

Start Smart – Built to Grow

## AUF ZU EINER NEUEN DIMENSION DER VEKTORNETZWERKANALYSE

TITELBILD-SPONSOR: SIGLENT

### POWER

Neue Wege der Stromversorgung  
und Leistungselektronik **ab S. 16**

### NEXT ELECTRONICS

Drohnen für Industrie  
und Co. entwickeln **S. 36**

### HMI-LÖSUNGEN

Richtige Display-Technologie  
auswählen **ab S. 48**

# INDUSTRY.FORWARD SUMMIT

DIE ZUKUNFTSKONFERENZ  
DER INDUSTRIE

01. + 02.07.2026  
Berlin | Spreespeicher

# Starke Stimmen & geballtes Know-how aus der Industrie



**INDUSTRY.forward SUMMIT 2026 – Die Zukunftskonferenz der Industrie**

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

## PARTNERED BY



# Explore Next Tech ELECTRONICS



**Mehr Wettbewerbsfähigkeit beginnt mit dem richtigen Update**

Flexibilität, Resilienz und Nachhaltigkeit bleiben Schlüsselthemen. In der Welt von E&E dreht sich alles um Entwicklung und Elektronik in der Industrie – online, im E-Paper und auf unseren Kanälen LinkedIn @INDUSTRY.com und YouTube @INDUSTRY.forward.

Holen Sie sich das Wichtigste direkt ins Postfach: mit unseren Newslettern. Jetzt abonnieren unter [industr.com/EuE](http://industr.com/EuE).



**Bernhard Haluschak, Chefredakteur E&E:** Nachhaltigkeit im Elektronikdesign ist längst mehr als ein Schlagwort oder ein freiwilliger Beitrag zum grünen Image eines Unternehmens. Sie entwickelt sich zu einem zentralen Kriterium moderner Produktentwicklung – technologisch, wirtschaftlich und regulatorisch. Entwicklungsingenieure stehen dabei an einer entscheidenden Schnittstelle: Sie beeinflussen bereits in der Konzeptionsphase, wie ressourcenschonend, langlebig, reparierbar und energieeffizient ein elektronisches Produkt später sein wird. Deshalb stelle ich heute die Frage:

## NACHHALTIGKEIT IM ELEKTRONIKDESIGN: NICE-TO-HAVE ODER EIN MUSS?

Nachhaltiges Elektronikdesign beginnt nicht erst bei recyclingfähigen Verpackungen oder geringerem Energieverbrauch im Betrieb. Es beginnt früher – bei Architektur, Bauteilwahl, Leiterplattendesign, thermischem Management und der Frage, wie lange ein Produkt zuverlässig genutzt, repariert oder aufgerüstet werden kann. In Zeiten knapper Ressourcen und volatiler Lieferketten rückt der Lebenszyklus elektronischer Systeme in den Fokus.

Ein zentraler Aspekt ist die Reduzierung von Material- und Energieeinsatz. Durch intelligente Schaltungskonzepte, effiziente Leistungshalbleiter, optimierte Stromversorgungen und durchdachtes Powermanagement lassen sich Verluste minimieren. Zugleich verlängern Derating-Reserven, geringere thermische Belastung und modulare Konzepte die Nutzungsdauer und senken Wartungskosten.

Auch regulatorisch steigt der Druck. Anforderungen an Ökodesign, Reparierbarkeit, Energieverbrauch, Stoffbeschränkungen und Kreislaufwirtschaft werden verbindlicher. Nachhaltigkeit ist damit nicht mehr nur Marketingargument, sondern Teil der technischen Spezifikation. Entwicklungsabteilungen müssen ökologische Kriterien ebenso berücksichtigen wie Kosten, Performance, Sicherheit und Time-to-Market.

Trotzdem bleibt nachhaltiges Elektronikdesign anspruchsvoll. Höhere Anfangskosten, begrenzte Bauteilverfügbarkeit und Zielkonflikte zwischen Miniaturisierung, Leistung und Reparierbarkeit erschweren die Umsetzung. Dennoch führt langfristig kein Weg daran vorbei. Nachhaltigkeit im Elektronikdesign ist kein „Nice-to-have“ mehr, sondern ein Muss – für zukunftsfähige Produkte, resiliente Lieferketten und eine Elektronikindustrie, die Innovation mit Verantwortung verbindet.



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

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

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



# INHALT

## AUFTAKT

- 06 Im Rampenlicht: Laserpower für präzise ToF-LiDAR-Systeme
- 12 Highlights der Branche
- 14 „Places to be“ auf der PCIM Europe 2026

## TITELREPORTAGE

- 08 Titelstory: Skalierbarer Einstieg in die neue Dimension der Vektornetzwerkanalyse
- 11 Titelinterview: „Einstieg in die Vektornetzwerkanalyse mit klarer Perspektive“

## FOKUS: POWER

- 16 Leistungselektronik: Wärmemanagement im Fokus der Elektronikentwickler
- 18 Umfrage: Welche Themen werden für Fachbesucher auf der PCIM 2026 von Interesse sein?
- 21 DC-Wandler im Fokus: Geregelt vs. unregelt – das ist die Frage
- 24 Wo bleibt die Spannung: Spannungsversorgung evaluieren leicht gemacht
- 28 Heiße Elektroniksysteme kühlen: Fünf Mythen um Flüssigkeitskühlung
- 31 Was steckt hinter den Begriffen CLLC, PSFB und SEPIC?

## RUBRIKEN

- 03 Editorial
- 38 Impressum & Firmenverzeichnis
- 46 Die Rote Couch auf der Embedded World 2026
- 66 Die Zahl

TITELBILD: iStock, grandeduc



FOKUS  
POWER

08

AB SEITE

TITELSTORY

Neue Dimensionen der  
Vektornetzwerkanalyse



56

BTB-STECKERBINDER

Ein robuster Allrounder  
macht den Unterschied



# AB SEITE 16

## FOKUSTHEMA

Stromversorgungen und Leistungselektronik richtig entwickeln



# 36

## NEXT ELECTRONICS

Technik für die nächste Drohnen-Generation

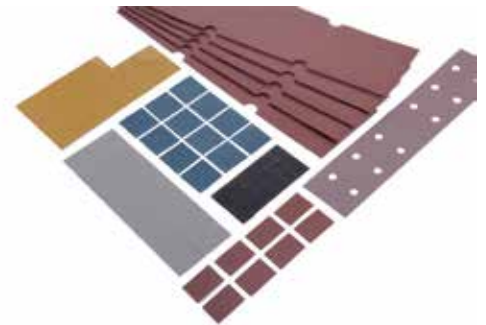


## NEXT ELECTRONICS

- 32 Sichere Trennung: Sicherheitsisolierung per Relais für intelligente Strominfrastrukturen
- 36 Ready for Takeoff: Technik für die nächste Drohnen-Generation

## ELECTRONICS SOLUTIONS

- 39 Interview: „Neu denken mit aReady.YOURS!“
- 42 Resilienz als neue Währung: Wie Cybersecurity, KI & Konnektivität die Industrie prägen
- 48 Displays für anspruchsvolle HMI-Lösungen: Darauf müssen Sie achten!
- 52 Mehr Flexibilität durch Modularität: Vorteile der Entkopplung von Hardware und Software in HMIs
- 56 Board-to-Board-Steckverbinder: Ein robuster Allrounder macht den Unterschied
- 60 Farbenreiche CoE-Displays: Spektrale Lichtsensoren und intelligentes Management
- 64 Klein, aber leistungsstark: Messlösungen für Kommunikationssysteme in Luft- und Raumfahrt



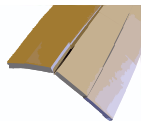
Wärmeleitfolien

-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)

HARDWARE-FOKUS: EFFIZIENZ, REICHWEITE, TREIBERELEKTRONIK

# Laserpower für präzise ToF-LiDAR-Systeme

Was Weltraumtechnik, Robotik und autonomes Fahren verbindet? Speziell entwickelte Nanosekunden-Laserquellen des FBH für leistungsstarke ToF-LiDAR-Systeme zur präzisen Abstandsmessung.

TEXT: Leander Jank, E&E BILD: FBH/P. Immerz

Gepulste Nanosekunden-Laserquellen für Time-of-Flight (ToF)-LiDAR sind ein zentraler Baustein, wenn es um präzise Abstandsmessung und zuverlässiges Scannen im mittleren Bereich geht. Am Ferdinand-Braun-Institut (FBH) entstehen dafür Module, die nicht nur auf anspruchsvolle Weltraumanwendungen zielen, sondern sich ebenso für Robotik und autonome Systeme eignen. Entscheidend ist dabei nicht allein die optische Quelle, sondern das Gesamtdesign aus Laser, Treiberelektronik und Applikationsabstimmung: Die Module werden in mehreren Varianten entwickelt und jeweils mit einer speziell abgestimmten, im Haus entwickelten Treiberelektronik kombiniert – optimiert auf das jeweilige Einsatzprofil, mit hoher Leistung und guter lateraler Strahlqualität. Ein Leistungsbeispiel: 48-Emitter-Laserbarren mit 50 µm Streifenbreite erreichen eine Pulsleistung von über 2.000 W.



Leibniz  
Ferdinand  
Braun  
Institut



BFM-14/PLD  
S/N 12489084



SKALIERBARER EINSTIEG IN DIE NEUE DIMENSION DER VEKTORNETZWERKANALYSE

## Start Smart – Built to Grow

Vektornetzwerkanalyse verlässt das klassische HF-Labor und wird zum Werkzeug für den Entwicklungsalltag. Steigende Anforderungen an Signalintegrität, kürzere Entwicklungszyklen und der Wunsch nach Messungen direkt am Arbeitsplatz treiben diesen Wandel voran. Gefragt sind Lösungen, die den Einstieg erleichtern und zugleich genügend Spielraum für wachsende Anforderungen bieten.

TEXT: Thomas Rottach, Siglent BILDER: Siglent; iStock, grandeduc

Mit der Serie SNA5000X-E will Siglent den Einstieg in die Vektor-Netzwerkanalyse erleichtern.



Die Anforderungen an die Signalintegrität steigen in nahezu allen Bereichen der Elektronikentwicklung kontinuierlich. Steigende Taktraten, integrierte Funkmodule und höhere Schaltfrequenzen in der Leistungselektronik führen dazu, dass klassische Entwicklungsumgebungen immer häufiger auf S-Parameter-Messungen angewiesen sind. Gleichzeitig wächst der Bedarf, entsprechende Messmöglichkeiten direkt am Arbeitsplatz verfügbar zu machen – und das nicht nur im HF-Labor. Mit der Einführung der Einstiegsserie SNA5000X-E vertieft Siglent sein Portfolio und bietet damit auch einen leistungsfähigen Einstieg in die Netzwerkanalyse, der zugleich Teil einer skalierbaren Plattformstrategie ist.

### Vektornetzwerkanalyse wird zum Werkzeug im Entwicklungsalltag

Vektornetzwerkanalysatoren galten lange Zeit als Spezialinstrumente für HF-Labore. Heute verschiebt sich ihr Einsatzbereich jedoch zunehmend in Richtung allgemeiner Entwicklungsarbeitsplätze. Gründe dafür sind unter anderem die zunehmende Integration von Funkmodulen in Embedded-Systeme, steigende Anforderungen an Signalpfade und Schnittstellen, höhere Schaltfrequenzen in der Leistungselektronik, die wachsende Bedeutung von Pre-Compliance-Messungen sowie insgesamt kürzere Entwicklungszyklen. Parallel dazu gewinnt auch der Einsatz in der akademischen Ausbildung an Bedeutung.

Wenn Vektornetzwerkanalyse künftig zu einem Standardwerkzeug in der Entwicklung wird, ist es entscheidend, Studierende bereits frühzeitig mit entsprechenden Messmethoden und Workflows vertraut zu machen. Dadurch entsteht ein Bedarf an Messlösungen, die nicht nur leistungsfähig, sondern zugleich wirtschaftlich sinnvoll sowohl in industrielle Entwicklungsumgebungen als auch in Hochschullabore

integrierbar sind. Genau an dieser Stelle setzt die neue Gerätekategorie der Serie SNA5000X-E an und schafft einen praxisnahen Zugang zur Vektornetzwerkanalyse für Ausbildung und Entwicklung gleichermaßen.

### Dezentrale Netzwerkanalyse verkürzt Entwicklungszyklen

Die Möglichkeit, Vektornetzwerkanalysen direkt am eigenen Arbeitsplatz durchzuführen, verbessert Entwicklungsprozesse merklich und erhöht die Effizienz im Arbeitsalltag. Impedanzanpassungen können zügiger optimiert, Filter leichter überprüft und Signalpfade gezielter analysiert werden, ohne dass man auf das gemeinsame Laborequipment angewiesen ist. Die Nutzung dieses Equipments erfordert Abstimmungen, bringt Wartezeiten mit sich und unterbricht Arbeitsabläufe.

Besonders bei der Charakterisierung passiver Bauteile, der Untersuchung von HF-Modulen oder der Analyse wichtiger Schnittstellen in Embedded-Systemen profitieren Entwickler von unmittelbaren Erkenntnissen während der Entwicklung. Messungen lassen sich schneller durchführen, Iterationen verkürzen und Designentscheidungen frühzeitig absichern. So entwickelt sich die Vektornetzwerkanalyse zu einem Werkzeug, das nicht mehr nur Spezialisten im HF-Labor zur Verfügung steht, sondern jedem Entwickler dort hilft, wo die Entwicklung wirklich stattfindet: direkt am eigenen Arbeitsplatz.

### Einstieg ohne Sackgasse

Während Einstiegsgeräte in der Vektornetzwerkanalyse traditionell häufig als isolierte Lösungen konzipiert waren, verfolgt Siglent mit der Serie SNA5000X-E einen anderen Ansatz. Ziel ist es, Entwicklern einen praxisnahen Zugang zur Netzwerkanalyse zu ermöglichen, ohne sie frühzeitig auf eine



Die VNA-Systeme verfügen über vielfältige Anschlüsse, die unter anderem die Integration in ein Netzwerk erleichtern.

festen Leistungsstufe festzulegen. Die Geräte lassen sich unkompliziert in bestehende Messumgebungen integrieren und unterstützen typische Entwicklungsaufgaben bereits in frühen Projektphasen. Gleichzeitig bleibt die Möglichkeit erhalten, Messanforderungen innerhalb derselben Gerätefamilie gezielt zu erweitern. Vektornetzwerkanalyse wird damit zu einer Messkompetenz, die sich flexibel in den Entwicklungsprozess integrieren lässt und mit den Anforderungen moderner Applikationen mitwächst.

### Plattformstrategie statt Einzelgerät

Mit der Einführung der Serie SNA5000X-E beginnt zugleich eine strukturelle Weiterentwicklung des VNA-Portfolios bei Siglent hin zu einer durchgängigen Plattformarchitektur. Statt einzelner, voneinander abgegrenzter Gerätekategorien entsteht ein abgestimmtes Lösungsportfolio, das unterschiedliche Leistungsbereiche miteinander verbindet und klare Entwicklungsperspektiven innerhalb des Portfolios eröffnet.

Einheitliche Bedienphilosophien erleichtern die Orientierung innerhalb der Produktfamilie, während Anwender ihre Messumgebung bei steigenden Anforderungen systematisch erweitern können. Gerade vor dem Hintergrund zunehmender HF-Integration in unterschiedlichsten Anwendungen gewinnt ein solcher konsistenter Portfolioansatz an Bedeutung, da er Planungssicherheit schafft und den Ausbau von Messkapazitäten langfristig unterstützt.

### Ein Portfolio, das mit den Anforderungen wächst

Die Einführung der Serie SNA5000X-E markiert zugleich den Ausgangspunkt einer weitergehenden Portfolio-

entwicklung im Bereich der Vektornetzwerkanalyse bei Siglent. In den kommenden Monaten wird die bestehende VNA-Produktfamilie gezielt ausgebaut und hinsichtlich ihrer Leistungsmerkmale weiterentwickelt, sodass Anwender zusätzliche Messmöglichkeiten innerhalb einer konsistenten Systemumgebung erschließen können. Dazu gehören sowohl gezielte und stetige technologische Weiterentwicklungen bestehender Geräteserien als auch Perspektiven für Geräte mit deutlich höheren Frequenzbereichen.

Damit wird deutlich, dass die aktuelle Gerätegeneration nicht als isolierte Einführung zu verstehen ist, sondern als Teil einer langfristig angelegten Strategie, die darauf abzielt, Vektornetzwerkanalyse schrittweise über ein breites Anwendungsspektrum hinweg skalierbar verfügbar zu machen.

### Start Smart – Built to Grow

Mit der Serie SNA5000X-E setzt Siglent einen wichtigen Schritt in Richtung einer breiter zugänglichen und zugleich langfristig skalierbaren Vektornetzwerkanalyse um. Ziel ist es, Entwicklern einen praxisnahen Einstieg in die S-Parameter-Messtechnik zu ermöglichen und gleichzeitig eine klare Perspektive für steigende Anforderungen innerhalb einer konsistenten Plattform zu eröffnen.

Dadurch wird Vektornetzwerkanalyse zunehmend zu einem Werkzeug, das nicht nur im HF-Labor, sondern direkt im Entwicklungsalltag eingesetzt werden kann – dort, wo Messentscheidungen entstehen und Systeme optimiert werden. Die aktuelle Portfolioentwicklung folgt dabei einem klaren Leitgedanken: Messlösungen bereitzustellen, die mit den Aufgaben der Anwender wachsen können.

Interview mit Siglent über den Wandel in der HF-Messtechnik

# „VNA-Einstieg mit klarer Perspektive“



Vektornetzwerkanalyse wird zum Schlüsselinstrument in der Elektronikentwicklung – weit über klassische HF-Anwendungen hinaus. Doch was treibt diesen Wandel? Welche Messaufgaben rücken in Embedded-, HF- und in Leistungselektronikprojekten in den Vordergrund? Und warum sind skalierbare Plattformkonzepte heute wichtiger denn je? Darüber spricht Thomas Rottach, Sales & Marketing Director Europa bei Siglent, im Interview. Es geht um den Bedarf an wirtschaftlichen Einstiegslösungen, kürzere Entwicklungszyklen und die Frage, wie sich Messkompetenz direkt an den Arbeitsplatz verlagern lässt.

**DAS INTERVIEW FÜHRTE:** Bernhard Haluschak, E&E **BILD:** Siglent

## Welche Rolle spielt das neue Vektor-Netzwerkanalysator-Portfolio in Siglents RF-Strategie?

Der Ausbau des VNA-Portfolios ist ein zentraler Bestandteil der langfristigen RF-Strategie von Siglent Technologies und entwickelt sich aktuell zu einer echten Erfolgsgeschichte mit kontinuierlich steigender Nachfrage. Gleichzeitig erschließen VNAs heute zunehmend Anwendungen außerhalb klassischer HF-Märkte, etwa in der Leistungselektronik bei PDN-Messungen, wo beispielsweise der Siglent SNA5000X-E besonders gut positioniert ist. Damit stärkt Siglent gezielt seine Präsenz in wachsenden Applikationsfeldern und erweitert die Rolle der VNA-Messtechnik als universelles Werkzeug in Entwicklung, Qualifizierung und Ausbildung.

## Welche Zielgruppen adressieren die neuen Einstiegs-VNAs – und welche Messaufgaben stehen im Fokus der Systeme?

Die neuen Einstiegs-VNAs richten sich vor allem an Entwickler in Ausbildung und Lehre, kleine bis mittelständische Entwicklungsabteilungen sowie Anwender in der Produktionsvorbereitung, die zuverlässige HF-Messungen ohne die Komplexität eines High-End-Systems benötigen. Typische Einsatzfelder sind S-Parameter-Messungen an Filtern, Kabeln, Antennen und einfachen HF-Baugruppen sowie Charakterisierungsaufgaben im Frequenzbereich bis in den unteren GHz-Bereich. Gleichzeitig ermöglichen sie einen budgetschonenden Einstieg in die VNA-Messtechnik und schaffen damit die Basis für skalierbare Messkonzepte – ein Ansatz, den Siglent Technologies konsequent verfolgt.

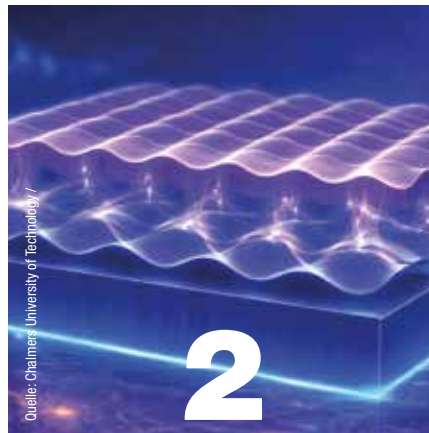
## Sie sprechen von einer skalierbaren Plattformstrategie: Was haben Anwender konkret davon?

Die Plattformstrategie ermöglicht es Anwendern, ihre Messumgebung bedarfsgerecht auszubauen, statt von Beginn an in überdimensionierte Systeme investieren zu müssen. Je nach Anforderungen und Budget stehen Modelle mit passendem Funktionsumfang und entsprechender Leistungsfähigkeit zur Auswahl. Mit steigenden Anforderungen kann innerhalb der Plattform bei gleichbleibendem Interface und vertrauter Bedienung auf leistungsfähigere Geräte gewechselt werden. Das vereinfacht die Integration in bestehende Testumgebungen und schafft langfristige Planungssicherheit. Mit diesem Ansatz reagiert Siglent Technologies gezielt auf die Anforderungen moderner Entwicklungs- und Ausbildungsumgebungen.

# 6

## HIGHLIGHTS

Fakten, Trends und Neues: Was hat sich in der Branche getan? Harting hat einen neuen CTO, und CTX sorgt mit Kühlkörpern für Leiterplatten für eine effiziente Entwärmung. Rosenberger OSI liefert die IT-Infrastruktur für ein Colocation-Rechenzentrum. Forscher machen Supraleitungen bei höheren Temperaturen möglich und Schurter stellt eine neue Low-Current-Sicherung vor.



Personalia

## Neuer CTO

Zum 1. März 2026 hat Christian Gysin als Chief Technology Officer bei der **Harting-Technologiegruppe** begonnen. Der Dipl. El. Ing. (FH), EMBA HSG bringt Erfahrung aus Engineering- und Managementfunktionen mit – zuletzt als CTO der Electrical-Connectors-Division bei Stäubli International. Nun übernimmt er die Technologieverantwortung bei dem Verbindungstechnikanbieter.

Erfahren Sie mehr: [industr.com/2906538](http://industr.com/2906538)

Anwendungen für Rechenzentren und Netze

## Supraleiter-Fortschritt

Supraleiter spielen eine große Rolle bei energieeffizienten Anwendungen, jedoch gibt es technische Herausforderungen. Forscher der **Chalmers University of Technology** haben ein Konzept entwickelt, bei dem Supraleitungen höhere Temperaturen und starken Magnetfeldern stand halten. Dieser Durchbruch könnte den Weg für effizientere Elektronik und Quantentechnologien ebnen.

Erfahren Sie mehr: [industr.com/2908883](http://industr.com/2908883)

Sicherung für sensible Elektronik

## Überstromschutz

In modernen elektronischen Anwendungen – insbesondere in sicherheitskritischen Bereichen wie ATEX-zertifizierten Umgebungen – steigen die Anforderungen an Miniaturisierung, Präzision und thermische Beständigkeit kontinuierlich. Die neue USL 0603 Low-Current-Sicherung von **Schurter** wurde speziell entwickelt, um diesen Anforderungen gerecht zu werden.

Erfahren Sie mehr: [industr.com/2908861](http://industr.com/2908861)

Leiterplatten-Kühlkörper

## Hitze beherrschen

CTX Thermal Solutions liefert Kühlkörper für Leiterplatten mit hoher Schalungsdichte und sorgt für eine zuverlässige, effiziente Entwärmung. Das Standardprogramm umfasst mehrere hundert Modelle für verschiedene Halbleitergehäuse und Bauformen, von clipbaren bis zu lötbaren Lösungen. Zudem sind kundenspezifische Kühllösungen inklusive passender Befestigung möglich.

Erfahren Sie mehr: [industr.com/2904435](http://industr.com/2904435)

Glasfaser- und Kupfermischbetrieb

## Flexible Verkabelung

Rosenberger OSI hat für die **Avacon-Gruppe** und **Envia TEL** die passive IT-Infrastruktur eines neuen Colocation-Rechenzentrums realisiert. Das skalierbare Verkabelungskonzept PreCONNECT SMAP-G2 ermöglicht den flexiblen Mischbetrieb von Glasfaser und Kupfer, unterstützt Racks und Server-Cages. Es lässt sich zudem modular an schwer planbare Kundenanforderungen anpassen.

