommunikation für IoT-Anwendungen zur Verfügung. Über USB lassen sich Zusatzgeräte wie Barcode-Scanner oder Lautsprecher anbinden. Die gleichzeitige Nutzung von bis zu vier Protokollen sowie die Möglichkeit zur Definition kundenspezifischer Kommunikationsbefehle ermöglichen eine flexible Systemintegration. Ein weiterer technischer Fokus liegt auf den Remote-Funktionalitäten. Das integrierte Webserver-Modul erlaubt eine browserbasierte Fernüberwachung und -steuerung. Zusätzlich stehen Funktionen wie FTP-Datentransfer, E-Mail-Benachrichtigungen, Remote-Maintenance und Social-Media-Anbindung zur Verfügung. Die Kompatibilität mit der mobilen App „Wind-EDIT Lite“ erlaubt Konfigurations- und Wartungsvorgänge via Smartphone oder Tablet.

### Langlebig und zuverlässig

Für Applikationen mit erhöhten Anforderungen an die Betriebssicherheit ist das Panel mit MRAM ausgestattet. Dadurch bleiben Daten auch bei Stromausfall erhalten. Ein integrierter Hyperkondensator versorgt die Echtzeituhr für bis zu zwei Wochen netzunabhängig.

Die Kombination aus robustem Aufbau, vielseitiger Kommunikationsfähigkeit und moderner Bedienoberfläche macht das HG2J zu einer funktionalen HMI-Lösung für Anwendungsbereiche wie Industrieautomation, Lebensmittel- und Pharmaindustrie, Petrochemie oder mobile Arbeitsmaschinen. Durch seine hygienischen Eigenschaften und die chemikalienresistente Oberfläche eignet sich das System auch für Anwendungen mit regelmäßigem Reinigungsbedarf.



**Display Elektronik GmbH**  
 LCD · TFT · LED · OLED · Touch Panels  
 Bistabil · Tastaturen · Drehknöpfe  
 Standard & Kundenspezifisch



**Nicht nur ein Projekt...  
 ...vielmehr eine Partnerschaft !**



Tel. 06043/98888-0 · E-Mail: info@display-elektronik.de  
**www.display-elektronik.de**





PROFINET-CHIP TPS-1 UNTERSTÜTZT SECURITY CLASS 1

## Bodyguard für das Profinet

Zugriffssicherheit respektive Cyber Security hat 2024 deutlich an Aufmerksamkeit gewonnen. Durch die Verabschiedung des Cyber Resilience Acts (CRA) als europäische „Norm“ ist eine zusätzliche Dynamik entstanden, das Thema intensiv weiter zu verfolgen. Der Profinet-Chip TPS-1 unterstützt daher die Security Class 1 der Profibus-Nutzerorganisation.

TEXT: Andreas Grüne, Phoenix Contact BILDER: Phoenix Contact; iStock, AndreyPopov

Wie in anderen Bereichen der IT-Sicherheit basiert die Profinet-Sicherheit auf einem Defense-in-Depth-Ansatz. Dieses Konzept umfasst eine mehrschichtige Verteidigung gegen Angriffe sowie ungewollte Veränderungen. Dazu stehen mehrere unabhängige Methoden zur Verfügung. Durch die Staffelung

verschiedener Sicherheitsmechanismen hintereinander wird den Angreifern der unbefugte Zugang erschwert. Bei einem Angriff über das Netzwerk müssen sie beispielsweise zuerst eine oder eine gewisse Anzahl von Firewalls überwinden, bevor sie an die Zielkomponente gelangen. Der TPS-1-Chip ist auf der

Produktebene angesiedelt. Ein Angreifer muss also einige Hürden nehmen, um die Datenübertragung zwischen Profinet-Controller und -Device zu stören.

Der TPS-1 beinhaltet viele unterschiedliche Security-Features, die sich unter dem Begriff „Security-by-Design“



beschreiben lassen. Bei einer dieser Funktionen handelt es sich um die Erfüllung der Netload Class III, die ein Versagen der Netzwerkkommunikation bei Überlast verhindert. Die Profibus-Nutzerorganisation hat in diesem Zusammenhang drei Security Classes definiert, die in die vorhandenen Profinet-Geräte integriert werden können. Die Spezifikation für die Security Class 1 liegt vor und lässt sich somit in Profinet-Geräten umsetzen. Im TPS-1 ist dies bereits passiert, will heißen Geräteentwickler können das neue Security-Feature ab sofort nutzen. Die Security Class 1 umfasst drei Veränderungen im Betrieb des Geräts und in seiner Konfiguration:

- DCP-Konfiguration (Discovery and Basic Configuration Protocol)
- SNMP-Konfiguration (Simple Network Management Protocol)

- Signierung der GSD-Datei (General Station Description).

In die GSDML-Datei (Generic Station Description Markup Language) muss ein Tag zur Security Class aufgenommen werden. Auf diese Weise wird dem Controller mitgeteilt, dass das Device über weitere Eigenschaften verfügt. Der Eintrag gehört zur „DeviceAccessPointList“. Der Tag „CertificationInfo“ wird um die Security Class erweitert.

### Sicherstellung der Verfügbarkeit einer bestehenden Geräteverbindung

Profinet DCP ist Teil der Protokoll-Suite für Profinet. Das DCP-Protokoll stellt zum Beispiel die Dienste DCP-IdentifyAll, DCP-Identify, DCP-Set und

andere bereit. Es wird vom Engineering-Werkzeug und der Steuerung verwendet, um Geräte zu erkennen, Geräteinformationen zu identifizieren und Geräteeinstellungen – wie den Profinet-Gerätenamen und die IP-Adresse – in einem Profinet-Netzwerk zu konfigurieren. Schreibzugriffe sind bisher nicht gegen eine unbeabsichtigte oder böswillige Nutzung geschützt. Hat sich der Angreifer Zugang zur Feldebene verschafft, lassen sich daher Geräte mit Hilfe des DCP-Protokolls übernehmen und eine bestehende Kommunikationsbeziehung (Application Relation) unterbrechen.

Ein Beispiel für ein kritisches DCP-Kommando stellt DCP-ResetToFactory dar, das bislang, während einer aufgebauten Application Relation gesendet werden kann. Dieses Kommando setzt



Sicherer Netzwerkzugang  
mit TPS-1

mit dem Mode 2 der NameOfStation die IP-Adresse und weitere Parameter zurück. Dies hat zur Folge, dass sich ein Device nicht mehr erreichen lässt. Der Controller verliert folglich seine Verbindung zum Device und diese kann auch nicht wiederhergestellt werden.

Die Einführung des Modus DCP Read-Only zielt auf die Sicherstellung der Verfügbarkeit einer vorhandenen Geräteverbindung zwischen dem Controller und dem Device ab. Ein Gerät, das die Security Class 1 unterstützt, darf nach dem Aufbau der Application Relation keine schreibenden Zugriffe mehr erlauben. So werden kritische Dienste ausgeschlossen. Nutzer greifen nur noch lesend auf Daten zu. Diagnosewerkzeuge können weiterhin mit dem Device kommunizieren, ohne dass die Application Relation beeinträchtigt wird. Zur Bekanntmachung dieses Verhaltens während des Engineering-Vorgangs ist ein zusätzlicher Tag in die GSDML des Geräts einzuführen.

### Bereitstellung einer Konfigurations-Schnittstelle für das Engineering-Tool

Bei SNMP setzt Profinet die Protokollversion SNMPv1 ein, die leider keine

Authentifizierung bietet. Der sogenannte CommunityString, der als Passwort angesehen werden kann, wird von den Geräten, die SNMPv1 unterstützen, geprüft. In diesen Geräten ist SNMPv1 immer aktiv und kann bis zur Profinet-Version 2.4MU1 nicht deaktiviert werden. Ab der Variante v2.4MU1 ändert sich das aufgrund der Implementierung der Security Class 1. Nun kommen neue Möglichkeiten hinsichtlich des SNMP-Handlings in Profinet-Geräten hinzu. Folgende Einstellungen lassen sich jetzt wählen:

- Der SNMP-Server ist vollständig deaktiviert.
- Der SNMP-Server wird lediglich im Lesemodus betrieben.
- Die CommunityStrings werden für den Lese- und Schreibzugriff auf individuelle Einstellungen geändert.

Ab der Profinet-Version v2.4MU1 wird eine Konfigurationsschnittstelle für das Engineering-System zur Verfügung gestellt. Dazu muss ein weiterer Tag in die GSDML des Devices integriert werden. Wenn das Attribut SNMPPadjust vorhanden ist, werden die Records CIMSNMPPadjust (0x8200) und CIMSNMPPreal (0x8201) vom Device unterstützt.

Mit Hilfe des Engineering-Tools lässt sich der Controller so programmieren, dass die gewünschten Eigenschaften des SNMP-Servers während des Aufbaus der Application Relation eingestellt werden. Ein entsprechendes Diagnose-Tool ist dann in der Lage, den SNMP-Server des Devices gemäß den Konfigurationen auszulesen und – sofern notwendig – Veränderungen vorzunehmen. Beim TPS-1 sind die erforderlichen Records in der Firmware implementiert. Für den Anwender bedeutet dies, dass zur Nutzung der Eigenschaften der Security Class 1 nur die GSDML-Datei um die oben aufgeführten Tags ergänzt werden muss. Die Firmware der Applikations-CPU erfährt keinerlei Änderungen. Eine Ausnahme bildet die Signierung der GSDML-Datei. Dabei handelt es sich um ein Verfahren, das die Device-Entwicklung anstößt. Die notwendigen Schritte werden nachfolgend erläutert.

### Spezifizierung eines signierten Container-Formats

Jedes Profinet-Device wird stets mit einer Gerätebeschreibungsdatei (GSD-Datei) an den Anwender ausgeliefert. Die Eigenschaften des Devices sind in einem durch das Engineering lesbaren Format (XML) beschrieben. Eine GSD-Datei



Kopfstation für Axioline mit Profinet-Interface (TPS-1)

umfasst bisher keine Mechanismen zur Überprüfung des Geräts auf Authentizität und Integrität. Authentizität bedeutet beispielsweise, dass die GSD-Datei vom angegebenen Hersteller stammt. Integrität zeigt, ob der Inhalt verfälscht wurde. Ab der Profinet-Version v2.4MU3 kann der Hersteller eine GSD-Datei mit einer Signatur versehen, die sich etwa durch das Engineering-Tool vor dem Import kontrollieren lässt. Zu diesem Zweck hat die Profibus-Nutzerorganisation ein signiertes Container-Format spezifiziert, mit dem jeder Anlagenbetreiber die folgenden Punkte prüfen kann:

- Liegen die Daten (zum Beispiel GSD-Dateien) in der Form vor, wie sie vom Hersteller geliefert wurden.
- Sind die Dateien unverändert, also genauso, wie sie der Hersteller generiert hat.
- Ist der Hersteller von der Profibus-Nutzerorganisation autorisiert, einen signierten GSDX-Container zu erstellen, das heißt ist das Zertifikat von der Profibus-Nutzerorganisation ausgestellt und stimmt es mit der Vendor-ID des Herstellers überein.

Die Profibus-Nutzerorganisation kann dem Hersteller ein für ihn spezifiziertes Signierzertifikat aushändigen.

Dafür stehen weitere Software-Werkzeuge für ihn bereit. Die Profibus-Nutzerorganisation hält eine technische Spezifikation sowie eine Verfahrensanleitung für den Betrieb vor. Zu beachten ist, dass die Signierung keinen Bestandteil der Implementierung des TPS-1 darstellt, sondern durch den Gerätehersteller selbst realisiert werden muss. Als wichtig erweist sich darüber hinaus, dass das eingesetzte Engineering-Tool die signierten Dateien importieren kann.

### Erweiterung der Geräte-GSDML um einige Tags

Mit dem Cyber Resilience Act (CRA) hat die Europäische Union (EU) allen Anbietern von elektronischen Geräten mit Netzwerkzugang Vorgaben gemacht, die bis Ende 2027 umgesetzt werden müssen. Vor diesem Hintergrund wurden von der Profibus-Nutzerorganisation drei Security Classes definiert, die sich in die bestehenden Profinet-Geräte integrieren lassen. In den TPS-1-Chip ist die Security Class 1 bereits eingeflossen. Die Implementierung erfolgt vollständig in der Firmware des Bausteins. Um die neuen Eigenschaften nutzen zu können, muss lediglich die GSDML des Geräts um einige Tags erweitert werden.

