



ENTWICKLUNG  
ELEKTRONIK

GESELLSCHAFT.  
TECHNIK.  
SERVICES.

# CONNECTIVITY+

von HARTING



## VERBINDUNGSTECHNIK

So finden Sie den idealen Steckverbinder s.20

## PASSIVE BAUELEMENTE

Das müssen Sie jetzt über Kondensatoren wissen s.38

## EMBEDDED-SYSTEME

Umfrage: Wichtige Technologien in 2022 s.54

**publish  
industry  
verlag**



DC 05-2000001.1



# Durchgängig bis zum letzten Meter

## Steckverbinder für das Single Pair Ethernet

Phoenix Contact präsentiert kompakte Geräte- und Kabelsteckverbinder für das einpaarige Ethernet. Die normierten SPE-Schnittstellen eignen sich ideal für die effiziente Datenübertragung in der Fabrik- und Prozessautomatisierung. Die anwendungsgerecht optimierte Verkabelung bildet die Basis für die zukunftssichere Vernetzung vom Sensor bis in die Cloud.

Mehr Informationen unter [phoenixcontact.com/spe](http://phoenixcontact.com/spe)



**Bernhard Haluschak, Chefredakteur E&E:** Fortschreitende Automatisierung und Digitalisierung verändern das Handeln in allen Bereichen unseres Lebens und gelten nicht ohne Grund als einige der Megatrends in unserer heutigen Gesellschaft. Allerdings benötigen diese Themen in der praktischen Umsetzung elektrische Energie. Viel Energie. Für diese wichtigen Zukunftsthemen bildet die Leistungselektronik das Rückgrat. Doch ist Europa für diese wichtigen Zukunftsmärkte richtig aufgestellt? Deshalb stelle ich heute an den Experten Tobias Wanzke, Leiter Bereich Business Development bei Deutronic Elektronik, die Frage:

## „IST EUROPA NOCH WETTBEWERBSFÄHIG?“

Der Import von Leistungselektronik aus den asiatischen Ländern nimmt stetig zu. Denn es hält sich bei europäischen Firmen vehement die Meinung, dass aus Asien importierte Elektronik günstiger ist als in Europa produzierte Produkte. Doch durch die stetige Verbesserung und Automatisierung der Fertigungsstrukturen sowie den Einsatz innovativer Topologien, Technologien und Materialien sind europäische Hersteller von Leistungselektronik durchaus nicht nur kostentechnisch wettbewerbsfähig, sondern bieten durch ihre Nähe zum Endprodukt und dem Kunden ein höheres Applikationswissen.



Neben dem Kostenfaktor wird die geringe Distanz zwischen dem Lieferanten und dem Kunden immer relevanter. Die internationalen Transportkosten sind in letzter Zeit durch die Pandemie und Krisen stetig gestiegen. Zudem verstärken die steigenden Energiepreise diesen Trend. Hinzu kommt noch die fehlende Mengen- und Zeitflexibilität bei Waren, die über große Distanzen transportiert werden. Aber genau diese Flexibilität und die damit verbundene Anpassungsfähigkeit an die Bedürfnisse des Marktes bringt den entscheidenden Wettbewerbsvorteil.

Auch wenn ein positiver Trend erkennbar ist und einzelne Unternehmen bereits die steigenden Risiken einer sehr stark vom Beschaffungspreis geprägten Einkaufspolitik erkannt haben, besteht dennoch eine immer stärkere Abhängigkeit der europäischen Hersteller von einzelnen asiatischen Unternehmen. Vor allem die Abhängigkeit von Asien hinsichtlich der für die europäische Elektro- und Elektronikindustrie notwendigen Vorprodukte ist kritisch zu betrachten. Hier müssen auf politischer Ebene die richtigen Entscheidungen und Anreize geschaffen werden, damit die Wertschöpfungstiefe in der Elektro- und Elektronikindustrie in Europa erhöht wird und die Abhängigkeit von Lieferanten aus Asien reduziert wird. So steht dem Innovationsstandort Europa hinsichtlich der neuen Megatrends nichts im Weg.

## KONTRON AI PRODUKT PORTFOLIO



▶ piTX-i.MX8M-AI-H8



▶ KBox A-150-WKL-AI-H8



▶ KBox A-203-GC-AI



▶ KBox C-104-TGL

Maximale Flexibilität für hochperformante Anwendungen mit künstlicher Intelligenz durch Integration von:

- ▶ Hailo-8™ AI-Beschleuniger-Modul
- ▶ Google Coral Edge-Beschleuniger
- ▶ Intel® VNNI

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

# INHALT

## AUFTAKT

- 06 Im Rampenlicht
- 08 Highlights der Branche
- 10 Titelstory: Connectivity+ Services und mehr
- 12 Titelinterview: „Menschen und Technik verbinden“  
Details zur Connectivity+ Strategie bei HARTING

## FOKUS: VERBINDUNGSTECHNIK

- 14 Steckverbinder Next Generation
- 16 Die wichtigsten Designregeln für Pogo-Pins
- 20 So finden Sie den passenden Steckverbinder
- 24 Steckverbinder richtig spezifizieren

## OPTOELEKTRONIK, DISPLAYS & HMI

- 28 Haptisches Feedback: Schnittstelle zwischen Mensch und Maschine
- 30 Optimale Bedienkonzepte und Benutzeroberflächen für HMI

## BAUELEMENTE & ELEKTROMECHANIK

- 38 Renaissance der Folienkondensatoren

## DISTRIBUTION & DIENSTLEISTUNG

- 42 Interview: „Quo Vadis Distribution 2022?“

## RUBRIKEN

- 03 Editorial
- 34 Promotion: Mittendrin Socionext
- 45 Promotion: Business-Profil Heilind
- 60 Impressum & Firmenverzeichnis
- 66 Die Zahl

FOKUS

# VERBINDUNGS- TECHNIK

# 10

TITELSTORY

Details zur neuen Connectivity+  
Strategie bei HARTING



# 62

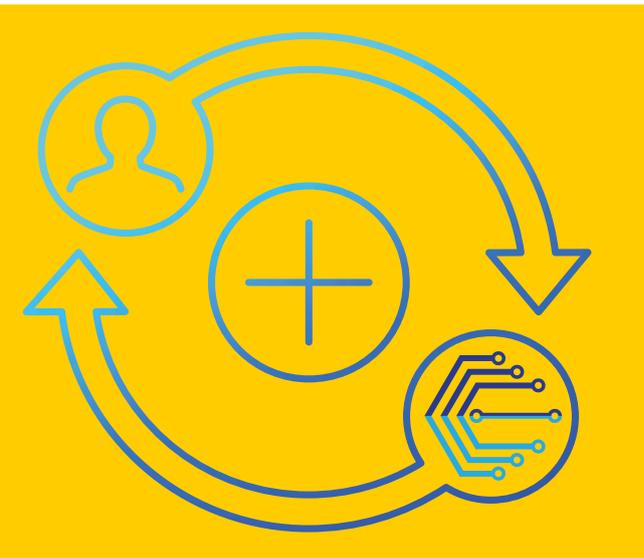
MESSTECHNIK

Leitfaden für EMV-Pre-Compliance  
Messungen

# 14

## FOKUSTHEMA

Was Sie über Steckverbinder wissen müssen



# 54

## UMFRAGE

Welche Technologien prägen das Jahr 2022?



## STROMVERSORGUNG & LEISTUNGSELEKTRONIK

- 46 So schützt ein Snubber-Shunt sensible Elektronikkomponenten
- 48 Sonnige Aussichten für DC/DC-Wandler für Spannungsebenen von bis zu 1500 V

## SPEZIAL: EMBEDDED

- 51 AI-Rechenperformance am Edge mit Hailo-Chips
- 54 Umfrage: Welche Technologien im Elektronikumfeld prägen das Jahr 2022?
- 58 Rugged Computer-on-Modules: Wie robust ist robust?

## EMV/ESD & MESSTECHNIK

- 62 Leitfaden für aussagekräftige EMV-Pre-Compliance Messungen

## Wärmeleitfolien **DETAKTA**



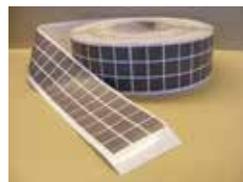
### Silikon Soft Pads

SBC-7 violettgrau 7 W/mK  
SBC-5 grau 5 W/mK  
SBC-3 grau 3 W/mK  
SBC rosa 1,5 W/mK  
Weiche, gelartige Pads. 2 - 10° Shore A  
beidseitig haftend. Stärken 0,5 - 5,0 mm



### Silikon Soft Pads mit Gewebe

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



### Silikon Glasgewebe Folie

SB-HIS-5 5 W/mK  
SB-HIS-4 4 W/mK  
SB-HIS-3 3 W/mK  
SB-HIS-2 2 W/mK  
SB-HIS 1 W/mK  
**Folie auch einseitig haftend - ohne zusätzlichen Kleber.**  
Stärken 0,15 mm, 0,23 mm, 0,30 mm, 0,45 mm und 0,8 mm

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

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

FROSTIGE FORSCHUNG

# STARTSCHUSS FÜR KRYO-ELEKTRONIK

Quantentechnologien und Highspeed-Rechner mit Supraleitern gehören zu den aktuellen Elektronik-Trends. Doch sind die Strukturen, mit denen etwa Qubits auf Chips angesteuert und in Echtzeit ausgelesen werden können, bislang noch größer als die Qubits selbst. Die Forschenden des Fraunhofer IZM haben einen relativ einfachen Prozess entwickelt, mit dem sie die Anschlussdichte mit Indiumbumps im Vergleich zu bisherigen Lösungen verdoppeln.