Erfahren Sie mehr: [industr.com/2910585](http://industr.com/2910585)

Vernetzte Anwendungen

## Einsteiger-MCUs

STMicroelectronics stellt mit der STM32C5 eine Einsteiger-MCU-Serie vor: Cortex-M33 im 40-nm-Prozess, mehr Tempo bei niedrigem Stromverbrauch und integrierte Schutzmechanismen gegen Manipulation. Dazu kommen neue STM32Cube-Tools für schnellere Entwicklung. Die STM32C5-Serie richtet sich u.a. an intelligente Sensoren, Roboteraktuatoren und tragbare Elektronik.

Erfahren Sie mehr: [industr.com/2906371](http://industr.com/2906371)

**MES** THE CONNECTOR

# Vollendete Spitzenklasse

Wenn aus Konfektionen echte Kabelkunst wird, haben wir unser Ziel erreicht.  
**JETZT KOSTEN!**

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





Bildquellen: 1, 4, 5, 7: Mesago Messe Frankfurt / Arturo Rivas; 2: iStock, EvgeniyShkolenko; 3: iStock, Reinhard Krull; 6: iStock, lulolo

# PCIM Europe 2026

Die Messe für Leistungselektronik PCIM Europe öffnet vom 9. bis 11. Juni 2026 in Nürnberg wieder ihre Tore. Folgende „Places to be“ sollten Sie auf keinen Fall verpassen.

## 01 Technology Stage

Halle 4, Stand 433

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 AI & Data Centers

Halle 5, Stand 320

KI ist der Treiber für den Wandel in allen Branchen, auch in der Leistungselektronik. Gleichzeitig sorgt sie für einen enormen Energiebedarf in Rechenzentren und macht effiziente Leistungselektronik unverzichtbar. Diese Bereiche stehen im Mittelpunkt der neuen AI & Data Centers Stage.



## 03 E-Mobility & Storage

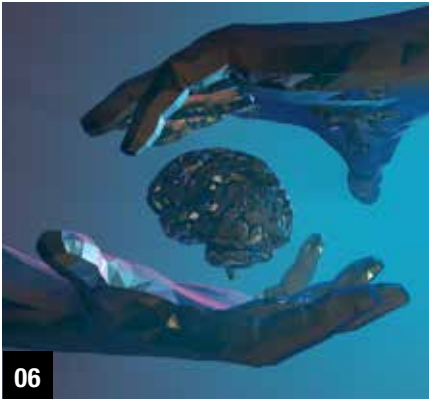
Halle 6, Stand 220

in den Vorträgen der E-Mobility & Energy Storage Stage wird die gesamte Wertschöpfungskette diskutiert rund um die zukunftsweisenden Themen Elektromobilität und Energiespeicherung. Dabei werden die neuesten Entwicklungen und Herausforderungen in der Leistungselektronik betrachtet.





05



06



07

## 04 Exhibitor Stage

Halle 4A, Stand 320

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.

## 05 Career Zone

Halle 4A

Diese Area bietet Karrieremöglichkeiten für alle, die ihre Zukunft in der Leistungselektronik aktiv gestalten möchten. Das PCIM Career Board schafft eine branchenspezifische Karriereplatt-



form, um Unternehmen sowie Fachkräfte und Nachwuchstalente der Leistungselektronik zusammenzubringen.

## 06 Poster Sessions

Halle 4A



Erhalten Sie Einblicke in die neuesten Forschungsergebnisse und tauschen Sie sich direkt mit Expertinnen und Experten aus.

## 07 University Zone

Halle 5, Stand 446

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.

# MASCHINE STOP!



## ENERGIE RAUS.



FRIZLEN Bremswiderstände nehmen bei Maschinenstop zuverlässig höchste Energiemengen auf, auch bei Netzausfall.

- Leistungen von 10 W bis 500 kW
- Bis IP67, mit UL / CE

## FRIZLEN Leistungswiderstände

- Belastbar
- Zuverlässig
- Made in Germany

**100** JAHRE **DYNAMIK DURCH WIDERSTAND**

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





Leistungselektronik und Power

# WÄRMEMANAGEMENT IM FOKUS

Aspekte wie Leistungsdichte, SiC und GaN bringen thermische Konzepte an Grenzen. Wer kompakte Stromversorgungen entwickelt, muss Wärmemanagement in den Fokus setzen – angefangen beim Layout und Materialwahl bis hin zur Wasserkühlung als Option für robuste, zuverlässige Power-Systeme.

TEXT: Bernhard Haluschak, E&E BILD: iStock, Marc Bruxelles

Mit steigenden Leistungsdichten rückt Wärmemanagement ins Zentrum der Entwicklung. In Stromversorgungen und DC/DC-Wandlern entscheidet nicht mehr allein der Wirkungsgrad über die Designqualität, sondern die Fähigkeit, Verlustwärme abzuführen. SiC- und GaN-Halbleiter verschieben Effizienzgrenzen, konzentrieren aber hohe Schaltleistung auf kleine Chipflächen. Hotspots entstehen schneller, Reserven schrumpfen.

Für Elektronikentwickler heißt das: Thermik darf nicht erst nach dem Schaltplan beginnen. Bereits bei Topologie, Taktfrequenz, Magnetik, Leiterplattenaufbau und Bauteilplatzierung wird festgelegt, ob ein System robust arbeitet. Kupferflächen, thermische Vias, IMS-Substrate, Heatspreader und TIM-Materialien sind Designelemente. Wichtig ist eine realistische Verlustleistungsbilanz: MOSFETs, Dioden, Induktivitäten, Shunts und Kondensatoren tragen unterschiedlich zur Erwärmung bei und reagieren sensibel auf Umgebungstemperatur, Lastprofil und Alterung.

Die Kompaktheit moderner Stromversorgungen verschärft den Zielkonflikt zwischen Baugröße, EMV, Kosten und Lebensdauer. Ein Lüfter kann helfen, erzeugt aber Geräusch, Verschmutzung und eine neue Ausfallstelle. Passive Konzepte erfordern Fläche und eine saubere Anbindung an Gehäuse oder Kühlkörper. Flüssigkeitskühlung bleibt nicht mehr nur Hochleistungssystemen vorbehalten, verlangt Dichtheit und frühe mechanische Integration. Bei sehr kompakten Baugruppen kann Wasserkühlung Hotspots entschärfen, muss aber als Teil des elektrischen und mechanischen Designs betrachtet werden: Kanalführung, Materialwahl, Korrosionsschutz und Leckageerkennung entscheiden über Praxistauglichkeit.



Technologische Trends, aktuelle Herausforderungen und konkrete Lösungsansätze

## Gemeinsam mehr „Power“ für morgen

Die Herausforderungen in der Leistungselektronik verändern sich rasant, neue Anforderungen treffen auf steigenden Innovationsdruck. Umso spannender ist der direkte Austausch darüber, was Fachbesucher aktuell wirklich bewegt, welche Trends sich abzeichnen und wo konkrete Lösungen besonders gefragt sind. Genau hier setzt der Dialog auf der diesjährigen PCIM 2026 an. So haben wir Unternehmen gefragt: Mit welchen Themen oder Problemen kommen Fachbesucher aktuell zu Ihnen – und wie können Sie ihnen am Stand helfen?

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



## TOBIAS BEST

Im Rahmen der diesjährigen PCIM präsentieren wir eine innovative Lösung für das Design von Flüssigkeitskühlungen. Angesichts der zunehmenden Leistungsanforderungen im Mobilitätssektor stehen viele Unternehmen vor der Herausforderung, von traditionellen Luftkühlssystemen auf fortschrittliche Fluidkühlungen umzusteigen. Um Konstrukteure und Entwickler bei diesem Wandel optimal zu unterstützen, stellen wir neben dem branchenspezifischen CFD Tool CelsiusEC die intelligente Designsoftware Cold-Stream von Diabatix vor, die speziell für die Planung und Auslegung von Flüssigkeitskühlssystemen entwickelt wurde. Die steigende Nachfrage nach effizienten Kühlkonzepten unterstreicht die Bedeutung unserer Lösung für den Markt.

**Geschäftsführer, Alpha Numerics**

**pcim** PCIM 2026  
EUROPE Halle 9, Stand 438



## JENS BARINGHAUS

Im Bereich Leistungselektronik werden wir am häufigsten auf Schaltverhalten und Kurzschlussfestigkeit unserer SiC (Siliziumkarbid) Chips angesprochen. Die dritte Generation SiC MOSFETs, die wir auf der PCIM 2026 vorstellen, setzt genau hier an: Optimierte Schalteigenschaften reduzieren Verluste im Betrieb. Der um 20 Prozent niedrigere spezifische Durchlasswiderstand ermöglicht dabei kleinere Chipflächen und somit kosteneffizientere Designs. Eine um 10 Prozent höhere Kurzschlussfestigkeit macht die Chips zudem noch robuster und vereinfacht die Integration. Auf der diesjährigen PCIM zeigen wir, wie sich diese Fortschritte für Traktionsinverter im E-Fahrzeug nutzen lassen.

**Chief Expert für Wide-Bandgap-Technologien, Bosch**

**pcim** PCIM 2026  
EUROPE Halle 7, Stand 443



## ANDREAS WEISL

Das Fachpublikum sucht aktuell vor allem nach Antworten auf folgende Fragen: Wie wird Energieversorgung stabiler und effizienter, vom Netz bis zum Rechenzentrum? Wie lässt sich KI-Rechenleistung skalieren, ohne dass Stromversorgung und Backup zum Bottleneck werden? Und wie beschleunigen wir Elektromobilität und Robotik bei höchster Effizienz und Sicherheit? Am Infineon-Stand zeigen wir konkrete Referenzdesigns und Demos, von Halbleiterlösungen für Solid-State-Transformatoren und DC-Mikronetze über Onboard-Charger-Topologien bis zum Motorantrieb für Roboterarme. Dabei beraten wir auf Basis unseres umfassenden Portfolios an Si-, SiC- und GaN-Lösungen entlang der jeweiligen Systemanforderungen.

**Executive Vice President und Chief Sales Officer Industrial & Infrastructure, Infineon**

**pcim** PCIM 2026  
EUROPE Halle 7, Stand 470



## DR. MARTIN SCHULZ

Die am häufigsten gestellten, technischen Fragen sind und bleiben Klassiker. Was tut sich in der Leistungselektronik in Sachen Leistungsdichte und Effizienz? Gibt es neue, vielversprechende Lösungen für bereits etablierte Systeme? Wohin entwickeln sich etablierte Systeme wie die erneuerbaren Energien in den nächsten Jahren und welche neuen Lösungsansätze werden hier verfolgt? Welche innovativen Lösungen gibt es für die aktuellen Herausforderungen, die die Gesellschaft bewegen, darunter E-Mobilität, Energieversorgung und das wachsende Thema der KI-Rechenzentren? Auf dem Littelfuse-Stand diskutieren wir mit allen interessierten Besuchern neue Lösungen, sprechen über innovative Produkte und beleuchten gemeinsam, was benötigt wird, um auch in Zukunft am Markt erfolgreich zu bleiben.

Global Principal in Applikation Engineering, Littelfuse

**pcim** EUROPE PCIM 2026 Halle 9, Stand 402



## VITALIJ GIL

Aktuell kommen Fachbesucher vor allem mit der Frage zu uns, wie sie ihre Leistungselektronik technisch und kommerziell wettbewerbsfähig positionieren können. Insbesondere SiC-Leistungshalbleiter treiben Leistungsdichte und Schaltfrequenzen an neue Grenzen und bringen konventionelle Modul- und Kühlkonzepte an ihre physikalischen Limits. Auf der PCIM zeigen wir am Rogers-Stand mit curamik DirectCool einen direkt ins Substrat integrierten Mikrokanalkühler, der den thermischen Pfad auf ein Minimum verkürzt. Dadurch entfallen Prozessschritte, Systemkosten sinken und dank höherer Kühlperformance können Größe und Gewicht des Leistungsmoduls deutlich reduziert werden.

Senior Manager New Business Development, Rogers

**pcim** EUROPE PCIM 2026 Halle 9, Stand 446



## MARCUS LIPPERT

Analog zu unserer Geschäftsentwicklung hat sich auch unser Messeauftritt auf der PCIM kontinuierlich und sichtbar weiterentwickelt. Die Mehrzahl der Messebesucher sind mittlerweile "alte" Bekannte, die mit großem Interesse unsere Entwicklung verfolgen und natürlich neugierig sind, welche neuen Produkte und Technologien wir in Planung haben. Auch 2026 wird es diesbezüglich wieder einiges zu berichten geben (u.a. die zweite Generation unserer SiC-Module). Wir können einen Besuch also wärmstens empfehlen. Darüber hinaus hat sich der Messeauftritt in Halle 9 auf der PCIM insgesamt aufgrund der zunehmenden Nutzung von Videokonferenzen zu einer Gelegenheit des persönlichen Austauschs in angenehmer Atmosphäre entwickelt und wir freuen uns auch dieses Jahr wieder auf viele anregende Gespräche.

Business Development Manager, Starpower

**pcim** EUROPE PCIM 2026 Halle 9, Stand 442



## TOBIAS SCHAER

Auf der PCIM kommen Fachbesucher häufig mit der Frage auf uns zu, wie man hohe Ströme oder eine Vielzahl an Signalen, sicher übertragen kann. Mein Team und ich stehen hier mit einer individuellen Beratung zur Seite und finden gemeinsam mit dem Besucher Antworten oder erste konkrete Lösungsansätze. Ob Antriebstechnik, Automatisierung oder erneuerbare Energien – in der Leistungselektronik kommen oft viele Anforderungen zusammen. Mit unserer intuitiven Hebelanschlusstechnik und hilfreichen Programmen wie Smartdesigner oder Thermosimulation können wir dabei reale Bedingungen betrachten, eine passende Lösung finden und gemeinsam das Projekt von der Idee bis zur Serie erfolgreich begleiten.

Sales Manager DCT, WAGO

**pcim** EUROPE PCIM 2026 Halle 6, Stand 422

GEREGELTE VS. UNGEREGELTE DC-WANDLER IM FOKUS

# Geregelt oder ungerregelt – das ist die Frage

In der Leistungselektronik ist eine der ersten Überlegungen bei der Auslegung eines Gleichstromsystems die Frage, ob ein geregelter oder ein unregelter DC/DC-Wandler eingesetzt werden soll. Diese Entscheidung hat direkten Einfluss auf Spannungsstabilität, Genauigkeit, Wirkungsgrad, Kosten und die allgemeine Zuverlässigkeit.

TEXT: Simeon Tremp, Traco BILDER: Traco, iStock, spawns

Das Verständnis dafür, wie sich die Spannungsregelung auf die Leistung in der industriellen Automatisierung, bei medizinischen Geräten und in IoT-Anwendungen auswirkt, kann entscheidend dafür sein, ob ein Produkt im praktischen Einsatz zuverlässig funktioniert. Dieser Beitrag erläutert die Unterschiede zwischen geregelten und unregulierten DC/DC-Wandlern und zeigt, wo die jeweiligen Typen ihre Stärken haben und wo ihre Grenzen liegen.

## Was „Regelung“ bei DC/DC-Wandlern bedeutet

Ungerregelte Wandler sind vergleichsweise einfache Schaltungen, die meist aus

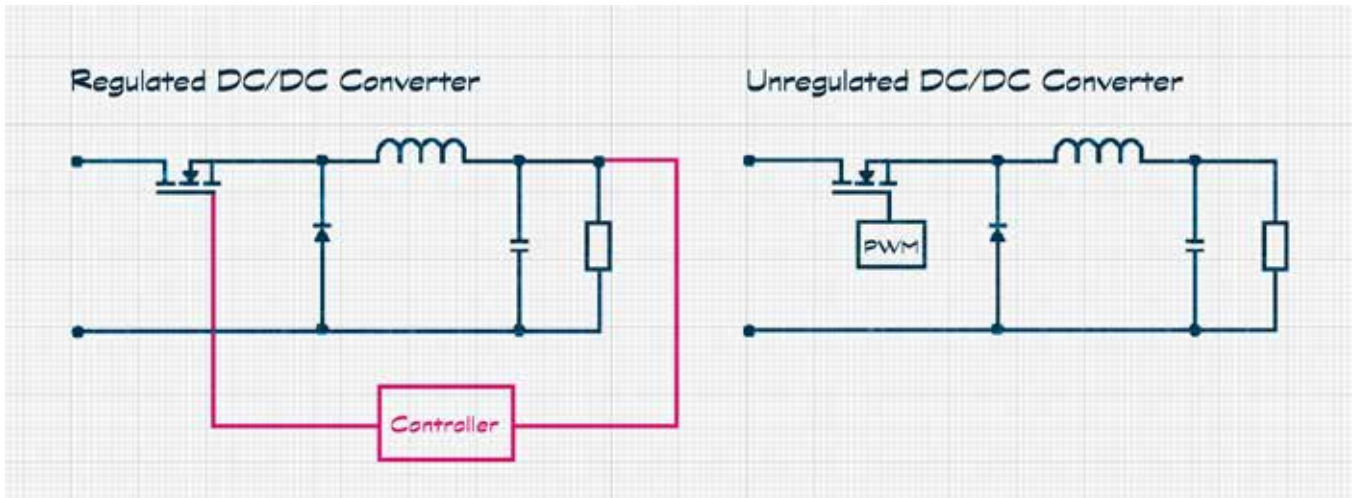
einem Transformator zur galvanischen Trennung, einem Gleichrichter und Filterkomponenten bestehen. Da sie über keinen Rückkopplungsregelkreis verfügen, hängt ihre Ausgangsspannung direkt von der Eingangsspannung und der Last ab. Steigt die Eingangsspannung oder sinkt die Last, steigt tendenziell auch die Ausgangsspannung – und umgekehrt. Geregelte Wandler verfügen hingegen über einen Regelkreis, der die Ausgangsspannung kontinuierlich überwacht und die Schaltzyklen beziehungsweise Steuerelemente anpasst, um die Ausgangsspannung stabil zu halten. Unabhängig davon, ob dies durch lineare Regelung oder durch getaktete Topologien wie Buck-,

Boost- oder isolierte Forward-/Flyback-Schaltungen erreicht wird, bleibt das Ziel dasselbe: messen, vergleichen und korrigieren. Die Bedeutung einer stabilen Gleichspannungsversorgung in modernen Systemen ist hoch, da viele Teilsysteme auf eine konstante Versorgungsspannung angewiesen sind.

## Wann welcher Typ verwendet werden sollte

Verwenden Sie geregelte DC/DC-Wandler, wenn:

- **Die Eingangsspannung schwankt:** Batteriebetriebene Systeme und Anlagen mit erneuerbaren Energien sind



Entwurfsdesign eines geregelten und eines ungeregelten DC/DC-Wandlers

häufig starken Spannungsschwankungen ausgesetzt. Eine Regelung stellt sicher, dass die nachgeschaltete Elektronik unabhängig vom Verhalten der Quelle eine konstante Spannung erhält.

- **Die Last empfindlich ist:** Mikrocontroller, Kommunikationsmodule und analoge Sensoren benötigen präzise Versorgungsspannungen, um zuverlässig zu funktionieren und Fehlfunktionen oder Datenverluste zu vermeiden.
- **Sich mehrere Lasten einen Wandler teilen:** Die Aufrechterhaltung der Spannungsstabilität in verteilten Systemen mit schwankender Stromaufnahme verringert gegenseitige Störungen zwischen den Schaltkreisen.
- **Lange Kabelwege oder wechselnde Umgebungsbedingungen vorliegen:** Spannungsabfälle durch Leitungswiderstände oder Temperaturdrift von Bauteilen können die Versorgungsgenauigkeit beeinträchtigen. Eine Regelung gleicht diese Effekte automatisch aus.

Verwenden Sie unregelte DC/DC-Wandler, wenn:

- **Eingangsspannung und Last relativ stabil sind:** Ein industrieller DC-Bus kann beispielsweise leichte Spannungsschwankungen tolerieren und gleichzeitig stabile Lasten versorgen.

- **Eine Spannungstoleranz von  $\pm 10 - 20\%$  akzeptabel ist:** Geräte wie Gleichstrommotoren, Magnetventile und Widerstandsheizungen können innerhalb dieses Bereichs in der Regel zuverlässig betrieben werden.
- **Kosten, Einfachheit und Baugröße Vorrang haben:** Ungeregelte Wandler benötigen weniger Bauteile und keine Rückkopplungsschaltung. Dadurch sind sie oft kleiner, kostengünstiger und bei geringen Lasten effizienter.
- **Das Transientenverhalten gut bekannt ist:** In Anwendungen mit geringer Leistung oder in unkritischen Systemen können Spannungsschwankungen während des Schaltvorgangs oder bei Laständerungen vernachlässigbar sein.

Beide Wandlertypen erfüllen nach wie vor ihren Zweck. Geregelte Ausführungen bieten eine stabilere, besser vorhersehbare Ausgangsspannung, während unregelte Varianten dann attraktiv bleiben, wenn niedrige Kosten und Einfachheit Vorrang vor Präzision haben. Die beste Wahl hängt davon ab, wie große Spannungsschwankungen das System verkraften kann, ohne dass die Leistung beeinträchtigt wird.

### Wichtige Auswahlkriterien

Die Entscheidung zwischen geregelten und unregelten DC/DC-Wandlern geht

über die angegebene Ausgangsspannung hinaus. Ingenieure sollten prüfen, wie sich die jeweilige Ausführung unter realen Betriebsbedingungen verhält.

- **Eingangsspannungsbereich:** Ermitteln Sie, wie stark die Versorgungsspannung im Normal- und Transientenbetrieb schwankt. Fahrzeug- und Batteriesysteme können erhebliche Spannungsbereiche aufweisen, beispielsweise von 9 V bis 36 V. In solchen Fällen sind geregelte Wandler erforderlich, um konstante 5-V- oder 12-V-Versorgungsspannungen bereitzustellen.
- **Lastcharakteristik:** Ungeregelte Designs können für Konstantstrom- oder ohmsche Lasten geeignet sein. Dynamische oder digitale Lasten erzeugen jedoch schnelle Stromimpulse, die ohne aktive Regelung zu Spannungseinbrüchen führen können.
- **Anforderungen an Genauigkeit und Welligkeit:** Präzisionselektronik und datenkritische Schaltungen erfordern eine hohe Spannungsstabilität und minimale Welligkeit. Dies lässt sich in der Regel nur mit geregelten DC/DC-Wandlern und ausreichender Filterung erreichen.
- **Wirkungsgradziele:** Ungeregelte Designs können aufgrund ihrer geringeren Anzahl an Bauteilen und Wandlungsstufen effizient erscheinen. Moderne geregelte Wandler

mit synchroner Gleichrichtung und leistungsfähigen Steuer-ICs erreichen jedoch auch in kleinen Bauformen Wirkungsgrade von über 90 %.

- **Umgebungsbedingungen:** Temperaturschwankungen können bei unregelmäßigen Wandlern zu deutlichen Abweichungen der Ausgangsspannung führen. Geregelte Wandler korrigieren diese Abweichungen automatisch und halten die Spannung auch unter wechselnden Bedingungen konstant.
- **Budget- und Größenbeschränkungen:** Bei kostenorientierten oder großvolumigen Designs werden häufig unregelmäßige Wandler eingesetzt, wenn ein gewisser Leistungsverlust oder eine begrenzte Spannungsgenauigkeit akzeptabel ist. In kritischen Systemen überwiegt jedoch oft das Risiko von Ausfällen oder Stillstandzeiten den geringen Preisvorteil eines unregelmäßigen Geräts.
- **Sicherheitsreserven:** Bewerten Sie, wie der Wandler mit Einschaltspitzen, kurzen Eingangsspannungsspitzen und plötzlichen Laständerungen umgeht. Das Design sollte über den gesamten Betriebsbereich hinweg stabil und vorhersehbar bleiben.

## Überlegungen zum modernen Design

Fortschritte bei Halbleitersteuerungen, digitaler Rückkopplung und Leistungs-MOSFET-Technologie haben die Grenze zwischen geregelten und unregelmäßigen Wandlern zunehmend verwischt. Viele kleine, kostengünstige geregelte Module erreichen heute einen hohen Wirkungsgrad und ein niedriges Rauschniveau, das mit unregelmäßigen Geräten vergleichbar ist, bieten jedoch ein deutlich besseres Spannungsmanagement.

Gleichzeitig bewähren sich unregelmäßige Wandler weiterhin in Anwendungen, in denen Robustheit, Einfachheit und Kosten Vorrang vor hoher

Spannungsstabilität haben. Signalleuchten, einfache Sensoren oder kostengünstige IoT-Knoten erfordern häufig eher minimale Schaltungstechnik und eine lange Lebensdauer als eine Genauigkeit im Sub-Prozent-Bereich.

In vielen Fällen bietet sich ein hybrider Ansatz an, um Kosten und Präzision in Einklang zu bringen. So kann beispielsweise ein unregelmäßiger Wandler die Hauptversorgungsspannung bereitstellen, während ein nachgeschalteter Low-Dropout-Regler die Endspannung glättet und stabilisiert.