# INDUSTRY.FORWARD EXPO

DIGITAL CONFERENCE FESTIVAL

15. - 21. MAI 2025  
**DAS DIGITALE  
FESTIVAL  
DER INDUSTRIE**

## Zukunftsweisende Strategien für die klimaneutrale Industrie

- 20-minütige Sessions voller praxisnaher Insights
- Führende Expert:innen aus der Industrie
- Online & kostenfrei

Erfahren Sie mehr auf [industry-forward.com/expo](https://industry-forward.com/expo)



VERBINDUNGSLÖSUNGEN FÜR RECHENZENTRUMSVKABELUNGEN

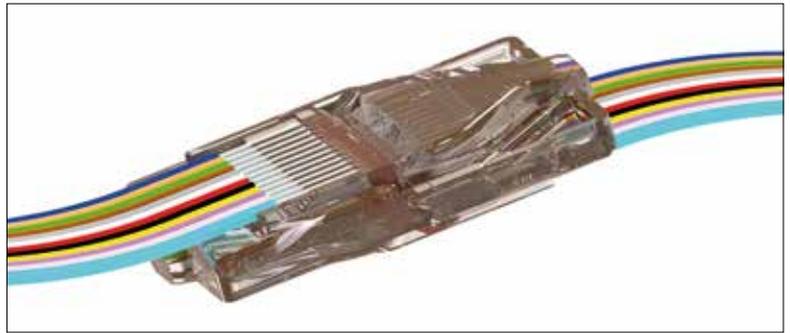
## EBO-Technologie – der Matchwinner?

Der Bedarf an Rechenzentren wächst weltweit ungebremst. Zahlreiche neue Datacenter entstehen jeden Monat, in bestehenden Anlagen müssen Speicher- und Verarbeitungskapazitäten ausgebaut und die Bandbreiten der internen Vernetzung verbessert werden. Doch angesichts des Personalaufwands und der Kosten einer neuen Verkabelung werden notwendige Maßnahmen teils nur zögerlich umgesetzt. Dabei gibt es mit der EBO-Technologie eine Steckeralternative, die sich deutlich schneller und einfacher installieren lässt – jetzt auch in einem bereits bekannten Format.

TEXT: Christian Hahn, Rosenberger OSI BILDER: Rosenberger OSI; iStock, SergeyNivens

Hyperscaler wie Google und AWS (Amazon) machten in den vergangenen Monaten Schlagzeilen – sie benötigen weltweit neue Rechenzentrumskapazitäten, finden an den geplanten Standorten jedoch nicht immer eine ausreichende Stromversorgung. Benötigt werden zusätzliche Datacenter insbesondere für schnell wachsende KI-Anwendungen. Das betrifft nicht nur die Hyperscaler – auch in Industrie und Verwaltung sowie Logistik

und Medizin wachsen die Datenmengen, die übertragen, gespeichert und verarbeitet werden müssen, und die Einführung von Künstlicher Intelligenz beschleunigt die Entwicklung nochmals deutlich. Zudem gibt es in manchen Branchen Bestrebungen, sich aus Kostengründen von Hyperscalern zu trennen und eigene Datacenter zu betreiben oder bei regionalen Anbietern eine private Cloud einzurichten.



Das EBO-Steckkonzept arbeitet mit Ferrulentechnologie.

## Aufwendige LWL-Verkabelung

So wächst der Bedarf an Rechenzentren derzeit ungebremst. Es entstehen ständig neue, und bestehende Anlagen müssen ihre Kapazitäten schnell erweitern, beispielsweise durch den Umstieg auf leistungsfähigere Technologien. So werden Server-Racks immer dichter gepackt, und auch die interne Vernetzung muss den gesteigerten Anforderungen folgen. Hier sind bandbreitenstarke Lichtwellenleiter (LWL) mit immer mehr Fasern in Single-mode- und Multimode-Übertragungsprotokollen gefragt. Doch die Installation der Glasfaser-Verkabelung ist zugleich ein gehöriger Kostenfaktor und damit ein Hemmschuh der Entwicklung. Das zeigt beispielsweise eine Studie von Omdia [<https://osi.rosenberger.com/fileadmin/content/osi/EN/News/Whitepaper/Omdia-400G-beyond-Companion-Report.pdf>], die der Frage nachgeht, warum die Umrüstung von Rechenzentren auf 400G-Technologie hinter den Möglichkeiten zurückbleibt.

Ein wichtiger Faktor ist die Tatsache, dass es bei Neu-Installationen wie beim Patchen bestehender Verkabelungen

immer wieder zu Problemen kommt, die nur aufwendig aufzuspüren sind. Steckbare Optiken würden zwar ständig weiterentwickelt, hätten sich aber auch als Fehlerquelle in Rechenzentrumsnetzwerken erwiesen, so die Marktanalysten von Omdia. Angesichts höherer Datenraten und steigender Komplexität der Module seien deshalb neue Prüfstrategien nötig. In der Praxis bedeutet das, für herkömmliche LWL-Verbindungstechnik, wie die weit verbreiteten MTP-/MPO-Stecker, besonders geschulte Mitarbeiter zu gewinnen, die mit höchster Sorgfalt zu Werke gehen. Unerlässlich ist zudem der Einsatz von kostenintensiven Reinigungskits sowie spezieller Abnahme-Werkzeuge, für die Mitarbeiter ebenfalls speziell geschult werden müssen. Nur so lassen sich Verschmutzungen, die eine Datenübertragung beeinträchtigen, von vornherein vermeiden oder zumindest rechtzeitig entdecken und beheben.

## Effizienteres Steckkonzept

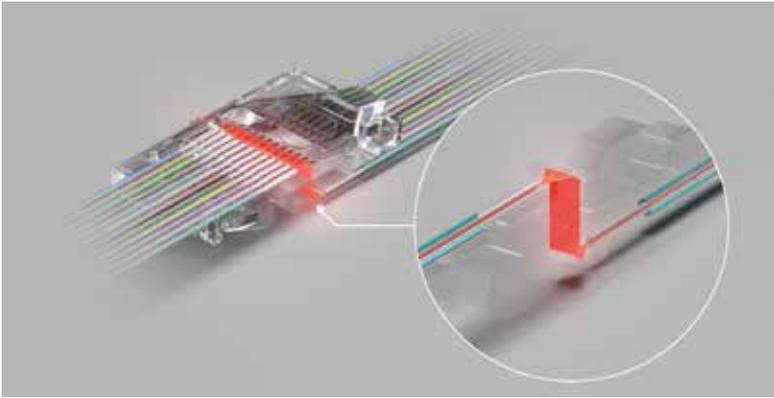
Neben diesem Stecksystem, das international in der IEC 61754-Reihe als MPO herstellerunabhängig standardisiert ist,

**MES** THE CONNECTOR

## Lecker Stecker!

Ob geschnitten oder am Stück:  
Hausgemacht schmeckt's doch am besten!  
**JETZT PROBIEREN!**

[mes-electronic.de](http://mes-electronic.de)



Die EBO-Technologie weitet den Lichtstrahl im Stecker mittels Linse auf und bündelt es auf der Gegenseite wieder.

gibt es allerdings auch eine Alternative, die deutlich weniger fehleranfällig ist und dadurch wesentlich einfacher zu installieren ist. Die durch 3M patentierte EBO-Technologie (Expanded Beam Optical) basiert darauf, den Lichtstrahl im Stecker nicht einfach linear weiterzuleiten, sondern mittels Linse aufzuweiten und auf der Gegenseite wieder zu bündeln. Wo ein Schmutzpartikel den linearen Lichtstrahl zu einem großen Teil verschattet oder sogar ganz blockiert, wird im aufgeweiteten Strahl nur ein Bruchteil des Lichts absorbiert und dadurch die Datenübertragung nicht beeinträchtigt.

Ein weiterer Vorteil: Anders als bei der MTP-/MPO-Verbindungstechnik, die auf „männlichen“ und „weiblichen“ Steckern basiert, arbeitet das EBO-Steckerkonzept mit Ferrulentechnologie, die jeweils um 180 Grad gedreht ineinanderpassen („Hermaphrodit“). Darüber ermöglicht das Ferrulendesign einen Einsatz sowohl für Multimode- wie für Singlemode-Anwendungen. Die EBO-basierende Verkabelung kann dementsprechend wesentlich einfacher durchgeführt werden, da aufwändige Reinigungskits und komplizierte Messungen weitgehend entfallen. Bis zu 85 Prozent weniger Zeitaufwand lässt sich mit den EBO-Steckern realisieren – oder anders ausgedrückt: in der gleichen Zeit können bis zu sechs Mal so viele Steckverbindungen geschaltet werden. Zudem muss das Personal im Vorfeld nicht im gleichen Maße aufwändig geschult werden. Gleichzeitig gewährleistet die EBO-Technologie extrem hohe Steckzyklen bei gleichbleibender Performance – auch ohne die Endflächen zu reinigen.

### Formfaktor angepasst

Während die EBO-Technologie zunächst mit einem eigenen Stecker antrat, ist die jüngste Version äußerlich mit der verbreiteten MTP-/MPO-Technik identisch. Der EBO MPE-12-Stecker besteht aus einem MPO-Steckergehäuse mit einer EBO- statt einer MT-Ferrule. Der „Footprint“ in Bezug auf den Platzbedarf ist somit von MTP/MPO- zu EBO-MPE-Stecker identisch. Anwender können so einfacher auf die robustere und effizientere EBO-Technologie umsteigen. Der übereinstimmende Footprint

bedeutet, dass bestehende Hardware nicht umdesignt oder ausgetauscht werden muss, sondern lediglich die Verbindungstechnik angepasst werden muss. Dies ermöglicht es beispielsweise, Panel mit MTP/MPO-Kupplungen weiter zu nutzen, wenn Trunks mit dazugehörigen Patchkabeln und Harnessen mit EBO MPE-12-Steckern zum Einsatz kommen. Auch die Kupplungen können bei einer solchen Umrüstung gegebenenfalls 1:1 weiterverwendet werden, ebenso Gehäuse oder Einschubboxen.

### Für harsche Umgebungen geeignet

Das EBO-Ferrulenkonzep kann seine Vorteile aber nicht nur im Rechenzentrum ausspielen. Die Verbindungstechnik hat sich auch in Harsh-Environment-Anwendungen bereits bewährt, sogar im Outdoor-Einsatz. Auf Radar-Stationen und in militärischen Anwendungen, in denen es schwierig ist, Verschmutzungen auszuschließen, ebenso bei Medizin-Anwendungen, in denen außergewöhnlich viele Steckprozesse auftreten, gewährleistet die EBO-Technologie robuste und zuverlässige Verbindungen – auch unter dem Einfluss von Feuchtigkeit und UV-Strahlung oder in Temperaturbereichen, die jenseits dessen liegen, was im Rechenzentrum Standard ist.

### Fazit

Die standardisierte MPO-/MTP-Technologie hat sich über viele Jahre bewährt, erfordert aber besondere Sorgfalt und hohen Aufwand bei der Installation. Wo entsprechend geschultes Personal fehlt oder das Zeitfenster für Installation oder Umrüstung knapp bemessen ist, bietet das EBO-Steckerkonzept mit den MPO-kompatiblen Kupplungen, die mit einer 3M™ EBO Next Gen-Ferrule bestückt werden, eine interessante Alternative. Denn die MPE-Stecker reduzieren den Reinigungs- und Prüfaufwand erheblich, so dass mehr Stecker in kürzerer Zeit installiert werden können, und sogar noch Nebenkosten für Cleaning-Kits und spezialisierte Messtechnik eingespart wird. Zudem ermöglichen die EBO-Stecker eine höhere Zahl an Steckzyklen, was den Installationsaufwand über die Jahre ebenfalls reduziert.