TEXT: Bernhard Haluschak, mit Material vom Fraunhofer IZM BILD: Fraunhofer IZM



Um das Spektrum der Quantentechnologien vom Computing über die Sensorik bis zur Quantenkommunikation realisieren zu können, ist die Entwicklung geeigneter und vor allem skalierbarer Fertigungstechnologien notwendig. Damit ein Quantencomputer echte Rechnungen löst und damit Anwendungen beschleunigt, bedarf es zusätzlicher, ansteuerbarer Qubits – mit Hunderttausenden bis sogar Millionen physikalischen Einheiten nicht gerade wenige. Diese Qubits sind durch supraleitende Schaltkreise miteinander verbunden, also Leitungen, die bei bestimmter Kälte einen kaum noch messbaren elektrischen Widerstand aufweisen.

Den Forschenden um Hermann Oppermann ist die Abscheidung und Strukturierung von supraleitendem Niob und Nioblegierungen gelungen, die für die Verdrahtung von Schaltungsträgern in mehreren Lagen, so genannte Interposer, mit Durchkontaktierungen verwendet werden. Das Ergebnis sind äußerst verlustarme Schaltungsträger, mit denen sich Qubit-Arrays in Echtzeit ansteuern und zu hochdichten, skalierbaren Systemen für Quantenrechner integrieren lassen.

Um diese Technologiebasis zu schaffen, Materialien zu untersuchen, Integrationskonzepte zu optimieren und supraleitende Aufbau- und Verbindungstechnik für kryogene Anwendungen zu entwickeln, wurde am Fraunhofer IZM in Berlin das Kryomesslabor eingerichtet. Im neu aufgebauten Testlabor können die Forschenden elektrische Schaltungen charakterisieren, evaluieren und damit Integrationstechnologien für Anwendungen in Niedrigstemperaturen voranbringen. Durch die Analyse des Widerstandsverhaltens einzelner Schaltungsbestandteile, die mit einem Kühlfinger unter Vakuum auf bis zu 3 Kelvin gekühlt werden, können das elektrische Verhalten und die Zuverlässigkeit der Durchkontaktierungen, Umverdrahtungsebenen und Leitungssysteme bei Kryo-Temperaturen evaluiert werden.

# 4

## HIGHLIGHTS

Fakten, Trends und Neues: Was hat sich in der Branche getan? Die TU Berlin erforscht die Möglichkeiten des 6G-Mobilfunknetz, das Fraunhofer IOSB könnte mit einer intelligenten Ampelsteuerung für weniger Stau sorgen, das KIT forscht an Lasern, die Computer angreifen können und Bosch fördert seine haus eigene Halbleiterfertigung im Kampf gegen den weltweiten Mangel.



Ausfallsicher telefonieren

### 6G-Mobilfunknetz

Die Fakultät Elektrotechnik und Informatik der TU Berlin erhält 13 Millionen Euro vom Bundesministerium für Bildung und Forschung im Rahmen seines Forschungs-Hubs „6G Research and Innovation Cluster“. Das Ziel des Projekts ist es bereits jetzt vorne dabei zu sein in der 6G-Forschung um die technologische Souveränität Europas in diesem Bereich zukünftig sicherzustellen.

Erfahren Sie mehr: [industr.com/2635990](https://www.industr.com/2635990)

Vorausschauende Ampelsysteme

### Weniger Verkehrsstau

Die Straßen sind chronisch überfüllt und an den Kreuzungen stauen sich die Fahrzeuge. Vor allem in der Rushhour bilden sich Warteschlangen. In zwei Forschungsprojekten realisieren Forscher am Fraunhofer IOSB, Institutsteil für industrielle Automation INA eine intelligente Ampelsteuerung mit Hilfe von Künstlicher Intelligenz. Die neuen Ampelsysteme sollen vorausschauend agieren.

Erfahren Sie mehr: [industr.com/2638095](https://www.industr.com/2638095)

IT-Security

### Laser-Cyberangriff

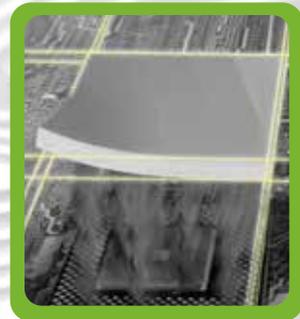
Hacker greifen Computer mit Lasern an – das könnte eine Szene in einem James-Bond-Film sein, ist aber durchaus auch in der Wirklichkeit möglich. Anfang Dezember 2021 präsentierten Wissenschaftler des KIT sowie der TU Braunschweig und der TU Berlin das Forschungsprojekt LaserShark, das versteckte Kommunikation über optische Kanäle untersucht.

Erfahren Sie mehr: [industr.com/2635977](https://www.industr.com/2635977)

Wärmeleitmaterialien



COOL BLEIBEN WENN'S  
HEISS HERGEHT



Spezialfolien



Quelle: [Bosch, Bosch]

4

Förderung von Bosch

## Halbleiterfertigung

In der Bewältigung des weltweit anhaltenden Halbleitermangels muss Bosch kreativer werden und mehr auf eigene Fabriken setzen: Mit einer zusätzlichen Investition von mehr als einer Viertermilliarde Euro bis 2025 plant das Unternehmen den weiteren Ausbau seiner Halbleiterfertigung in Reutlingen. Das Geld soll in neue Flächen und die Ausgestaltung des für die Fertigung nötigen Reinraums fließen. Damit wappnet sich Bosch für die stetig wachsende Nachfrage nach Chips für Anwendungen in der Mobilität und im Internet der Dinge.

Erfahren Sie mehr: [industr.com/2643924](http://industr.com/2643924)

Technische Keramiken



Gehäusetechnik



Besuchen Sie uns  
auf der PCIM Europe:  
Vom 10. - 12.05.2022  
in Nürnberg

Halle 7, Stand 149

Besucherkarten  
erhalten Sie unter:  
[info@ict-suedwerk.de](mailto:info@ict-suedwerk.de)  
Wir freuen uns auf Ihren  
Besuch!

HARTING CONNECTIVITY+

# DAS PLUS ZUR KOMPONENTE: SERVICES UND MEHR

Verbindungstechnik-Hersteller HARTING liefert unter dem Schlagwort "Connectivity+" Lösungen, die weit über das eigentliche elektrotechnische Bauteil hinausgehen. Dazu zählen Dienstleistungen wie etwa Produkt-Konfiguratoren und smarte Datenmodelle. Gemeinsam ist diesen Services, dass sie Kunden und Anwendern einen konkreten Mehrwert verschaffen und die Kernfunktion Steckverbindung optimal ergänzen.

TEXT: Norbert Gemmeke, HARTING

BILDER: HARTING; iStock, Aliaksei Brouka, Fatma sari

HARTINGs Anspruch ist es, im Rahmen der neuen Strategie Connectivity+ über den gesamten Lebenszyklus eines Steckverbinders hinweg Nutzen zu bieten – um eine integrierte Entwicklung zu ermöglichen, die Installation zu vereinfachen und langfristig der Instandhaltung zu dienen.

Tüllen- und Anbaugehäuse, Einsätze, Kontakte, Module, Werkzeuge und Zubehör – das HARTING Produkt-Portfolio bietet für jeden Anwender und für jede technische Herausforderung eine passende Lösung. Gleichzeitig stellt die Vielzahl möglicher Lösungen Anwender und Konstrukteure vor Fragen wie: Welche der verschiedenen Schnittstellen ist die richtige für meine Konstruktion? Welche Komponenten passen gut zusammen? Entspricht ein Bauteil meinen technischen und spezifischen Anforderungen?

Bislang konnten diese Fragen oft nur aufgrund langjähriger persönlicher Erfahrung, durch intensives Studium von Produktkatalogen oder per Kontaktaufnahme zum Kundensupport beantwortet werden. Die manuelle Konfiguration einer spezifischen Schnittstelle konnte so im Laufe der Zeit zu einem zeitintensiven und fehleranfälligen Prozess in der Konstruktion einer Anlage werden.

Um die Konfiguration zu verkürzen und für den Anwender effizienter zu gestalten, arbeitet HARTING im Rahmen von Connectivity+ Services an der Digitalisierung und Automatisierung der Komponentenauswahl. Zentrales Werkzeug der Digitalen Services ist ein E-Shop, der Anwender befähigt,

individuelle Schnittstellen online zu konfigurieren. Dabei geht es nicht allein um die Komponente. Der Nutzer kann den gesamten Prozess der Schnittstellenauswahl eigenständig durchführen: von der Konfiguration über die Individualisierung bis hin zum Data Handling und zur Auslösung der Bestellung, die entweder direkt über den HARTING eShop oder über die Plattformen der Distributoren erfolgt.

## Kundenspezifische Lösungen bis hin zur Losgröße 1 realisieren

Wenn sich im Standard-Portfolio eine für eine Konstruktion benötigte Komponente nicht findet, bietet der Online-Konfigurator dem Konstrukteur eine niederschwellige Lösung, das Bauteil selbst zu individualisieren. Der Anwender kann beispielsweise Gehäuseausgänge frei bestimmen oder individuelle





HARTING gestaltet die Connectivity der Zukunft mit Lösungen, die einen innovativen Benefit für den Kunden darstellen



Laser-Beschriftungen auf dem Bauteil anbringen. Die integrierte Logik des Konfigurators verhindert dabei technische Konflikte und stellt sicher, dass das individuelle Bauteil die notwendige technische Integrität aufweist.