## Fazit

Bei der Regelung von DC/DC-Wandlern geht es im Wesentlichen um den Kompromiss zwischen Präzision und Einfachheit. Ein geregelter Wandler hält die Ausgangsspannung auch bei starken Schwankungen der Eingangsspannung und der Last konstant. Dadurch gewährleistet er eine präzise und vorhersehbare Versorgung empfindlicher elektronischer Systeme.

Ein unregelmäßiger Wandler verzichtet zugunsten von Wirkungsgrad, Kompaktheit und Kosteneffizienz auf einen Teil dieser Präzision. Damit eignet er sich für Anwendungen, bei denen die Spannungstoleranzen weniger streng sind und die Systemlasten weitgehend konstant bleiben.

Die optimale Designentscheidung wird von drei wesentlichen Faktoren bestimmt: wie stark die Eingangsquelle schwankt, wie wichtig die Spannungsgenauigkeit für die Systemleistung ist und wie viel Komplexität Budget und Platzangebot zulassen.

Traco Power bietet ein vielfältiges Sortiment an geregelten und unregelmäßigen DC/DC-Wandlern, die auf Leistung, Stabilität und langfristige Zuverlässigkeit in industriellen, medizinischen und kommunikationstechnischen Anwendungen ausgelegt sind.



## Leistungsmodule

## entwärmen

Wir bieten Ihnen ausgereifte Lösungen für die Wärmeableitung Ihrer Leistungsmodule. Unsere innovativen Kühlkonzepte leiten hohe Verlustleistungen effizient ab und sorgen für eine gleichbleibende thermische Effizienz.

Unser umfangreiches Standardsortiment ermöglicht uns Ihnen alle Artikel auch als kundenspezifische Ausführung nach Ihren Vorgaben anzubieten – und das bereits ab einem Stück.

Mehr erfahren Sie unter:

[www.fischerelektronik.de/pow](http://www.fischerelektronik.de/pow)

**fischer**

**elektronik**

kühlen schützen verbinden



EVALUIEREN EINER SPANNUNGSVERSORGUNG LEICHT GEMACHT

## WO BLEIBT DIE SPANNUNG?

Ohne stabile Spannungsversorgung bleibt selbst die beste Schaltung nur Theorie. Doch Auslegung, Simulation und Laborprüfung kosten Zeit, Know-how und Messtechnik. Moderne Tools helfen Entwicklern, schneller von der Architektur bis zur validierten Versorgung zu kommen – präzise, effizient, sicher und praxisnah.

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

Spannungsversorgungen sind für die meisten elektronischen Schaltungen ein notwendiges Übel. Sie sind unbedingt erforderlich, haben üblicherweise aber nur eine unterstützende Funktion. Die wesentliche Entwicklungsarbeit soll möglichst in die Kernfunktion einer Schaltung fließen und nicht in die Erstellung einer passenden Spannungsversorgung. Deshalb gibt es für die Spannungsversorgungsentwicklung verschiedene Berechnungs- sowie Simulationswerkzeuge von verschiedenen Herstellern. Viele dieser Entwicklungswerkzeuge werden

von den Herstellern von Spannungsversorgungs-ICs angeboten und sind kostenfrei zu nutzen. Im Folgenden eine Auflistung der unterschiedlichen Werkzeuge für die Entwicklung von Spannungsversorgungen.

### LTpowerPlanner

Mit diesem Werkzeug werden Architekturen von Spannungsversorgungen erstellt. Üblicherweise wird in einem



System nicht nur eine einzige Versorgungsspannung benötigt, sondern mehrere. Der erste Schritt im Spannungsversorgungs-entwurf ist die Erstellung einer geeigneten Architektur. Sollen alle benötigten Spannungen direkt von der verfügbaren Spannungsquelle erzeugt werden, oder muss eine Zwischenkreis-spannung erzeugt werden. LTpowerPlanner hilft bei der Erstellung einer optimierten Architektur der Spannungsversorgung.

### LTpowerCAD

Nach der Erstellung der Architektur müssen einzelne Spannungswandler entworfen werden. Hierzu eignen sich Berechnungstools wie beispielsweise LTpowerCAD. In diese Werkzeuge werden die Anforderungen wie beispielsweise Eingangsspannungsbereich, Ausgangsspannung und Ausgangsstrom eingegeben. Das Tool führt Schaltungsberechnungen aus und schlägt eine optimierte Schaltung vor.

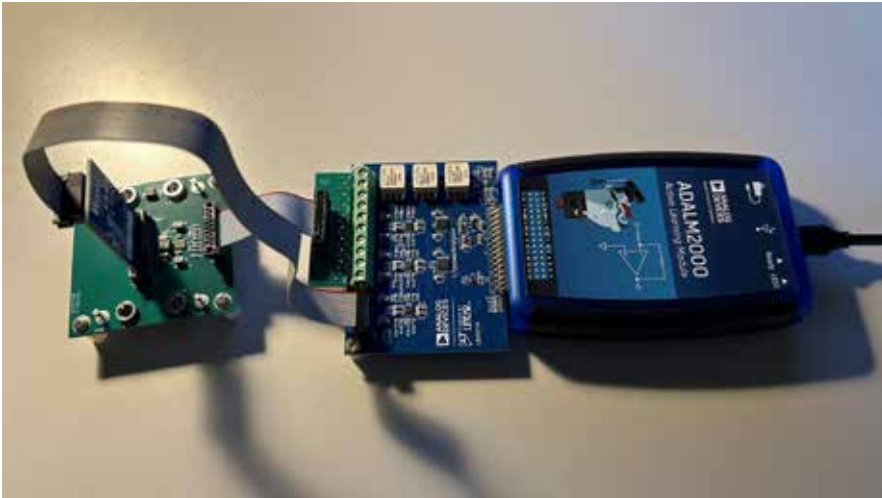
### LTspice

Nach der erfolgreichen Berechnung der Spannungsversorgung wird die Schaltung mit LTspice simuliert. Bei dieser

Simulation kann die Regelschleifenstabilität optimiert werden und es können noch weitere Schaltungsteile an die mit LTpowerCAD berechnete Schaltung hinzugefügt werden. Nach erfolgreicher Entwicklung der Spannungsversorgung muss diese unbedingt getestet werden. Auch die besten Schaltungsberechnungen und Simulationen sind nur so gut wie die verwendeten Formeln und Modelle. Einige parasitäre Einflüsse können nicht einfach vorhergesehen werden und müssen im Labor evaluiert werden. Hierzu ist viel Messtechnik erforderlich und für die Arbeit im Labor wird viel Zeit beansprucht. Die wesentlichen Evaluierungen im Labor sind Lasttransiententests, Stabilitäts- und Regelschleifenmessungen sowie Effizienzmessungen.

### LTpowerAnalyzer

Um nicht nur den Entwurf einer Spannungsversorgung zu erleichtern, sondern auch die Evaluierungsarbeit im Labor, hat Analog Devices den LTpowerAnalyzer entwickelt. Er ist auf der Webseite von Analog Devices verfügbar und kann bestellt werden. Er wurde entwickelt, um auf sehr einfache Art und Weise optimale Bode-Diagramme der Regelschleife zu messen. Ein Injektionstransformator ist integriert, mit welchem über



**LTpowerAnalyzer zur Messung von Lasttransienten, Bode-Diagrammen der Regelschleife sowie Messung der Ausgangsimpedanz**

einen weiten Frequenzbereich ein kleines, einstellbares, Sinus-signal in die Regelschleife injiziert wird. Die Veränderung der Amplitude durch die Regelschleife zeigt die Verstärkung bei unterschiedlichen Frequenzen und der Phasenversatz bietet Informationen zur Phasenreserve.

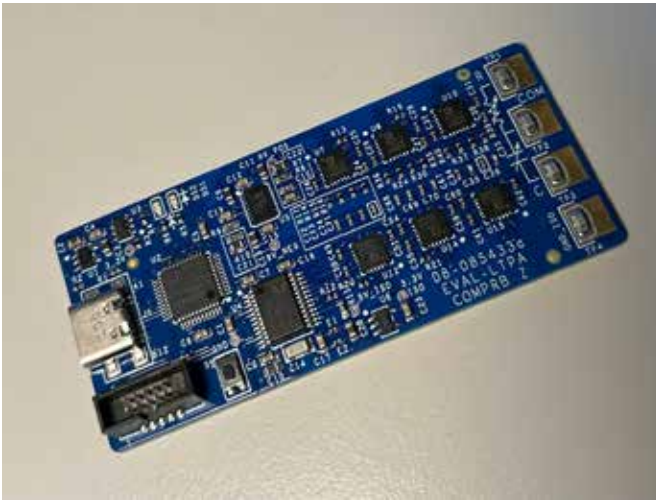
Nach einer kleinen Modifikation der zu testenden Spannungsversorgung kann der LTpowerAnalyzer angeschlossen werden und in wenigen Minuten ist durch die mitgelieferte Software ein Bode-Diagramm der Regelschleife erstellt. Sollte das gemessene Bode-Diagramm nicht den Vorstellungen entsprechen, muss das Kompensationsnetzwerk angepasst werden. Dieses besteht im Wesentlichen aus einem Kondensator und Widerstand angeschlossen am Kompensationspin. Dieser Pin wird als Ith, Vc oder Vcomp bezeichnet. Üblicherweise sind hier umfangreiche Lötarbeiten nötig, um unterschiedliche Kombinationen von Kompensationskapazitäten und Widerständen einzulöten. Durch das ebenfalls erhältliche EVAL-LTPA-COMPRB Board können unterschiedliche Kompensationseinstellungen mit der Software ausgewählt werden. Das Board wird anstelle der Kompensationskomponenten mit dem Kompensationspin der Spannungsversorgung verbunden. Das EVAL-LTPA-COMPRB wird über USB mit dem PC verbunden. Die mitgelieferte Software ermöglicht es, zwischen vielen unterschiedlichen Kompensationseinstellungen zu wählen und dann mit dem LTpowerAnalyzer eine Bode-Diagramm Messung zu erstellen. Dieses Vorgehen hilft einem, die Spannungsversorgungsschaltung zu optimieren und spart viel Zeit im Vergleich zur herkömmlichen Vorgehensweise mit einem Ein- und Auslöten von Kompensationsbauteilen.

Neben einer Bode-Diagramm-Messung der Spannungsversorgung kann der LTpowerAnalyzer auch dazu eingesetzt werden, um Lasttransiententests bis 100A auszuführen. Und

das alles ohne eine teure elektronische Last im Labor haben zu müssen. Kleine, ansteuerbare Lastplatinen sind Teil des LTpowerAnalyzers und werden mit dem Ausgang der zu testenden Spannungsversorgung verbunden. Die Software initiiert einstellbare Lastsprünge und zeigt die resultierende Veränderung der Ausgangsspannung an. Somit können viele unterschiedliche Lasttransiententests in kürzester Zeit ausgeführt werden.

Ein weiterer wichtiger Test für Spannungsversorgungen ist die Effizienz der Spannungswandlung. Das ist besonders wichtig, um die Erwärmung eines Gerätes vorherzusehen, damit die richtigen Maßnahmen zur Kühlung getroffen werden können. Das ist besonders wichtig für einen Betrieb bei warmen Umgebungstemperaturen. Auch ist eine hohe Effizienz im Sinne der Energieeinsparung sinnvoll. Somit ist eine Effizienzmessung einer Spannungsversorgung Pflicht. Hierfür können hochgenaue DMMs (Digitale Multimeter) verwendet werden. Diese sind oft teuer und müssen bei Effizienzmessungen mühsam für jeden Messpunkt einzeln abgelesen werden. Spezialisierte Labore für Spannungsversorgungen haben manchmal einen Messaufbau bei welchem die einzelnen Spannungs- und Strommesssysteme miteinander kommunizieren und komplette Effizienzkurven an einem Computer ausgeben. Solche Anlagen müssen aber zunächst angeschafft und betrieben werden.

Mit dem neuen EVAL-LTPA-RL2000 von Analog Devices kann eine Effizienzmessung einer Spannungsversorgung in kürzester Zeit stattfinden. Der RL2000 beinhaltet alle notwendigen Gerätschaften für hochgenaue Effizienzmessungen. Zwei Spannungsmesssysteme mit einem Messbereich von  $\pm 125V$  und einer Auflösung von einem Millivolt (Genauigkeit  $0.025\% \text{ reading} + 0.01\% \text{ range}$ ). Ebenfalls ist eine elektronische Last in den RL2000 eingebaut um Lastströme von bis zu 30V zuzulassen. Diese Lastströme können dynamisch verändert



Eine EVAL-LTPA-COMPRB-Platine zum dynamischen Verändern der Kompensation über Software

werden, um eine Effizienzkurve über einen weiten Lastbereich zu erstellen. Der RL2000 wird über USB mit einem Computer verbunden und die Software vom LTpowerAnalyzer wird genutzt, um Einstellungen zu tätigen und Effizienzdiagramme zu erstellen.

Die maximale Leistung dieses Aufbaus zur Effizienzmessung liegt bei 150W am Ausgang. Falls eine höhere Leistung benötigt wird, können zwei RL2000 Kits miteinander verwendet werden, welche zusammen bis 300W betrieben werden können. Im niedrigen Leistungsbereich bietet der RL2000 eine sehr hohe Genauigkeit und die Möglichkeit, Leckströme des Messsystems berechnen zu lassen und die Software anzuweisen, diese Leckströme aus der Messung zu entfernen. Dadurch können auch Spannungsversorgungen im Nanoamperebereich



Ein EVAL-LTPA-RL2000 zum einfachen, schnellen und akkuraten Messen von Wandlungseffizienzen von Spannungsversorgungen

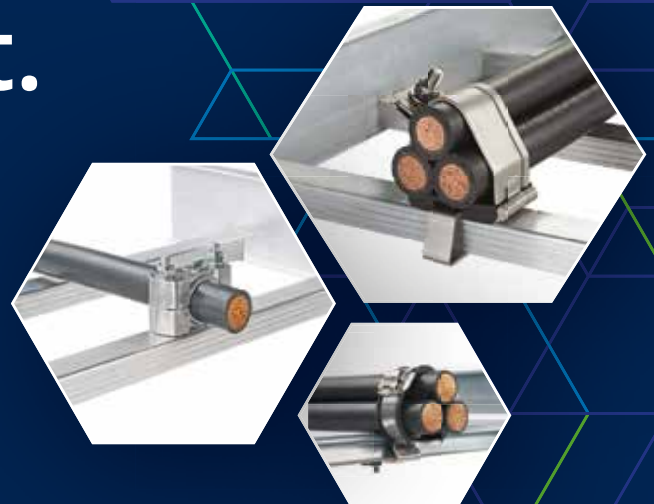
hochgenau gemessen werden. Das ist bei Schaltungen aus dem Energy-Harvesting-Bereich besonders wichtig.

Das Evaluieren einer Spannungsversorgung kann einiges an Zeit und teure Messsysteme erfordern. Sowohl der Zeitaufwand als auch die Investition in Messsysteme können drastisch reduziert werden, wenn die optimierten Werkzeuge von Analog Devices, LTpowerAnalyzer, COMPRB (compensation probe) und RL2000 zur Effizienzmessung verwendet werden. Diese drei Messgeräte arbeiten mit der kostenfrei verfügbaren Software des LTpowerAnalyzer zusammen. Die Bedienung ist einfach und die Messergebnisse sind akkurat.

**pcim** EUROPE PCIM 2026  
Halle 7, Stand 643

# Kurzschlussfest. Einfach sicher.

**Kabelschellen von Panduit** für noch mehr Sicherheit und Ausfallschutz. Die neuen Kabelschellen fixieren Kabelbündel und sorgen dafür, dass Kabel bei einem Kurzschluss weiterhin sicher befestigt bleiben – gemäß der IEC-Norm 61914:2021.



**PANDUIT**™

[panduit.de](http://panduit.de)

HEISSE ELEKTRONIKSYSTEME KÜHLEN – ABER WIE?

# Fünf Mythen um Flüssigkeitskühlung

KI beschleunigt die Rechenleistung – und treibt Rechenzentren thermisch ans Limit. Mit jeder neuen GPU-Generation steigt die Abwärme, Luftkühlung stößt an Grenzen. Die Lösung Flüssigkeitskühlung wird damit vom Spezialthema zur strategischen Infrastrukturentscheidung. Doch viele Unternehmen zögern noch. Fünf Mythen zeigen, warum diese Zurückhaltung oft unbegründet ist.

TEXT: Schneider Electric BILDER: iStock: emre topdemir, Naeblys



**WE CREATE  
BETTER T.I.M.S**

INSPIRED CUSTOMIZED T.I.M. SOLUTIONS

## **COOL BLEIBEN WENN'S HEISS HERGEHT**

- **SPEZIALFOLIEN**
- **TECHNISCHE KERAMIKEN**
- **WÄRMELEITMATERIALIEN**
- **EMV-SCHIRMUNGSPRODUKTE**

Ihre T.I.M.-Lösung ist nur  
einen Klick entfernt  
[www.ict-suedwerk.de](http://www.ict-suedwerk.de)

Besuchen Sie uns auf

**THE BATTERY SHOW**

by informa+++

Halle 3, Stand D86

Wir freuen uns auf Ihren Besuch!

9-11 June, 2026 | Messe Stuttgart | Germany, DE

**ICT SUEDWERK GmbH**

Bajuwarenring 12a ■ 82041 Oberhaching

T +49 (0)89 21 23 102-0 ■ [info@ict-suedwerk.de](mailto:info@ict-suedwerk.de)



**ALL YOU NEED  
TO MANAGE YOUR HEAT**

Künstliche Intelligenz stellt Rechenzentren vor eine grundlegende infrastrukturelle Herausforderung. Jede neue GPU-Generation bringt zwar mehr Rechenleistung, aber auch mehr Abwärme mit sich. Das zwingt Rechenzentrumsbetreiber zum Umstieg auf Flüssigkeitskühlung. Die GPU-Generationen von NVIDIA machen den Trend greifbar: vom Modell V100 mit 300 W bis zum B200-Chip mit 1.000 W. Die Tendenz ist steigend.

Luftkühlung stößt gerade bei KI-Workloads immer mehr an ihre physikalischen Grenzen. Flüssigkeitskühlung wird damit zu einer notwendigen Alternative. Sie ist eine aktuelle Entscheidung und Investition in eine zuverlässige Infrastruktur. Dennoch begegnen viele Unternehmen dem Thema noch mit Zurückhaltung. Fünf Mythen tauchen dabei regelmäßig auf und lassen sich bei genauerer Betrachtung entkräften.

### **Mythos 1: Flüssigkeitskühlung verzögert die KI-Einführung**

Die Sorge, dass eine neue Kühltechnologie das gesamte KI-Projekt aufhält, ist verständlich. Niemand möchte, dass die Kühlinfrastruktur zur Engstelle für eine bereits getätigte KI-Investition wird. Es sind Fälle dokumentiert, in denen KI-Trainingsracks Böden beschädigten, weil deren Tragfähigkeit nicht für das Gewicht der Systeme einschließlich der enthaltenen

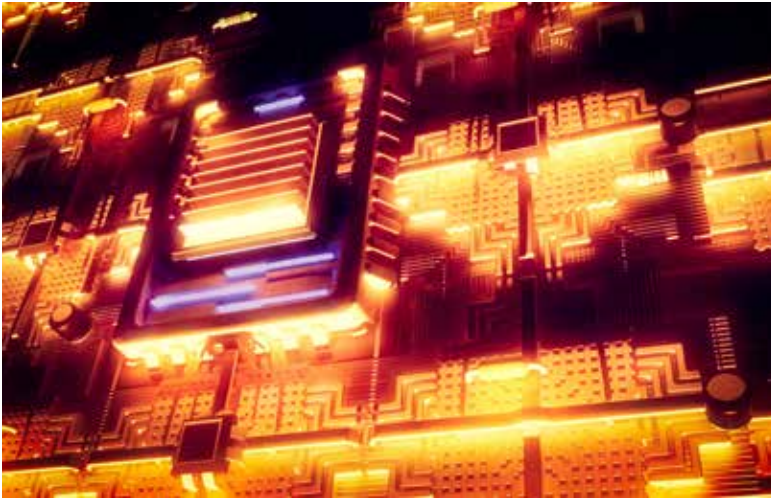
Flüssigkeit ausgelegt war. Wer Kühlinfrastruktur und IT von Anfang an gemeinsam denkt, vermeidet genau dieses Szenario.

Für bestehende Rechenzentren empfiehlt sich zunächst eine gründliche Bestandsaufnahme der vorhandenen Kühlkapazitäten, der Redundanzen im Kältemaschinensystem, der USV-Kapazitäten für CDU-Pumpen (Cooling Distribution Unit) und der Tragfähigkeit des Bodens.

### **Mythos 2: Das Personal verfügt nicht über die nötigen Kenntnisse**

Flüssigkeitskühlung war bislang vor allem in Hochleistungsrechenzentren verbreitet; für viele Teams im Rechenzentrumsbetrieb scheint sie neu. Eine solide Basis bietet jedoch bereits Erfahrung mit Kältemaschinen im Allgemeinen. Hersteller von CDUs kennen immerhin die Komplexität ihrer Systeme und können Risiken reduzieren. Erfahrene Installateure können neue Rohrleitungen auf Dichtigkeit testen, spülen Pumpen und Wärmetauscher beim Erstbetrieb separat und reinigen das System vor der Befüllung.

Ein gut aufgestelltes Netzwerk aus Technologieanbietern, Systemintegratoren, Planern, Beratern und Servicepartnern begleitet idealerweise den gesamten Lebenszyklus der Anlage und unterstützt die eigenen Fachleute. All das reduziert



In leistungsfähigen Serversystemen entsteht eine hohe Wärmeleistung auf kleinstem Raum, die sicher abgeführt werden muss.

Betriebsrisiken erheblich und Unternehmen haben Zugriff auf mehr Know-how, als sie anfangs vielleicht denken.

### Mythos 3: Flüssigkeit im Rechenzentrum erhöht das Ausfallrisiko

Wasser im IT-Bereich gilt seit Jahrzehnten als Risiko. Dabei ist es längst Teil moderner Rechenzentrumsarchitekturen. Kaltwasserleitungen verlaufen unter dem Doppelboden, zeilenbasierte Klimageräte stehen zwischen den Racks. Entscheidend ist letztlich nicht das Vorhandensein von Flüssigkeit, sondern wie konsequent das Risiko kontrolliert wird.

Sorgfältige Planung, fachgerechte Installation und ein strukturierter Betrieb schaffen in Verbindung mit geprüften Komponenten und erfahrenen Partnern die Grundlage dafür, dass Wasserinstallationen im Rechenzentrum beherrschbar bleiben. Für Flüssigkeitskühlsysteme gilt ein ähnliches Prinzip. Die Technologie ist zuverlässig und die Erfahrungsbasis in der Branche wächst stetig.

### Mythos 4: Flüssigkeit beschädigt teure GPU-Server

Server für KI-Workloads kosten 200.000 US-Dollar und mehr. Vorsicht ist

bei solchen Preisen verständlich. Als Risiken werden vor allem plötzliche Temperaturwechsel an den Chips und Leckagen genannt. Serverhersteller haben jedoch jahrzehntelange Erfahrung mit Wasser in ihren Systemen gesammelt, die zu erheblichen Verbesserungen in Konstruktion, Fertigung und Betrieb geführt hat. IBM brachte 2014 das wassergekühlte NeXtScale-System auf den Markt, Dell folgte 2016 mit der dritten Generation seiner Flüssigkeitslösung Triton.

Eine zentrale Rolle spielt eine gut integrierte und gewartete CDU. Ihr Steuerungssystem regelt Temperatur, Durchfluss und Druck kontinuierlich, sodass die Chips stabil arbeiten und abrupte Temperaturwechsel ausbleiben. Daher sollten Unternehmen dieses Herzstück auch als essenziellen Bestandteil ihrer Infrastruktur verstehen.

### Mythos 5: Flüssigkeitskühlung gefährdet die Servergarantie

Garantien für flüssigkeitsgekühlte IT-Geräte decken in der Regel Material- und Verarbeitungsfehler ab, einschließlich der Kühlkomponenten im Server. Schäden durch nicht freigegebene Kühlflüssigkeiten, fehlerhafte Wartung oder nicht genehmigtes Zubehör können den Garantieanspruch hingegen tatsächlich

gefährden. Einige Serverhersteller sind allerdings besonders sicherheitsbewusst und restriktiv, was Typ, Marke und Konfiguration des Kühlsystems betrifft. Das gilt für Verteiler, Anschlussleitungen und Kühlmittelverteilereinheiten gleichermaßen. Wer ausschließlich freigegebene Komponenten einsetzt und Herstellervorgaben konsequent einhält, ist auf der sicheren Seite.