## TESTING & MEASUREMENTS

Hochfrequenztechnik im Zeitalter  
wachsender Datenmengen ...ab Seite 50

TITELBILD-SPONSOR: SIGLENT



**SIGLENT**

**BETRIEBSZUVERLÄSSIGKEIT**  
Stromversorgungen im  
Härtetest s. 46

**HOCHFREQUENZTECHNIK**  
Drahtlose Kommunikation  
im Griff s. 50

**PRE-COMPLIANCE-TESTS**  
Signalemissionen visualisieren  
und lokalisieren s. 52

## INDUSTRIELLE STROMVERSORGUNGEN IM HÄRTETEST

# Betriebszuverlässigkeit garantieren

Eine hohe Betriebszuverlässigkeit ist von entscheidender Bedeutung, um sicherzustellen, dass Stromversorgungen den Dauerbetrieb von Geräten unterstützen können, insbesondere in anspruchsvollen Umgebungen wie der Industrie. Wir werfen einen Blick auf die Betriebszuverlässigkeit: Was sie ist, wie man sie misst und wie Betriebszuverlässigkeit: Stromversorgungen konzipiert sind, um sie zu maximieren.

TEXT: Recom Power BILDER: iStock: Dragon Claws, Ladislav Kubeš, sergeyryzhov

Die Betriebszuverlässigkeit ist ein Maß dafür, wie gut eine Stromversorgung ihre beabsichtigte Funktion ohne Ausfall erfüllen kann. Zu den wichtigsten Aspekten der Betriebssicherheit von Stromversorgungen gehören:

**Konsistente Leistung:** Das Netzteil muss eine stabile und genaue Spannung und Stromstärke ohne Schwankungen liefern, die den Betrieb der angeschlossenen Geräte stören könnten.

**Langlebigkeit:** Das Netzteil sollte den Umgebungsbedingungen, unter denen es arbeiten muss, standhalten können.

**Minimale Ausfallzeiten:** Die Stromversorgung sollte eine niedrige Ausfallrate haben und so konzipiert sein, dass die Wahrscheinlichkeit von Unterbrechungen minimiert wird, damit die Geräte so weit wie möglich in Betrieb bleiben.

**Haltbarkeit:** Das Netzteil sollte eine lange Lebensdauer haben, damit es nicht so häufig ausgetauscht oder repariert werden muss, was zur Zuverlässigkeit des Systems insgesamt beiträgt.

**Einhaltung von Normen:** Das Netzteil sollte die einschlägigen Industrienormen und Zertifizierungen erfüllen, die häufig Anforderungen an Zuverlässigkeit und Sicherheit enthalten.

## Stromversorgung und Industrie

Die Auslegung auf die Anwendungsumgebung ist der Schlüssel zur Maximierung der Betriebszuverlässigkeit des Netzteils. In der rauen Industrieumgebung gibt es eine Vielzahl von Bedingungen, die schlecht konzipierten Netzteilen zum Verhängnis werden können. Zu den klimabedingten Belastungen zählen extreme Hitze und Kälte, Temperaturschwankungen, Staub, Feuchtigkeit und Nässe einschließlich Salzsprühnebel. Zu den mechanischen Belastungen können Stöße und Vibrationen gehören. Elektrische Belastungen können Überspannungen, Einbrüche und Transienten sein. Schauen wir uns einige dieser Belastungen genauer an.

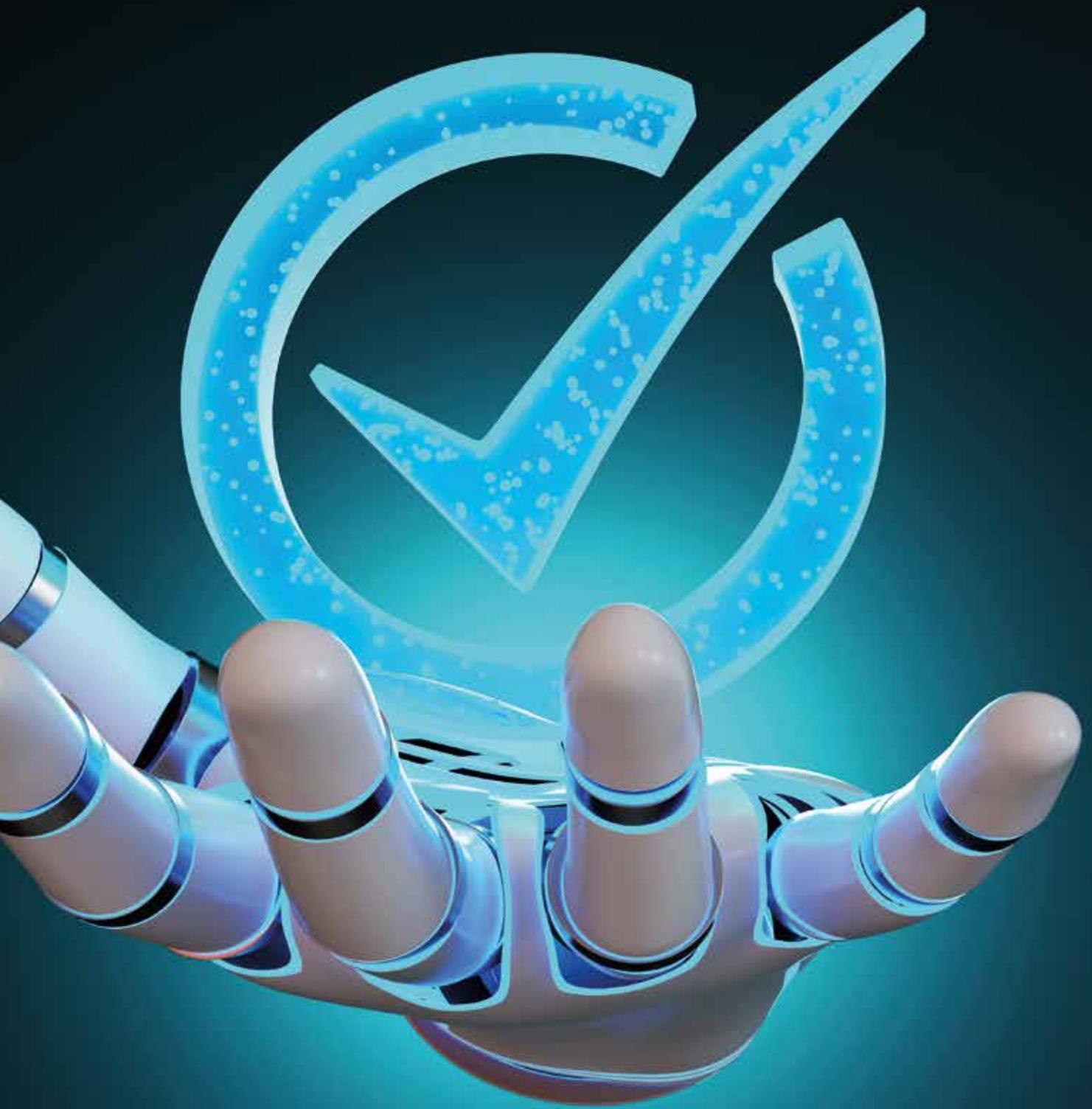
Zu den elektrischen Belastungen gehören häufige oder extreme Schwankungen der Eingangsspannung wie Überspannungen, Spannungsabfälle oder Spannungsspitzen. Diese können die Stromversorgungskomponenten, insbesondere Kondensatoren und Halbleiter, belasten und zu einem vorzeitigen Ausfall führen. Bei AC/DC-Stromversorgungen kann eine schlechte Qualität der Eingangsspannung zu harmonischen Verzerrungen, elektrischem Rauschen und transienten Störungen in der Eingangsleistung führen, was im Laufe der Zeit zu einer Belastung und Verschlechterung der Stromversorgungskomponenten führt.

In vielen industriellen Umgebungen gibt es ein hohes Maß an elektromagnetischen Störungen (EMI), die von zahlreichen Quellen ausgehen können. Typische EMI-Erzeuger sind Schaltgeräte wie frequenzvariable Antriebe (VFDs) und Wechselrichter, Industriegeräte wie Schweißgeräte und Plasmaschneider, Industriegeneratoren oder auch andere Stromversorgungen. Hohe EMI-Werte können die Zuverlässigkeit von Stromversorgungen erheblich beeinträchtigen.

Andere elektrische Belastungen sind fehlende Zyklen, wenn ein oder mehrere Wechselstromzyklen nicht an den Eingang des AC/DC-Netzteils geliefert werden. Dies kann durch vorübergehende Störungen, Unterbrechungen oder Schaltvorgänge im Stromverteilungsnetz geschehen. Ausgelassene Zyklen können zu Gleichstromausfällen führen, die die Alterung und den Verfall von Komponenten beschleunigen.

Temperaturextreme. Eine häufige Ursache für Ausfälle sind zu hohe Temperaturen oder Temperaturschwankungen. Die meisten sind auf thermische Spannungen zurückzuführen, die durch unterschiedliche Wärmeausdehnungs-







Netzteile sollte eine lange Lebensdauer haben, damit es nicht so oft ausgetauscht oder repariert werden müssen.

koeffizienten (WAK) der verschiedenen Materialien verursacht werden. Extreme Temperaturen beeinträchtigen sowohl elektrische als auch einige mechanische Komponenten.

Stöße und Vibrationen sind in industriellen Umgebungen häufig anzutreffen. Sie können mechanische Spannungen in elektronischen und mechanischen Komponenten verursachen. Häufige Folgen sind Risse in Lötstellen, das Lösen von Schrauben und anderen Befestigungselementen sowie Metallermüdung.

### Messung der Betriebssicherheit

Die Messung der Betriebszuverlässigkeit industrieller Stromversorgungen beinhaltet die Bewertung ihrer Fähigkeit, unter den vorgegebenen Bedingungen über einen längeren Zeitraum hinweg konstant zu funktionieren. Es gibt verschiedene Methoden zur Bewertung der Betriebszuverlässigkeit, aber statistische Zuverlässigkeitsmessungen wie MTBF (Mean Time Between Failure) sind kein guter Indikator für die tatsächliche Betriebslebensdauer.

MTBF liefert nur einen allgemeinen Hinweis auf die Zuverlässigkeit und gibt keine Auskunft über die Arten von Ausfällen oder deren Ursachen. Noch wichti-

ger ist, dass die MTBF in der Regel unter kontrollierten Testbedingungen berechnet wird, die die vielfältigen und rauen Umgebungen, in denen Stromversorgungen eingesetzt werden, nicht vollständig abbilden können. Die Anwendungsumgebung kann die tatsächliche Zuverlässigkeit erheblich beeinflussen.

Nach den Erfahrungen der Reconn-Kunden sind die meisten Frühausfälle auf Eingangsspannungstöße und nicht auf die Alterung der Komponenten zurückzuführen, so dass sie bei MTBF- und ähnlichen Berechnungen nicht angemessen berücksichtigt werden.

### Betriebssicherheit maximieren

Stromversorgungen verfügen über zahlreiche Funktionen zur Verringerung der elektrischen Belastung und zur Maximierung der Betriebssicherheit.

### Industriefreundliche Designs

Die Netzteile zeichnen sich durch ein fortschrittliches thermisches Design und einen hohen Wirkungsgrad aus und ermöglichen den Betrieb bei Volllast über einen erweiterten Temperaturbereich, um die Belastung der Komponenten zu minimieren. Viele Designs verfügen über eine Ausgangsspannungs-Trimmung, die hilft,

Spannungsabfälle auf sehr langen Kabeln deutlich zu kompensieren.

### Max. Eingangsspannungsbereich

Stromversorgungen verfügen über einen großen Eingangsbereich. Typische Beispiele sind AC/DC-Versorgungen mit 85 - 264VAC Eingängen und DC/DC-Versorgungen mit 4,0 - 36,0VDC Eingängen.

### Spannungsaussetzer vermeiden

AC/DC-Wandler für den industriellen Einsatz erfüllen IEC/EN61000-4-11:2004+A1:2017, Kriterium B für Spannungseinbrüche und Unterbrechungen. Kontaktieren Sie uns für die Details.

### Schutz vor Überspannung

Da Eingangsspannungsspitzen die häufigste Ursache für frühzeitige Ausfälle sind, müssen industrielle Stromversorgungen über mehrere Schutzvorrichtungen verfügen. Außerdem müssen sie über eine robuste Eingangsfiltrierung verfügen. Recom hat auch eine Reihe von Überspannungsschutzmodulen für die Leiterplattenmontage entwickelt, die spezifischen Industrienormen wie den Spezifikationen RIA12, NF F 01-510 und EN50155 für Schienenfahrzeuge oder den militärischen Überspannungs-



Eine ständige Kontrolle der technischen Parameter garantiert eine zuverlässige Betriebssicherheit.

schutznormen MIL-STD-416G oder MIL-STD-1275E entsprechen. Die RSP-Serie ist mit 20W, 45W, 150W, 200W oder 300W Dauerleistung für 110VDC oder 24/28VDC Nenn Eingangsspannungen erhältlich. Die Serie RSPxxx-168 kann Eingangsspannungsspitzen von bis zu 385VDC verarbeiten.