### Digital Brother für Steckverbinder



Die individualisierte Komponente kann direkt im Online-Tool bestellt werden, auch wenn nur kleine Losgrößen (bis hinab zur 1) gebraucht werden, zum Beispiel für eine Musterbestellung. Jede kundenspezifische Lösung erhält eine eigene

Artikelnummer und wird im System hinterlegt, inklusive Dokumentation und Engineering-Daten. So lässt sich die Komponente auch am Ende ihres Lebenszyklus einfach wiederbeschaffen. Die Daten enthalten das digitale Abbild des konfigurierten Steckverbinders und bilden eine Vorstufe für den Digital Twin – den digitalen „Bruder“ der Komponente –, die jederzeit wieder aufgerufen und genutzt werden kann. Die herkömmliche Papierdokumentation wird obsolet, wodurch ein Mehrwert entsteht, da sich der administrative Aufwand beim Anwender deutlich reduziert.

Der neue Workflow ist wesentlich effizienter. Der Aufwand für eine kundenspezifische Lösung sinkt, der Weg von der Anfertigung der Konstruktionszeichnung bis zum Versand der Bauteile verkürzt sich. Mit der gleichen Motivation haben Anwender früher oft eigenverantwortlich Komponenten ihren Anforderungen angepasst. Damit konnten sie zwar sehr kurzfristig technische Herausforderungen meistern, langfristig

aber erzeugten sie neue Probleme: Gewährleistungen entfallen, die Qualität der Komponenten litt und die Reproduktion von Bauteilen wurde schwierig, wenn nicht gar unmöglich.

### Auf einen Klick – Produktdaten einfach und zuverlässig handhaben

Zentrales Plus bei den digitalen Konnektivitäts-Lösungen aus dem Hause HARTING ist das einfache und sichere Handling der Engineering-Daten. Das System stellt für jede im Konfigurator entstandene Schnittstelle automatisch die zugehörigen Datenblätter und Engineering-Daten zur Verfügung – für den Download, in optimaler Qualität und größtmöglichem Umfang. Im Vergleich zum manuellen Download spart der Nutzer viel Zeit und gewinnt Prozesssicherheit.

Die Integration der Connectivity+ Services bei HARTING zeigt, dass ein Komponenten-Hersteller, der sein Portfolio digitalisiert und individualisiert, dem Anwender konkreten und nachvollziehbaren Nutzen bietet. Dazu zählt die beschleunigte Entwicklung und Bereitstellung einer Steckverbinder-Komponente ebenso wie die nahtlose und sinnvolle digitale Integration dieser Komponente in die Entwicklungs- und Produktionsumgebung des Kunden.

Dieser kollaborative Ansatz, der die Kundenbedürfnisse über die elektrotechnische Komponente hinaus betrachtet, ist für HARTING der Weg, um auch in Zukunft mit innovativen Lösungen zu überzeugen und Herausforderungen effektiv begegnen zu können. Insbesondere Design-In-Prozesse bieten noch immer ein immenses Potential für Effizienzgewinne und Kostenreduktionen. Das Potenzial kann aber nur gehoben werden, wenn sich neben der physischen Komponente auch die digitale Entsprechung nahtlos in den Workflow einfügt. □



Details zur Connectivity+ Strategie bei HARTING

# „Menschen und Technik verbinden“



Wenn es um Verbindungstechnik geht, gehört HARTING für Kunden aus allen Industriebereichen und darüber hinaus zu den ersten Anlaufstellen. Einen Teil seiner Produkte, Lösungen und Services hebt HARTING nun als „Connectivity+“ hervor. Ziel eines jeden Connectivity+ Produkts ist es, dem Kunden einen konkreten Mehrwert zu verschaffen. Im Interview mit Norbert Gemmeke, dem Managing Director der Global Business Unit HARTING Electric, klären wir, was sich hinter der Connectivity+ Strategie steckt.

**DAS INTERVIEW FÜHRTE:** Bernhard Haluschak, E&E **BILDER:** HARTING; iStock, Aliaksei Brouka, Fatma sari

**HARTING gehört in puncto Steckverbindungen zu den Pionieren. Rasante technologische Fortschritte in allen Bereichen der Industrie und damit auch in den Anforderungen machen ein Umdenken in Bezug auf Konnektivität notwendig. Neben neuen Technologien rückt der Faktor Mensch immer mehr in den Focus. Doch was bleibt? Daten und Energie müssen über ein Medium zu einem Ziel transportiert werden. Dies geschieht kabelgebunden oder kabellos – und dabei spielen Steckverbinder eine essenzielle Rolle. Sie haben jetzt den Begriff „Connectivity+“ als zentrales Konzept bei HARTING ausgerufen. Was verbirgt sich dahinter?**

**Wo holen Sie sich die Inspirationen für diese neuen Denkweisen, Konzepte und Strategien?**

In unserer Unternehmensvision ist schon seither fest verankert „Wir wollen die Zukunft mit Technologien für Menschen gestalten.“ Mit Connectivity+ haben wir nun ein Narrativ entwickelt, diese Vision ganz konkret in unseren Produkten und Applikationen umzusetzen. Ein sehr holistischer Ansatz, der das Selbstverständnis der HARTING Technologiegruppe perfekt zusammenfasst. Wir stellen mit dem Konzept „Connectivity+“ heraus, dass unser Handeln von mehr bestimmt wird als von einem singulären Steckverbinder, der – wie Sie so schön sagen – Daten und Energie über ein Medium zu einem Ziel transportiert: Die gesellschaftlichen Megatrends Nachhaltigkeit, (De-)Globalisierung und der demografische Wandel sind Treiber für technologische Megatrends – insbesondere Modularität, Autonomie und der digitale Zwilling. Die Produkte, Services, Lösungen und das Mindset, das die Technologiegruppe mit dem Konzept Connectivity+ kennzeichnet, zählt auf genau diese Megatrends ein und liefert Antworten auf Herausforderungen der Zukunft. Mehr noch: Wir schaffen immer einen ganz konkreten Mehrwert für unsere Kunden und Partner. Wir antizipieren also schon heute, was Morgen wichtig wird und gestalten die Connectivity der Zukunft mit Lösungen, die einen innovativen Benefit für den Kunden darstellen.

Die großen gesellschaftlichen und technologischen Megatrends sind die Treiber unseres Connectivity+ Konzeptes. Jeder unser Mitarbeitenden ist dazu eingeladen, einen Beitrag zu Connectivity+ zu leisten. Wir stehen neuen Ideen und Konzepten offen und mutig gegenüber und schaffen so noch mehr Raum für Innovationen als ohnehin schon. Da der konkrete Mehrwert für Kunden und Anwender aber mindestens genauso im Fokus steht wie die Analyse der Megatrends, ist die Kollaboration mit Kunden, Marktteilnehmern und Experten unabdingbar. Aus dem Dialog und der Diskussion von Pain Points und Zukunftsszenarien lassen wir uns inspirieren, einen Schritt weiterzugehen und der Connectivity das „Plus“ einzuhauchen.



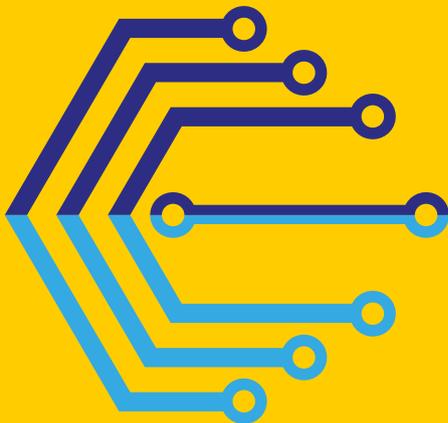
**Virtuelle Welten als Datendepots oder als Abbildung ganzer Industrieanlagen gewinnen zunehmend an Bedeutung. Dabei verkörpern Steckverbinder die traditionelle Industriegewelt. Welche Rolle spielt das Konzept Connectivity+ ?**

Eine Große! Die digitalen Services von HARTING ermöglichen den Brückenschlag zwischen diesen beiden Welten. Die Schaffung eines Digital-Twins ist einer der technologischen Trends, die besonders relevant für die industrielle Transformation sind und die wir für die Ausgestaltung von Connectivity+ im Blick haben. In einer realen Anwendung beginnt der Lebenszyklus des Steckverbinders weit vor der Bereitstellung der eigentlichen Komponente. Mit Hilfe digitaler Services und Daten kann das Design der individuellen Schnittstelle perfekt auf die Kundenapplikation abgestimmt werden. Die nahtlose Integration beginnt also noch vor dem Design-In-Prozess. Der Kunde kann die Komponente und deren digitales Abbild beeinflussen und damit über den gesamten Lebenszyklus – beispielsweise als Bauteil für einen Zug oder eine Maschine – transparent machen. Das macht die Wartung einfacher und steigert die Verfügbarkeit des Systems.