### Planung und Partnerwahl als zentrale Erfolgsfaktoren

Flüssigkeitskühlung funktioniert als Systemarchitektur, die eng mit der bestehenden Infrastruktur abgestimmt sein muss. In den meisten Rechenzentren wird sie auf absehbare Zeit neben der Luftkühlung betrieben, denn für Komponenten wie Datenspeicher und Netzwerk bleibt Luftkühlung weiterhin notwendig.

Entscheidend für eine erfolgreiche Flüssigkeitskühlung ist, wie frühzeitig die Planung ansetzt. Kühlinfrastruktur und IT-Beschaffung sollten von Anfang an gemeinsam gedacht und in eine gesamtheitliche Strategie eingebunden werden. Unternehmen, die ihre vorhandenen Systeme kennen und auf ein erfahrenes Partnernetzwerk setzen, begegnen den beschriebenen Herausforderungen, bevor sie zum Problem werden.



WAS STECKT HINTER DEN BEGRIFFEN?

## CLLC, PSFB und SEPIC

Moderne Wandlertopologien spielen eine zentrale Rolle bei der Entwicklung effizienter Stromversorgungen und DC/DC-Systeme. Sie ermöglichen nicht nur eine präzise Spannungswandlung, sondern auch die gezielte Anpassung an Anforderungen wie Wirkungsgrad, Leistungsdichte und galvanische Trennung.

Dabei tauchen Abkürzungen auf, die eingeordnet werden müssen.

Begriffe wie CLLC, PSFB oder SEPIC sind in der Leistungselektronik üblich – doch was steckt dahinter und wie unterscheiden sie sich voneinander?

TEXT: Bernhard Haluschak, E&E

### CLLC

CLLC steht für Capacitor-Inductor-Inductor-Capacitor und bezeichnet einen isolierten, bidirektionalen resonanten DC/DC-Wandler. Die Topologie erweitert den LLC-Wandler um eine symmetrischere Resonanzstruktur, sodass sowohl im Vorwärts- als auch im Rückwärtsbetrieb günstige Schaltbedingungen erreicht werden können. Die Energieübertragung erfolgt über einen Hochfrequenztransformator und ein Resonanznetzwerk aus Kondensatoren und Induktivitäten, wobei Streu- und Magnetisierungsinduktivitäten gezielt für resonanten Betrieb genutzt werden. CLLC wird in Onboard-Chargern, Batteriewandlern, DC-Microgrids und bidirektionalen Speichersystemen eingesetzt. Charakteristisch sind hohe Wirkungsgrade, galvanische Trennung und Soft-Switching über weite Betriebsbereiche.

### PSFB

PSFB steht für Phase-Shifted Full Bridge und bezeichnet einen isolierten DC/DC-Wandler mit vier primärseitigen Schaltern in Vollbrückenschaltung. Die Ausgangsleistung wird nicht primär über den Tastgrad, sondern über die Phasenverschiebung der beiden Brückenarme geregelt. Die Streuinduktivität des Transformators oder eine zusätzliche Serieninduktivität unterstützt die resonante Umladung der Schalterkapazitäten und ermöglicht dadurch ZVS über einen definierten Lastbereich. PSFB wird häufig bei mittleren bis hohen Leistungen eingesetzt, etwa in Servernetzteilen, Telekom-Stromversorgungen, Industrie-DC-Bussen und Ladegeräten. Charakteristisch sind galvanische Trennung, hohe Leistungsdichte und gute Effizienz bei geeigneter Last. Der Energiefluss ist in diesem DC/DC-Wandler präzise regelbar.

### SEPIC

SEPIC bedeutet Single-Ended Primary-Inductor Converter und ist ein nichtinvertierender DC/DC-Wandler, der Eingangsspannungen ober- und unterhalb der Ausgangsspannung verarbeiten kann. Er kombiniert zwei Induktivitäten, häufig magnetisch gekoppelt, mit einem Serienkondensator zur Energieübertragung zwischen Eingangs- und Ausgangsstufe. Im Gegensatz zum Buck-Boost bleibt die Ausgangspolarität positiv, und der Eingangsstrom ist kontinuierlicher, was EMV und Quellenbelastung verbessert. SEPIC wird in Batterie-, Automotive- und LED-Anwendungen genutzt, wenn eine schwankende Eingangsspannung auf eine stabile Ausgangsspannung geregelt werden muss. Nachteile sind höhere Bauteilbelastungen, Kondensator-Ripple, geringe Effizienz und komplexe Kompensation.

SICHERHEITSISOLIERUNG PER RELAIS FÜR  
INTELLIGENTE STROMINFRASTRUKTUREN

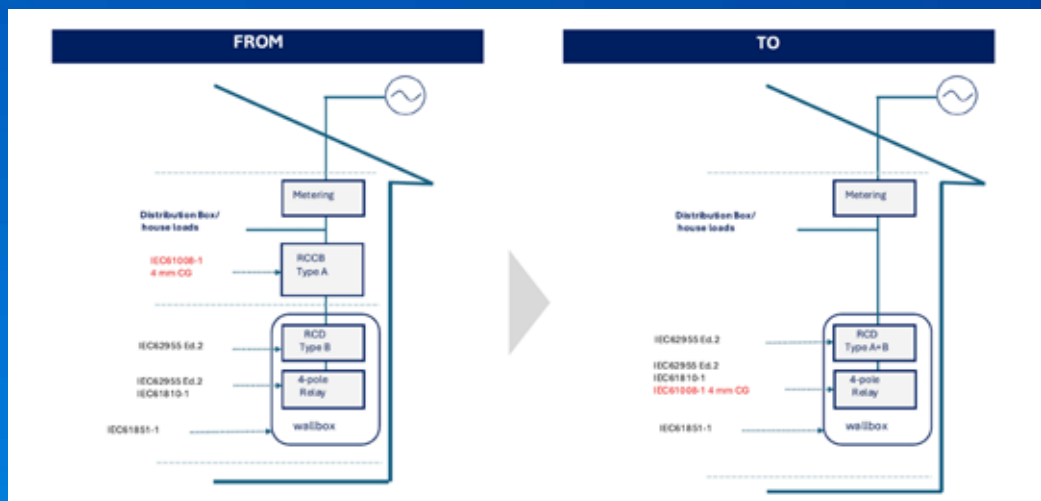
## SICHERE TRENNUNG

Das dynamische Anschließen und Trennen von Energiequellen sowie das intelligente Drosseln von Lasten ist eine Domäne der softwaregesteuerten Leistungselektronik. Andererseits müssen Sicherheitsabschaltsysteme eine physische Trennung gewährleisten, um Menschen und Geräte zu schützen. Dies wird in der Regel durch elektromechanische Schalter erreicht. Mit der Weiterentwicklung der Bauelemente dieser Kategorie können die Architekturen von Systemen, die internationalen Sicherheitsstandards entsprechen, kostengünstiger und effizienter werden.

TEXT: Steve Drumm, Omron Electronic Components

BILDER: Omron; iStock, filo

Die Konsolidierung der Sicherheitsisolierung in Relaismodulen vereinfacht das Design von Wallboxen.



Die Energiewende – die Kombination aus Elektrifizierung und Umstellung auf erneuerbare Energien – erfordert intelligente Lösungen für die gesamte Versorgungsinfrastruktur, einschließlich Smart Grid, Pre-Grid und Edge-of-Grid-Anlagen. Von entscheidender Bedeutung ist, Versorgungsschwankungen zu minimieren und gleichzeitig die Nachfrage zu priorisieren und zu steuern.

## Sicherheit am Netzrand

Zu den Edge-of-Grid-Anlagen gehören zum Beispiel intelligente Haushaltsgeräte sowie AC-Ladegeräte für Privathaushalte und Gewerbe oder Industrie, auch bekannt als Electric Vehicle Supply Equipment (EVSE - Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge). Ein gängiger Typ ist das Ladegerät der Kategorie 3, in der Regel eine Wallbox oder ein Standgerät, das über einen eigenen Stromkreis dauerhaft an das Wechselstromnetz angeschlossen ist.

Ein Wechselstrom-Ladegerät muss aus Sicherheitsgründen und für einen korrekten Betrieb ordnungsgemäß geerdet sein. Die Erdung ist eine wichtige Sicherheitsvorrichtung, die Stromschläge verhindert und sowohl den Benutzer als auch das Elektrofahrzeug schützt. Um einen ausreichenden Trennschutz zu gewährleisten, ist ein Fehlerstromschutzschalter (FI-Schutz-

schalter) des Typs RCCB (Residual Current Circuit Breaker) oder RCD (Residual Current Device, dt. Reststromschutzgerät) vorgeschrieben. Die Notwendigkeit, Fehlerstrom zur Erde (Leckstrom) zu erkennen, steigt erheblich, wenn ein Elektrofahrzeug angeschlossen ist.

Das Problem entsteht, wenn das Bordladegerät (OBC - Onboard Charger) eines Fahrzeugs möglicherweise Gleichströme über 6 mA verursacht, die einen Fehlerstromschutzschalter vom Typ A beschädigen oder „blind“ machen können. Dieser Schwierigkeit begegnet man durch spezifische elektrische Sicherheitsnormen, die in erster Linie vorgeben, einen fortschrittlicheren Fehlerstromschutzschalter des Typs B oder ein separates Gleichstrom-Fehlerstromerkennungsgerät (RDC-DD - Residual Direct Current Detecting Device) zu verwenden. Dadurch wird verhindert, dass die Auslösespule dieses FI-Schutzschalters gesättigt wird, und sichergestellt, dass er im Falle eines Wechselstrom- oder Gleichstromfehlers ordnungsgemäß funktioniert.

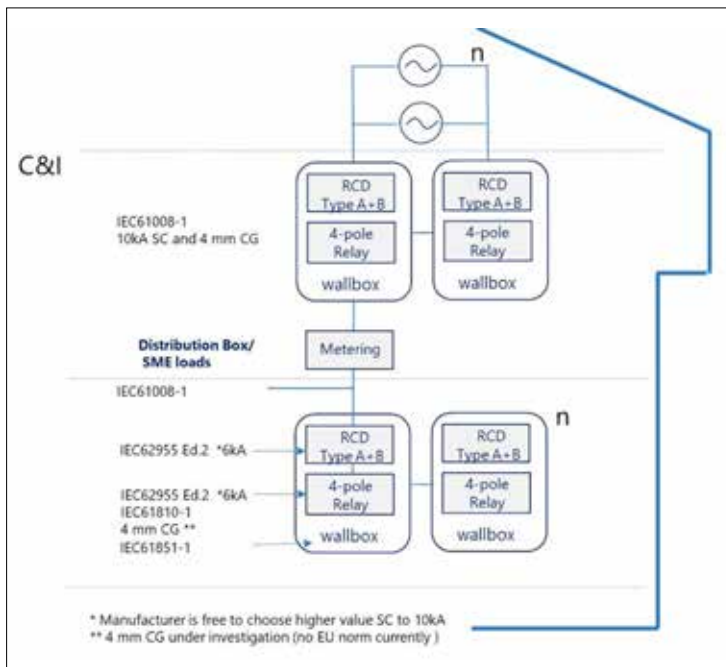
Klar ist, dass das Laden von Elektrofahrzeugen sowohl in der Einfahrt als auch am Arbeitsplatz und an anderen Orten außerhalb des eigenen Zuhauses immer mehr zur Normalität werden wird. Es gibt

also starke Anreize dafür, dass Geräte einfacher und kostengünstiger werden, ohne dabei die bestehenden hohen Sicherheitsstandards zu beeinträchtigen.

Die Norm IEC 61851-1 für EVSE verlangt, dass Ladegeräte eine Vielzahl von Fehlerströmen erkennen und insbesondere vor AC- und pulsierenden DC-Leckströmen sowie gleichmäßigen DC-Strömen (>6 mA) schützen. Ladegeräte sind von Natur aus elektrisch verdrahtet, daher sind beide erforderlich, um eine effektive Fehlererkennung zu erreichen. Der RDC-DD muss die Anforderungen der Norm IEC 62955 erfüllen.

Relais, die für den Betrieb mit RDC-DDs gemäß IEC 62955 geeignet sind, erfordern eine Kurzschlussstromfestigkeit von bis zu 10 kA. Gewährleistet ein Relais ebenfalls einen Kontaktabstand von 4 mm, bietet es den Abstand, der einem RCCB gemäß IEC 61008-1 (Norm für Haushaltschutzschalter) entspricht. Dies kann zwar zur Vereinfachung von Mode-3-Ladegeräten beitragen. Jedoch können nur wenige der derzeit erhältlichen Relais garantieren, dass 100 Prozent der gelieferten Komponenten einen Kontaktabstand von 4 mm erreichen.

Die neuesten Aktualisierungen der Omron G9KC-Relais gewährleisten eine



Schutz und Messung beim Mode-3-Laden im Nicht-Wohnbereich

Kurzschlussstrombelastbarkeit von 10 kA und einen garantierten Kontaktabstand von 4 mm. Die Verwendung dieser Relais kann Herstellern von Mode-3-Ladegeräten dabei helfen, sich auf die erwartete Integration von vorgelagerten Sicherheitsvorrichtungen in Wallboxen und Ladestationen vorzubereiten. Darüber hinaus erfüllt die garantierte 4-mm-Kontaktkappe die Anforderungen für die Messung im Ladegerät - ein zunehmender Trend bei Mode-3-Geräten für gewerbliche, industrielle und öffentliche Ladeeinrichtungen. Das G9KC eignet sich daher für alle Anwendungen vor, in oder hinter dem Zähler.

Durch die Erfüllung sowohl der Mess- als auch der Schutzanforderungen können diese Relais die Versorgungs- und Lastschaltungen für mehrere gruppierte Ladeeinheiten vereinfachen, indem sie die vorgeschriebene Sicherheitsbarriere bereitstellen und gleichzeitig eine Fehlerübertragung zwischen Wallboxen verhindern.

AC-Trennrelais sind für die Sicherheit von Wallboxen unerlässlich. Doch steuern sie den gesamten Ladestrom und sind daher auch eine Hauptquelle unerwünschter Wärmeentwicklung im Inneren der Box.

Je nach Betriebsbedingungen kann bereits eine Erhöhung des Kontaktwiderstands um 1 mΩ zu einem Anstieg der Temperatur am Lastanschluss um bis zu 18 °C führen. In der G9KC-Serie sorgt eine Kombination aus mechanisch gekoppelten Doppelunterbrechungskontakten und einem leistungsoptimierten Kontaktkartendesign (Cradle) dafür, dass der Hauptkontaktwiderstand bei Volllast typischerweise unter einem Milliohm liegt (nur 275 VCA 40 A). Dies ist in der Regel 2,5-mal weniger als bei derzeit erhältlichen Konkurrenzprodukten. Dies verbessert nicht nur die Ladeeffizienz, sondern reduziert auch Strom-Hotspots und minimiert die Wärmeabgabe. Es kann die Betriebstemperatur in einer 22-kW-32-A-Wallbox um bis zu 10 °C senken.

Die niedrigere Betriebstemperatur des G9KC trägt nicht nur zur Verbesserung der Systemzuverlässigkeit bei, sondern verringert auch die Wahrscheinlichkeit, dass Stromdrosselungsschwellen erreicht werden, und sorgt so für schnelle und vorhersehbare Ladezeiten. Neben einem niedrigen Anfangskontaktwiderstand sorgt das langlebige Kontakt-design dafür, dass der Widerstand während der gesamten Lebensdauer des Bauteils

niedrig bleibt. Dies ist besonders wichtig, da die Betriebsdauer einer Wallbox in der Regel mehrere Jahre beträgt.

### Verbesserung des Schutzes vor dem Netz

Der garantierte Abstand von 4 mm, der geringe Kontaktwiderstand und die hohe Kurzschlussfestigkeit der G9KC-Serie erweitern das Anwendungsspektrum dieser Relais, sodass sie in intelligenten Verteilungsinfrastrukturen vielfältigere Aufgaben übernehmen können. Photovoltaikanlagen (PV-Anlagen) aller Bauarten, einschließlich String-, Hybrid- und Zentralanlagen, erfordern eine automatische Trennvorrichtung zwischen dem Generator und dem öffentlichen Niederspannungsnetz. Die automatische Abschaltung gewährleistet nicht nur die Sicherheit des Personals, sondern schützt auch Geräte und Verbraucher vor Störungen, die zu falschen Spannungen und Frequenzen führen. Omrons G9KC-Serie erfüllt die Anforderungen der Normen DIN VDE0126-1 und VDE0126-2, die die Geräte und Prüfverfahren für die Trennung oder Inselbildung des PV-Ausgangs regeln, und vereinfacht somit die automatische Abschaltung zum Schutz des Netzes.



Hochstromrelais zur PCB-Montage können bis zur Hälfte kleiner sein und eine höhere Leistungsdichte aufweisen als vergleichbare Relais.

## Austausch des Schützes

Angesichts der Notwendigkeit einer raschen Modernisierung und Aufrüstung der Strominfrastrukturen überall auf der Welt im Rahmen der globalen Bemühungen um eine saubere Elektrifizierung wachsen das Interesse und die Chancen für Relais als kompaktere, effizientere und kostengünstigere Alternative zu Geräten wie Wechselstromschützen.

Ein wesentliches Merkmal von Schützen sind ihre integrierten Hilfsspiegelkontakte, mit denen das System erkennen und sicher reagieren kann, wenn die Hauptkontakte aufgrund von Überstrom verschweißen. Omrons G9KC-Serie umfasst optional Spiegelkontakte, wodurch die Erkennung eines verschweißten Hauptkontakts in einem kompakteren und kostengünstigeren Gerät erleichtert wird.

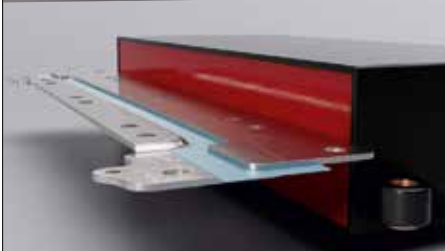
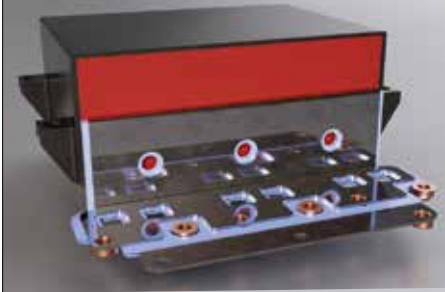
Die G9KC-Spiegelkontakte entsprechen der gängigen Norm IEC 60947-4-1 Anhang F und können daher als kompakte, hocheffiziente AC-Unterbrecheralternative zu mehrpoligen Industriekontaktoren betrachtet werden, die eine

leistungsstarke Sicherheitsisolierung in Anwendungen gemäß IEC 60364 bieten.

Hochstromrelais zur PCB-Montage wie die G9KC-Serie können bis zur Hälfte kleiner sein als vergleichbare herkömmliche Relais, was eine höhere Leistungsdichte ermöglicht und Schutzprobleme in Anwendungen mit begrenztem Platz löst. Ein weiterer Vorteil sind gelötete Anschlüsse, die wiederholbarer, zuverlässiger und effizienter als herkömmliche Schraubverbindungen sind.

## Fazit

Elektromechanische Relais bieten eine physische Isolierung, die für die Sicherheit in der heutigen elektrifizierten Welt unerlässlich ist. Verbesserte Designs, die die Kurzschlussstromfestigkeit erhöhen, den Kontaktwiderstand verringern und einen Kontaktabstand von 4 mm garantieren können, erfüllen die strengsten Anforderungen der geltenden IEC- und VDE-Normen. Kompakte Hochstrom-Leiterplattenbauelemente mit Lötanschlüssen und integrierten Spiegelklemmen bieten die gleichen Funktionen wie Schütze und stellen daher eine kleinere und kostengünstigere Alternative dar.



## Kundenspezifische DC-Link Kondensatoren

WIMATec DC-Link Kondensatoren sind Bauteile mit ausgeklügeltem Design für die Umrichter-technik:

### 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, 09.-11. Juni 2026  
Halle 4A / Stand 326

Capacitors Made in Germany !

[www.wima.de](http://www.wima.de)

Technik für die nächste kommerzielle und industrietaugliche Drohnen-Generation

# Ready for Takeoff

Drohnen sollen heute nicht nur fliegen, sondern liefern, prüfen, überwachen und dokumentieren. Je breiter ihr Einsatzfeld wird, desto stärker rücken Zuverlässigkeit, einfache Wartung und flexible Anpassbarkeit in den Mittelpunkt. Genau diese Eigenschaften entscheiden zunehmend darüber, wie wirtschaftlich und praxistauglich moderne UAV-Plattformen wirklich sind.

TEXT: Norbert Weiß, Harting BILDER: Harting; iStock, sarawuth702

Unbemannte Luftfahrzeuge (Unmanned Aerial Vehicles – UAVs) gewinnen in der heutigen, sich schnell entwickelnden digitalen Welt zunehmend an Bedeutung. Unternehmen sind bestrebt, die digitale Transformation ihrer industriellen Prozesse voranzutreiben, um Kosten zu senken und Arbeitsumgebungen zu verbessern. Ob zur Kartierung großer Flächen, zur intelligenten Hinderniserkennung oder für vollautomatische Vorgänge zur präzisen Ausbringung von Wasser, Düngemitteln und anderem: Kommerziell genutzte Drohnen und Quadcopter tragen dazu bei, Entwicklungen in der industriellen Selbststeuerung zu unterstützen und Automatisierungsprozesse in verschiedenen Marktsegmenten auf die nächste Stufe zu heben.

## In Europa entwickelte Industriestandards sorgen für optimierte SwaP-Merkmale

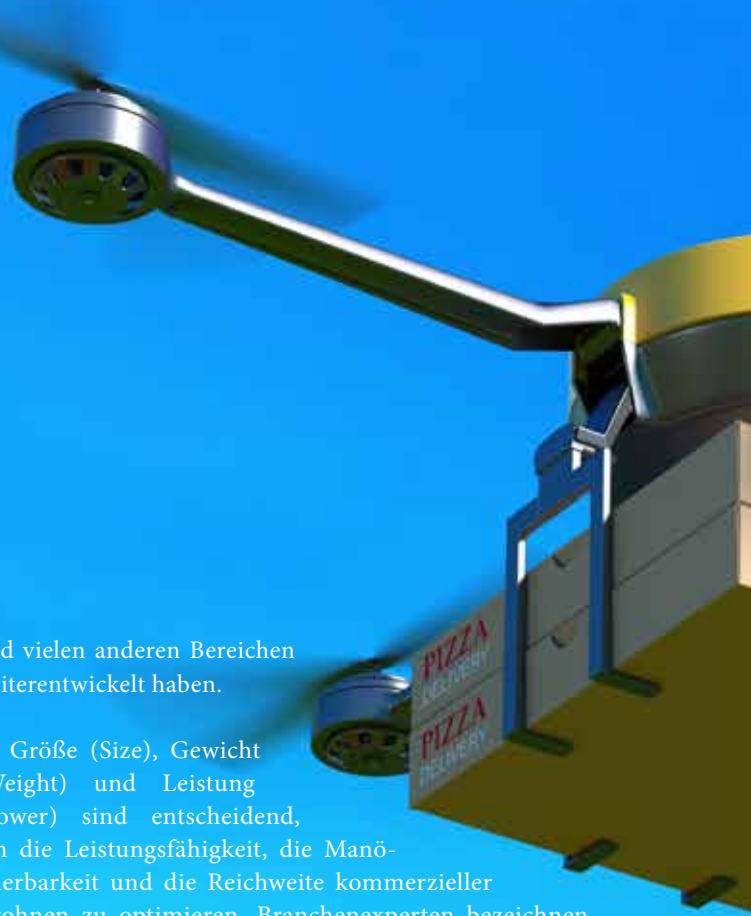
Technologische Durchbrüche wie eine verbesserte Batterieleistung, fortschrittliche Bildsensoren und KI-gesteuerte autonome Funktionen haben die Einsatzmöglichkeiten von Drohnen in verschiedenen Branchen erheblich erweitert. Diese Entwicklung hat dazu geführt, dass sich bestimmte Anwendungen, wie etwa die Drohnentechnologie, deutlich von Hobbygeräten hin zu regulierten, erfolgskritischen Plattformen in Landwirtschaft, Logistik, Inspektion, öffentlicher Sicherheit

und vielen anderen Bereichen weiterentwickelt haben.

Größe (Size), Gewicht (Weight) und Leistung (Power) sind entscheidend, um die Leistungsfähigkeit, die Manövrierbarkeit und die Reichweite kommerzieller Drohnen zu optimieren. Branchenexperten bezeichnen dies als SwaP. Als Marktführer für Industriesteckverbinder hat Harting den Bedarf an industrietauglichen Verbindungs- und Verkabelungslösungen erkannt. Der neue HARTING Han MPC und der ICC 20 Drone Arm Connector (DAC) wurden in Übereinstimmung mit diesen wichtigen Anforderungen entwickelt. Das bestehende Angebot von Harting an Konnektivitätslösungen für Geräte und die zukünftige Produktion auf Basis der 3D-MID-Technologie tragen ebenfalls dazu bei, neue Potenziale für den automatisierten Flugbetrieb zu erschließen.