### EMI-Filterung

Wenn ein EMI-Schutz erforderlich ist, enthalten die meisten Recom-Datenblätter vorgeschlagene Filterschaltungen, die den Industriespezifikationen entsprechen. Recom hat auch eine Reihe von kostengünstigen Induktivitäten entwickelt, die für den Einsatz mit DC/DC-Wandlern optimiert wurden und deren EMV-Leistung durch leitungsgebundene und gestrahlte EMI-Messungen in unserer hauseigenen EMV-Prüfeinrichtung überprüft wurde. In Verbindung mit Stromwandlern bieten sie eine Komplettlösung zur EMI-Reduzierung.

### Überstromschutz am Ausgang

Überstromschutz am Ausgang (OCP) minimiert die Auswirkungen von fehlenden Zyklen und Aussetzern, indem der Laststrom zum Schutz der Stromversorgung elektronisch begrenzt wird. Typische Techniken sind die Begrenzung des Stroms

auf einen bestimmten Wert, das „Fold-back“ des Stroms auf einen sicheren Wert bei steigender Last oder der „Hiccup“-Schutz (der Ausgang wird ausgeschaltet und nach einer Verzögerung wieder eingeschaltet). Wenn die Überstrombedingung immer noch besteht, wiederholt sich der Zyklus).

### Einfacher Austausch

Natürlich kann alles scheitern – auch Recom-Netzteile. Wenn das Unvermeidliche schließlich eintritt, ist ein einfacher Austausch wichtig, um Ausfallzeiten auf ein Minimum zu reduzieren. Eine Möglichkeit, den Austausch zu vereinfachen, ist die Verwendung eines Standard-Formfaktors, zum Beispiel eines DIN-Schienen-Netzteils.

### Fazit

Eine hohe Betriebssicherheit ist ein wesentliches Kriterium bei einer Stromversorgung für den industriellen Einsatz. In diesem Beitrag wurden einige der Faktoren, die sich auf die Betriebszuverlässigkeit auswirken, und einige der Konstruktionsmerkmale, die Recom in seine Stromversorgungen einbaut, um eine lange Lebensdauer in der anspruchsvollen Industrieumgebung zu gewährleisten, erläutert.



**Weil  
manchmal  
alles von  
genau  
18 Volt  
abhängt.**

[datatec.eu/future](http://datatec.eu/future)





HOCHFREQUENZTECHNIK IM ZEITALTER WACHSENDER DATENMENGEN

## Drahtlose Kommunikation im Griff

Mit der Weiterentwicklung drahtloser Kommunikation, neuen Mobilfunkstandards und der wachsenden Verbreitung von IoT- und Radartechnologien steigt die Nachfrage nach leistungsstarken Hochfrequenzlösungen stetig. Entwickler und Ingenieure stehen vor zunehmend anspruchsvolleren Herausforderungen – insbesondere bei der Erzeugung komplex modulierter Signale, die für moderne Kommunikations- und IoT-Anwendungen unverzichtbar sind.

TEXT: Thomas Rottach, Siglent BILDER: Siglent

Künstliche Intelligenz, Virtual und Augmented Reality sowie Videostreaming treiben den globalen Datenverkehr in ungeahnte Höhen. Ein Großteil dieser Daten wird über Funkkanäle transportiert, weshalb die Weiterentwicklung von 5G, 6G und modernen Wi-Fi-Standards essenziell ist. Die Herausforderung besteht darin, das begrenzte Frequenzspektrum möglichst effizient zu nutzen. Höhere Modulationsordnungen können den Datendurchsatz steigern, ohne die belegte Bandbreite erheblich zu vergrößern. Dadurch wird allerdings die Übertragung anfälliger für Störungen und die Signalerzeugung wird wesentlich komplexer. Ist die spektrale Effizienz ausgereizt, werden größere Bandbreiten genutzt, um mehr Daten zu transportieren. Diese Maßnahmen fordern eine ständige Weiterentwicklung der Hochfrequenz- und Messtechnik, insbesondere in den Bereichen Linearität, Signalreinheit und Messgenauigkeit.

### Fortschritte in der drahtlosen Kommunikation

5G-Netze nutzen bereits Bandbreiten von bis zu 400 MHz, insbesondere für mmWave-Signale. Die nächste Generation, 6G, plant mit Bandbreiten im Gigahertz-Bereich und wird damit neue Möglichkeiten für Hochgeschwindigkeitskommunikation eröffnen. Satelliteninternet erfordert ebenfalls hohe Bandbreiten, um Breitbandverbindungen über große Distanzen zu gewährleisten.

Unternehmen aus den Bereichen Netzwerkausrüstung, Mobilfunk und Chipfertigung müssen sicherstellen, dass ihre Technologien den hohen Anforderungen gerecht werden. Wichtige Messungen wie Modulationsanalysen zur Sicherstellung der Signalqualität, Spektrumanalysen zur Einhaltung regulatorischer Vorgaben oder Netzwerkanalysen zur Optimierung von



Leistungsfähige HF-Messtechnik sichert die Weiterentwicklung von 5G, 6G und Satellitenkommunikation.

Antennen und HF-Bauteilen sind essenziell. BER-Tests (Bit Error Rate) helfen zudem, die Qualität der Datenübertragung zu bewerten. Hierbei bietet Siglent leistungsfähige Lösungen wie die SSA5000A-Serie für hochauflösende Spektrumanalysen sowie die SNA6000A-Serie als Flaggship-VNA mit exzellenter Performance und vielfältigen Funktionen.

## Hochfrequenztechnik in der Automobilindustrie

Moderne Fahrzeuge setzen verstärkt auf Hochfrequenztechnologien, insbesondere in den Bereichen Radar, V2X-Kommunikation und Elektromobilität. Radar-Sensoren im Bereich von 77 bis 81 GHz spielen eine zentrale Rolle für Fahrerassistenzsysteme und autonomes Fahren. Automobilhersteller, Zulieferer und Halbleiterproduzenten benötigen zuverlässige Testverfahren, um Radarwellen zu analysieren und Störeinflüsse zu minimieren. Zudem sind EMV-Prüfungen notwendig, um sicherzustellen, dass elektronische Systeme im Fahrzeug nicht durch elektromagnetische Strahlung beeinträchtigt werden. Leistungselektronik-Tests helfen dabei, die Effizienz von Wechselrichtern und Ladeinfrastrukturen zu optimieren. Siglent unterstützt diese Anwendungen mit dem HF-Generator SSG6082A-V, der eine herausragende Signalqualität und eine Modulationsbandbreite von bis zu 1 GHz bietet, sowie mit den mobilen Lösungen SHA850A und SHN900A, die sich ideal für flexible Vor-Ort-Messungen eignen.

## Für Luft- und Raumfahrt sowie Verteidigung

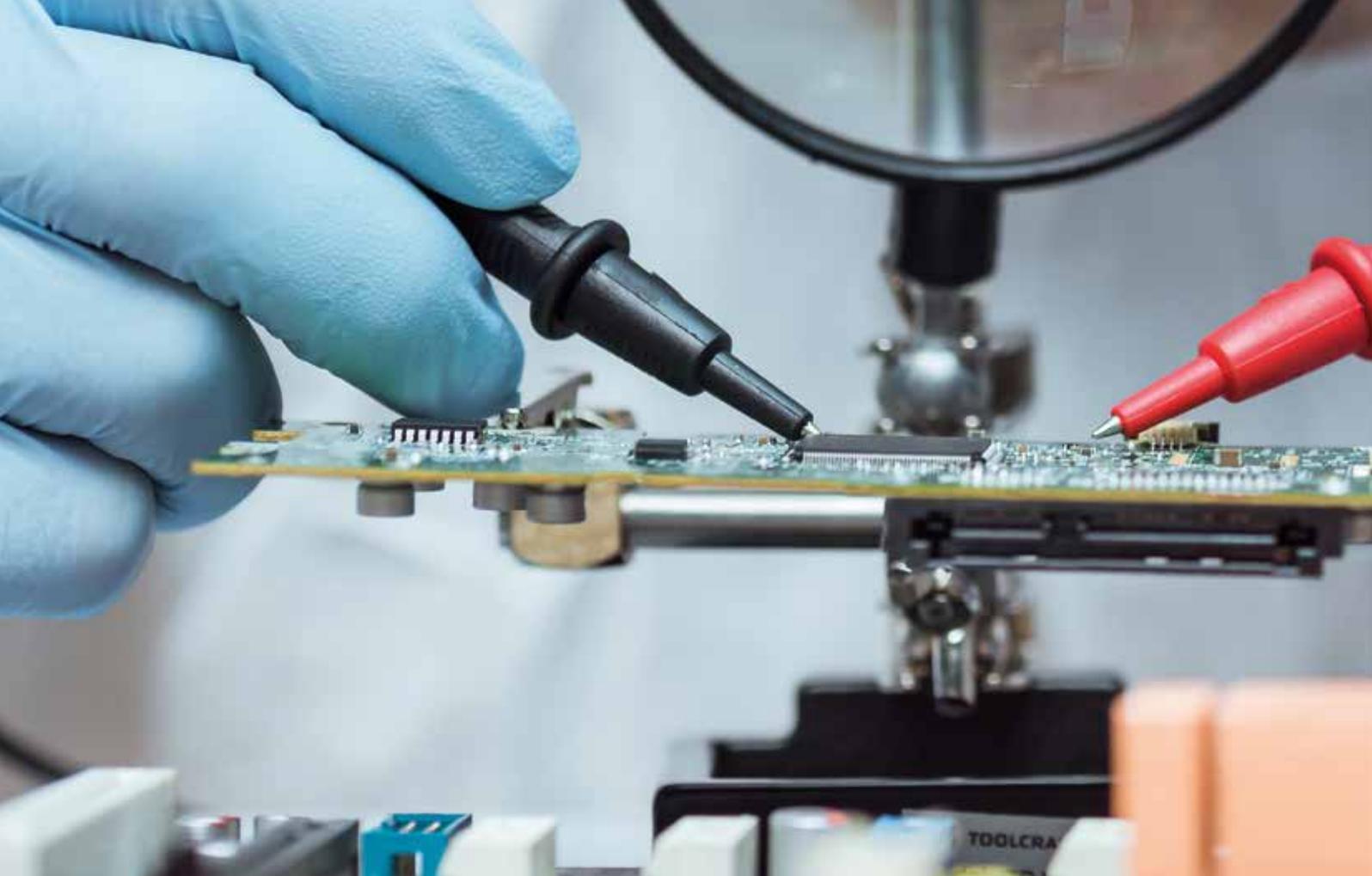
Auch in der Luft- und Raumfahrt sowie der Verteidigungsindustrie spielen Hochfrequenztechnologien eine entscheidende Rolle. Satellitenkommunikation erfordert eine hohe spektrale Reinheit und minimales Phasenrauschen, um eine stabile Verbindung zu gewährleisten. Radarquellen müssen

präzise charakterisiert werden, um Reichweite und Auflösung zu optimieren. Zudem sind Hochfrequenz-Leistungsmessungen essenziell, um Verstärker in Kommunikations- und Radarsystemen zu validieren. Die SSA5000A-Serie von Siglent bietet hier exzellente Möglichkeiten zur Spektrumanalyse, während der Vektornetzwerkanalysator SNA6000A umfassende Netzwerkcharakterisierungen ermöglicht.

## Zukunftssichere Messtechnik

Mit der steigenden Komplexität und den wachsenden Anforderungen an moderne Kommunikationssysteme steigt auch der Bedarf an präzisen Messlösungen. Fortschrittliche Oszilloskope, Netzwerkanalysatoren und Spektrumanalysatoren sind unverzichtbar, um die Performance neuer Technologien sicherzustellen. Die Messtechnik von morgen muss nicht nur höhere Frequenzen und Bandbreiten abdecken, sondern auch eine sehr gute Signalreinheit und Messgenauigkeit bieten.