„Mit Connectivity+ wollen wir die Zukunft mit Technologien für Menschen gestalten.“

**Gerade im Industrieumfeld spielen Normen eine wichtige Rolle. Sie legen die einheitlichen Spielregeln fest. Wie ist das Verhältnis von Connectivity+ zur Standardisierung?**

In einer von Modularisierung geprägten Welt basiert die Verbindungstechnik immer auf einem Standard. Wie weit dieser Standard in die entsprechende Lösung eingreift, ist aber vom Applikationsfeld abhängig. Klassische Steckverbinder befinden sich immer in einer industriellen Infrastruktur, die durch weitgehende Standardisierung geprägt ist und sich in Normen oder Konsortialstandards ausdrückt. Bei einzelnen Maschinen bilden diese Standards den Rahmen, der die sichere Funktion gewährleistet, daher kann die individuelle Ausführung von Schnittstellen sehr flexibel gewählt werden. Wenn wir allerdings von Software-Services sprechen, dann muss eine Verbindung – eine Sprache - zwischen den unterschiedlichen Tools geschaffen werden. Das geht nur mit Standards, wie beispielsweise einem abgestimmten Datenformat. Die HARTING Technologiegruppe hat sich schon sehr früh bereit erklärt, Daten für Engineering-System-Anbieter zur Verfügung zu stellen und den Standards dieser Services gerecht zu werden. Mit der Bereitstellung von CADENAS Multi CAD deckt HARTING über 95 Prozent des Marktes an CAD Systemen ab. Die zeitaufwändige Umwandlung für den Kunden entfällt und führt somit zu Zeitersparnissen. Die Daten sind hierbei auch für komplette Konfigurationen von Steckverbindern verfügbar. ECAD Daten (ZUKEN E3, EPLAN und andere) sind ebenfalls per Knopfdruck integrierbar. Die Einhaltung dieses Standards oder der Norm ist daher in diesem Fall sogar eine notwendige Voraussetzung, um den Connectivity+ Ansatz und die Mehrwerte beim Kunden zu erfüllen. Eine Norm und Connectivity+ sind daher keinesfalls als Gegensatz zu sehen, hinreichend für den Erfolg sind dann weitere Connectivity+ Faktoren. □







Innovationen für die digitale Welt

# Steckverbinder Next Generation

Steckverbinder bilden die Grundlage für einen modularen Aufbau von Systemen. In der digitalisierten Welt sind Steckverbinder essenziell für die Möglichkeit der Datenkommunikation über vernetzte Komponenten. Dabei müssen sie extremen Umwelteinflüssen widerstehen, eine lange Lebensdauer aufweisen sowie eine schnelle Datenübertragung ermöglichen und noch wesentlich mehr.

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

Grundsätzlich müssen Steckverbinder die Fähigkeit haben, Systeme bei der elektrischen Energieübertragung zu unterstützen und gleichzeitig Datenaustausch per elektronischer und optischer Signalübertragung zu ermöglichen. Je nach Einsatzzweck werden Steckverbinder so entwickelt, dass sie einen einfachen Betrieb und Wartung sowie einen schnellen Austausch von Komponenten erlauben. Zudem vereinfachen sie bei Systemen die Erweiterung um neue Funktionalitäten.

Mit der rasant steigenden Digitalisierung in allen Industriebereichen, steigen auch die Anforderungen an die Steckverbinder. Die wesentlichen Herausforderungen sind dabei das maximal technisch Machbare eines Steckverbinders auszuschöpfen und das bei möglichst geringen Baugrößen und maximaler Zuverlässigkeit. Die Innovationstreiber sind aktuell die Telekommunikation, die Automobilbranche, die IT-Datentechnik und Automatisierung in allen Industriebereichen.

Innovative Ideen für neue und leistungsfähige Steckverbinder nutzen aber wenig, wenn diese nicht international genormt sind und von vielen Herstellern und Anwendern unterstützt werden. Nur das gewährleistet eine weltweite Kompatibilität und Austauschbarkeit der Steckverbinder untereinander und nur dann ist eine breite und wirtschaftliche Durchdringung des Marktes mit dem neuen Produkt möglich. □



## Die wichtigsten Designregeln für Pogo-Pins

# Steckverbinder mit Federkontakten gesucht

Federbelastete Steckverbinder oder so genannte Pogo-Pins vereinen eine Vielzahl von Vorteilen, die sie von herkömmlichen Steckverbindern unterscheidet. Die vielfältigen Einsatzmöglichkeiten machen diese Steckertypen besonders interessant für IoT-Anwendungen und aus diesem Grund lohnt es sich, einen genauen Blick auf sie zu werfen: Was Entwickler wissen müssen, wenn sie einen Pogo-Pin-Steckverbinder in ihren Designs einsetzen wollen.

TEXT: Christian Sichtar, Codico BILDER: Codico; iStock, Tramont\_ana

Pogo-Pins oder Steckverbinder mit Federkontakten sind in den letzten Jahren aufgrund ihrer vielseitigen Einsatzmöglichkeiten und langen Lebensdauer sehr beliebt geworden. Vor allem bei industriellen Anwendungen werden Pogo-Pins oft den Flachstecksystemen vorgezogen, die in der Regel einen Stanzprozess erfordern. Das macht Anpassungen sehr teuer und in vielen Fällen nicht durchführbar. In diesem Beitrag werden wir die wichtigsten Designregeln für Elektronikentwickler, die einen Pogo-Pin-Steckverbinder in ihrem Gerät verwenden wollen, zusammenfassen.

## Strom und Pogo-Pins

Pogo-Pins haben sehr unterschiedliche innere Strukturen, die dadurch den Anforderungen von vielfältigen Anwendungen gerecht werden. Was beeinflusst den Strom, den ein Pogo-Pin-Steckverbinder übertragen kann?

**Anzahl der Kontaktpunkte:** Das Kugeldesign maximiert die Anzahl der Kontaktpunkte und ermöglicht einen höheren und stabileren Stromfluss.

**Federkraft:** Je höher die Federkraft, desto besser wird der Kolben gegen die Wand des Zylinders gedrückt, was zu einem dauerhaft stabilen Stromfluss führt.

**Werkstoff:** Verschiedene Materialtypen können die Leitfähigkeit des Stifts stark beeinflussen. Aber auch die Rauheit ist wichtig, um den Stromfluss zu erhöhen.

Die gebräuchlichste Ausführung ist der "Bias Tail", der in der Regel Ströme von 2 Ampere übertragen kann. Es ist auch

das kostengünstigste Design. Der "Back Drill" wird verwendet, wenn nur sehr wenig Platz zur Verfügung steht. Aufgrund des frei beweglichen Kolbens besteht bei dieser Ausführung die Gefahr von Mikrounterbrechungen aufgrund von Vibrationen. Infolgedessen kann Strom durch die Feder fließen und sie be-

4783

## IEC-Gerätesteckdose mit V-Lock

- Verhindert unbeabsichtigtes Entfernen
- Einfache Kabelkonfektionierung
- Wiederverwendbar
- Halogenfrei



Das richtige Pogo-Pin-Design für die richtige Anwendung.



Pogo Pins ermöglichen kleine Bauformen und hohe Stromstärken.

schädigen. In der Regel empfiehlt sich diese Ausführung daher nur für niedrige Ströme bis 1 Ampere zu verwenden. "Ball" ist die dritte Ausführung und hat eine zusätzliche Kugel im Inneren des Stifts, um den Stromfluss zu stabilisieren. Diese Ausführung kann auch bei starken Vibrationen verwendet werden und bis zu 5 Ampere übertragen.

## Regeln für das Gehäusedesign

Der Kunststoff sollte eine Wandstärke von mindestens 0,4 mm haben. Dies stellt sicher, dass es keine Risse gibt, wenn die Stifte in das Gehäuse eingepresst werden. Bei wasserdichten Lösungen wird die Wandstärke nochmals erhöht. Diese Steckverbinder sind geklebt, was zusätzlichen Platz benötigt.

## Umwelteinflüsse beachten

Pogo-Pins können in vielen verschiedenen Umgebungen verwendet werden. Bei einer intelligenten Uhr oder einem Hörgerät kann das Metall mit Schweiß in Kontakt kommen, was zu galvanischer Korrosion führt. Oft reicht es nicht aus, einfach die Goldschichtdicke zu erhöhen. Stattdessen verwendet der beim Design-in-Distributor Codico verfügbare Hersteller C.C.P. eine spezielle AP-Beschichtung, die viel widerstandsfähiger gegen diese Art von Korrosion ist. Ein weiterer Vorteil ist die höhere Härte im Vergleich zu Gold.

Ein weiterer Faktor können Vibrationen sein. Gerade bei der Übertragung von Signalen ist eine stabile Verbindung sehr wichtig. Eine hohe Federkraft in Verbindung mit einer zusätzlichen Kappe im Inneren des Stiftes hilft oft, den Strom zu stabilisieren. Nicht jeder Pogo Pin kann für alle Anwendungen eingesetzt werden.

Wenn Design-Entwickler den Pogo Pin bei extremen Temperaturen wie zum Beispiel unter  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  oder über  $230\text{ }^{\circ}\text{C}$  ein-

setzen wollen, sind zwingend andere Materialien zu verwenden, um eventuelle Fehlfunktionen zu vermeiden.

## Einbau leicht gemacht

Als Faustregel gilt, dass die Bohrung in der Leiterplatte den Radius des Pogo Pin Tail + 0,3 mm haben sollte. Für das gewählte Lötpad empfiehlt es sich generell, den Radius des Flansches + 0,4 mm zu wählen. Der Einlötstift sollte mindestens die Dicke der Leiterplatte + 0,4 mm lang sein. Diese Zahlen können bei kleineren Abständen variieren und hängen von den Toleranzen ab, mit denen der Leiterplattenbestücker arbeitet.

Wie gestaltet man den FPC-Footprint für Pogo-Pin-Steckverbinder? Für Flex-PCBs gelten die gleichen Regeln wie für normale PCBs. Lediglich die empfohlene Länge des Stifts wird mit Dicke der FPC + 0,1 mm angegeben. Wie gestaltet man die Leiterplatte für SMT-bestückte Pogo-Pin-Stecker? Die Lötunkte sollten Radius des Pogo-Pins + 0,5 mm sein.

## Regeln für das Zusammenstecken

Im Allgemeinen sollten Pogo-Pins nicht in einem Winkel von mehr als 5 Grad zusammengesteckt werden. Als Faustregel gilt: Je größer der Winkel, desto geringer ist die Lebensdauer des Pogo-Pins. Der maximale Steckwinkel beträgt etwa 18 Grad. Beachtet werden muss, dass sich bei diesem Winkel die zu erwartende Lebensdauer deutlich verringert.