## Verbindung zwischen Stromverteiler, Geschwindigkeitsregler und Batterie

Drohnen und andere mobile Roboter, einschließlich humanoider Roboter, weisen eine gemeinsame Topologie von





Dank leistungsfähigerer Akkus, präziserer Bildsensorik und KI-basierter Autonomiefunktionen entwickeln sich Drohnen zunehmend zu vielseitigen Werkzeugen für Industrie, Logistik, Landwirtschaft, Sicherheit und weitere Anwendungsfelder.

Verbindungsstellen auf. Die weit verbreiteten LiPo-Akkus, entweder als reguläre oder als zukunftssichere intelligente Einheiten mit Signalintegrität, versorgen das Power Distribution Board (PDB) mit Strom.

Das PDB ist die zentrale Schnittstelle zwischen dem Akku und dem elektronischen Drehzahlregler (ESC). Der ESC sorgt für ein effizientes und zuverlässiges Energiemanagement, indem er effektiv die Geschwindigkeit und die Drehrichtung des Elektromotors steuert, um einen reibungslosen Betrieb des Geräts zu gewährleisten. In der Industrie werden häufig 3-phasige bürstenlose Gleichstrommotoren (BLDC) verwendet, um einen geringen Wartungsaufwand und eine lange Lebensdauer zu gewährleisten.

Han MPC30 und MPC60 sind ideale Lösungen für Verbindungen zwischen diesen kritischen Einheiten, da sie eine hohe Signalintegrität gewährleisten. Zusätzliche Varianten

wie verschiedene Gehäusetyper oder gerade und abgewinkelte Leiterplattenvarianten ermöglichen eine noch größere Flexibilität. Die Verbindung zwischen PCBs lässt sich mit dem har-modular PCB Steckverbindersystem äußerst flexibel gestalten.

### Steckbare Drohnenarme ermöglichen Skalierbarkeit für höhere Lasten

Modulare Architekturen und Plattformkonzepte entsprechen dem neuesten Stand der Technik und gewähren eine hohe Flexibilität der Maschinen. Dies gilt auch für UAVs. Die Ergänzung zusätzlicher Drohnenarme für den Transport höherer Lasten und der Wechsel von Werkzeugen sind gängige Verfahren, um unterschiedliche Aufgaben bewältigen zu können. Die notwendige Modularität wird durch Plug-in-Schnittstellen ermöglicht. Fest verdrahtete Drohnenarme können sich auch bei der Wartung kommerzieller Drohnen schnell als Engpass erweisen. Die Fehlersuche gestaltet sich zeitaufwändig und ist oft auf Spezialisten angewiesen, die bestehende Verbindungen trennen müssen. Der ICC 20 DAC bietet da viele Vorteile gegenüber fest verkabelten Lösungen: Die Drohnenarme lassen sich einfach einstecken und wieder entfernen, wenn defekte Arme ersetzt oder ein Austausch zwischen verschiedenen Varianten gewünscht wird.

FIRMEN UND ORGANISATIONEN IN DIESER AUSGABE

Firma	Seite	Firma	Seite
ALPHA-Numerics	19	MES Electronic Connect	13
ams-OSRAM	60	Mesago Messe Frankfurt	14
Analog Devices	24	Metrofunkkabel-Union	U3
Avacon	13	nVent SCHROFF	47
Chalmers University of Technology	13	OMRON Electronic Components	32
congatec	39	Panduit	27
Conrad Electronic	U4	PEAK-System Technik	43
CTX Thermal Solutions	13	Phoenix Contact	56
dataTec	3, 64	publish-industry Verlag	U2, 45, 49, 63
DETAKTA	5	Rogers	20
Display Elektronik	51	Rosenberger-OSI	13
Envia TEL	13	Schneider Electric	28
Ferdinand-Braun-Institut	6	Schukat electronic	57
Fischer Elektronik	23	SCHURTER	13, 48
FRIZLEN	15	SECO Northern Europe	52
HARTING	13, 36	SIGLENT Technologies	Titel, 8, 11, 47
ICT SUEDWERK	29	StarPower	20
Infineon Technologies	19	STMicroelectronics	13
Kingbright Electronic	55	Traco Electronic	21
Kontron	42	WAGO	20
Linutronix	46	WIMA	35
Littelfuse	20	Wind River	47



Aus einstigen Freizeitgeräten sind hochspezialisierte Drohnensysteme geworden, die heute in Bereichen wie Landwirtschaft, Logistik, Inspektion und öffentlicher Sicherheit eine zentrale Rolle übernehmen.

IMPRESSUM

**Herausgeber** Kilian Müller  
**Head of Content Manufacturing** Christian Fischbach  
**Redaktion** Bernhard Haluschak (Managing Editor/verantwortlich/-928), Carolina Bachmeier (-898), Emily Domingues Braga (-927), Katharina Huber (-938), Leander Jank (-937), Dana Neitzke (-930), Michaela Sandner (-916), Rieke Heine (freie Mitarbeiterin)  
**Newsdesk** newsdesk@publish-industry.net  
**Head of Sales** Kilian Müller  
**Media** Saskia Albert (Director Sales/verantwortlich/-918), Beatrice Decker (-913), Caroline Häfner (-914), Ilka Gärtner (-921), Alexandra Klasi (-917);  
 Anzeigenpreisliste: vom 01.01.2026  
**Inside Sales** Patricia Dachs (-935), Sarah Fuchs (-929); sales@publish-industry.net  
**Verlag** publish-industry Verlag GmbH, Claudius-Keller-Str. 3A, 81669 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@dvvmedia.com  
**Abonnement** Das Abonnement enthält die regelmäßige Lieferung der E&E (derzeit 5 Ausgaben pro Jahr inkl. redaktioneller Sonderhefte) sowie als Gratiszugabe das jährlich erscheinende Jahrbuch der Industrie, INDUSTRY.forward HAKAHAKA.  
**Jährlicher Abonnementpreis**  
 Ein JAHRES-ABONNEMENT der E&E ist zum Bezugspreis von 67 € inkl. Porto/Versand innerhalb Deutschland zzgl. 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. Versandspesen und MwSt. zusätzlich berechnet. Im Falle höherer Gewalt erlischt jeder Anspruch auf Nachlieferung oder Rückerstattung des Bezugsgeldes. Studentenabonnements sowie Firmenabonnements für Unternehmen, die die E&E für mehrere Mitarbeiter bestellen möchten, werden angeboten. Fragen und Bestellungen richten Sie bitte an leserservice-pi@dvvmedia.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 Mediencenter 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.**



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

Störungsfreie und stabile Video- und Signalübertragung

Kommerzielle Drohnen benötigen zuverlässige Verbindungen für Kamerasensoren und Sensoren zur Messung der Nutzlast. Harting bietet schock- und vibrationsfeste Lösungen mit Datenraten bis zu Cat. 8.2 (40 Gbit/s) sowie störungsfreie Glasfaserlösungen an. Robuste Kameraverbindungen können mit dem HARTING ix Industrial oder der zukunftssicheren Single Pair Ethernet (SPE) Lösung T1 Industrial hergestellt werden.

Zusätzliche Platz- und Gewichtseinsparungen durch kompakte Antennen

Mit der 3D-MID-Technologie können Antennen dreidimensional konstruiert und direkt in Gerätestrukturen integriert werden. Dadurch lassen sie sich präzise in kompakte oder komplexe Gehäuse einpassen, wodurch der verfügbare Platz effizient genutzt wird. Die Möglichkeit, Antennen genau dort zu platzieren, wo sie benötigt werden, unterstützt Hochfrequenzanwendungen und trägt dazu bei, eine zuverlässige drahtlose Verbindung auch in schwierigen Umgebungen aufrechtzuerhalten. 3D-MID bietet Flexibilität beim Design und Gewichtersparnis und erfüllt damit sowohl Leistungs- als auch Integrationsanforderungen.

Experten-Interview mit Congatec

# „Neu denken mit aReady.YOURS!“

Der rasante Technologiewandel und die damit verknüpften Anforderungen verändern die Entwicklung von Systemen enorm. Im Interview mit Peter Müller, VP Customer Application Center, zum neuen Serviceangebot von Congatec aReady.YOURS wird deutlich, wie OEMs Embedded-Plattformen schneller, sicherer und anwendungsspezifischer realisieren können.



**DAS INTERVIEW FÜHRTE:** Bernhard Haluschak **BILD:** Congatec

**Herr Müller, Congatec hat kürzlich über sein neues Serviceangebot aReady.YOURS informiert. Was hat es damit auf sich?**

Congatec bündelt umfassende Design Services im neuen Customer Application Center, das für kundenspezifische Anpassungen auf Hardware- und Software-Ebene verantwortlich zeichnet. Mit diesem spezialisierten Angebot adressieren wir die steigende Nachfrage nach Plattformen, die exakt auf die Applikation des Kunden zugeschnitten sind. Ziel ist es, maßgeschneiderte Designs schneller, sicherer und wirtschaftlicher umzusetzen - von der ersten technischen Beratung bis zur Serienfertigung. Die Basis für unsere umfassenden Customization- und Software-Integrationsservices sind unsere existierenden Modul- und Carrierboard-Designs, die wir als Blaupause nehmen, um OEMs vollständige Embedded-Computing- Plattformen nahezu schlüsselfertig bereitzustellen.

**Customization der Computer-on-Modules und Carrierboards gab es ja schon vorher bei Congatec. Was genau zeichnet das neue Angebot aus?**

Mit der strategischen Übernahme des Modulgeschäfts von Kontron haben wir mehr Entwicklungskapazitäten mit der bekannten, hohen Expertise für das Customer Application Center und aReady.YOURS gewonnen. Das Besondere dabei ist: Eine von Haus aus modulare und Standards-basierte Plattform zu nutzen, die für kundenspezifische Auslegungen konzipiert wurde. Ein weiteres Alleinstellungsmerkmal von aReady.YOURS ist der Zugriff auf das gesamte Spektrum der aReady-Softwarebausteine. Das ist einmal aReady.IoT, damit machen Sie Ihre Geräte jederzeit und überall verfügbar und aReady.VT, die Virtualisierungstechnologie mit Hypervisor zur Systemkonsolidierung von Congatec.

**Also ein Rundum-sorglos-Paket für ihre Kunden. Wie muss man sich das in der Realität vorstellen?**

aReady.YOURS unterstützt Kunden in jeder Entwicklungsphase. Der Kunde kommt zu uns mit seinen Anforderungen und Herausforderungen. Wir beraten ihn umfassend bei der Auswahl des richtigen Produkts oder bei der Migration auf ein aktuelles Nachfolgeprodukt. Wir begleiten die Entwicklung, das Layout bis hin zur Serienfertigung und das Lifecycle-Management. Wir bieten kompetente Beratung zu Normen und Zertifizierungen für Ihr Design sowie professionelle Überprüfung von Schaltplänen und erweiterte Signaltests. Und der Kunde kann im Laufe des Prozesses auch die Services unserer weiteren



- > aReady.Building Blocks dazubuchen wie in einem Baukastensystem. Ziel ist es, maßgeschneiderte Embedded-Computing-Plattformen inklusive Cooling-Solutions schnell und verlässlich vom Konzept bis zum Roll-Out zu führen. Wir schaffen es mit unserem aReady.YOURS Konzept sogar vormals aufwendige Full Custom Entwicklung für unsere Kunden schneller, effizienter, kostengünstiger und designsicherer zu gestalten.

**Das hört sich sehr spannend an. Wie genau machen Sie das?**

Herzstück ist die sogenannte „COM & Carrier Fusion“. Wir können unseren Kunden jetzt standardmäßig ein Full-Custom-Design auf Basis unserer bewährten Computer-on-Modules, Kühlösungen und vorhandenen Carrier-board-Layouts anbieten. Durch die COM-Carrier-Fusion lassen sich so vor allem Full-Custom-Designs besonders effizient auf Basis vorhandener und verifizierter Designs umsetzen. Wir müssen also nicht bei Null anfangen. Für unsere Kunden bedeutet das eine hohe Designsicherheit und beschleunigte Entwicklungszyklen, da lediglich kundenspezifische Anpassungen vorgenommen werden. Zeitgleich können sich unsere Kunden auf ihre Applikationsentwicklung konzentrieren und sparen Zeit und Geld.

„Mit aReady.YOURS machen wir Full-Custom-Entwicklung schneller und designsicherer.“

**Sie haben auch von Software-Integrationservices gesprochen. Welche sind das genau?**

Wie schon erwähnt, ist das ein weiteres Alleinstellungsmerkmal von aReady.YOURS: Der Zugriff auf das gesamte Spektrum der aReady-Softwarebausteine von Congatec. Dazu zählen neben individueller Firmware auch bereits installierte, konfigurierte und lizenzierte Betriebssysteme wie ctrlX OS, Ubuntu Pro und Kontron OS von aReady.COM, der Hypervisor conga-zones für Systemkonsolidierung von aReady.VT und die IoT-Stacks conga-connect von aReady.IOT. Sie ermöglichen den Datenaustausch sowie Fernwartung und -management des Moduls, Carrierboards und der Peripherie als auch eine Cloudanbindung. Kunden können damit ein vollständig konfiguriertes, getestetes und lizenziertes Setup erhalten, das optimal mit der eigenen Applikation harmoniert. Durch diese enge Verzahnung von Hard- und Software sinkt der Integrationsaufwand erheblich und Validierungszyklen verkürzen sich. Ein schnelleres Deployment und ein früherer und optimierter Return-on-Investment sind die Folge.

**Ihre Kunden kommen bekanntlich aus verschiedenen Märkten, das heißt, Sie müssen hier schon vorab auf Spezialwissen zurückgreifen können.**

Richtig. Ein enormer Pluspunkt ist unsere langjährige projektspezifische Carrierboard-Expertise in vertikalen Märkten wie Medizintechnik, Transportation, Railway, Industrieautomation und zusätzlich bei ruggedized Umgebungen. Kunden profitieren von Best Practices, technischer Beratung zu regulatorischen und funktionalen Anforderungen sowie einem präzisen Abgleich der Applikationsanforderungen mit der optimalen Systemarchitektur. Zur Sicherstellung der Produktqualität und Absicherung des Designs

>

- > führen wir im Customer Application Center umfassende Hardware-Validierungs- und Testservices bei den kundenspezifischen Entwicklungen durch: EMV-Prüfungen, Signalintegritätstests für PCIe und High-Speed-Interfaces sowie Thermal- und Reliability-Screening. Optional stehen Conformal Coating und Ruggedization-Optionen zur Verfügung, um Designs für raue Umgebungsbedingungen zu härten.

**Was hat es mit diesem Partnerprogramm auf sich? Und planen Sie das auf mehrere Partner auszubauen?**

Mit dem aReady.YOURS Partnerprogramm erweitern wir das Customization Angebot über unseren Partner auf die Entwicklung ganzer Komplettsysteme. Mit dem Programm zünden wir die nächste Wertschöpfungsstufe für OEMs. Wir adressieren hier spezialisierte Partner, die tiefes Know-how in markt- und applikationsspezifischen Regularien, Zertifizierungen und Integrationsanforderungen mitbringen. Damit erschließen wir über unsere Partner OEMs den durchgängigen Weg von individualisierten Board-Level-Designs bis zum vollständig realisierten System – inklusive Zertifizierung, Serienfertigung und marktspezifischem Lifecycle Management.

## „Durch die enge Verzahnung von Hard- und Software sinkt der Integrationsaufwand erheblich.“

**Spannend, haben sie schon erste Partner?**

Erster Partner ist Kontron, der Komplettsysteme für Märkte mit hohen regulatorischen Anforderungen entwickelt – darunter Medizintechnik, Verteidigung, Luftfahrt und Kommunikation. Wir liefern dabei das Innenleben. Das können Customized Carrierboards mit Standard-Modulen sein, es gehen aber auch Full-Custom-Designs. Also die gesamte Bandbreite unseres aReady.YOURS Angebots. Natürlich bei Bedarf inklusive der Softwarebausteine auf Basis der Congatec-aReady-Technologieplattformen. Kunden profitieren davon, dass wir zusammen mit Kontron aus der Historie heraus sehr viel Erfahrung für die besonderen Anforderungen der Systeme im Moduldesign haben. Kontron schließlich übernimmt das Systemdesign, die entsprechenden Zertifizierungen und die Fertigung. Damit sind die Zuständigkeiten ganz klar aufgeteilt, denn wir werden und wollen nicht mit unseren Kunden in Wettbewerb treten. Das ist uns sehr wichtig!

**Umfasst das Rundum-Sorglos Paket für Ihre Kunden auch die Fertigung?**

Ja, wir übernehmen auch die Fertigung für unsere Kunden, d.h. es wird alles fix und fertig geliefert. Generell verfolgen wir bei der Serienfertigung mit Partnern den Ansatz lokal für lokal. Die Hardware wird direkt in den Zielmärkten – sei es in den USA, Asien oder Europa produziert. Das hat enorme Vorteile für Lieferketten, Kosten, Steuern, Zölle, strategische Einkaufsplanung und somit für die optimale Reaktionsfähigkeit. Wir sichern unseren Kunden damit auch eine langfristige Verfügbarkeit von Komponenten und Modulen sowie die Möglichkeit der Reaktivierung bereits abgekündigter Designs. Durch die Fertigungskooperation mit Kontron stärken wir diesen lokal für lokal Ansatz und realisieren wertschöpfende Synergien.



WIE CYBERSECURITY, KI UND KONNEKTIVITÄT EUROPAS INDUSTRIELLE ZUKUNFT PRÄGEN

# Resilienz als neue Währung

Resilienz entscheidet zunehmend über den wirtschaftlichen Erfolg: Hannes Niederhauser erläutert, wie Europas Industrie in einer Zeit geopolitischer Spannungen, digitaler Umbrüche und steigender Sicherheitsanforderungen handlungsfähig bleibt. Wer jetzt auf robuste, flexible und zukunftssichere Technologien setzt, verschafft sich klare Vorteile.

TEXT: Hannes Niederhauser, CEO der Kontron AG BILDER: Kontron

Die 5G-Konnektivätslösung ermöglicht eine stabile und leistungsstarke Datenübertragung für industrielle Anwendungen. Sie ist auf eine flexible Integration in anspruchsvolle Netzwerkumgebungen ausgelegt.



2025 war geprägt von wirtschaftlichen, geopolitischen und technologischen Veränderungen, die Industrie, Infrastruktur und kritische Sektoren nachhaltig verändern. Globale Spannungen, fragile Lieferketten und der zunehmende Technologiewettbewerb verdeutlichen, wie verletzlich kritische Infrastrukturen Europas geworden sind. Parallel beschleunigen sich digitale Transformation, Cyber-Bedrohungen und neue technologische Paradigmen wie künstliche Intelligenz (KI) und moderne Kommunikationsstandards wie 5G und FRMCS den Prozesswandel in Fertigung und Kommunikation. Prognosen zufolge werden bereits im Jahr 2026 über 60 % aller Organisationen KI strategisch einsetzen, während gleichzeitig der Bedarf an sicheren, hochverfügbaren Netzwerken weiter steigt.

Diese Entwicklung erfordert mehr als nur technisches Können. Themen wie technologische Souveränität, Resilienz, Sicherheit und Datenhoheit rücken zunehmend in den Mittelpunkt unternehmerischer Entscheidungen. In diesem dynamischen Umfeld wird die Fähigkeit, IT- und OT-Infrastrukturen sicher, robust, vernetzt und anpassungsfähiger

zu gestalten, zu einem zentralen Wettbewerbsfaktor.

### Cyber Resilience Act & Cybersecurity: Sicherheit wird zur strategischen Pflicht

Cybersecurity entwickelt sich zunehmend von einer isolierten IT-Disziplin zu einem integralen Bestandteil industrieller Wertschöpfung. Mit Regulierungen wie dem Cyber Resilience Act (CRA), NIS-2 oder RED reagiert die EU auf eine Bedrohungslage, die sich in den vergangenen Jahren deutlich verschärft hat. Angriffe auf industrielle Infrastrukturen, kritische Netze und vernetzte Geräte nehmen nicht nur quantitativ zu, sondern werden durch Automatisierung und KI auch qualitativ komplexer.

Die wirtschaftlichen Auswirkungen sind erheblich: Analysen beziffern die jährlichen wirtschaftlichen Schäden durch Cyberangriffe in Europa inzwischen auf über 200 Milliarden Euro. Zugleich treiben die regulatorischen Anforderungen die Nachfrage nach sicheren digitalen Produkten, die auf Compliance und Security ausgerichtet sind.



Integrierte PC-Schnittstellen

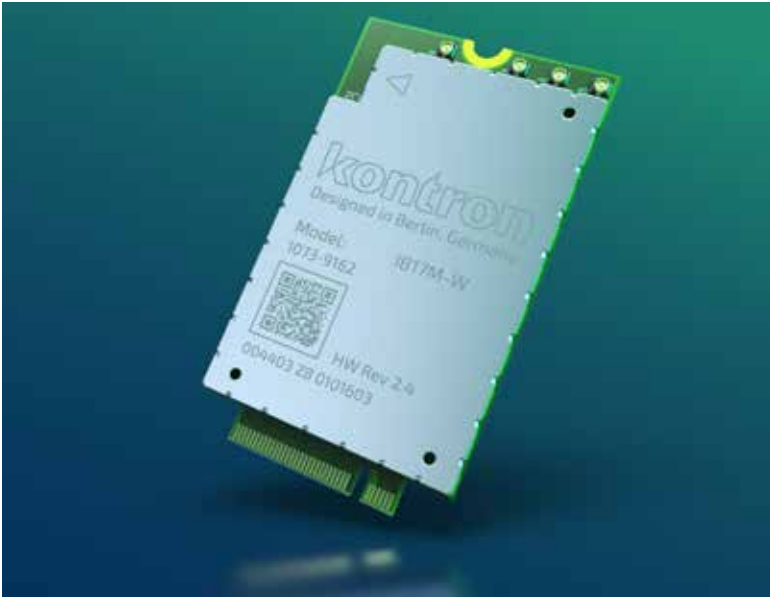
## Embedded Connectivity

Mit den PCAN-Karten im PCIe-, M.2- und miniPCIe-Format bietet PEAK performante CAN-FD-Schnittstellen mit bis zu vier Kanälen und galvanischer Entkopplung an – platzsparend und robust zur direkten Integration in Embedded-PCs.

- ✓ FÜR CAN & CAN FD
- ✓ SOFTWARE, APIS UND TREIBER FÜR WINDOWS UND LINUX INKLUSIVE
- ✓ KOMPAKTE BAUFORMEN FÜR BEGRENZTE RAUMSITUATIONEN
- ✓ EIN-, ZWEI- UND VIERKANAL-MODELLE

[WWW.PEAK-SYSTEM.COM](http://WWW.PEAK-SYSTEM.COM)





Das 5G-Modul Cobra ist eine kompakte M.2-Lösung für hochschnelle Konnektivität in industriellen Systemen. Es unterstützt Sub-6-GHz-Bänder sowie mmWave-Technologie und bietet niedrige Latenzzeiten mit Datenraten bis zu mehreren Gbit/s.

Die neuen EU-Vorgaben geben einen klaren Rahmen, wie sichere digitale Produkte künftig über ihren gesamten Produktlebenszyklus hinweg entwickelt, betrieben und abgesichert werden müssen – vom geforderten Integritätsschutz über verschlüsselte Datenkommunikation bis hin zu kontinuierlichen Updates und Threat Monitoring. Kontron unterstützt Hersteller unter anderem mit einer Reihe von CRA-ready Bausteinen wie KontronOS (gehärtetes, CRA-konformes Betriebssystem), KontronGrid (zentrale Compliance-Überwachung), KontronAIShield (KI-gestützte Bedrohungserkennung) und geeigneten Edge-Hardwareplattformen. Diese Lösungen tragen dazu bei, den Anforderungen der kommenden EU-Regulatorik gerecht zu werden, und schaffen gleichzeitig eine robuste Grundlage für vernetzte Systeme – vom Embedded Device bis zur Edge-Plattform.

### AI at the Edge & 5G: Intelligenz dort, wo Daten entstehen

2026 verschiebt sich die Rolle von KI und 5G weiter – weg von reinen Cloud-Ansätzen hin zu intelligenten, sicheren Edge-Architekturen. Daten entstehen in Maschinen, Fahrzeugen, Produktionsanlagen und kritischen Infrastrukturen.