Siglent stellt dafür eine breite Palette an Hochfrequenz-Messlösungen bereit. Der HF-Generator SSG6082A-V besticht durch sein exzellentes Phasenrauschen und eine Modulationsbandbreite von 1 GHz. Die SSA5000A-Serie bietet präzise Spektrumanalysen, während die SNA6000A-VNA-Serie umfangreiche Netzwerkcharakterisierungen ermöglicht. Für mobile Anwendungen sind die Handheld-Lösungen SHN900A (VNA) und SHA850A (Spektrumanalysator) ideal. Mit diesen leistungsstarken Werkzeugen können Unternehmen die aktuellen und kommenden Herausforderungen in der Hochfrequenztechnik meistern und die Zukunft der drahtlosen Kommunikation aktiv gestalten.



MIT DEM EMV-NAHFELDSCANNER SIGNALEMISSIONEN VISUALISIEREN UND LOKALISIEREN

## Pre-Compliance-Test im Entwicklungslabor

In der Praxis stellt sich die EMV-Fehlersuche oft als komplexer und zeitaufwändiger Prozess heraus. Zu spät entdeckte Auffälligkeiten in der Elektronikentwicklung können zu kostspieligen Redesigns führen und die Markteinführung verzögern. Durch den Einsatz eines Nahfeldscanners ist eine Vereinfachung und Beschleunigung der EMV-Messungen möglich.

TEXT: Frank Heller, DataTec BILDER: DataTec; iStock, D-Keine

Ein Nahfeldscanner lokalisiert schnell und effizient Störquellen auf Leiterplatten oder anderen gehäusten und ungehäusten Elektronikbauteilen. Kombiniert mit einem Spektrumanalysator ermöglichen EMV-Scanner wie der hier gezeigte SCN-Scanner von Pendulum eine hochauflösende 3D-Darstellung der Störaussendung. Damit wird die Reproduzierbarkeit und Vergleichbarkeit von Messungen mit der Nahfeldsonde möglich.

Entwicklungsingenieure müssen bei ihren Projekten oftmals straffe Zeitpläne einhalten. Jede Verzögerung auf dem Weg zur Produkteinführung kann sich als äußerst kostspielig erweisen

und die Marktposition schwächen. Viele Elektronikprodukte entsprechen bei der formellen EMV-Konformitätsprüfung, die in der Regel am Ende des Entwicklungszyklus ansteht, nicht direkt den geltenden Normen und Vorgaben. Nachgelagerte Arbeitsschritte zur EMV-Fehlersuche, Isolierung und Behebung des Problems können die Folge sein. Es ist daher sinnvoll, EMV-Tests als vorbeugende Maßnahme bereits in den Entwicklungsprozess zu integrieren, um unerwünschte Signalemissionen frühzeitig zu entdecken. Dies ist kosteneffizienter als ein aufwendiges Redesign und erhöht die Wahrscheinlichkeit, die EMV-Konformitätsprüfung gleich beim ersten Versuch zu bestehen.



Mit der zunehmenden Einführung von Geräten auf Basis von Wide-Bandgap-Halbleitern steigt auch der Umgang mit Hochspannung und hohen Schaltgeschwindigkeiten. Schnell schaltende Kondensatoren und Spulen beispielsweise begünstigen wiederum elektromagnetische Störeffekte (EMI) in Form von leitungsgebundenen und abgestrahlten Emissionen. Die zentralen Fragestellungen im Rahmen von EMV-Tests bei der Produktentwicklung lauten unter anderem: Wie lassen sich Störquellen und Kopplungsmechanismen identifizieren und lokalisieren? Und wie lässt sich die Wirksamkeit von Designanpassungen auf die Signalemissionen unmittelbar darstellen und bewerten?

## Die Bedeutung von EMV-Tests

Elektromagnetische Störaussendungen (EMI, Electromagnetic Interference) werden durch ungewollte elektromagnetische Felder verursacht. Sie können die Signalqualität und ordnungsgemäße Funktion anderer elektronischer Geräte beeinträchtigen. Um die EMI-Strahlung gesamtheitlich zu minimieren, müssen lokale Emissionsquellen auf den integrierten Komponenten frühzeitig identifiziert und behoben werden. Die Bewertung elektromagnetischer Störstrahlung erfolgt über Messungen mit speziellen Nahfeldsonden (H- und E-Feld-Sonden). Als Teil des Pre-Compliance-Tests kann auf diese Weise

sichergestellt werden, dass die Emissionen mit den geltenden EMV-Normen und Standards vereinbar sind.

Pre-Compliance-Tests werden empfohlen, um mögliche Probleme in einem frühen Stadium der Entwicklungsphase zu erkennen. Die EMV-Konformitätsprüfung stellt anschließend eine wesentlich kleinere Hürde dar. Redesigns, Verzögerungen und zusätzliche Kosten in der späteren Projektphase lassen sich vermeiden. Pre-Compliance-Tests erlauben jederzeit eine detaillierte Analyse der Signalemissionen, sodass entsprechende Korrekturmaßnahmen ergriffen werden können.

Der formelle EMV-Konformitätstest wird in der Regel von zertifizierten Prüflaboren durchgeführt, kann in einigen Fällen aber auch vom Hersteller selbst übernommen werden. Konformitätstests müssen die strengen Vorgaben und präzisen Verfahrensweisen der EMV-Normen erfüllen. Da dies eine spezielle Ausrüstung sowie Absorberkammern und qualifiziertes Personal erfordert, sind Konformitätstest mit hohen Kosten verbunden.

## Entwicklung und Qualitätssicherung

Der EMV-Scanner SCN-500 der schwedischen Firma Pendulum ist ein effizientes Pre-Compliance-Tool für die Messung und



EMV-Scanner Serie SCN-500  
von Pendulum

Analyse elektromagnetischer Störungen. Der Scanner hilft dabei, die Emissionsquellen zu lokalisieren und verschiedene Konstruktionslösungen durch wiederholte Messungen miteinander zu vergleichen. Der Scanner nutzt ein XYZ-Positioniersystem, um 2D-, 3D- oder 4D-Emissionsanalysen von elektronischen Bauteilen durchzuführen. Elektromagnetische Hotspots werden in einer farbigen Kartendarstellung sichtbar gemacht. Für ein komplettes EMV-Messsystem benötigt man den Scanner SCN-500 mit auswählbarem SONDENSATZ, einen PC mit Scanner-Software und einen Spektrumanalysator. Dieser muss auf den Frequenzbereich der relevanten Signalemissionen abgestimmt sein. Bei sehr kleinen Störsignalen empfiehlt sich ein Vorverstärker. Die Scanner-Software unterstützt eine Vielzahl kompatibler Spektrumanalysatoren von unterschiedlichen Herstellern, zum Beispiel die Geräteserie FPL1000 von Rohde & Schwarz.

Der SCN-Scanner zeichnet sich durch seine präzise Abtastung in 0,1-mm-Schritten aus. Er ist für drei unterschiedlich große Arbeitsbereiche bis zu 600 x 400 x 300 mm verfügbar. Die maximale Dimension des Prüflings ist demnach durch den mechanischen Aufbau des Scanners limitiert, er kann jedoch in y-Richtung verschoben werden. Alle Modelle können jeweils mit 3-, 6- oder 10-GHz-Sonden verwendet werden. Die mitgelieferten Sonden decken vielfältige Applikationen ab. Sie detektieren H- und E-Felder und sind sowohl für niederfrequente als auch für hochfrequente Störer geeignet, die senkrecht vom Prüfling abgestrahlt werden oder seitlich austreten, zum Beispiel an Kabel- oder Gehäuseübergängen.

### Vorteile der 3D-Messung

Bei der zweidimensionalen Messung mit dem EMV-Scanner bewegt sich die Nahfeldsonde in einem definierten, festen Abstand über oder unter dem Prüfling. Der 2D-Scan empfiehlt sich daher nur bei Objekten mit sehr geringen Höhendifferenzen.

Die 3D-Messung berücksichtigt dagegen die Oberflächenform des Prüflings und scannt diesen mit konstantem Abstand zu den jeweiligen Messpunkten ab. Kleine Komponenten werden so genauer erfasst, selbst wenn sie von großen Bauteilen wie Kondensatoren oder Kühlkörpern umgeben sind.

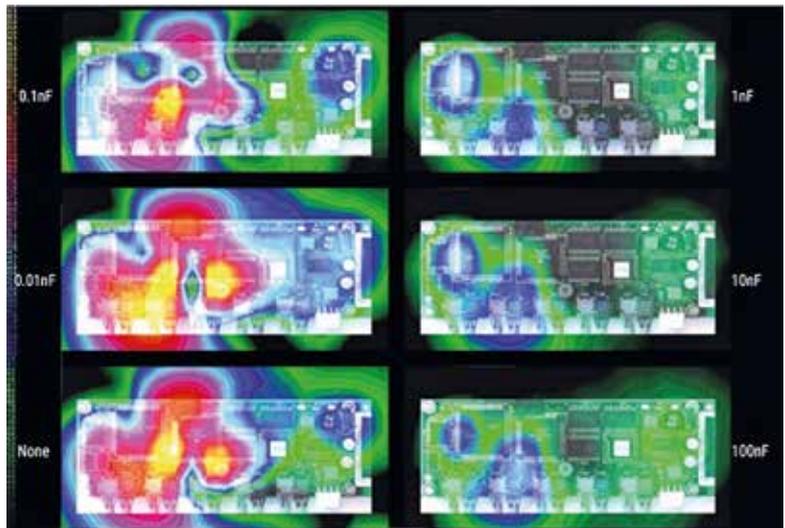
Die 4D-Modellvarianten des SCN-Scanners sind zusätzlich mit einer Rotationsfunktion für die Nahfeldsonde ausgestattet. Während der Messung wird mittels Drehung der Sonde die Position mit der stärksten Signalerfassung ermittelt und die zugehörige Amplitude abgespeichert. Dieser Vorgang wiederholt sich in jeder Messposition. Unterschiedliche Empfindlichkeiten der Sonde aufgrund verschiedener Messwinkel können so ausgeschlossen werden, was die Messung an Kabeln und insbesondere an Schirmgehäusen vereinfacht.

### Die Störfestigkeit testen

EMV-Konformität beinhaltet auch die Störfestigkeit (EMS, Electromagnetic Susceptibility) gegenüber externen Einflüssen, um zu gewährleisten, dass ein Gerät in einer typischen, elektromagnetischen Umgebung ordnungsgemäß funktioniert. Zur Bewertung der Störfestigkeit bietet der Scanner SCN-500 eine Immunitäts-Softwareoption. Der Messaufbau beinhaltet einen Signalgenerator, eine Antenne (hier: Nahfeldsonde) und ein Error Detection Device (EDD), das die Ausfälle des Prüflings detektiert. Hierbei kann es sich um ein Multimeter handeln oder um ein anderes Gerät mit einer Kommunikationsschnittstelle zur Software. Der PC steuert den Generator und Scanner und bekommt über das EDD die Ausfall-Rückmeldung.

Die ausgegebene Leistung bei Ausfall wird, wie bei der EMI-Messung, grafisch aufbereitet. Die Messungen sind leicht zu interpretieren und für einen objektiven Vergleich reproduzierbar. Während des Messvorgangs bewegt der Scanner die Antenne in

6-fache Messung an einem Prozessor mit unterschiedlichen Vcc-Stützkondensatoren



vorgegebenen Positionen über das Testobjekt. In jeder Messposition wobbelt der Signalgenerator in Frequenz und Amplitude, während das EDD den Ausfall des Prüfobjekts erfasst.

## Messungen mit dem EMV-Scanner durchführen

Für die Messung mit dem EMV-Scanner müssen diverse Parameter wie der Frequenzbereich, die Auflösungsbandbreite oder die Anzahl der Sweeps pro Messpunkt am Spektrumanalysator festgelegt werden. Der Frequenzbereich bestimmt zudem die Auswahl der Nahfeldsonde.

Mit steigender Sweep-Anzahl erweitert sich die Möglichkeit, auch sporadische Signalstörungen zu erfassen. Hierdurch verlängert sich die Messzeit. Der Spektrumanalysator lässt sich vollständig über die Software konfigurieren. Diese bietet auch vordefinierte Messbereiche, die individuell angepasst werden können.