Die Reibung zwischen dem Kolben und der Innenwand des Zylinders nimmt beim Einstecken des Stifts ständig zu. Dies führt zu einem Abrieb der Beschichtung im Inneren des Pogo-Pins. Die Folge kann Korrosion und vor allem ein erhöhter elektrischer Widerstand sein. Wenn man einen Pogo Pin waagrecht einstecken möchte, kann man einen Pogo Pin mit Kugelspitze wählen. □

# WIR SIND TECHNIK

**WERKZEUG FÜR PROFIS**

Finden Sie genau das passende Werkzeug.  
Zuverlässige Unterstützung für jede Ihrer Anwendungen  
unter [conrad.de/werkzeug](https://www.conrad.de/werkzeug)

Den passenden Steckverbinder finden

# Individuelle Steckverbinder-Lösung

Die Auswahl des passenden Steckverbinders ist den vergangenen Jahren immer komplexer geworden. Neben der steigenden Produktvielfalt bei den Herstellern von Steckverbindern spielen auch Themen wie RoHS und Reach sowie die Normung beim Endkunden eine größere Rolle als in der Vergangenheit.

**TEXT:** Stefan Suchan, Fischer Elektronik **BILDER:** Fischer Elektronik; iStock, AlexLMX

Besonders das Segment der kundenspezifischen Steckverbinder wird in den vergangenen Jahren ein immer größerer Markt. Während früher in vielen Fällen eine standardisierte Kombination aus Stift- und Buchsenleiste ausreichend war, steigt der Anspruch von Entwicklern an individuellen Steckverbinderlösungen stetig.

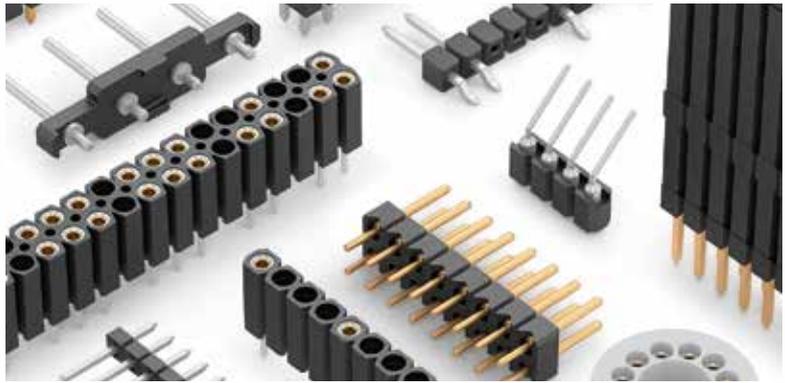
Dies liegt einerseits an den kürzeren Entwicklungszyklen in der Elektronikindustrie andererseits an der steigenden Komplexität der Subsysteme und der Miniaturisierung aller elektronischen und elektromechanischen Bauelemente. Bei der Auswahl des passenden Steckverbinders ist ein verlässlicher Partner wichtig. Dazu zählt zum Beispiel Fischer Elektronik, der sich in den vergangenen 50 Jahren als Steckverbinderexperte etabliert hat und eine hohe Expertise in den Bereichen Kühlkörper, Gehäuse und Steckverbinder bietet.

## Anforderungen kundenspezifischer Steckverbindungen brachten

Kundenspezifische Steckverbinder sind, wie der Name es vermuten lässt, individuelle Kundenlösungen, welche speziell auf die technischen Anforderungen angepasst sind. Wie individuell der Steckverbinder gestaltet werden muss, kommt auf die Applikation des Kunden an. Der kundenspezifische Steckverbinder kann eine Ableitung eines vorhandenen Standardproduktes sein, welcher modifiziert und nach Kundenangaben abgeändert wird oder auch eine komplette Neuentwicklung.

Diese Neuentwicklung orientiert sich speziell an den Gegebenheiten der individuellen Kundenanwendung. Dabei muss vom Kunden definiert werden, welche Schnittstellen durch





Die Steckverbinder von Fischer Elektronik sind nach Kundenwunsch und Anwendung individuell anpassbar.

das Steckverbindersystem verbunden werden sollen und in welcher Umgebung die Steckverbinder verbaut werden. Eine Sonderbestückung der Kontakte oder Veränderung von Steck- und Einlötmäßen stellt heutzutage für die meisten Hersteller keine große Herausforderung mehr dar.

Die Maschinenparks der Hersteller von Steckverbindern sind meist so ausgerichtet, dass einfache Modifizierungen keinen wesentlich höheren Mehraufwand darstellen, wenn die Änderung des Steckverbinders keine eigens konstruierten Kontakt- oder Isolationsmaterialien verlangt.

Wenn für den neuen Steckverbinder jedoch neue Materialien und Geometrien verwendet werden müssen, ist der Aufwand für die Hersteller wesentlich höher und der Kunde muss eine hohe Anzahl an Steckverbindern bestellen, damit die Kosten, welche eine Neuentwicklung mit sich bringt, für den Steckverbinder gering gehalten werden können. Bei einer kompletten Neuentwicklung muss häufig der Maschinenpark und die Werkzeuge der Produzenten umgebaut oder neue Maschinen und Werkzeuge konstruiert und hergestellt werden.

### Passende Kombination aus Kontakt- und Isolationsmaterial

Steckverbinder bestehen üblicherweise aus zwei Komponenten, dem Kontaktwerkstoff und dem Isolationsmaterial.

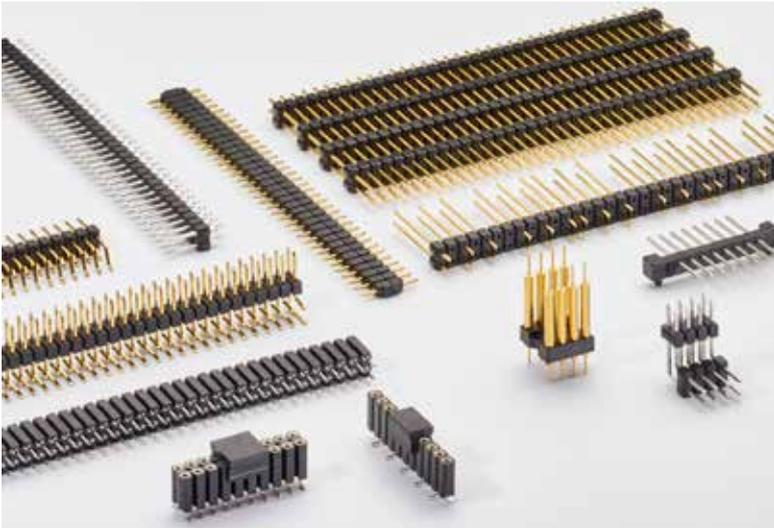
Typische Kontaktwerkstoffe sind die Kupferlegierungen Bronze (CuSn), Messing (CuZn) und Berylliumkupfer (CuBe). Diese drei eignen sich durch den hohen Kupferanteil, als sehr gut leitende Kontaktmaterialien, für die Kontaktierung von Bauteilen und Schaltkreisen auf der Leiterkarte. Des Weiteren bieten alle Kupferlegierungen gute mechanische und federnde Eigenschaften, welche für die Kontaktierung von Vorteil sind.

Die zuvor genannten Kupferlegierungen werden bei den meisten Herstellern mit einer Nickelsperrschicht überzogen, bevor es zur Veredelung der Kontakte kommt. Diese Nickelsperrschicht verhindert, dass die Veredelungsmaterialien Gold, Silber oder Zinn in die Kupferlegierung hineindiffundieren.

Sobald diese Veredelungsmaterialien in die Kupferlegierung hineindiffundieren, ist der Effekt dieser Materialien kaum noch vorhanden. Veredelungsmaterialien wie Gold, Silber oder Zinn dienen nämlich der besseren Verarbeitung der Steckverbinder auf der Leiterkarte und haben einen geringeren Kontaktwiderstand als Kupfer.

Doch nicht nur bei den Kontaktmaterialien muss auf viele Besonderheiten geachtet werden, auch bei den Isolationsmaterialien gibt es jede Menge Faktoren, die in Einklang sein müssen, um das bestmögliche Ergebnis zu erhalten. Hier sind die Fließigenschaften des Kunststoffes im Spritzgusswerkzeug genauso entscheidend wie das Schwinden des Materials nach dem Spritzgießen.

Wenn die Kunststoffisolierkörper auch noch sehr filigran aufgebaut sind, zum Beispiel durch kleine Rastermaße oder geringe Wandstärken, müssen dünnflüssige Kunststoffe wie



Steckverbinder für elektronische Schaltungen gibt es für individuelle Anwendungen in verschiedenen Ausprägungen.

Polyamide oder Kunststoffe aus der LCP-Gruppe verwendet werden. Gerade dann, wenn es um kundenspezifische Steckverbinder geht, müssen die einzelnen Komponenten so aufeinander abgestimmt sein, dass sich die physikalischen und geometrischen Eigenschaften des Steckverbinders nicht beim Lötvorgang oder während der Lebenszeit verändern.

### Kundenspezifische Verpackungsformen für Steckverbinder berücksichtigen

Nicht nur der kundenspezifische Steckverbinder, sondern auch das Verpackungsmaterial spielt eine entscheidende Rolle. Durch die stetige Automatisierung und Vernetzung von Prozessen, welche unter dem Namen „Industrie 4.0“ immer häufiger auftaucht, werden auch Verpackungen, die einer automatisierten Bestückung dienen, immer relevanter.