Sie müssen dort verarbeitet werden, wo Latenz, Verfügbarkeit und Sicherheit entscheidend sind. Private 5G-Netze werden dabei zum Enabler für industrielle Echtzeitanwendungen und hochverfügbare Kommunikation.

KI-Funktionalitäten werden immer stärker mit Embedded-Systemen, Edge-Plattformen und sicheren Betriebssystemen verzahnt. Lösungen wie KI-gestützte Anomalie-Erkennung, Predictive Maintenance oder autonome Entscheidungsunterstützung entfalten ihren Mehrwert nur dann, wenn sie stabil, erklärbar und cyberresilient betrieben werden können. Technologien, die in einem Bereich funktionieren, lassen sich zunehmend auf andere Industrien übertragen, wodurch Innovationen und Effizienzgewinne multipliziert werden.

Ein Beispiel - und für Kontron ein strategisch wichtiger Markt – ist der Bahnsektor. Mit FRMCS (Future Railway Mobile Communication System) entsteht hier eine neue, auf 5G basierende Kommunikationsinfrastruktur für sicherheitskritische Anwendungen. Sie steht exemplarisch für hochregulierte Umgebungen, lange Lebenszyklen und maximale Anforderungen an Sicherheit und Verfügbarkeit. End-to-End-

Lösungen für den sicheren Übergang von GSM-R zu FRMCS, wie MCx, private 5G-Kernnetze und Cloud-native Management-Tools, lassen sich auch auf andere Industrien übertragen und verschaffen Anbietern wie Kontron einen frühen Wettbewerbsvorteil.

### Defense & sicherheitsrelevante Anwendungen: Technologie als Schutzfaktor

Die geopolitische Lage und die zunehmende Vernetzung kritischer Infrastrukturen führen weltweit und insbesondere in Europa zu steigenden Investitionen in Verteidigungs- und Sicherheitsprojekte. Staaten setzen dabei auf langfristig resiliente, sichere und vernetzte Systeme, die extreme Anforderungen an Zuverlässigkeit, Echtzeitfähigkeit und Verfügbarkeit erfüllen. Gefragt sind modulare Architekturen, offene Standards und robuste Embedded-Computing-Systeme, die hohe Rechenleistung, Stabilität und Cyberresilienz kombinieren. Sicherheit auf Hardware-Ebene, kontrollierte Lieferketten, lokale Fertigung und die Einhaltung internationaler Regularien gewinnen an strategischer Bedeutung.

Technologien, die sich in der Industrie, im Bahn- oder Energiesektor



Das KTN25130-5G NAD (Network Access Device) ist ein hochmodernes, automobiltaugliches Kommunikationsmodul, das speziell für die Anbindung von Fahrzeugen an 5G-Netzwerke entwickelt wurde. Es handelt sich um eine Lösung für Infotainment, Telematik und V2X (Vehicle-to-Everything) Anwendungen.

bewährt haben, finden zunehmend Anwendung in sicherheitskritischen Umgebungen. Gefragt sind modulare Architekturen, offene Standards und robuste Embedded-Computing-Systeme, die hohe Rechenleistung, Stabilität und Cyberresilienz kombinieren. Systeme müssen sowohl in extremen Umgebungen – bei Hitze, Kälte, Vibration oder Staub – zuverlässig funktionieren als auch in komplexen Netzwerkstrukturen stabil zusammenarbeiten. Kontron setzt mit seiner langjährigen Erfahrung im Embedded-Computing-Bereich unter anderem auf globale Entwicklungsstandorte, ein eng vernetztes Ingenieurteam und lokale Fertigung in strategisch relevanten Regionen. Kontron bietet hier bereits ITAR-Compliance an und sorgt damit dafür, dass sensible Technologien nur an zugelassene Partner geliefert werden.

### Bürokratie im Wandel: erste Signale für Entlastung

Trotz wachsender sicherheitsrelevanter Herausforderungen gibt es zumindest einen Lichtblick: Auch auf EU-Ebene wächst das Bewusstsein, dass übermäßige bürokratische Komplexität Innovation und Effizienz hemmen kann. Initiativen zur Vereinfachung von Berichtspflichten, digitale Compliance-

Prozesse und die Harmonisierung von Standards zeigen, dass wirtschaftliche Wettbewerbsfähigkeit und Regulierung kein Widerspruch sein müssen. Für Unternehmen ist die Richtung klar: Wer Regulierung frühzeitig strategisch integriert, kann daraus Effizienz, Planbarkeit und Wettbewerbsvorteile gewinnen.

### Ausblick

2026 wird kein Jahr der Zurückhaltung, sondern ein Jahr der bewussten Entscheidungen. Cybersecurity, KI, 5G und sichere Embedded-Systeme wachsen weiter zusammen. Resilienz wird zur neuen Währung – technologisch, wirtschaftlich und strategisch. Unternehmen, die heute in sichere, softwaregetriebene und vernetzte Lösungen investieren, schaffen die Grundlage für nachhaltiges Wachstum in einem zunehmend komplexen Umfeld.

Interdisziplinäre Vernetzung und die Integration von Security, Echtzeitfähigkeit und KI in industrielle Plattformen werden entscheiden, wer erfolgreich bleibt. Kontron wird auch hier seiner Verantwortung gerecht und nimmt eine Schlüsselrolle ein, indem es Kunden unterstützt, ihre Systeme robust, flexibel und zukunftssicher zu gestalten.

# INDUSTRY.FORWARD EXPO

DIGITAL. CONFERENCE. FESTIVAL.

ONLINE | 18.–22.05.2026

## DIE DIGITALE INDUSTRIE- KONFERENZ

Technik, Wandel, Zukunft –  
Smarte Lösungen für die  
Industrie

STRATEGIE, TECH & USE CASES

**IHR KOSTENFREIES  
ONLINE-TICKET**  
[industry-forward.com/expo](https://industry-forward.com/expo)



JETZT  
SICHERN!

# TRENDSETTER IM GESPRÄCH

Von Open-Source-Linux-Plattformen über Kühlösungen für Embedded-Systeme und innovative Messtechnik bis zu Edge-KI-Plattformen für industrielle Anwendungen: Auf der Embedded World 2026 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)



**Linutronix**  
– Industrial-Open-Source-Linux-Plattform

Gesprächspartner: **Wilfried Wessner**

Produkt: **IGLOS**

Web: **linutronix.de**

Mit IGLOS – Industrial Grade Linux Operating System bietet Linutronix eine Linux-basierte Plattform für sicherheitskritische Embedded-Systeme in Industrie, Verkehr, Energieversorgung und Medizintechnik. Das Produkt ist auf Anforderungen des Cyber Resilience Act (CRA) ausgelegt und unterstützt zudem die Umsetzung von NIS-2. Embedded-Systeme, die mit IGLOS entwickelt werden, erfüllen IEC 62443-4-2 Security Level 2 und adressieren damit gängige Angriffsvektoren in industriellen Umgebungen. Technisch verbindet IGLOS die Vorteile etablierter binärpaketbasierter Distributionen, etwa Multi-Plattform-Unterstützung, Security Maintenance und CVE-Tracking, mit Optimierungen für geringen Footprint und kurze Bootzeiten. Ergänzend begleitet Linutronix Kunden über den gesamten Entwicklungszyklus hinweg: vom Hardware Bring-up und Board Support Packages über Linux-Kernel- und Real-Time-Entwicklung bis hin zu Long-Term Support, Security Lifecycle Management und Compliance-Beratung. Die TÜV SÜD-Zertifizierung unterstreicht den Anspruch, IGLOS als belastbare Ausgangsbasis für regulierte Embedded-Produkte einzusetzen. Für Hersteller schafft dies eine belastbare Grundlage, um Security-by-Design, Wartbarkeit und regulatorische Nachweisführung bereits früh im Produktlebenszyklus systematisch zu verankern.

 [INDUSTR.com/2906291](https://INDUSTR.com/2906291)



**nVent SCHROFF**  
**– Kühlsysteme für Embedded-Anwendungen**

Gesprächspartner: **Jasmin Gölzenleuchter & Waldemar Schulz**  
 Produkt: **EasySwap LFT Plattform**  
 Web: **nvent.com**

Mit der EasySwap LFT Plattform adressiert nVent SCHROFF die steigenden Anforderungen an Kühlung, Schutz und Systemintegration in leistungsstarken Embedded-Umgebungen. Unter dem Leitgedanken „Systems Enhanced. Cooled by Design. Protected by Default.“ verfolgt das Unternehmen einen ganzheitlichen Ansatz, bei dem Power-Management, Thermik, Mechanik und Umgebungsbedingungen bereits in der Systemarchitektur berücksichtigt werden. Besonders bei KI-Anwendungen und kompakten Plug-in-Units steigt die Power Density deutlich, wodurch klassische Kühlkonzepte zunehmend an Grenzen stoßen. Die EasySwap LFT Plattform kombiniert Air Cooling und Liquid Cooling in einem Chassis und ermöglicht in der 3-Slot-Ausführung Kühlleistungen von über 200 W pro Slot. Damit eignet sich die Plattform für Anwendungen, bei denen hohe Rechenleistung, Verfügbarkeit und Langzeitstabilität gefordert sind. Ergänzend bietet nVent SCHROFF VPX-LFT-Modelle für Harsh Environments an, um auch in anspruchsvollen Einsatzszenarien eine zuverlässige Systemfunktion sicherzustellen.

 [INDUSTR.com/2906296](https://www.INDUSTR.com/2906296)



**Siglent**  
**– Messtechnik**

Gesprächspartner: **Thomas Rottach**  
 Produkt: **SMM3000X-Serie**  
 Web: **siglenteu.com**

Mit der SMM3000X-Serie erweitert Siglent sein Portfolio um eine 4-Quadranten-Source-Measure-Unit für präzise elektrische Charakterisierung. Das Gerät kann Spannungen und Ströme ausgeben als auch aufnehmen und übernimmt damit Funktionen einer Quelle, eines Messgeräts und einer elektronischen Last. Die Eckdaten reichen bis  $\pm 210$  V und  $\pm 3$  A DC, im Pulsbetrieb bis 10,5 A; die Messauflösung beträgt 100 nV beziehungsweise 10 fA. Sweep- und Pulsfunktionen, beim Zweikanalmodell kaskadierbar, ermöglichen die effiziente Aufnahme komplexer I-V-Kennlinienfelder. Typische Einsatzfelder sind Halbleiter, Sensoren, LEDs, Dioden, Low-Power-Bauteile sowie Batterie-, Akku- und Solarzellenanalysen. In Entwicklung, Materialuntersuchung und Produktion unterstützt die SMU automatisierte Prüfabläufe und belastbare Qualitätssicherung.

 [INDUSTR.com/2906332](https://www.INDUSTR.com/2906332)



**Wind River**  
**– Edge-KI-Anwendungen**

Gesprächspartner: **Sandeep Modhvia**  
 Produkt: **Edge-AI-Portfolio**  
 Web: **windriver.com**

Wind River positioniert sein Edge-AI-Portfolio rund um eine End-to-End-Grundlagenplattform für industrielle Anwendungen. Sie kombiniert Tools und modulare Infrastruktur, um Edge-AI-Anwendungen geräteübergreifend sicher, zuverlässig und skalierbar zu entwickeln, bereitzustellen und zu betreiben. Für Industrieunternehmen adressiert Wind River damit die zunehmende Konvergenz von IT und OT, bei der Legacy-Systeme, isolierte Betriebsstrukturen und steigende Komplexität zentrale Herausforderungen bleiben. Im Fokus stehen echtzeitfähige, deterministische und mission-kritische Systeme, die zugleich kontinuierliche KI-Updates, flexible Rechenressourcen und Lifecycle-Management unterstützen müssen. Ziel sind geringere TCO, optimierte Anlagennutzung und neue datenbasierte Geschäftsmodelle.

 [INDUSTR.com/2906278](https://www.INDUSTR.com/2906278)

DISPLAYWAHL FÜR ANSPRUCHSVOLLE HMI-LÖSUNGEN

# Darauf müssen Sie achten!

Der Displaymarkt befindet sich im Wandel: Während Hersteller auf Consumer-Produkte setzen, schrumpft das Angebot an industriellen Displays, Lieferzeiten steigen und die Langzeitverfügbarkeit wird schwieriger. Gerade in anspruchsvollen HMI-Anwendungen sind Qualität, Robustheit, Präzision und Langzeiteinsatz entscheidend. Dies macht die frühzeitige Einbindung in den Entwicklungsprozess der Applikation sowie die sorgfältige Auswahl des Displays heute wichtiger denn je.

TEXT: Schurter BILDER: Schurter; iStock, Inna Tarasenko





Reinraummontage von Display- und Touchpanel-Komponenten

Während sich führende Hersteller zunehmend auf den Consumer-Bereich konzentrieren, wird die Auswahl industrietauglicher Displays immer kleiner – mit Folgen für Lieferzeiten und Langzeitverfügbarkeit. Im Gegensatz zu Consumer-Geräten müssen Displays in Industrie und Medizintechnik deutlich höhere Anforderungen erfüllen: Optische Qualität, Robustheit, Langzeitverfügbarkeit und Normkonformität stehen im Vordergrund. Mit dem technologischen Fortschritt von MicroLED bis Optical Bonding eröffnen sich neue Möglichkeiten für sichere und effiziente HMI-Lösungen. Voraussetzung bleibt jedoch die gezielte und frühzeitige Einbindung in den Design-in-Prozess.

### Beschaffungskanäle und Langzeitverfügbarkeit

Um die Versorgung langfristig zu sichern, ist ein breit aufgestelltes Beschaffungsnetzwerk entscheidend. Je nach Projektvolumen, Budget, Anpassungsbedarf und Laufzeit kann die Beschaffung direkt bei Herstellern oder über Distributoren und Partner erfolgen. Besonders in der Medizintechnik wird häufig eine Mindestverfügbarkeit von fünf bis zehn Jahren gefordert. Dies gelingt nur durch die Zusammenarbeit mit erfahrenen, etablierten Lieferanten, die auch bei sich

wandelnden Marktbedingungen Versorgungssicherheit gewährleisten.

### Design-in: Basis für eine zukunftssichere Lösung

Ein erfolgreiches Design-in setzt die Auswahl eines geeigneten Displays inklusive passender Ansteuerung voraus – abgestimmt auf die spezifischen Anforderungen der jeweiligen Applikation. Zur Verfügung steht dabei eine breite Palette an Diagonalen, Formaten und Technologien – von TFT-Color-LCDs über OLEDs bis hin zu E-Paper-Displays und Modulen, die sowohl für industrielle als auch für medizintechnische Anwendungen qualifiziert sind. Eine gezielte, anwendungsorientierte Displayauswahl sowie die frühzeitige Einbindung in den Design-in-Prozess sind entscheidende zentrale Erfolgsfaktoren für eine zukunftssichere Lösung.

### Displays mit Frontglas: Optimierung von Optik und Materialkombination

Bei hochauflösenden Displays mit großer Pixeldichte kann der Einsatz von Frontgläsern mit Antiglare-Oberfläche zu einem Sparkling-Effekt führen. Spezielle Oberflächenbehandlungen verhindern dies. Die Eignung der Frontgläser

# IHRE KI LÄUFT? ZEIGEN SIE ES.

**publish-industry und UnternehmerTUM küren die KI-Champions der Industrie**

### Warum einreichen?

- ✓ Maximale Sichtbarkeit – null Kosten
- ✓ niederschwelliges Einreichverfahren
- ✓ Exklusive Bühne für die Industrie
- ✓ Award-Siegel für Social Media & PR
- ✓ Networking mit KI-Vorreitern

**6 Kategorien – von Customer Experience bis Game Changer**

**Unabhängige Fach-Jury von Uni St. Gallen, Fraunhofer-Institut, u.a.**

**Zeigen Sie, was Ihr AI-Use-Case leistet! Jetzt einreichen bis 31. Mai 2026.**



**[www.industrial-ai-award.de](http://www.industrial-ai-award.de)**



**FREDDIE**  
DER INDUSTRIAL AI AWARD



Gezielte Auswahl der optimalen Kombination aus Display und Frontglas

lässt sich mit einem optischen Sparkling-Messsystem bewerten. So kann die optimale Kombination aus Display und Frontglas ausgewählt werden.

Auch die Wahl geeigneter Klebstoffe ist entscheidend. Insbesondere der Brechungsindex muss exakt abgestimmt sein. Nur das Zusammenspiel von mikrogeätztem Frontglas und optischen Klebstoffen (zum Beispiel OCA) im Bondingprozess gewährleistet ein hochwertiges visuelles Ergebnis.

### Bonding-Verfahren: Integration von Displayeinheiten

Zur mechanischen Integration von Displays in Applikationen kommen je nach Anforderung Air-Gap- oder Optical-Bonding-Verfahren zum Einsatz. Dabei werden Covergläser mit Touch-Sensoren und Displays mittels unterschiedlicher Verbindungstechnologien zu einer funktionalen Einheit verbunden.

- **Air Gap Bonding:** Beim Air Gap Bonding wird das Display im Reinraum mithilfe eines umlaufenden Kleberahmens direkt hinter dem Touch-Sensor oder auf die bedruckte Rückseite des Frontglases fixiert. Zwischen Display und Glas bleibt ein Luftraum bestehen. Diese Methode ist einfach, kosteneffizient und eignet sich für Anwendungen mit geringeren optischen Anforderungen.
- **Optical Bonding:** Für optisch anspruchsvollere Anwendungen stehen zwei qualifizierte Optical-Bonding-Verfahren zur Verfügung:
- **Flüssigbonding (LOCA):** Ein UV-härtender Flüssigkleber (silikonfrei, alterungsbeständig, UV-stabil) wird blasenfrei in den Luftspalt zwischen Display und

Touch-Sensor eingebracht und ausgehärtet. Das Ergebnis ist eine Verbindung mit hoher optischer Klarheit und verbesserter Robustheit.

- **Trockenbonding (OCA / OCF):** Eine passend zugeschnittene, optisch transparente Klebefolie wird im Vakuumprozess zwischen Display und Frontglas mit laminiertem Touch gebondet. Dieses Verfahren erfordert eine hohe Präzision und ist nicht mit allen Displaytypen kompatibel.

Unabhängig vom Verfahren werden die Komponenten in einer Plasmakammer vorbehandelt. Dies erhöht die Oberflächenspannung der Fügepartner und optimiert die Haftkraft für eine stabile und langlebige Verbindung.

### Optimierung durch Optical Bonding

Optical Bonding steigert die Leistungsfähigkeit moderner Touch-Displays erheblich. Die Vorteile sind vielfältig: Durch die vollständige Verbindung von Display, Touchsensor und Frontglas werden Reflexionen eliminiert, die Lichtbrechung minimiert sowie Kontrast und Bildschärfe deutlich verbessert. Dies führt zu einer optimierten Ablesbarkeit – selbst bei schwierigen Lichtverhältnissen.

Die stabile, homogene Verbindung erhöht zudem die mechanische Robustheit gegenüber Druck, Stößen und Vibrationen. Gleichzeitig verhindert die geschlossene Struktur Kondensation sowie das Eindringen von Feuchtigkeit, Staub oder Schmutz. Auch die Wärmeableitung wird durch das Füllen des Luftraums deutlich verbessert. Darüber hinaus wirkt sich Optical Bonding positiv auf die Funktionalität von PCAP-Touchsystemen aus: Die konstante Materialstruktur unterstützt eine



Optimierung durch Optical Bonding Prozess

präzise und langfristig stabile Parametrierung der Controller. Optical Bonding hat sich in Industrie- und Medizintechnik als Standard etabliert und ist heute die führende Methode zur Optimierung von HMI-Displays.

Controller-Boards unterstützen gängige Standards wie LVDS, eDP, MIPI DSI oder HDMI und lassen sich kundenspezifisch konfigurieren – abhängig von Signalen, Ansteuerspannungen und Bauform.

## Display-Technologien im industriellen Bereich

Im Industrieumfeld erleichtern HMI-Lösungen die Bedienung von Maschinen. Dabei kommen folgende Display-Technologien größtenteils zum Einsatz:

- **LCD (TFT-LCD):** TFT-Displays mit industrietauglichen Spezifikationen stellen heute den Standard in vielen Anwendungen dar. Sie gelten als robuste, bewährte und vielseitig verfügbare Lösung und bieten eine große Auswahl an Formaten, Helligkeiten und Schnittstellen.
- **OLED:** OLED-Displays bestehen aus selbstleuchtenden Pixeln, die direkt auf das Trägermaterial gedruckt sind. Ihre brillante Farbdarstellung und hoher Kontrast zeichnen sie aus.
- **E-Paper (E-Ink):** E-Paper-Displays stellen eine energieeffiziente Alternative dar, insbesondere bei Anwendungen mit statischen Inhalten. Sie benötigen nur beim Bildwechsel Strom und bieten durch ihre reflektive Anzeige eine exzellente Lesbarkeit bei direkter Sonneneinstrahlung. Für den Einsatz bei Dunkelheit sind E-Paper-Displays mit integriertem Lichtleiter ausgestattet, da sie keine eigene Lichtquelle besitzen.

## Display-Schnittstellen

Die Wahl der geeigneten Schnittstelle hängt primär von den jeweiligen Anforderungen der Anwendung ab. Moderne

## Displays, die bleiben... Partnerschaften, die sich vertiefen!

Von der Idee bis zur Serie - über 40 Jahre Erfahrung




Automatisierung, Messtechnik und moderne Bedienkonzepte stellen hohe Anforderungen an Displays und Tastaturen.

Display Elektronik begleitet anspruchsvolle Projekte, von der Auswahl über die Entwicklung bis zur Serienversorgung - **persönlich, kompetent und partnerschaftlich ...**

**Display Elektronik GmbH**  
[www.display-elektronik.de](http://www.display-elektronik.de)  
 T. +49 (0) 6043 / 98888-0



LCD · TFT · LED · OLED · TOUCH PANELS · TASTATUREN



DIE VORTEILE DER ENTKOPPLUNG VON  
HARDWARE UND SOFTWARE IN HMIs

## Mehr Flexibilität durch Modularität

Wenn Bediengeräte in der Industrie zur Schaltzentrale vernetzter Maschinen werden, entscheidet ihr Konzept über Tempo, Wartbarkeit und Zukunftssicherheit. Der Beitrag zeigt, warum starre Komplettsysteme oft bremsen – und wie ein Baukasten aus Recheneinheit, Display und flexiblem Software-Stack Produktvarianten, Updates und neue Vorgaben deutlich leichter beherrschbar macht.

TEXT: Rodney Feldman, Seco BILDER: Seco; iStock, designer491



Ein modulares HMI ermöglicht es Designern, die Rechen- und Display-Hardware auszuwählen, die ihren Anforderungen entspricht, während der kompakte Formfaktor eines Panel-PCs erhalten bleibt.

Ein Human-Machine Interface, kurz HMI, ist ein Gerät, das es Anwendern ermöglicht, industrielle Maschinen zu steuern. Auch bekannt als Panel-PCs, haben sich HMIs von einfachen, tastengesteuerten Displays zu hochentwickelten Touchscreens entwickelt, die häufig als lokale Schnittstelle für die Steuerung vernetzter Geräte dienen.

In dieser neuen Rolle ist das HMI-Design zu einem entscheidenden Faktor für den Markterfolg industrieller Geräte geworden. Eine durchdachte HMI-Strategie verbessert nicht nur die Benutzererfahrung, sondern trägt auch zu einer einheitlichen Markenidentität über verschiedene Produkte hinweg bei. Darüber hinaus erleichtert sie die Skalierbarkeit, da die Software unterschiedliche Funktionsumfänge innerhalb einer Produktfamilie bereitstellen kann.

Dieser Beitrag untersucht die Anforderungen moderner Panel-PCs und beschreibt die Vorteile eines neuen modularen Ansatzes. Er konzentriert sich auf die Bedürfnisse von Geräteherstellern mit mittleren Stückzahlen und erklärt, wie die Entkopplung von Hardware und Software die Entwicklung industrieller Maschinen erleichtern kann.

## Die Grenzen traditioneller HMIs

Ingenieure stehen bei der Entwicklung von HMIs vor einer Vielzahl von Herausforderungen. Individuelle Hardwareentwicklung und Verifizierungsaufwände können überraschend langwierig und komplex sein und machen die Entwicklung eines HMI-Frontends oft unpraktisch, insbesondere für Hersteller mit mittlerem Produktionsvolumen und begrenzten Engineering-Ressourcen.

Um die Entwicklung industrieller Maschinen zu vereinfachen, greifen viele Teams auf Panel-PCs zurück, die Anzeige- und Rechenfunktionen in einem einzigen Gehäuse kombinieren. Diese Standardlösungen bieten Komfort, da

sie montagefertig für Maschinen geliefert werden. Allerdings gehen viele von ihnen mit erheblichen Kompromissen einher. Feste Hardwarekonfigurationen und Einschränkungen des Betriebssystems können gestaffelte Produktstrategien behindern und Produktlebenszyklen verkürzen.