Zur Durchführung einer 2D-Messung müssen die Position des Prüflings auf dem Scanner sowie die Messhöhe definiert werden. Hierbei ist es hilfreich, ein Foto des Bauteils zu importieren, was später auch die Zuordnung der Emissionsquellen erleichtert. Da ein Foto nie verzerrungsfrei vorliegt, ist eine softwareseitige Korrektur erforderlich, indem zunächst vier definierte Punkte mit der Sonde vermessen werden. Bei Prüfobjekten mit unterschiedlichen Bauteilhöhen ist es möglich, mehrere Messbereiche mit jeweils unterschiedlichen Scan-Abständen festzulegen.

Für die 3D-Messung kann eine vorhandene STL-Datei importiert werden. Damit die Software die Sondenposition im Raum erkennt, müssen in einem manuellen Vorgang zunächst verschiedene Messpunkte angefahren werden. Für den Scan wird anschließend der gewünschte Abstand zur Oberfläche des Prüflings angegeben. Der optional verfügbare Laser-Abstandsmesser vereinfacht das Setup, indem automatisch ein 3D-Modell des

Prüflings erstellt wird – ohne CAD-Daten und ohne die manuelle Positionierung des Scanners. Dies spart Zeit und erhöht die Zuverlässigkeit der Messung.

## Interpretation der Messergebnisse

Für die Visualisierung und Interpretation der Messungen sind die Ergebnisse und das Foto des Prüflings zu laden. Beim 2D-Scan ergibt sich der HF-Pegel der Signalemissionen aus dem dargestellten Farbverlauf sowie der Höhe des Messergebnisses. Beim 3D-Scan wird die Messung als Hüllkurve über das 3D-Objekt gelegt. Die Höhe der Hüllkurve entspricht dem Scan-Abstand. Die HF-Pegeldifferenz wird als Farbverlauf visualisiert.

Die Messergebnisse werden zusätzlich in einem Spektrum angezeigt: Das Max-Hold-Spektrum (Bild links) bildet die Maximalamplituden über der gesamte Messfläche ab und macht die emittierten Frequenzen sichtbar. Eine weitere Ansicht (im Bild rechts) stellt das Frequenzspektrum an einem ausgewählten Messpunkt auf dem Prüfobjekt dar. Dieser wird in der grafischen Darstellung mit einem Kreuz markiert.

## Zusammenfassung

Es ist im Allgemeinen kostengünstiger, Designprobleme in Verbindung mit elektromagnetischen Störungen zu einem frühen Zeitpunkt der Produktentwicklung zu lösen. Teure Redesigns und Projektverzögerungen lassen sich so vermeiden. Mit Pre-Compliance-Tests können Signalemissionen von elektronischen Bauteilen jederzeit analysiert werden, um rechtzeitige Korrekturmaßnahmen zu ergreifen. Nahfeldscanner wie der SCN-500 von Pendulum vereinfachen die EMV-Fehlersuche durch 3D-Visualisierung der Störquellen. Dadurch steigt die Wahrscheinlichkeit, den formellen EMV-Konformitätstest beim ersten Versuch zu bestehen.

PASSENDE BAUTEILE FÜR DEN NEWBORN-DUMMY

# Die „Baby-Dummy“-Story

Immer wieder kommt es zu tragischen Vorfällen, bei denen Kleinkinder unbeabsichtigt im Auto zurückgelassen werden – mit potenziell tödlichen Folgen. Um solche Situationen zu verhindern, sollen Neuwagen künftig verpflichtend mit einer „Child Presence Detection“ (CPD) ausgestattet werden. Damit diese Sensortechnik zuverlässig funktioniert, hat 4activeSystems einen speziellen In-Cabin-Dummy entwickelt, dessen technische Bauteile flexibel und schnell über die Conrad Sourcing Platform beschafft wurden.

TEXT: Conrad Electronic BILDER: Conrad Electronic; 4activeSystems iStock, tatyana\_tomsickova

Wissen Sie, wofür der Newborn-Dummy entwickelt wurde? Er sieht einem echten Säugling zum Verwechseln ähnlich – und kann Leben retten! Wie genau das geht und welchen Anteil Conrad an der Entwicklung hatte, davon erzählt dieser Use Case.

## Funktionieren die Sensoren?

**Die Herausforderung:** Immer wieder vergessen Eltern ihre Kleinkinder im Auto. Im schlimmsten Fall, bei extremer Hitze etwa, kann das zum Tod führen. Um das zu verhindern, können Neuwagen

mit einer „Child Presence Detection“ ausgestattet werden. Doch woher weiß man, ob die eingebauten CPD-Sensoren zuverlässig funktionieren?

**Die Lösung:** Um die Funktionalität der komplexen Sensortechnik zu testen,



hat 4activeSystems einen speziellen und individuellen In-Cabin-Dummy für die Insassenerkennung (Occupant Detection) entwickelt. Mit seiner Hilfe kann geprüft werden, ob die in diesem kritischen Umfeld eingebauten CPD-Sensoren effektiv und sicher arbeiten.

**Der Customer-Benefit:** Im Entwicklungsprozess des „Baby-Dummys“ waren immer wieder Anpassungen nötig. Ad hoc galt es für das Entwicklerteam, schnell genau dieses eine spezielle Teil zu beschaffen. In diesen Momenten war Conrad als High Service Distributor zur Stelle.

## You CAN get it...

Hardware und Software  
für CAN-Bus-Anwendungen...



### PCAN-GPS FD

Programmierbares Sensormodul mit CAN-FD-Anbindung zur Erfassung von Position, Lage und Beschleunigung.



### PCAN-M.2

CAN-FD-Interface für M.2-Steckplätze. Erhältlich mit ein, zwei oder vier Kanälen inkl. Software, APIs und Treiber für Windows und Linux.



Optional mit  
J1939-Support

### PCAN-Diag FD

Professionelles Handheld mit 2-Kanal-Oszilloskop zur Diagnose von CAN- und CAN-FD-Bussen auf physikalischer und Protokoll-Ebene.

Irrtümer und technische Änderungen vorbehalten.

[www.peak-system.com](http://www.peak-system.com)

**PEAK**  
System

PEAK-System Technik GmbH

Tel.: +49 6151 8173-20

Fax: +49 6151 8173-29

info@peak-system.com



Im Bedarfsfall zur Stelle: das Expertenteam der Conrad Tochter Electronic Direct unterstützt bei der Sonderbeschaffung elektronischer Bauteile

## Das Baby-Dummy-Projekt im Detail

Im Kurz-Interview erklärt Simon Perle, Produktverantwortlicher Occupant Detection bei 4a, wie das Baby-Dummy-Projekt entstanden ist und wie der ideale Partner gefunden wurde.

### Was sind „Baby-Dummies“ und wofür wurden sie entwickelt?

Hintergrund für die Produktentwicklung sind tragische Vorfälle: Immer wieder vergessen Eltern weltweit ihre Kleinkinder unbeabsichtigt im Auto. Bei extremen Temperaturen kann dies zum Tod durch Hitzschlag führen. Neue Gesetze schreiben vor, dass in Zukunft alle Neuwagen mit einer „Child Presence Detection“, so genannten CPD-Sensoren, ausgestattet werden. Mit diesen KI-Systemen folgen die Entwickler geplanten neuen Sicherheitsvorgaben des Euro NCAP (New Car Assessment Programme), einem europäischen Verband für Fahrzeugsicherheit.

### Was genau war die Aufgabenstellung?

Um die Funktionalität und Zuverlässigkeit des KI-Systems zu testen und zu bewerten, trat der Verband an uns als Testtechnologie-Spezialisten für Fahrzeugsicherheit heran und bat um Unterstützung bei der Entwicklung spezieller Baby-Dummies für die Insassenerkennung (Occupant Detection). Entwicklungsteams

oder Testlabore können mit ihrer Hilfe prüfen, ob die neuen Sensorsysteme effektiv und sicher arbeiten.

### Wie funktioniert der Baby-Dummy?

Bei der Entwicklung und Herstellung von In-Cabin-Dummies haben wir eine Vorreiterrolle eingenommen: Die Baby-Dummies ahmen die optischen Merkmale von Kleinkindern und menschliche Bewegungsmuster sowie Atmung mit bemerkenswerter Genauigkeit nach. Außerdem ist es uns gelungen, einen speziellen Verbundwerkstoff zu entwickeln, der die

Haut der Dummies besonders menschlich erscheinen lässt.

### Wie wurde 4activeSystems auf Conrad aufmerksam?

Unser Unternehmen wurde durch Empfehlungen auf Conrad aufmerksam. Zum Start des Entwicklungsprozesses der Baby-Dummies war die Conrad Sourcing Plattform bereits eine der gelisteten Lieferanten im Unternehmen, um an die benötigten Bauteile zu gelangen. Die langjährige Präsenz und Zuverlässigkeit im Bereich der Elektronikkomponenten macht Conrad zu einem vertrauenswürdigen Partner für 4activeSystems-Projekte.

### Sind weitere gemeinsame Projekte mit Conrad als Beschaffungspartner in Planung?

Ja, es gibt laufend neue Projekte, in denen Produkte von Conrad involviert sind. Eines davon ist die Erweiterung der OD-Familie (Occupant Detection), die derzeit in Arbeit ist. Dieses Projekt zielt darauf ab, die bisherigen Entwicklungen weiter auszubauen und zusätzliche Funktionen, die typisch für Kleinkinder sind, zu integrieren.

### Seit wann gibt es 4activeSystems?

Wir sind ein High-Tech-Unternehmen mit Hauptsitz im österreichischen Traubach und Niederlassungen in Japan und Deutschland. Unser Ziel ist es, innovative



»Wir nehmen bei der Entwicklung von In-Cabin-Dummies eine Vorreiterrolle ein.«

Simon Perle, Produktverantwortlicher Occupant Detection bei 4a



Der von 4activeSystems entwickelte Newborn-Dummy simuliert täuschend echt die Eigenschaften eines Säuglings. Mit seiner Hilfe wird getestet, ob CPD-Sensoren zuverlässig funktionieren, damit keine Kleinkinder im Auto vergessen werden.

Lösungen für die aktuellsten Anforderungen der aktiven Fahrzeugsicherheit zu finden. Dafür ist unser 65-köpfiges Expertenteam weltweit für mehr als 600 Kunden in den Bereichen Automotive, Testing und Certification im Einsatz – bis heute unter der Leitung unseres Gründers Martin Fritz.

## Der Lösungsweg im Detail

Das Kurz-Interview mit Mohamed Saoudi, Director Sales bei Conrad Electronic Österreich, erläutert die Realisierung des ungewöhnlichen Projektes.

### *Wie passen In-Cabin-Dummies und Conrad zusammen?*

Auf der Conrad Sourcing Plattform deckt eine breite Palette an B2B-Kunden ihren technischen Bedarf – vom kleinen Familienbetrieb bis hin zum Großkonzern. Sie alle schätzen unser breites und zugleich auch tiefes Sortiment mit über 10 Millionen Produktangeboten. Auch das österreichische Unternehmen 4activeSystems hat sich für uns als Bezugsquelle entschieden.

### *Wie konnte Conrad als Beschaffungspartner bei der Entwicklung des Newborn-Dummies unterstützen?*

Wir kamen bereits in einer frühen Phase der Entwicklung ins Spiel, insbesondere bei der Auslegung und Entwicklung von elektrischen Bauteilgruppen. Entscheidend

war hierfür vor allem unsere schnelle und zuverlässige Lieferung. Dadurch konnte 4activeSystems rasch reagieren, wenn beispielsweise eine Komponente angepasst werden musste oder fehlte.

### *Welche Teile hat Conrad in diesem speziellen Fall geliefert?*

Conrad lieferte zahlreiche wichtige Teile, die essenziell für die Entwicklung der Baby-Dummies waren – darunter Kabel, Stecker, Chips, Heatpipes und Werkzeug. Diese Vielfalt an Produkten, die einem hohen Qualitätsanspruch genügen müs-



*»Wir sind stolz, dass 4a die Stärken der Sourcing Plattform erkannt hat.«*

Mohamed Saoudi, Director Sales bei Conrad Electronic Österreich

sen, hat es 4activeSystems ermöglicht, ihre Entwicklungsprozesse effizienter zu gestalten und spezifische Probleme schnell zu lösen.

### *Was war die größte Herausforderung im Rahmen der Zusammenarbeit?*

Eine der großen Herausforderungen bestand darin, das Konzept in einem so kleinen Bauraum unterzubringen, was besonders in der Entwicklungsphase eine erhebliche Hürde darstellte. Während des Entwicklungsprozesses wurde die Norm für die Größe des Test-Dummies sogar noch einmal heruntergesetzt. Die Bauteile mussten also in kleinerer Abmessung noch einmal als Alternativprodukt beschafft werden. Auch hier wurde 4activeSystems auf der Conrad Sourcing Plattform fündig und konnte den Entwicklungsprozess reibungslos fortsetzen.