Durch Verpackungsformen wie Stangenmagazine oder auch Blistergurte (Tape & Reel) können die Steckverbinder über einen Feeder zugeführt und auf der Leiterkarte bestückt werden. Um das Bestücken auf der Leiterkarte zu erleichtern, werden die meisten Steckverbinder mit einer Bestückungshilfe versehen. Diese Bestückungshilfe wird oft durch eine Venturidüse angesaugt oder durch einen Fingergreifer aufgenommen, um den Steckverbinder an der richtigen Stelle auf der Leiterkarte zu platzieren. Nach dem Lötvorgang wird die Bestückungshilfe von dem Steckverbinder abgezogen und entsorgt.

Die Stangenmagazine und Blistergurte müssen genau wie die Bestückungshilfen an den kundenspezifischen Steckverbinder angepasst werden, da zum Beispiel bei einem zu groß gewählten Stangenmagazin oder Blistergurt sich die Steckverbinder verschieben und ineinander verhaken könnten.

Auch ist das Risiko einer Positionsverschiebung der Steckverbinder im Verpackungsmaterial bei einer falschen Dimensionierung wesentlich höher als bei einer Anpassung des kundenspezifischen Steckverbinders an den Blistergurt oder das Stangenmagazin. Dafür bietet Fischer Elektronik neben kurzen Lieferzeiten auch eine hohe Expertise und Qualität sowohl bei Standardverpackungen als auch in der Entwicklung und Fertigung von kundenspezifischen Sonderlösungen.

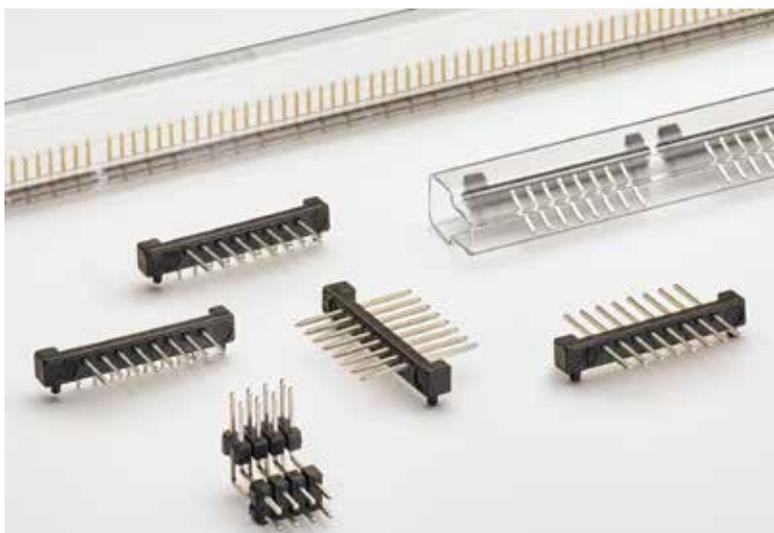
### Vor- und Nachteile von kundenspezifischen Steckverbindern abwägen

Die besonderen Vorteile von kundenspezifischen Steckverbindern liegen einerseits in der passgenauen Lösung für den Kunden, andererseits in der einzigartigen Ausführung, welche eine Nachahmung durch Mitbewerber nahezu ausschließt.

Die Nachteile liegen in den sehr hohen Entwicklungs- und Fertigungskosten, welche sich bei kundenspezifischen Steckverbindern in vielen Fällen ergeben. Zudem darf der erhöhte zeitliche Aufwand bei der Entwicklung der individuellen Steckverbindung nicht außer Acht gelassen werden.

### Fazit

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass durch die stetige Miniaturisierung der elektronischen und elektro-mechanischen Bauteile und der Automatisierung von Fertigungsprozessen kundenspezifische Steckverbinder mehr und mehr an Bedeutung gewinnen. Des Weiteren werden bei vielen Neuentwicklungen Steckverbinder erst sehr spät mit eingeplant, wodurch eine standardisierte Lösung meist nicht mehr genutzt werden kann und ein eigens für die Applikation



Verpackungsoptionen für kundenspezifische Steckverbinder sind für die Weiterverarbeitung ebenfalls wichtig.

entwickelter Steckverbinder verwendet werden muss. Dabei müssen nicht nur die geometrischen Maße des Steckverbinders berücksichtigt werden, sondern auch die physikalischen

Eigenschaften des Kontakt- und Isolationsmaterials, wie auch eine angepasste Verpackungsvariante, die eine automatisierte Zuführung der Steckverbinder gewährleistet. □

FAST MOVING TECHNOLOGY

**STÄUBLI**

**MODULARES STECKVERBINDERSYSTEM**

# CombiTac world Plug into reliability

Eine ganze Welt von hochwertigen modularen Steckverbindern, die exakt auf Ihre Bedürfnisse anpassbar sind. Unsere Experten stehen Ihnen vom Konzept über die Installation bis zur Kabelkonfektionierung zur Seite, damit Ihr CombiTac genau die Anforderungen Ihrer spezifischen Anwendung erfüllt.

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



Expertise at your side



Simplicity when you want it.



Customization where you need it.



STECKVERBINDER RICHTIG SPEZIFIZIEREN

# PERFEKT ANGEPASST

Die Einsatzbedingungen für Anwendungen in der Elektronik werden immer anspruchsvoller. Elektrische Verbindungstechnik für Signale, Daten und Power nimmt in den Applikationen eine Schlüsselrolle ein. Daher war es noch nie so wichtig wie heute, den für die jeweilige Aufgabe am besten geeigneten Steckverbinder zu spezifizieren, sagt David Phillips, internationaler Vertriebsleiter der Binder Gruppe

TEXT: David Phillips, Binder

BILDER: Binder; iStock, Fourleaflover

Bei der Auslegung von Steckverbindern sind grundlegende Entscheidungen zu treffen. Im Mittelpunkt stehen vor allem die elektrischen und physikalischen Eigenschaften, welche die Produkte zum Einsatz in einer gegebenen Applikation befähigen. Neben den Kernparametern Bemessungsstromstärke und -spannung sind es die Anzahl der Kontakte, der Anschlussquerschnitt, der Grad der Schirmung sowie der erforderliche Schutz vor Umgebungseinflüssen, die einen direkten Einfluss auf die Wahl des Steckverbinders nehmen. Weitere wichtige Charakteristika sind die Anschluss- und die Verriegelungstechnik sowie der verfügbare Platz – sowohl innerhalb als auch außerhalb des Produkts. Der folgende kompakte Leitfaden für Steckverbindungen konzentriert sich auf den Schutz vor äußeren Einflüssen, die Wahl der Kontakte sowie die Anschluss- und Verriegelungstechnik.

## Überlegungen zur Schutzart

Die in der Umgebung des Steckverbinders zu erwartende Verschmutzung wird in vier Stufen eingeteilt: Der erste Grad, bei dem keine leitenden Verschmutzungen vorkommen, ist typisch für das Innere von Geräten. Der zweite Grad umfasst nichtleitende Verschmutzung und temporäre Kondensation, etwa bei einigen Hausgeräten; der dritte Grad betrifft



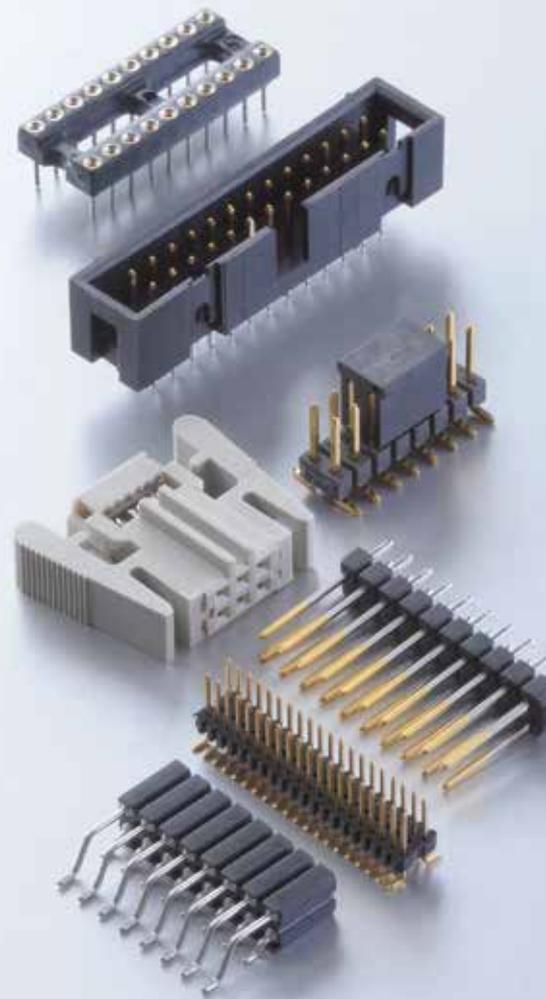
fischer

elektronik

kühlen schützen verbinden

## Steckverbinder

- RoHS konforme Steckverbinder
- hochtemperaturbeständige Isolierkörper
- gedrehte Präzisionskontakte mit vergoldeter Innenfeder
- spezielle Verpackungsformen
- kundenspezifische Ausführungen



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

Fischer Elektronik GmbH & Co. KG

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



Der ELC wurde für ein breites Spektrum an medizinischen Systemen und mit einem intuitiven Verriegelungssystem entwickelt.

leitende Verschmutzungen, beispielsweise bei Werkzeugmaschinen. Der vierte Grad kennzeichnet die dauerhafte leitfähige Verschmutzung, wie sie Staub und Wasser in anspruchsvollen Umgebungen verursachen.