Die Widerstandsfähigkeit ist auch ein Thema. Einige Panel-PCs bieten möglicherweise keinen ausreichenden Schutz gegen Staub, Vibrationen oder Feuchtigkeit und sind daher für den Einsatz im Fertigungsbereich ungeeignet. Fehlende Zertifizierungen wie UL oder MET-Kennzeichnung können den Einsatz in bestimmten Anwendungsbereichen ausschließen. Darüber hinaus können begrenzte Schnittstellen und Montagemöglichkeiten dazu führen, dass Designkompromisse eingegangen werden müssen.

Auch Softwareeinschränkungen treten häufig auf. In stark integrierten Systemen kann es schwierig sein, Software über Produktlinien hinweg zu aktualisieren oder wiederzuverwenden, insbesondere wenn die Hardware nicht einfach ausgetauscht oder aufgerüstet werden kann.

## Modularität als Lösung

Eine modulare HMI-Plattform bietet einen Ausweg aus den Einschränkungen konventioneller Panel-PCs. Basierend auf einer flexiblen Kombination aus Rechenplattform, Display und portablen Betriebssystem-Bausteinen lässt sich eine solche Plattform leicht an spezifische Produkthanforderungen anpassen und ermöglicht schnellere Entwicklungszyklen, einfachere Anpassungen und reibungslosere Upgrades.

Das modulare Design konzentriert sich auf eine Embedded-Rechenplatine, die als System-on-Module, kurz SoM, bezeichnet wird. Das SoM wird in ein Carrier-Board eingesteckt, das die I/O-Schnittstellen bereitstellt und mit dem Display verbunden ist. Diese Architektur ermöglicht es einer einzigen



Das Modular Vision 10.1 MX8M-Plus ist ein 10,1-Zoll-HMI auf Basis eines NXP i.MX 8M Plus.

HMI-Plattform, eine Vielzahl von Rechenplattformen sowie Displays in unterschiedlichen Größen und Auflösungen zu unterstützen. Der HMI-Anbieter übernimmt sämtliche Design- und Zertifizierungsanpassungen, sodass Gerätehersteller mit minimalem Designaufwand die für sie passende Kombination auswählen können. SoMs verwenden typischerweise einen Industriestandard-Formfaktor wie SMARC, um langfristige Skalierbarkeit und Interoperabilität zwischen Anbietern sicherzustellen. Wird zu einem späteren Zeitpunkt mehr Rechenleistung benötigt, kann ein anderes SoM eingesetzt werden, ohne das gesamte HMI neu zu entwickeln.

Diese Flexibilität ermöglicht es Herstellern außerdem, eine breite Palette von Produktvarianten auf Basis einer gemeinsamen Plattform zu unterstützen. So kann beispielsweise ein energieeffizientes Arm-basiertes Modul in einem Einstiegsmodell verwendet werden, während ein High-End-Modell eine leistungsstärkere x86-Variante nutzt.

Auch die Integration in industrielle Maschinen wird vereinfacht. Ein modulares System bietet über alle Konfigurationen hinweg ein konsistentes I/O-Layout, was die mechanische Konstruktion vereinfacht und die Kabelführung sowie die Abdichtung des Gehäuses erleichtert. Mit mehreren verfügbaren Montageoptionen wie Panel-, Flush-, Rear- oder VESA-Montage können Entwickler das HMI mit weniger Kompromissen in eine größere Bandbreite von Geräten integrieren.

## Robuste Software

Ein wesentlicher Vorteil einer modularen HMI-Plattform ist die Möglichkeit, Software von Hardware zu entkoppeln. In konventionellen Systemen ist Software häufig eng an bestimmte Hardwarekonfigurationen gebunden, was die Wiederverwendung erschwert und Upgrades kostspielig macht. Ein modularer

Ansatz löst diese Abhängigkeit auf und ermöglicht es Entwicklern, mehrere Produktvarianten zu unterstützen, ohne separate Software-Codebasen pflegen zu müssen.

Um dieses Ziel zu erreichen, können HMI-Plattformen architekturunabhängige Software-Stacks nutzen, die Betriebssysteme, IoT-Middleware, Kommunikationsprotokolle und Entwicklungstools zusammenführen. Mit diesem flexiblen Framework kann Anwendungscode mit minimalen Änderungen über verschiedene Hardware hinweg wiederverwendet oder portiert werden, unabhängig davon, ob es sich um Arm- oder x86-Plattformen handelt.

Die Vorteile gehen über die Entwicklungsgeschwindigkeit hinaus. Eine einheitliche Softwareumgebung verbessert die Wartbarkeit, erhöht die Sicherheit und vereinfacht das Onboarding von Entwicklungsteams. Sie unterstützt außerdem die langfristige Effizienz.

Sobald eine Anwendung auf einer Konfiguration validiert wurde, kann sie auf andere Modelle innerhalb der Produktlinie ausgerollt werden, ohne von Grund auf neu beginnen zu müssen. Angesichts neuer Cybersicherheitsvorschriften wie dem Delegierten Rechtsakt zur Funkanlagenrichtlinie, RED-DA, EN 18031 in Europa erleichtert eine gemeinsame Codebasis die Einhaltung der Vorschriften über mehrere Prozessorplattformen hinweg.

## Modulare HMIs in der Praxis

Die Modular Vision Plattform von SECO veranschaulicht, wie eine modulare HMI-Architektur in industriellen Umgebungen eingesetzt werden kann. Kunden können aus HMI-Lösungen von der Stange wählen, die ausgewählte Arm- und x86-Embedded-Rechenplattformen sowie drei Standard-Displaygrößen von 7 Zoll, 10,1 Zoll und 15,6 Zoll bieten. Die Rechenplattform wird über ein SECO SMARC SoM umgesetzt.

Ein modulares System vereinfacht die mechanische Konstruktion und die Kabelführung sowie die Abdichtung des Gehäuses an industriellen Maschinen.



Zentral für die Minimierung des Software-Portierungsaufwands über verschiedene Prozessorplattformen hinweg ist SECOs Clea OS, ein auf Yocto basierendes Linux-Framework, das zentrale IoT-Datenorchestrierung, Remote-Gerätemanagement, Over-the-Air-Updates, Cybersicherheit und DevOps-Technologien integriert. Für die Softwareerstellung muss lediglich die Zielprozessorplattform angegeben werden. Weitere Anpassungen sind nicht erforderlich.

Dieses modulare Design trägt dazu bei, den Entwicklungsaufwand zu reduzieren und die Wiederverwendung über Produktlinien hinweg zu unterstützen. Es ermöglicht eine vergleichsweise einfache Implementierung alternativer Prozessor-Display-Kombinationen, die nicht als Standard verfügbar sind. Hardwarevarianten können eingeführt werden, ohne den Software-Stack zu verändern, und umgekehrt. Dadurch können Engineering-Teams

schneller auf sich ändernde Anforderungen reagieren und gleichzeitig eine einheitliche Plattformstrategie beibehalten.

### Fazit

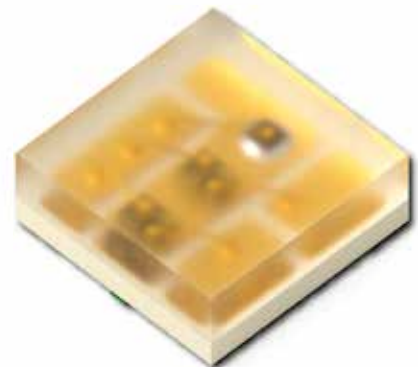
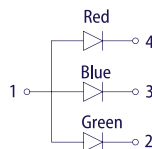
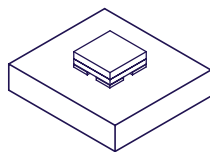
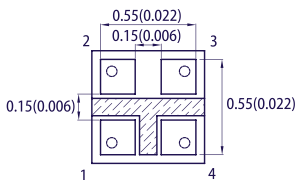
Modulare HMI-Plattformen überwinden viele der Einschränkungen traditioneller Panel-PCs. Durch die Entkopplung von Hardware und Software erleichtern sie die Skalierung der Leistung, die Wiederverwendung von Code und die Anpassung an sich wandelnde Anforderungen.

Dieser Ansatz reduziert den Entwicklungsaufwand, verkürzt die Markteinführungszeit und unterstützt eine einheitliche Strategie über Produktlinien hinweg. Mit steigenden Anforderungen an Konnektivität und Flexibilität bieten modulare Architekturen eine praktikable Grundlage für langfristige Anpassungsfähigkeit.

# Kingbright

Quality Efficiency Innovation First-class service

## Kingbright's new KPGF-0607GBRC-05 0,65 mm x 0,65 mm x 0,25 mm Full-Color SMD LED



### Product Features:

- 0.65 mm X 0.65 mm X 0.25 mm SMD LED, 0.25 mm thickness
- Low power consumption • Viewing angle: 140° • Moisture Sensitivity Level: 3 • RoHS Compliant

### Applications:

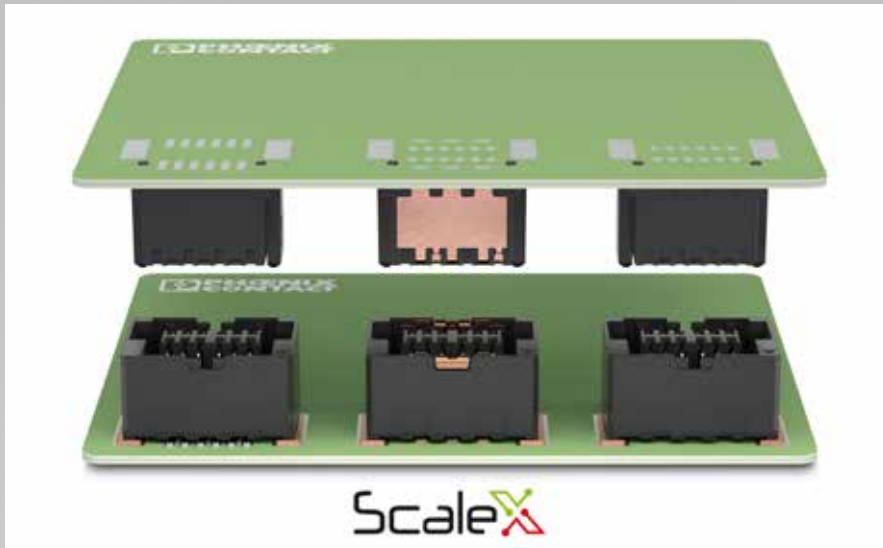
- Backlight Status Indicator • Home & smart appliances • Wearable and portabl devices • Healthcare applications

BOARD-TO-BOARD-STECKVERBINDER IN RAUEN ANWENDUNGEN

## Ein robuster Allrounder macht den Unterschied

Heutige elektronische Systeme, etwa in der Prozess-, Automations-, Verkehrs-, Informations- oder Medizintechnik, arbeiten zunehmend in Einsatzbereichen, die übliche Umgebungseinflüsse übersteigen. Besonders Board-to-Board-Steckverbinder spielen dabei eine zentrale Rolle. Als zuverlässige Schnittstellen zwischen den Leiterplatten erfüllen sie nicht nur mechanische, sondern auch signal- und leistungsrelevante Aufgaben.

TEXT: Dipl.-Ing. Detlef E. Preißler, Phoenix Contact BILDER: Phoenix Contact; iStock, opolja



Flexibilität durch drei kompatible Varianten in der FP 0,8-Serie: AOI, SH und SL

Es gibt eine Vielzahl an Anwendungen in den unterschiedlichen Märkten, bei denen mit rauen Umgebungsbedingungen zu rechnen ist. Mobile medizintechnische Geräte stehen häufig unter Schock- und Vibrationseinflüssen. Ein einwandfreier Betrieb ist jedoch lebensnotwendig. Fällt ein Defibrillator beim Einsatz zu Boden, darf dies die Funktion nicht beeinträchtigen. Infusions- und Monitoring-Geräte im mobilen Einsatz – vom Krankenhausbett, der Transporttrage über den Krankentransportwagen (KTW) bis hin zum Helikoptereinsatz – sind ständig Schocks und Vibrationen ausgesetzt, müssen aber zuverlässig funktionieren.

Der Einsatz von Kameras und Sensorik in Drohnen zur Überwachung und Inspektion technischer Objekte und Einrichtungen wie z. B. Windenergieanlagen ist längst Standard. Auch hier herrschen harsche Umgebungsverhältnisse. Die mechanischen und thermischen Einwirkungen auf die Elektronik dürfen jedoch keinen Kontaktausfall bewirken.

Im Prozess- und Automationsbereich laufen Motoren und Maschinen, werden Transportsysteme und Roboter betrieben, von denen Stöße und Vibrationen ausgehen können. Bereits bei der Entwicklung elektronischer Geräte und Module werden diese Umgebungsverhältnisse beurteilt und deren Einflüsse berücksichtigt.

### Einfluss auf die Steckverbindung

Berücksichtigt man beim Geräte-Design den Einfluss harscher Umgebungsbedingungen auf Steckverbinder, denkt man sofort an die von außen sichtbaren Schnittstellen. Im Zusammenhang mit sogenannten „rugged“ oder „Heavy Duty“-Steckverbindern werden Stichworte genannt wie IP-Schutz, Steckrobustheit, Zugentlastung, Vibrations- und Schockstabilität. Hierfür gibt es eine Vielzahl an Produkten, die die entsprechenden Anforderungen erfüllen. Was aber ist mit den im Gerät verbauten Komponenten? Diese Steckverbinder

# Arduino Opta® Micro PLC



## Arduino Opta®

- Micro PLC mit Industrial IoT Funktionen
- IEC 61131-3 und Arduino programmierbar
- Modbus TCP/RTU & flexible Konnektivität
- Cloud, Security und OTA Updates integriert
- Hohe Zuverlässigkeit dank Finder Technologie

### Distribution by Schukat electronic

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

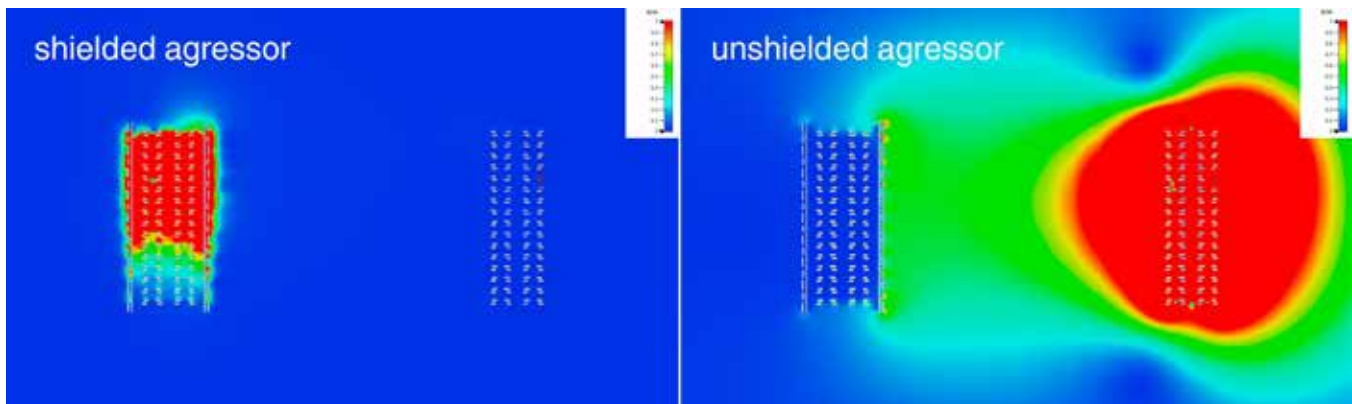
Onlineshop mit stündlich aktualisierten Preisen und Lagerbeständen

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

Hier mehr erfahren:



**SCHUKAT**  
electronic



FP 0,8: Hervorragende Schirmungseigenschaften (EMV-Schutz)

können im Betrieb keine visuelle Rückmeldung über ihren Zustand geben und sollen zusätzlich toleranzabsorbierende Eigenschaften auf engstem Bauraum besitzen. Um die zuverlässige Funktionalität der Geräte sicherzustellen, müssen sie im Besonderen den vorgenannten Herausforderungen gewachsen sein. Eine zentrale Rolle dabei spielen Board-to-Board (BtB)-Steckverbinder.

### Haupteinflüsse auf Board-to-Board-Steckverbinder im harschen Einsatz

Moderne BtB-Steckverbinder müssen hohe Datenraten übertragen, mechanischen Belastungen standhalten, Toleranzen ausgleichen, bauraumoptimiert sein und dabei zuverlässig in rauen Umgebungen funktionieren. Während man korrodierende Umwelteinflüsse wie Feuchtigkeit, Staub, Chemikalien und UV-Strahlung bei einem professionellen Gehäuse-Design im Geräteinneren weitestgehend vernachlässigen kann, hat man z. B. mit Temperaturschwankungen sowie mechanischen Einflüssen immer zu rechnen. Mit steigenden Datenraten etwa bei der Bild-, Video- und Messwertübertragung in Echtzeit kommt eine weitere Herausforderung überlagernd hinzu, die einen besonderen Schutz vor elektromagnetischen Störungen (EMV) erfordert. Das betrifft sowohl die potenziellen Interferenzen, die von den High-Speed-Signalen innerhalb des Steckverbinders ausgehen können, als auch die Interferenzen, die in die Signalfade des Steckverbinders selbst einwirken.

Eine Vielzahl der BtB-Steckverbinder am Markt sind „Spezialisten“ und für die unterschiedlichen Einsatzbereiche optimiert. Um Entwicklern jedoch maximale Freiheit beim Einsatz eines BtB-Steckverbinders zu ermöglichen, müssen alle diese

Einflussfaktoren schon bei der Entwicklung geeigneter Systeme berücksichtigt werden. Phoenix Contact hat sich dieser Herausforderung gestellt und ein robustes, flexibles und kompaktes System entwickelt: FP 0,8 mit ScaleX-Technologie.

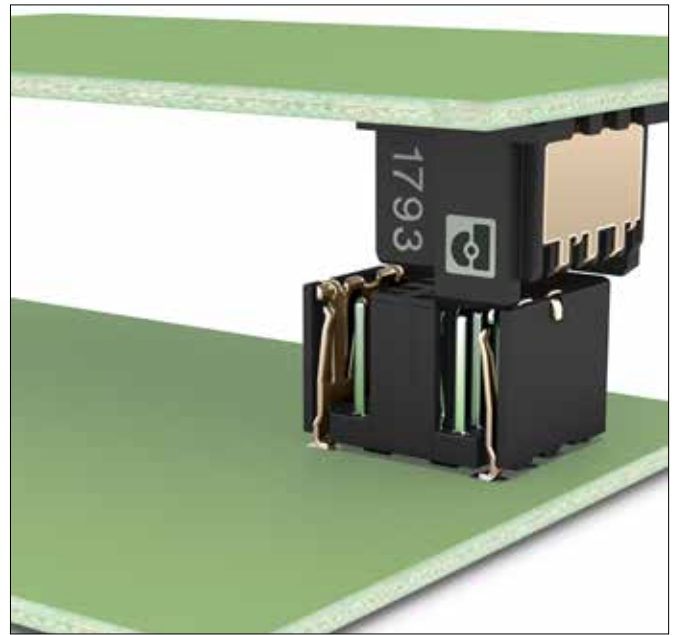
Die FP 0,8-Serie bietet eine Vielzahl von Kombinationen an, die aus Varianten wie AOI (Automatische Optische Inspektion) sowie den layoutkompatiblen Ausführungen SH (geschirmt) und SL (ungeschirmt) bestehen. Durchgängige Stapelhöhen von 6 mm bis 21 mm und die optionale Schirmung runden das Portfolio ab.

### Was macht den FP 0,8 so besonders für den Einsatz auch in harscher Umgebung?

Grundsätzlich fängt Robustheit bereits beim ersten Fügen oder Blindstecken der BtB-Steckverbinder an. Dabei dürfen die Kontakte nicht beschädigt werden. Die Gehäuseform der Steckverbinder muss so gestaltet sein, dass sich die Steckerpaarung einfach findet und während des Steckens korrekt positioniert.

Mit Blick auf die Kontaktsicherheit hat ein Doppelkontakt (zwei Kontaktpunkte) generell Vorteile gegenüber einem Einzelkontakt (Single-Beam/ein Kontaktpunkt). Dieses wurde bei der Konzeption des ScaleX-Systems berücksichtigt. Zusätzlich zum marktgängigen Standard-Doppelkontakt, der einen Stiftkontakt (male) wie eine Pinzette umschließt (female), ist bei dem ScaleX-System ein weiterer Stiftkontakt hinzugefügt. Im Zusammenspiel mit der robusten Gehäusegeometrie führt diese Ausführung eines Doppelkontakts sogar zu einem x-y-z-Toleranzausgleich im gesteckten Zustand – obwohl es sich nicht um einen klassischen Floating-Steckverbinder handelt.

**FP 0,8: Robustes Stecken mit hohem Toleranzausgleich**



In x-y-Richtung wird damit ein Toleranzausgleich von mindestens  $\pm 0,3$  mm und in Steckrichtung (z-Richtung) eine Überstecklänge (wiping) von 1,5 mm erreicht. Bei Ausnutzung der gesamten Überstecklänge verbleibt eine komfortable Restkontaktüberdeckung von 0,8 mm.

Darüber hinaus wird eine Verwinkelung der durch FP 0,8 verbundenen Leiterplatten von  $\pm 5^\circ$  im Betrieb ebenfalls kompensiert und gefährdet keinesfalls die zuverlässige Kontaktierung der Steckverbindung. Bedingt durch thermische und mechanische Einwirkung in harschen Umgebungen kann es auch im Betrieb zu einer Lageveränderung der Leiterplatten zueinander kommen. In dem oben genannten Bereich sorgt das FP 0,8-ScaleX-System für eine zuverlässige elektrische Verbindung.

Durch die gewählte Vergoldung der Kontakte werden 500 Steckzyklen erreicht. Zudem wirkt diese sich in Bezug auf Schock und Vibrationen positiv auf die Kontaktsicherheit aus. Das gesamte FP 0,8-System ist nach IEC 60512 spezifiziert. Zusätzlich hat es die Vibrations- und Schock-Tests nach IEC 61373 (Cat 1 und CAT 2) bestanden. Die mechanischen Einflussgrößen sind mit FP 0,8 also weitestgehend kompensierbar.

Aber was ist mit elektromagnetischen Interferenzen? Hier bietet die FP 0,8-Serie ebenfalls eine Lösung durch optionale Schirmung. Wie bereits vorher erwähnt, weist die FP 0,8-Serie drei Versionen auf. Die AOI-Version ist die klassische, nicht geschirmte Ausführung. Bei dieser Variante werden die Lötstellen, ähnlich einem Small Outline-Gehäuse (SO) aus der Halbleitertechnik, seitlich nach außen

geführt. Bei den SL-Versionen ist das Leiterplatten-Layout eher in der Form eines Land Grid Arrays (LGA) zu sehen, wobei die Schirmanbindung bei SH wiederum einen SO-Charakter hat. Um die Schirmfähigkeit zu optimieren, wurden so viele Schirmanbindungen (Lötstellen) wie sinnvoll platziert.

Mit dieser optimierten Schirmtechnik sind sowohl die schnellen Daten und Signale im Steckverbinder als auch dessen Außenwelt vor ESD-Einflüssen sicher. Durch das kombinierbare Design von SH und SL kann man mit dem SH-Layout starten und zu einem späteren Zeitpunkt entscheiden, ob man weiter die geschirmte Version (SH) oder die ungeschirmte (SL) einsetzen möchte. Zusätzlich bietet die galvanische Trennung der beiden Metallschirme die Möglichkeit, eine Spannungsversorgung über die Schirme zu führen, womit der FP 0,8 zu einem hybriden BtB-Steckverbinder wird. Eine klare Erleichterung im Design-Prozess.

## Fazit

Moderne Geräte werden immer häufiger auch in harschen Umgebungen eingesetzt. Dabei spielen BtB-Steckverbinder eine zentrale Rolle. Auf der einen Seite müssen sie den mechanischen, thermischen und elektromagnetischen Einwirkungen trotzen. Auf der anderen Seite sollen sie genügend Flexibilität besitzen, um genau jene Eigenschaften anzubieten, die für die speziellen Einsatzgebiete notwendig sind. Die Serie FP 0,8 von Phoenix Contact bringt genau diese Flexibilität, Kompaktheit und Performance mit, um im rauen Einsatz zuverlässig zu funktionieren.

SPEKTRALE LICHTSENSOREN UND INTELLIGENTES DISPLAY-MANAGEMENT

# Farbenreiche CoE-Displays

Smartphone-Hersteller reizen die Grenzen des visuellen Erlebnisses und der Anzeigqualität immer weiter aus. Dabei entwickelt sich die Color-on-Encapsulation (CoE)-OLED-Technologie zu einem wichtigen Faktor für erstklassige visuelle Ergebnisse.