### *Wie lautet Ihr Fazit?*

Wir sind stolz, dass 4activeSystems unsere Stärken erkannt und sich auch bei diesem Projekt für die Conrad Sourcing Plattform entschieden hat. Diese Erfolgsstory zeigt, dass mit zuverlässiger Beschaffung aus einer Hand auch komplexe Produktentwicklungsprozesse an Sicherheit und Effizienz gewinnen. Oder anders gesagt: Wer bei der Beschaffung technischer Bedarfe optimal versorgt sein will, und dabei auch ungeplante Herausforderungen kurzfristig meistern muss, kann auf Conrad zählen.



MIT KI UND EMBEDDED SOFTWARE ZU  
TECHNISCHEN HOCHLEISTUNGSSYSTEMEN

## Perfektion simulieren

Die Entwicklung technischer Systeme erfordert zunehmend eine enge Verzahnung von Software und Künstlicher Intelligenz (KI), um die wachsenden Anforderungen an Komplexität und Dynamik zu erfüllen. Moderne Systeme, wie sie in Bereichen wie der Automobilindustrie oder im Maschinenbau zu finden sind, benötigen eine effiziente Steuerung und Anpassungsfähigkeit. Embedded Software spielt dabei eine zentrale Rolle, indem sie den Betrieb verbessert und flexibler gestaltet. Hierbei können Model-Based Engineering und der Einsatz von KI unterstützen.

TEXT: Frank Graeber, Mathworks BILDER: Mathworks; iStock, ThomasVogel

Die Entwicklung technischer Systeme geht zunehmend mit Fortschritten im Software- und KI-Bereich Hand in Hand. Solche modernen Systeme – oft komplex und mit hohen dynamischen Anforderungen – werden in erster Linie mit ausgefeilten Software-Tools wie MA und Simulink von MathWorks entwickelt, die einen hohen Grad an Qualität und Innovation ermöglichen. Mit diesem wachsenden Entwicklungsanspruch nimmt die Bedeutung von Embedded Software beispielsweise als Steuerungskomponente zu, da sie einen effizienteren und anpassungsfähigeren Systembetrieb ermöglicht.

Zusätzlich erlangt KI sowohl im Systementwurf als auch im operativen Einsatz inzwischen immer mehr Bedeutung bei der Bewältigung von Komplexität und Variabilität solcher fortschrittlicher Systeme. Frank Graeber, Manager Application Engineering bei MathWorks, erläutert im Vorfeld der diesjährigen embedded world, wie Ingenieure Model-Based Engineering beispielsweise zur Entwicklung von Steuermechanismen nutzen können. Er erklärt außerdem, wie der Einsatz von KI ihnen dabei helfen kann, Herausforderungen hochdynamischer Anforderungen zu bewältigen, die Abhängigkeit von physischen Prototypen zu verringern, begrenzte Ressourcen optimal einzusetzen und Zertifizierungsprozesse zu ermöglichen und zu beschleunigen.

## Workflows für die Regelungsentwicklung

Um die benötigten digitalen Funktionen für eingebettete Systeme zu entwickeln, bietet Model-Based Design (MBD) einen strukturierten Rahmen. Indem Algorithmus- und Verhaltensmodelle mit Anforderungen, Leistungsdaten und Testartefakten innerhalb eines einheitlichen digitalen Fadens integriert werden, ermöglicht MBD einen leichteren, kohärenteren Entwicklungsprozess. Dieser Ansatz umfasst den frühen Designentwurf, das Prototyping und die Validierung durch Hardware-in-the-Loop-Tests.

So können Ingenieure beispielsweise bei Batteriemangementssystemen (BMS) im Automobilbereich komplexe Algorithmen

entwickeln und simulieren, sie gegen verschiedene Szenarien testen und automatisch Code für die Hardware-Implementierung generieren. Auf diese Weise können sie eine umfassende BMS-Lösung entwickeln, die in der Lage ist, den Ladezustand zu ermitteln, die Temperatur zu regeln, State-of-Health zu schätzen und die Verteilung der Ladung über die Zellen auszugleichen. Tools wie MATLAB und Simulink können dieses Vorgehen erleichtern. Dieser nahtlose Workflow verkürzt nicht nur den Entwicklungsprozess, sondern gewährleistet auch, dass die endgültige Implementierung robust ist und die festgelegten Designkriterien erfüllt werden.

## Modelle testen, Systeme verifizieren

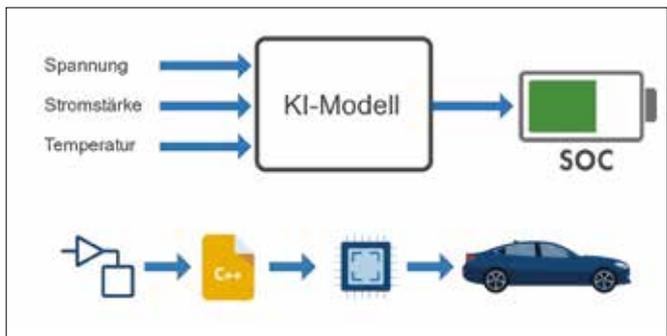
Um Modelle sicher auf Hardware zu implementieren und eine hohe Produktqualität aufrechtzuerhalten, brauchen Ingenieure rigorose Test- und Verifizierungsprozesse. Tools wie Polyspace bieten robuste statische und dynamische Tests für C/C++-Code innerhalb von Continuous-Integration-Pipelines, was es ermöglicht, Fehler frühzeitig zu erkennen und über unterschiedliche Märkte und Sprachen hinweg effizient zusammenzuarbeiten. Mithilfe einer Model-Based Safety Analysis (MBSA), die Fehlermodellierungen und Tests integriert, steht Ingenieuren ein weiterer Ansatz zur Verfügung, um die Verlässlichkeit und Einhaltung von Industriestandards zu gewährleisten. Modulare Back-to-Back-Testframeworks unterstützen zudem Zertifizierungs-Workflows, indem sie Algorithmen auf verschiedenen Hardwareplattformen testen und automatisiert Berichte generieren. Diese Testmethoden helfen dabei, technische Systeme gründlich zu prüfen und die erforderlichen Sicherheits- und Qualitätsstandards zu erfüllen.

## Systeme intelligenter entwickeln

Durch KI ergeben sich neue Möglichkeiten bei der Modellierung von Systemen. Neuronale Netze können beispielsweise die Zustände der Komponenten elektrischer Antriebe abschätzen und die Fehlerklassifikation im Entwicklungsprozess übernehmen. Da KI in der Lage ist, komplexe Datenmuster zu verarbeiten

**IMPRESSUM**

**Herausgeber** Kilian Müller  
**Head of Content Manufacturing** Christian Fischbach  
**Redaktion** Bernhard Haluschak (Managing Editor/verantwortlich/-928), Rieke Heine (freie Mitarbeiterin), Katharina Huber (-938), Ragna Iser (-898), Dana Neitzke (-930), Michaela Sandner (-916)  
**Newsdesk** newsdesk@publish-industry.net  
**Head of Sales** Kilian Müller  
**Anzeigen** Saskia Albert (Director Sales/verantwortlich/-918), Beatrice Decker (-913), Caroline Häfner (-914), Ilka Gärtner (-921), Alexandra Klasen (-917);  
 Anzeigenpreisliste: vom 01.01.2025  
**Inside Sales** Patricia Dachs (-935), Sarah Fuchs (-929); sales@publish-industry.net  
**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, Martin Weber  
**Leser- & Aboservice** Tel. +49.(0)40.23714-240; leserservice-pi@dvmmedia.com  
**Abonnement** Das Abonnement enthält die regelmäßige Lieferung der E&E (derzeit 6 Ausgaben pro Jahr inkl. redaktioneller Sonderhefte und Messe-Taschenbücher) sowie als Gratiszugabe das jährlich erscheinende Jahrbuch der Industrie, INDUSTRY.forward HAKAHAKA.  
**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@dvmmedia.com  
**Marketing & Vertrieb** Anja Müller (Head of Marketing)  
**Herstellung** Veronika Blank-Kuen  
**Gestaltung & Layout** Layoutstudio Daniela Haberlandt, Beethovenstraße 2a, 85435 Erding  
**Druck** F&W Druck- und Mediacenter GmbH, Holzhauser Feld 2, 83361 Kienberg, Germany  
**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 PEFC™-zertifiziertem Papier, der Versand erfolgt CO<sub>2</sub>-neutral.**



Virtueller Sensor zur Schätzung des Ladezustands der Batterie (SOC), Generierung von C/C++-Code für das KI-Modell und Implementierung im Fahrzeug.

und aus vielfältigen Datensätzen zu lernen, verbessert ihre Anwendung die Genauigkeit und Effizienz dieser Modelle. Ingenieure nutzen Anwendungen wie MATLAB, um KI-Datensätze zu erweitern, KI-Modelle zu entwickeln, die auf domänenspezifische Aufgaben zugeschnitten sind, diese Modelle in einem systemweiten Kontext umfassend zu testen und automatisiert Code für Embedded Systeme zu generieren.

Darüber hinaus erleichtert KI die Wartung physischer Komponenten, indem sie Lernmodelle mit physikbasierten Simulationen integriert. Diese Kombination ermöglicht es Ingenieuren, Datensätze unter verschiedenen Bedingungen zu generieren und Predictive-Maintenance-Modelle zu entwickeln, die in Echtzeit auf Edge-Geräten zur Fehlerklassifikation eingesetzt werden können. KI-Technologie bietet außerdem leistungsstarke Lösungen für Szenarien, in denen direkte Messungen schwierig oder zu kostspielig sind. Virtuelle Sensoren zum Beispiel sind eine leistungsstarke KI-Technik, mit der Ingenieure das Verhalten eines physischen Sensors nachahmen können, wenn das betreffende Signal nicht direkt gemessen werden kann oder wenn ein physischer Sensor das Design zu teuer und zu komplex machen würde.

**Sicherheit und Qualität**

Die Konvergenz von Software-Tools und KI hat das Designen, Steuern und Zertifizieren von Hochleistungssystem verändert. Ingenieuren steht inzwischen ein breites Feld an Anwendungen zur Verfügung, von Model-Based Engineering-Workflows über KI-gesteuerte Modellierung bis hin zu umfassenden Test- und Verifizierungsprozesse. Richtig eingesetzt und mit den passenden Plattformen ausgestattet, können Ingenieure heutzutage hochwertige, sichere und innovative Systeme entwickeln, die den Anforderungen moderner Anwendungen gerecht werden.

**FIRMEN UND ORGANISATIONEN IN DIESER AUSGABE**

Firma	Seite	Firma	Seite
Alpha-Numerics.....	20	Metrofunk Kabel-Union .....	U3
Analog Devices.....	14, 24	Microsoft.....	6
Apem .....	36	NewTec .....	14
Congatec.....	63	PEAK-System Technik .....	57
Conrad Electronic .....	56, U4	Phoenix Contact .....	38
CTX Thermal Solutions .....	3, 20	publish-industry Verlag .....	U2, 41
DataTec.....	49, 52	Pyramid Computer .....	14
Detakta .....	5	Recom .....	46
Display Elektronik.....	37	Rogers .....	27
Elma Electronic .....	Titel, 8, 10	Rosenberger OSI.....	42
Empa .....	12	Schukat electronic.....	19
Fischer Elektronik.....	28, 31	Schurter.....	12, 32
Frizlen.....	21	Siglent Technologies .....	45, 50
Harting.....	13	Socionext Europe.....	12
ICT Suedwerk.....	20, 23	Swissbit .....	12
Infineon.....	20	Texas Instruments .....	12
Kingbright Electronic.....	35	Traco Electronic.....	25
Lintronix.....	14	Wago .....	12, 20
Littelfuse.....	20	Wima .....	17
MathWorks.....	60	Wind River.....	14
MES Electronic Connect.....	43	ZVEI .....	66
Mesago.....	16		

KI-FÄHIGE EMBEDDED MODULES: TREIBER DES FORTSCHRITTS IN DER MEDIZINTECHNIK

# Smarte Medizin

Die Integration von Künstlicher Intelligenz (KI) in medizinische Geräte hat die Diagnostik und Therapie in der Medizintechnik revolutioniert. Der schnelle Fortschritt bei der Entwicklung von leistungsfähigen KI-Algorithmen und -Beschleunigern bietet enorme Potenziale, um präzisere Diagnosen zu stellen und die Patientenversorgung zu verbessern. Diese Herausforderungen können allerdings durch die Implementierung von KI-Algorithmen und modularen Rechenlösungen gut gemeistert werden.