Die IEC 60529 klassifiziert den Schutz gegen äußere Einflüsse wie Staub, Fremdkörper, Feuchtigkeit und Wasser sowie gegen Berührung. In der Nomenklatur der sogenannten IP-Schutzarten (International Protection) benennt die

erste Ziffer der IP-Codes (0 bis 6) die Widerstandsfähigkeit gegen Fremdkörper und Staub sowie Berührung, während die zweite Ziffer (0 bis 9K) die Widerstandsfähigkeit gegen Wasser angibt. In der Regel sind Industriesteckverbinder in der Schutzart IP65 und höher eingestuft, wobei viele Produkte die Schutzart IP67 gegen zeitweiliges Untertauchen in Wasser oder die höchste Schutzart IP69K gegen Wasser bei der Hochdruck- und Dampfstrahlreinigung aufweisen.

### Kontakte und Anschlusstechnik

Kontaktstärke, Federeigenschaften, elektrische Leitfähigkeit und Betriebstemperatur werden durch die verwendeten Materialien bestimmt. Bei Qualitätskontakten werden Kupferlegierungen für die Kontakte – Messing für die Stift- und Zinnbronze für die Buchsenkontakte – verwendet, da diese Werkstoffe eine gute Festigkeit, Leitfähigkeit und Temperaturstabilität bewirken. Darüber hinaus bieten vergoldete oder versilberte Kontakte ein hohes Maß an Leitfähigkeit und Korrosionsbeständigkeit, und sie halten mehr als 500 Steckvorgängen stand.

Auch die Art des Kabelanschlusses ist sorgfältig zu überdenken; sie hängt im Wesentlichen von der Art und Weise der Anwendung und den Produktionsmengen ab. Lötanschlüsse bieten zwar die sicherste Verbindung mit den besten elektrischen Eigenschaften, erfordern aber geschultes Personal. Das Crimpverbindungen stehen für eine schnelle und einfache Methode, erfordern aber teure und empfindliche Crimpwerkzeuge. Für die Verdrahtung vor Ort bietet die Schraubverbindung die beste Lösung.





Snap-in- und Bajonett-Steckverbinder der Serien 620, 720 und 770 sind für viele medizinische Anwendungen gut geeignet.

## Steckverbinder-Materialien

Während viele Steckverbinder zugunsten ihrer Festigkeit aus Messing hergestellt werden, verwendet man zur Kosten- und Gewichtsreduzierung häufig Zinkdruckguss oder eine Aluminiumlegierung. Der Trend geht heute zu kostengünstigen, leichten und robusten Vollkunststoff-Steckern wie den Serien 620, 720 und 770 von Binder. Hier ist Polyamid der bevorzugte Werkstoff ist, da es zäh, abriebfest sowie lösungsmittel- und bis 120 °C temperaturbeständig ist.

## Auswahl der Verschlussart

Die Häufigkeit des Steckvorgangs und die IP-Anforderungen sind entscheidend für die Wahl der Verschluss-technik. Steckverbinder mit Rastverriegelung (Snap-in-Technik) ermöglichen ein schnelles und einfaches Stecken; sie sind im Allgemeinen die kostengünstigste Lösung. Dank jüngster Weiterentwicklungen können sie jetzt bis zur Schutzart IP67 eingestuft werden und bieten somit eine wirtschaftliche High-Performance-Lösung. Bajonettstecker gewährleisten eine Verbindung mit größerer Sicherheit, sind aber in der Regel konstruktionsbedingt auf die Schutzart IP40 beschränkt.

Push-Pull-Steckverbinder aus Metall hingegen können teuer sein; der Trend zu Kunststoffversionen hat jedoch zur Kostensenkung beigetragen. Sie bieten insgesamt eine schnell steckbare IP67-Verbindungslösung mit einem Schutz gegen versehentliches Lösen.

Steckverbinder mit Schraubverriegelung schützen unter allen Alternativen am besten gegen versehentliches Lösen der Verbindung. Auch ein sehr hoher IP-Schutzgrad ist damit erreichbar. Sie sind aber im Allgemeinen die teuerste Art von Steckverbindern, insbesondere in Metallausführung.

## Fazit: Die beste Komponente

Der Steckverbinder wird oft als Nachtrag zum Applikationsdesign betrachtet, ist aber eine sehr wichtige Schlüsselkomponente in jedem System. Ein Steckverbinder zu finden, der passenden Größe, der die richtigen elektrischen Eigenschaften aufweist und für die betreffende Anwendung die bestgeeignete Anschluss- und Verriegelungstechnik verwendet sowie den erforderlichen Schutz bietet, ist eine Herausforderung. Ist der Steckverbinder aber gefunden, optimiert dieser die Leistung eines jeden Systems und trägt zu dessen Kosteneffizienz bei. □



**PushPull ist rundum sicher bei Montage und Einsatz.**

Die PushPull-Steckverbinder von HARTING sind schnell, sicher und sparen Kosten. Ein Click – und die sichere Verbindung steht in Sekundenschnelle, auch unter rauen Bedingungen.

[www.HARTING.com/m12-pushpull](http://www.HARTING.com/m12-pushpull)

SCHNITTSTELLE ZWISCHEN MENSCH UND MASCHINE

# Haptisches Feedback bitte

Haptisches Feedback, also die Fähigkeit, durch einfaches Berühren zu kommunizieren, wird im Fahrzeugdesign immer wichtiger. Das Zeitalter von konventionellen Schaltern, Knöpfen und Tasten neigt sich dem Ende zu, Komponenten wie Flachbildschirme nehmen ihren Platz ein.

TEXT: Andreas Minatti, Dätwyler BILDER: Dätwyler; iStock, VasjaKoman

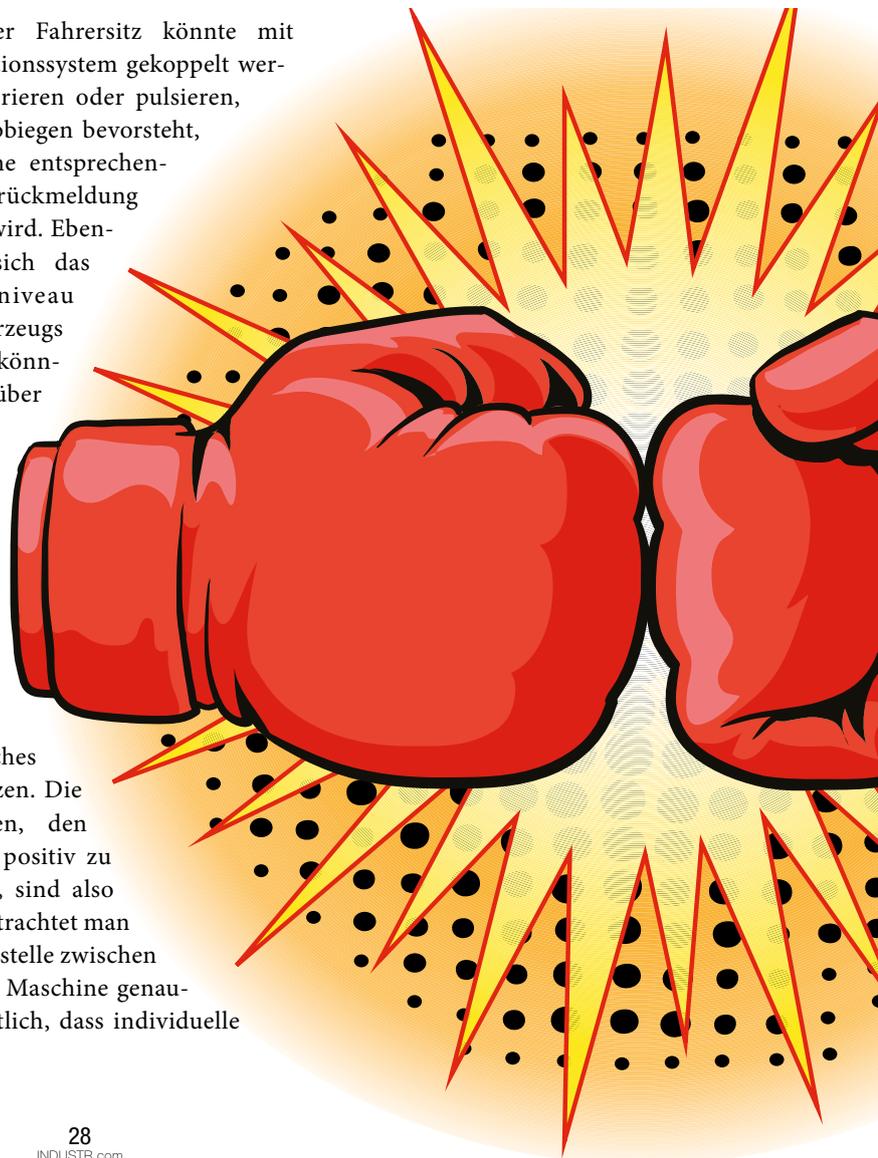
Eine Herausforderung für die Automobilbauer gibt es aktuell noch: Fahrer\*innen schenken den traditionellen Alternativen bei der Bedienung mehr Vertrauen. Denn wird ein Schalter oder eine Taste betätigt, vermittelt ein hörbares "Klick" oder die spürbare Bewegung des Bedienelements das Gefühl, dass der Befehl ausgeführt wurde. Ein digitales Display bietet nicht dasselbe Maß an Rückmeldung, kann aber durch haptische Komponenten, die einen Impuls oder eine Vibration auslösen, den Fahrenden ebenfalls fühlen lassen, dass ein Befehl empfangen wurde.