TEXT: Marcel Knecht, ams Osram BILDER: ams Osram; iStock, alexey\_boldin

CoE ermöglicht eine intensive Farbwiedergabe bei extremer Helligkeit und sorgt gleichzeitig für eine geringere Farbsättigung, die für natürliche Hauttöne entscheidend ist, sowie für sanfte Helligkeitsverläufe, die die visuelle Konsistenz bei dynamischen Inhalten verbessern. Um das volle Potenzial der CoE-Technologie auszuschöpfen, spielt jedoch ein fortschrittliches Display-Management eine entscheidende Rolle. Eine fein abgestufte Dimmung ist für Situationen mit wenig Licht unerlässlich, während eine ausgeklügelte Farbsteuerung für ein optimales visuelles Erlebnis sorgt. Die neuesten spektralen „Behind OLED“ (BOLED) -Sensoren ermöglichen eine präzise Farb- und Umgebungslichtmessung hinter CoE-OLED-Panels. Die Technologie sorgt dafür, dass Smartphones unabhängig von den Lichtverhältnissen ein konsistentes, natürliches und angenehmes Seherlebnis bieten.

## CoE erobert Premium-Displays

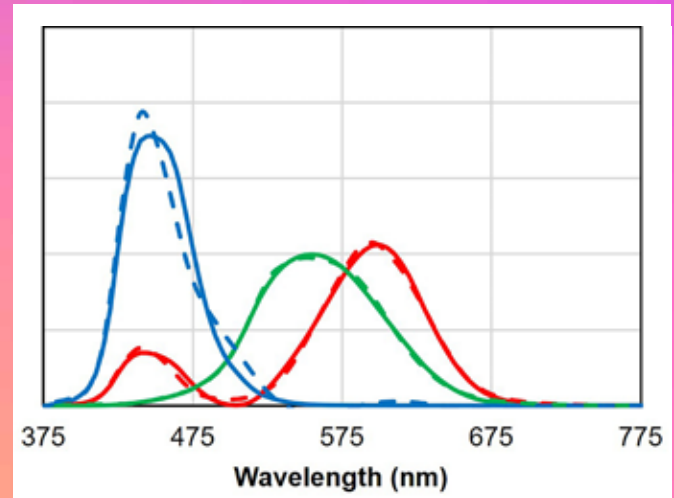
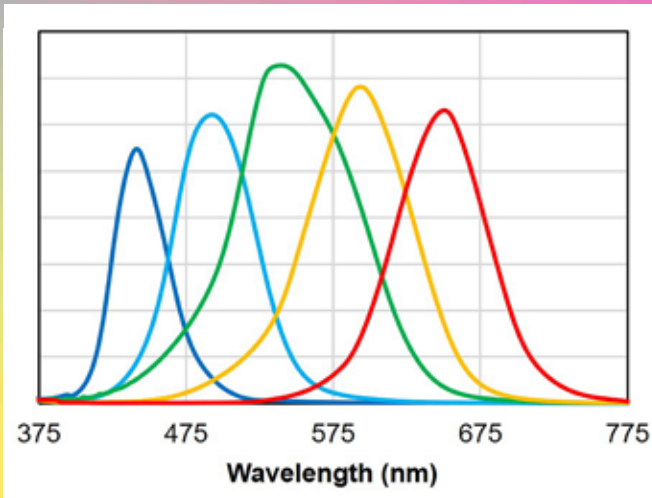
Während Smartphone-Hersteller darum wetteifern, mehr KI-Leistung, längere Akkulaufzeiten und schlankere Designs in immer flachere Gehäuse zu packen, vollzieht sich im Inneren des Displays eine stille Revolution. Eine neue OLED-Technologie namens CoE (Color Filter on Encapsulation) gewinnt rasch an Boden – zunächst in faltbaren Smartphones und nun auch in den gängigen Flaggschiff-Modellen. Durch den Wegfall herkömmlicher Polarisatoren und deren Ersatz durch fortschrittliche Antireflexionsfolien trägt die CoE-Technologie dazu bei, die Displays heller, dünner und deutlich energieeffizienter zu machen. Branchenanalysten gehen davon aus, dass sie zum Standard für Premium-Smartphones der nächsten Generation werden wird.

Displays werden immer heller, flacher und durchgängiger und Unter-Display-Kameras ersetzen die verbleibende Front-

Hardware. Das stellt jedoch eine kaskadierende Herausforderung für eine der kleinsten, aber wichtigsten Komponenten in der User-Experience dar: Umgebungslicht- und Spektralfarbsensoren, die hinter dem OLED-Display versteckt sind. Das neue optische Verhalten von CoE in Kombination mit ultraschlanken Designs und reduzierter Akkukapazität erhöht die Anforderungen an die Messgenauigkeit weiter. Herkömmliche Lichtsensoren haben hinter CoE-Stacks Schwierigkeiten und messen häufig die Farbtemperatur oder Helligkeit falsch, da das Display bis zu 99 Prozent des einfallenden Lichts blockiert und gleichzeitig selbst Licht abgibt. Hinzu kommt, dass nur Spektralsensoren das tatsächliche Spektrum der Lichtquelle genau identifizieren können, während andere Sensortypen es nur schätzen können. Die Folge: eine inkonsistente automatische Helligkeitsanpassung, ungeeignete Farbanpassung und ineffiziente Stromnutzung.

CoE ist eine fortschrittliche OLED-Architektur, die die farberzeugenden Elemente neu anordnet. Anstatt den Farbfilter oder das RGB-Muster hinter der Versiegelungsschicht zu platzieren, wird bei CoE die Farbschicht auf die Versiegelung aufgebracht. Diese zusätzliche Farbfilterschicht zwischen der Außenwelt und dem Umgebungslichtsensor absorbiert und verzerrt das einfallende Licht, was eine genaue Erfassung erschwert.

Hier kommen die jüngsten Fortschritte in der Spektralsensorik hinter OLEDs zum Tragen. Eine neue Generation von Spektralsensoren mit hybriden Silberfiltern ist in der Lage, Licht durch CoE-Schichten hindurch präzise zu erfassen und deren einzigartige optische Eigenschaften auszugleichen, während gleichzeitig der Stromverbrauch niedrig bleibt. Durch die Erfassung eines vollständigeren Spektrums des Umgebungslichts bei gleichzeitiger Unterdrückung von Infrarot-Störungen tragen diese Sensoren dazu bei, dass Geräte in jeder



Output der ams OSRAM-ALS-Produkte der neuesten Generation mit einem Beispiel der fünf Spektren (links) und RGB (rechts).

Umgebung ein natürliches, angenehmes Seherlebnis bieten und gleichzeitig unnötigen Stromverbrauch des Bildschirms reduzieren.

### Naturgetreue Farbanpassung gefragt

Smartphone-User bevorzugen Displays, auf denen Farben unter allen Umgebungslichtbedingungen natürlich und konsistent erscheinen. Insbesondere Displays mit einer für das Auge angenehmen Helligkeit können dabei punkten.

Um dies zu erreichen, muss das Display die Farbe und Intensität des Umgebungslichts präzise in Echtzeit messen – eine Funktion, die von speziellen Umgebungslichtsensoren (ALS) übernommen wird, die mit den stark gedämpften Signalen arbeiten können, die auf die Rückseite des OLED-Displays des Smartphones gelangen.

Die „natürliche“ Farbwiedergabe hängt von der Leistung des Umgebungslichtsensors ab, der Echtzeitmessungen der Farbe (ausgedrückt als korrelierte Farbtemperatur, CCT) des auf den Bildschirm fallenden Umgebungslichts durchführt. Je zuverlässiger die Messung des Sensors das Spektrum jeder Lichtquelle korrekt identifiziert, desto besser kann der Weißpunkt-Anpassungsalgorithmus des Displays abgestimmt werden, um eine natürliche Farbbalance auf dem Display zu erzielen – und desto natürlicher erscheinen die Farben für den Betrachter.

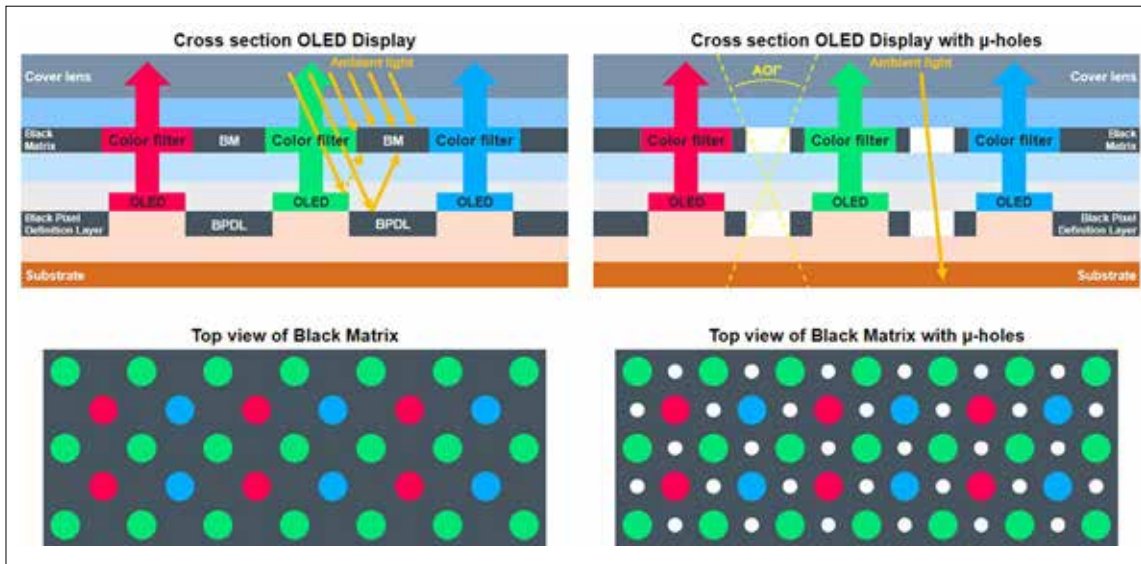
Die Platzierung von Umgebungslichtsensoren (ALS) hinter OLED-Displays zur Maximierung der Displayfläche bringt mehrere grundlegende Herausforderungen mit sich, die die Genauigkeit der Umgebungslichtmessung beeinträchtigen. Zwei der wichtigsten sind:

### Lichtabschwächung und begrenztes Sichtfeld

CoE-basierte OLED-Displays blockieren jegliches Umgebungslicht. Damit Licht den Sensor unter dem Display erreichen kann, versehen Displayhersteller das Panel mit Mikroperforationen. Die Mikrolochstruktur schränkt die Winkel ein, in denen Licht in den Sensor fallen kann. Umgebungslicht, das aus schrägen Winkeln einfällt, wird blockiert, wodurch das Sichtfeld (FoV) des ALS auf einen schmalen Streifen um die Senkrechte herum beschränkt wird. Diese Winkelbeschränkung verringert die Fähigkeit des Sensors, eine repräsentative Momentaufnahme der Umgebung zu erfassen.

Bei Lichtverhältnissen mit seitlicher Beleuchtung, beispielsweise wenn man neben einem Fenster steht, führen  $\mu$ -Löcher zu einer falschen Charakterisierung des Umgebungslichts, die Displayhelligkeit wird zu dunkel eingestellt und die Farbe wird schlecht angepasst. Tatsächlich muss die Farbanpassung umso genauer sein, je dunkler das Display ist: Ein enges Sichtfeld führt somit sowohl zu einem schlechten Kontrast als auch zu einer schlechten Farbdarstellung. Die von ams Osram entwickelte neue Einfallswinkel-Technologie gleicht die durch  $\mu$ -Löcher in CoE-OLED-Displays verursachten Einschränkungen des Sichtfelds aus.

Displayhersteller versuchen, den Durchmesser der  $\mu$ -Löcher so gering wie möglich zu halten, damit sie für den Benutzer unsichtbar bleiben. Dies schränkt nicht nur das Sichtfeld ein, sondern verringert auch die Durchlässigkeit des Displays weiter – von etwa 3 Prozent auf weniger als 1 Prozent für CoE-Displays. Das bedeutet, dass der hinter dem OLED-Display platzierte ALS nur einen winzigen Bruchteil des Lichts empfängt, das die Augen des Benutzers erreicht. In der Praxis sieht der Sensor zwischen 100- und 1000-mal weniger Licht als der



CoE-basierte OLED-Displays blockieren jegliches Umgebungslicht. Damit Licht den Sensor unter dem Display erreichen kann, versehen die Hersteller das Panel mit Mikroperforationen. Diese  $\mu$ -Löcher bilden jedoch eine sehr schmale optische Apertur, die den Einfallswinkel (AOI) des Sensors einschränkt und sein Sichtfeld erheblich begrenzt.

menschliche Betrachter. Diese Abschwächung wird durch den Einsatz von Mehrkanalsensoren noch verstärkt. Jeder Kanal filtert bestimmte Wellenlängen und reduziert so die gesamte Lichtintensität, die die Fotodioden des Sensors erreicht. Die Folge ist ein extrem schwaches Signal, das präzise gemessen und interpretiert werden muss.

Um diese Einschränkungen zu überwinden, hat ams Osram eine neue Fotodiodentechnologie entwickelt, die für den Betrieb mit niedrigem Photonenfluss optimiert ist und selbst bei extremer Lichtabschwächung eine genaue Lichterkennung ermöglicht. Ergänzend dazu bietet eine Sigma-Delta-ADC-Architektur der nächsten Generation eine 20-fache Verbesserung der Empfindlichkeit und eine 5-fache Erhöhung des Signal-Rausch-Verhältnisses (SNR) im Vergleich zu früheren Lösungen. Zusammen sorgen diese Innovationen für eine hochpräzise Messung des Umgebungslichts hinter CoE-OLED-Displays und ermöglichen so eine stabile automatische Helligkeitssteuerung und ein verbessertes Benutzererlebnis in Mobilgeräten der nächsten Generation.

## Fünfkanaal-Ansatz für die Spektralerfassung

In Zusammenarbeit mit einigen Smartphone-Herstellern hat das Unternehmen ams Osram eine neue Reihe von „True Color“-Spektralsensoren entwickelt, die über fünf Filterkanäle im sichtbaren Lichtspektrum verfügen. In Sensoranwendungen hinter OLEDs kann dieser Fünfkanaal-Ausgang

verarbeitet werden, um hier eine sehr genaue Darstellung des Umgebungslichts zu erzeugen.

Mit einer Größe von etwa  $2 \text{ mm}^2$  verfügen diese ALS über fünf Spektralkanäle, die Licht in verschiedenen Bereichen des sichtbaren Spektrums erfassen. Innerhalb des ALS ist jeder Kanal sorgfältig auf die spektrale Empfindlichkeit der Zapfenrezeptoren des menschlichen Auges abgestimmt. Durch die Verarbeitung der Ausgangssignale dieser Kanäle mit speziellen Algorithmen kann der Sensor auch hinter einem CoE-OLED-Display genaue Farbdaten generieren. Diese Rekonstruktion des Spektrums ist für eine natürliche Farbanzeige und eine konsistente Weißpunktanpassung unerlässlich.

Diese Spektralmesstechnik ist so präzise, dass keine sperrigen externen Spektrometer mehr zur Kalibrierung erforderlich sind. Diese wurden bisher benötigt, da die eingebauten Sensoren einfach nicht genau genug waren. Die neuen Sensoren messen das Licht direkt hinter dem Display und berücksichtigen dabei Glas, Filter und Adhäsiva bzw. Haftstoffe. Sie können auch Veränderungen im Laufe der Zeit ausgleichen, wie zum Beispiel leichte Farbverschiebungen durch die Alterung von OLEDs, Einbrennungen durch persistente Bilder oder Temperaturschwankungen. Dadurch wird sichergestellt, dass die Farben während der gesamten Lebensdauer des Geräts unverfälscht bleiben. Gleichzeitig werden teure Laborgeräte überflüssig sowie die Herstellung vereinfacht und eine gleichbleibende Leistung bei jedem Smartphone gewährleistet.

## Hybride Silberfilter gegen Infrarot-Störungen

Eine der bedeutendsten Innovationen der neuesten ALS-Produkte ist die Einführung hybrider Silberfilter, die von ams Osram in Premstätten bei Graz in Österreich hergestellt werden. Diese Filter besitzen zusätzlich zu dem interferometrischen Filter auf dem Wafer eine Silberbeschichtung (Ag). Dadurch werden Infrarotwellenlängen (IR) deutlich besser blockiert.

Silizium-Fotodioden sind von Natur aus empfindlich gegenüber IR-Licht, das vom menschlichen Auge nicht wahrgenommen werden kann. Bei früheren ALS-Modellen führte diese Empfindlichkeit zu überhöhten Lichtintensitätsmesswerten, insbesondere in Umgebungen mit starken IR-Quellen – wie Sonnenlicht oder Näherungssensoren. Der Hybrid-Silberfilter unterdrückt die IR-Empfindlichkeit im Vergleich zu früheren Modellen um das bis zu 1000-fache und erreicht eine optische Dichte (OD) von OD4 bei IR-Wellenlängen. Diese Verbesserung stellt sicher, dass die Ausgabe des Sensors nur das sichtbare Spektrum widerspiegelt, was zu einer besseren Übereinstimmung mit der menschlichen Wahrnehmung und zu genaueren Anzeigeanpassungen führt.

## Fazit

Erweitertes Display-Management unterstützt die Stärken von CoE-Displays. Eine höhere Dimm-Granularität ist erforderlich, um eine höhere Helligkeit zu steuern; eine ausgeklügelte Farb-/CCT-Steuerung ist nötig, um einen hohen dynamischen Farbbereich zu steuern; und eine präzise Charakterisierung der Chromatizität des Umgebungslichts ist wichtig, um zwischen verschiedenen LED-Beleuchtungen zu unterscheiden. Weitere Anforderungen sind unter anderem kontextbezogene Farben und Display-CCT-Signaturen.

Innovationen in der spektralen Farberkennung setzen neue Maßstäbe für die Messung des Umgebungslichts hinter OLED-Displays. Durch die Kombination von hybriden Silberfiltern, strahlformender Optik, schneller Abtastung und robuster Kalibrierung bieten diese Sensoren: verbesserte Empfindlichkeit, genaue Farbwiedergabe, zuverlässige Leistung über alle Geräte hinweg sowie eine klare Trennung von Umgebungslicht und Displaylicht. Smartphone-Hersteller profitieren so von einer besseren Displayleistung, einer höheren Nutzerzufriedenheit und einem Wettbewerbsvorteil in einem umkämpften Markt.

## 2. Fachkonferenz

# Zukunft.DEFENCE

Geschäftsmodelle für die zivile Industrie  
im Sicherheits- & Verteidigungssektor

**11.06.2026 | Düsseldorf**

[industry-forward.com/zukunft-defence](https://industry-forward.com/zukunft-defence)



JETZT TICKET  
SICHERN

publish  
industry  
verlag

INDUSTRY.FORWARD  
NAVIGATE THE CHANGE



griephan

RHEINISCHE POST

Fachlicher Partner

zvei  
electrifying  
ideas

HORVÁTH Partner

MESSLÖSUNGEN FÜR KRITISCHE KOMMUNIKATIONSSYSTEME  
IN LUFT- UND RAUMFAHRT

# Klein, aber leistungsstark

Störungsfreie Kommunikation ist das Rückgrat moderner Infrastruktur. Das gilt insbesondere für kritische Segmente wie die Luft- und Raumfahrt. Für beide gelten die im September 2025 vom Bundeskabinett im KRITIS-Dachgesetz verschärften Sicherheitsanforderungen. Um sie heute und in Zukunft zuverlässig erfüllen zu können, bedarf es spezialisierter Mess- und Prüftechnik.

TEXT: Bernhard Haluschak, E&E, mit Material von dataTec BILDER: dataTec; iStock, Byrdyak



Für Routine- und Inspektionsmessungen auf dem Flughafengelände und im ATC-Betrieb sind kompakte, universelle Messlösungen gefragt.



Bei der Luftfahrt steigen mit der prognostizierten Verdopplung des globalen Flugverkehrs bis 2030/2031 die Anforderungen an Verfügbarkeit, Zuverlässigkeit und Sicherheit von Boden- und Kontrollinfrastruktur. Navigations- und Kommunikationsanlagen sowie deren Verkabelung und Antennenanlagen müssen deshalb regelmäßig geprüft, dokumentiert und gewartet werden. Parallel dazu zählen in der Raumfahrt die Satelliten-Erdstationen zu jenen Systemen, deren Validierung durch die wachsende Komplexität moderner Satellitennutzlasten und Frequenzkonzepte immer anspruchsvoller wird. Signale sind über weite Frequenzbereiche hinweg zu analysieren, zu kalibrieren und stabil zu halten. Gesucht sind daher Messlösungen, die präzise Ergebnisse liefern, mobil einsetzbar sind und sich auch unter rauen Außenbedingungen zuverlässig nutzen lassen.

## Effiziente Messungen für Flughäfen und ATC

Für Routine-, Service- und Inspektionsmessungen auf dem Flughafengelände und im ATC-Betrieb sind kompakte, universelle Messlösungen wie der tragbare FieldFox Handheld Analyzer von Keysight eine praxisnahe Wahl. Das Gerät vereint mehr als 20 Messfunktionen in einem robusten Gehäuse und deckt damit typische Aufgaben wie die Prüfung von Antennen- und Kabelanlagen, die Fehlerortung per Distance to Fault sowie Puls- und Peak-Power-Messungen an Radar- und Navigationsstationen ab. Auch Filter, Verstärker und Konverter lassen sich direkt vor Ort hinsichtlich Einfügedämpfung, Amplitudenverhalten und spektraler Reinheit überprüfen. Dadurch sinken Transport-, Einrichtungs- und Kalibrieraufwand, während Serviceeinsätze schneller abgeschlossen und Ausfallzeiten reduziert werden können.

## Präzise Validierung für Satelliten-Erdstationen

Auch in der Raumfahrt deckt der FieldFox Handheld Analyzer den gesamten Prüfbedarf ab – von der präzisen Antennenausrichtung über Line Sweeps und die Fehlerortung in Übertragungstrecken bis hin zur detaillierten Charakterisierung von Up- und Downconverters, Filtern, Verstärkern und LNBs. Selbst breitbandige, frequenzagile Signale lassen sich damit zuverlässig bewerten. Gerade bei Außenanlagen und abgelegenen Installationen ist das ein wesentlicher Vorteil, denn dank Remote Control und wetterfester Bauform bleibt das Gerät auch an schwer zugänglichen oder festen Außenpositionen voll nutzbar. Wartung, Inbetriebnahme und Fehlersuche werden dadurch spürbar vereinfacht, was die Verfügbarkeit moderner SatCom-Systeme nachhaltig stärkt.

## Zukunftssicherheit durch Erweiterbarkeit

Ob Luft- oder Raumfahrt: Unabhängig vom Einsatzbereich bleibt der FieldFox auch langfristig eine sichere Wahl, weil er sich mit externen Sensoren und modularer Software an neue Anforderungen anpassen lässt. Bei neuen Radar- oder Navigationssystemen, wachsender Frequenzbandnutzung oder weiteren Digitalisierungsschritten kann die Plattform einfach mitwachsen, ohne dass bestehende Messabläufe komplett neu aufgebaut werden müssen. Für Betreiber und Instandhaltungsteams bedeutet das Investitionsschutz und Flexibilität bei zukünftigen Prüfaufgaben. So entsteht eine Messlösung, die aktuelle Anforderungen zuverlässig abdeckt und zugleich Reserven für kommende technologische Entwicklungen bietet.

1,3

Quelle: Gartner, Inc.

*Billionen* US-Dollar soll der weltweite Umsatz mit Halbleitern im Jahr 2026 voraussichtlich übersteigen. Damit würde die Halbleiterindustrie das stärkste Wachstum der letzten zwei Jahrzehnte verzeichnen.

Das ergibt für das Jahr 2026 laut den Gartner-Experten ein Umsatzwachstum von 64 Prozent im Halbleiterbereich gegenüber dem Vorjahr, wobei sich der Umsatz mit Speicherchips angesichts der „Memflation“ voraussichtlich verdreifachen wird. Spannende Beiträge rund um Electronics Solutions finden Sie ab Seite 39.



# Die DNA von Metrofunk

für Systemerhalt  
hinter der Kulisse



**Metrofunnkabel-Union GmbH**

Motzener Str. 12,

D-12277 Berlin,

Tel. 030 79 01 86 0

info@metrofunk.de – www.metrofunk.de



Ihr  
**B2B**  
Partner

# Ja! Wartung beschleunigt. Mit Conrad.

Passende Ersatzteile schnell geliefert



[conrad.de/ja-momente](https://conrad.de/ja-momente)

Alle Teile des Erfolgs

**CONRAD**