TEXT: Maximilian Gerstl, Congatec BILDER: Congatec; iStock, AndreyPopov

Seit Jahrzehnten zählen Medizingerätehersteller zu den Entwicklungstreibern der Medizintechnik. Bereits seit den 1990er Jahren nutzen sie Künstliche Intelligenz (KI), um die medizinische Bildgebung und Datenanalyse erheblich zu verbessern. Mit der Entwicklung leistungsstarker Hardware-KI-Beschleuniger und dem Aufkommen des maschinellen Lernens (ML) für das Training von KI-Algorithmen in den 2000er Jahren wurden Bildanalysen weiter verfeinert. Diese Entwicklungen haben zu präziseren sowie effizienteren Diagnosen und letztlich zu besserer Versorgung der Patienten geführt.

Heute profitiert eine breite Palette medizinischer Geräte von der KI-Integration. Dazu gehören stationäre Hochleistungs-Bildgebungsgeräte wie MRT- und CT-Scanner sowie mobile Ultraschall- und Röntgengeräte. Auch Patientenüberwachungssysteme und chirurgische Roboter nutzen KI. Darüber hinaus treibt KI auch Laboranwendungen voran, indem sie Geräte wie Blutanalyse-Systeme und Genomsequenzierer effizienter macht.

In den letzten zehn Jahren hat die Entwicklung, Anwendung und Bedeutung von KI in der Medizintechnik enorm an Dynamik gewonnen. Die Fortschritte basieren dabei nicht nur auf stetigen Verbesserungen in der Computertechnologie, sondern auch auf der Optimierung von KI-Algorithmen. Vorangetrieben wird dieser Wandel durch die gemeinsame Anstrengung von medizinischem Fachpersonal, Technologieentwicklern und Interessenvertretern im Gesundheitswesen.





Intel-Core-Ultra-Prozessoren integrieren neben CPU und GPU eine dedizierte KI-Engine – die NPU – für energieeffiziente KI-Berechnungen.

## Jüngste Fortschritte in der KI

Ein aktuelles Beispiel für die Bedeutung von KI-Innovationen in der medizinischen Bildgebung ist ein neuartiger KI-Algorithmus für die Magnetresonanztomographie (MRT). Dieser Algorithmus hat den Scanprozess revolutioniert, indem er es ermöglicht, Scans in weniger als einer Minute durchzuführen. Dadurch wird die Zeit, die Patienten im Scanner verbringen, erheblich verkürzt. Möglich wird dies durch KI-gestützte Berechnungsmethoden von Upscaling oder Superscaling. Dieser Ansatz benötigt weniger Bilder als herkömmliche Methoden und arbeitet daher deutlich schneller. Die vortrainierte KI interpoliert eine geringe Anzahl von Einzelbildern zu einem hochauflösenden Gesamtbild. Zudem kann sie unscharfe Bereiche eigenständig und präzise schärfen – ein beeindruckender Beweis für die Leistungsfähigkeit der KI bei der Verbesserung medizinischer Bildgebung.

Auch in der Endoskopie zeigt sich der Nutzen von KI, beispielsweise um Ärzte in Echtzeit auf Läsionen oder andere potenzielle Problembereiche aufmerksam zu machen. Eine leistungsstarke Inferenz ist hierbei entscheidend, um sicherzustellen, dass trainierte Modelle schnell und unmittelbar ausgeführt werden. KI-basierte Endoskopiegeräte bieten Ärzten ein effektives Werkzeug, um genauere Diagnosen zu stellen und die Patientenversorgung weiter zu verbessern.

Doch nicht nur in der Diagnostik, sondern auch bei therapeutischen Geräten wie Beatmungssystemen spielt KI eine zentrale Rolle. In diesen Systemen analysieren KI-Algorithmen kontinuierlich kritische Patientendaten und passen Parameter wie Atemfrequenz, Atemzugvolumen und Sauerstoffzufuhr automatisch an.

## Integrierte KI-Beschleuniger

Die Verarbeitung großer Datenmengen erfordert Computerarchitekturen, die speziell auf die Bewältigung hoher Daten-

lasten ausgelegt sind. Traditionell setzten Ingenieure entweder dedizierte Allzweck-Grafikverarbeitungseinheiten (GPGPUs) ein, die über PCIe angeschlossen wurden und relativ groß sowie stromintensiv waren, oder kleinere KI-Beschleunigerkarten, die für M.2-Steckplätze entwickelt wurden.

Heute reagieren immer mehr Prozessorhersteller auf die steigenden Anforderungen der KI, indem sie KI-Funktionen direkt in ihre Chips integrieren. Dadurch lassen sich viele medizinische Anwendungen einfacher, schneller und kostengünstiger umsetzen. Da keine zusätzlichen Beschleunigerkarten oder dedizierten GPUs mehr benötigt werden, sinken die Gesamtbetriebskosten (TCO) erheblich.

Ein Beispiel für diesen Trend ist die erste Generation der Intel-Core-Ultra-Prozessoren. Diese Prozessoren integrieren eine CPU, eine besonders leistungsfähige GPU und erstmals eine neuronale Verarbeitungseinheit (NPU) auf einem einzigen Chip. Dadurch profitieren KI-Anwendungen mit hohen Rechenanforderungen von der gebündelten Leistung aller drei Komponenten. Gleichzeitig bleibt die CPU für schnelle, leichtgewichtige Aufgaben verfügbar. Die GPU, die auch als GPGPU für Rechenaufgaben verwendet werden kann, eignet sich ideal für große Arbeitslasten mit hohem parallelem Durchsatz, während die NPU für dauerhafte, stark beanspruchte KI-Arbeitslasten, die eine hohe Leistung pro Watt erfordern, verbessert ist.

Die Intel NPU führt ML-Algorithmen und KI-Inferencing mit etwa 20-mal höherer Energieeffizienz aus als Standard-x86-Architekturen. Für Bildklassifizierungsaufgaben kann die Grafikeinheit als GPGPU genutzt werden und erreicht dann eine Leistung, die mit der von dedizierten GPUs vergleichbar ist. Insgesamt beschleunigt sich die Grafik- beziehungsweise GPGPU-Verarbeitung um das 1,9-fache, was ein detaillierteres, aussagekräftigeres und intensiveres Benutzererlebnis ermöglicht. Diese KI-Funktionen können zudem problemlos mit standardisierten Computer-on-Modules (COMs)

Das conga-TC700 von Congatec eignet sich für Echtzeit-Computing und KI-Anwendungen mit hohen Anforderungen an Zuverlässigkeit und lüfterlosen Betrieb.



integriert werden, ohne dass Entwickler ihre bestehenden Designs grundlegend ändern zu müssen. Insbesondere COM-Express-Module sind hierfür bestens geeignet.

## Modulares Rechnen bietet hohe Flexibilität

Mit der Weiterentwicklung von KI und ihren Anwendungen profitieren Entwickler von der Flexibilität von COM- und Carrierboard-Lösungen, die eine einfache Anpassung an neue Rechenanforderungen ermöglichen – und das bei minimalem Integrationsaufwand und geringen Softwareanpassungen. Der Prozess ist denkbar simpel: Das alte Modul wird entfernt, das neue eingesetzt, und das System ist bereit!

Ein Beispiel für ein COM, das sich für anspruchsvolle Edge-KI-Workloads eignet, ist das conga-TC700. Dieses COM-Express-Typ-6-Compact-Modul, das mit Intel-Core-Ultra-Prozessoren ausgestattet ist, integriert alle erforderlichen KI-Funktionen für die zuvor beschriebenen Anwendungen.

Das conga-TC700 Modul stellt anwendungsfertige KI-Funktionen in einem Plug-and-Play-COM-Express-Formfaktor bereit. Dank seiner zehnjährigen Verfügbarkeit und der einfachen Upgrade-Möglichkeiten eignet es sich ideal für leistungsstarkes Echtzeit-Computing. Es bietet hochleistungsfähige KI-Funktionen für verschiedene medizinische Anwendungen, darunter chirurgische Roboter, medizinische Bildgebungssysteme und hochauflösende Diagnose-Workstations.

## Entwicklung und Verbesserung von KI-Modellen

Neben den neuen Edge-KI-Fähigkeiten der Intel-Core-Ultra-Plattform steht Entwicklern auch das Intel-Geti-Software-Framework zur Verfügung. Diese sehr umfassende KI-Plattform für Computer Vision erleichtert es Medizintechnikern, auch mit eingeschränkten Programmierressourcen schnell und effizient KI-Modelle zu entwickeln. Entwickler profitieren von einem einheitlichen Ökosystem, das von

maschinellem Lernen in der Cloud bis zu KI-beschleunigten Edge-Geräten reicht.

Darüber hinaus stärkt Intels Open-Source-Toolkit OpenVINO die Funktionalität des congatec-COM-Ecosystems. Dieses Tool ermöglicht die Optimierung und Übertragung von vorentwickelten, oft hardware-spezifischen KI-Modellen auf die Plattform des Medizingeräteherstellers, unabhängig davon, wo sie erstellt wurden. Das Toolkit unterstützt auch die intelligente Arbeitslastverteilung und entscheidet automatisch, ob Aufgaben am effizientesten von der CPU, GPU oder NPU ausgeführt werden.

Das Ecosystem bietet zudem umfassende Design-in-Services, die die Anwendungsentwicklung erleichtern und beschleunigen. Dazu gehören Evaluierungs-, Produktions- und anwendungsfertige Carrierboards, kundenspezifische aktive und passive Kühlösungen sowie ein breites Spektrum an Entwicklungsdienstleistungen. Letztere umfassen Dokumentation, Schulungen, Signalintegritätsmessungen, Schock- und Vibrationstests, Temperaturscreenings und Prüfungen zur Einhaltung von Hochgeschwindigkeitssignalstandards.

## Fazit

KI ist seit langem ein zentraler Bestandteil der Medizintechnik und wurde hier bereits weit vor ihrer Einführung in anderen Industriebereichen eingesetzt. Heute gilt KI sogar als das neue Betriebssystem für medizinische Geräte. Fortschritte in der Halbleitertechnologie haben Mikroprozessoren hervorgebracht, die außergewöhnlich hohe Rechen- und Grafikleistung bieten. Mit integrierten NPUs ermöglichen sie schnellere und präzisere Diagnosen bei gleichzeitig geringerem Energieverbrauch als ihre Vorgänger. Durch die Implementierung über COM-Module werden KI-gestützte medizinische Geräte zudem äußerst zukunftssicher, da neue Technologien durch einen einfachen Austausch des Moduls problemlos integriert werden können.

# 6

**Milliarden** Euro jährlich kostet die Bürokratie der Elektro- und Digitalindustrie. Das sind 3 Prozent des Branchenumsatzes.

Bürokratie und Berichtspflichten belasten die Unternehmen der Elektro- und Digitalindustrie immer stärker, zeigt eine Umfrage des ZVEI. So gaben 91 Prozent der Befragten an, dass der bürokratische Aufwand heute höher sei als vor fünf Jahren und horrende jährliche Kosten verursache. Spannende Stories zu weiteren spannenden Themen der Elektro- und Elektronikindustrie finden Sie ab Seite 18.



# Die DNA von Metrofunk

für Systemerhalt  
hinter der Kulisse



**Metrofunk Kabel-Union GmbH**  
Lepsiusstraße 89,  
D-12165 Berlin,  
Tel. 030 79 01 86 0  
info@metrofunk.de – www.metrofunk.de





Indirekte Beschaffungskosten  
um rund **30%\*** reduzieren?  
**Ja! Mit ProcurePlus.**



E-Procurement Implementierung



Lieferantenkonsolidierung



Individuelle Konditionen



Ausgabenoptimierung

\*Basierend auf Studien von McKinsey und Boston Consulting Group sowie eigenen Erfahrungswerten.



Weitere Informationen auf  
[conrad.de/procureplus](https://conrad.de/procureplus)

Alle Teile des Erfolgs

**CONRAD**