Natürlich ist der Einsatz haptischer Technologien nicht auf das Armaturenbrett beschränkt. Bei Dätwyler beschäftigt sich ein spezielles Ideenteam mit einer Reihe von innovativen Projekten, die alle die Vorteile des sogenannten "Customized Haptic Feedbacks" nutzen. So ist es beispielsweise beim Lenkrad keine Neuigkeit, dass es vibriert, wenn das Fahrzeug beginnt, von der Spur abzuweichen. Neu wäre, wenn das Lenkrad für verschiedene Situationen unterschiedliche Signale abgibt - etwa einen Impuls für das Abbiegen nach links oder rechts, der vom Navigationssystem initiiert wird. Die Fähigkeit, intelligente Materialien über elektronische Steuereinheiten zu kontrollieren, macht diese Anpassung möglich, da Elemente wie die Frequenz, die Amplitude und die Form

des Impulses umfassend modifiziert werden können, was eine Vielzahl von Optionen bietet, um die Funktionalität innerhalb eines Fahrzeugs zu erweitern.

Auch der Fahrersitz könnte mit dem Navigationssystem gekoppelt werden und vibrieren oder pulsieren, wenn ein Abbiegen bevorsteht, wodurch eine entsprechende Sprachrückmeldung überflüssig wird. Ebenfalls lässt sich das Sicherheitsniveau eines Fahrzeugs steigern. So könnte es etwa über verschiedene Parameter überwachen, ob der Fahrer dem Schlaf sehr nahe ist, und ein sehr deutliches stärkeres haptisches Signal absetzen. Die Möglichkeiten, den Fahrprozess positiv zu beeinflussen, sind also vielfältig. Betrachtet man diese Schnittstelle zwischen Mensch und Maschine genauer, wird deutlich, dass individuelle

haptische Rückmeldungen sehr variabel mit anderen kritischen Funktionen innerhalb eines Fahrzeugs kombiniert werden können.



Das Prinzip des haptischen Feedbacks ist aus dem gesamten Automobilbereich nicht mehr wegzudenken.

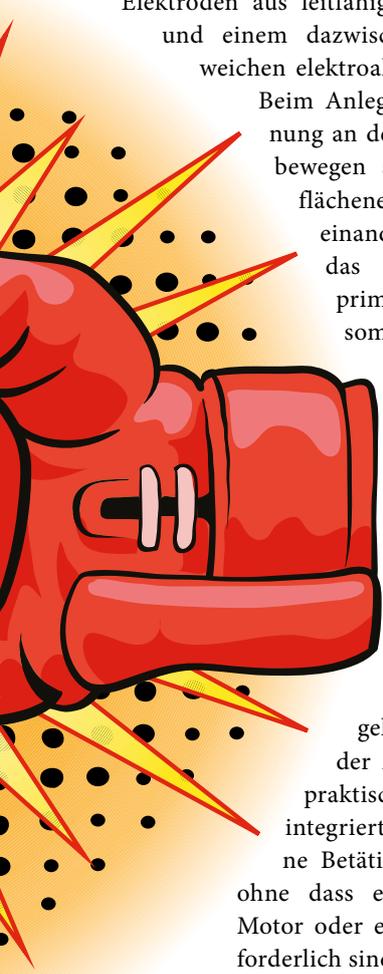


Beispiele liefert die Verwendung elektroaktiver Polymere (EAP), die zur Herstellung eines gestapelten Aktors verwendet werden. Die Technologie basiert auf Kleinkondensatoren in einem Dreischichtsystem, bestehend aus zwei Elektroden aus leitfähigen Materialien und einem dazwischen liegenden weichen elektroaktiven Polymer.

Beim Anlegen einer Spannung an den Kondensator bewegen sich die Oberflächen Elektroden aufeinander zu, wodurch das Polymer komprimiert wird und somit eine geringe axiale Bewegung entsteht. Diese werden dann als Stapel erstellt, um eine weitere axiale Bewegung zu ermöglichen. Wenn Spannung angelegt wird, kann der Aktor direkt in praktisch jedes Bauteil integriert werden, das eine Betätigung erfordert, ohne dass ein zusätzlicher Motor oder ein Getriebe erforderlich sind.

Das Einsatzspektrum für EAP ist breit gefächert. Zum einen kann es als linearer Aktor fungieren, der einen konventionellen mechanischen Antrieb wie beispielsweise einen Motor oder ein Spulensystem ersetzt. Zum anderen kann das elektroaktive Polymer eine haptische Rückmeldung an der Schnittstelle zwischen Mensch und Maschine geben. Und im ergonomischen Bereich kann ein EAP zur Formveränderung von Tasten eingesetzt werden, was direkt zur Sicherheit und einer intuitiven Bedienbarkeit beiträgt. Dies betrifft jedoch nur den Betätigungsanteil eines EAPs, in Bezug auf die Sensorik ergeben sich weitere Möglichkeiten. Wird ein gestapelter Aktor zum Beispiel Druck ausgesetzt, kann die Leistungsänderung als Sensor oder Taster genutzt werden. Und als wäre das nicht genug, können beide Funktionen nahtlos zusammen zum Einsatz kommen, was den potenziellen Einsatzbereich weiter vergrößert.

Das Prinzip des haptischen Feedbacks beweist, dass es an Innovationen im Automobilbereich nicht fehlt und es den Übergang zur neuen Mobilität unterstützen kann. Die Beziehung zwischen Fahrer\*in und Fahrzeug wird immer enger, und intelligente Materialien sind als Bindeglied der Schlüssel, um immer fortschrittlichere Funktionalität und letztlich ein sichereres, komfortableres Fahrerlebnis zu realisieren. □



# Schau mal!



## OLED- und LCD-Displays

- LCD 7-Segment-Anzeigen
- Alphanummerische LCD-Anzeigen
- Monochrome LCD-Grafik-Displays
- Full-Colour-TFT-Displays
- OLED-Displays

### Distribution by Schukat electronic

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

Onlineshop mit stündlich aktualisierten Preisen und Lagerbeständen

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

**SCHUKAT**  
electronic

OPTIMALE BEDIENKONZEPTE UND BENUTZEROBERFLÄCHEN FÜR HMI

## AUS DER SICHTWEISE EINES ANWENDERS

Ein schlecht designtes Consumergerät ist nervig, aber keine Katastrophe. Eine industrielle Anlage, deren Steuerung zu Fehlbedienungen einlädt, dagegen schon. Die Kombination aus neuer Digitaltechnik und wachsenden Anforderungen der Anwender erfordern zukunftsweisende Bedienkonzepte und Benutzeroberflächen. Eine gute User Experience entsteht jedoch nicht von allein – sie ist das Ergebnis gezielter Planung und methodischer Arbeit.

TEXT: Michaela Wilhelm, In-tech BILDER: In-Tech; iStock, Lan Zhang



Ein schlecht designtes Consumergerät ist nervig, aber keine Katastrophe.

Wenn Maschinenbauer und externe Anwendungs-Entwickler zusammenkommen, dann treffen manchmal völlig verschiedene Welten aufeinander. Für letzteren ist „Form follows Function“ eine schweißtreibende Herausforderung, die hart erarbeitet werden muss. Für manche Auftraggeber ist es dagegen scheinbar ein Naturgesetz, denn nach deren Meinung genügt es, eine Software nach funktionalen Gesichtspunkten zu entwickeln – die ansprechende Bedienoberfläche ergibt sich dann mehr oder minder zwangsläufig von selbst. Andere Hersteller dagegen haben bereits erkannt, dass ihre bisherigen Entwicklungen den Usability-Anforderungen ihrer Kunden nicht mehr genügen. Sie suchen deshalb gezielt nach externer Unterstützung bei der Entwicklung neuer Bedienoberflächen.

Ein Aspekt sind häufigere interne Abstimmungen zwischen Kunde und Hersteller, die dafür sorgen, dass die Entwicklung enger am gewünschten Ergebnis ausgerichtet wird. Dies ist Teil der agilen Arbeitsweise gemäß SCRUM, nach der alle zwei bis drei Wochen Zwischenergebnisse oder Demos vorgestellt werden, die der Kunden bewertet und freigibt oder in die Überarbeitungsschleife schickt. So wird keine Zeit verschwendet, wenn die Entwicklung nicht gemäß den Vorstellungen des Kunden verläuft, und auch unproduktive Diskussionen zum Ende des Projekts werden vermieden.

Ein weiterer wichtiger Faktor ist jedoch der höhere Einfluss der eigenen User-Experience- (UX) und User-Interface-Designer (UI). Denn deren Aufgabe ist es, schon früh im Projekt die Machbarkeit des Bedienkonzepts auf den Prüfstand zu stellen. Externen Agenturen fehlt häufig das technische Verständnis oder das notwendige Domänenwissen. Sie fokussieren sich dagegen häufig eher auf die ästhetische Gestaltung der Bedienoberfläche.

### Innere Werte zählen

Mit diesem „Skinning“, also dem alleinigen Fokus auf ein ansprechendes Äußeres, berauben sich Hersteller eines wichtigen

Wettbewerbsvorteils. Ein ausgefeiltes Bedienkonzept verleiht einer Maschine eine unverwechselbare Persönlichkeit, die dazu passende Benutzerschnittstelle ergänzt sie um ein angemessenes Erscheinungsbild. Exklusivere, besondere Konzepte schaffen Differenzierungspotenziale, die beim Anwender einen bleibenden Eindruck hinterlassen. Denn dem geht es weniger darum, ob eine Bedienoberfläche „hübsch“ anzusehen ist. An erster Stelle stehen für ihn Aspekte der User Experience: Ist das Gerät oder die Maschine intuitiv bedienbar (Usability)? Werden unnötige Aktionen

display®  
...since 1984

LED  
LCD  
TOUCH  
LED  
TFT

*Not only a project,  
it's a Partnership!*

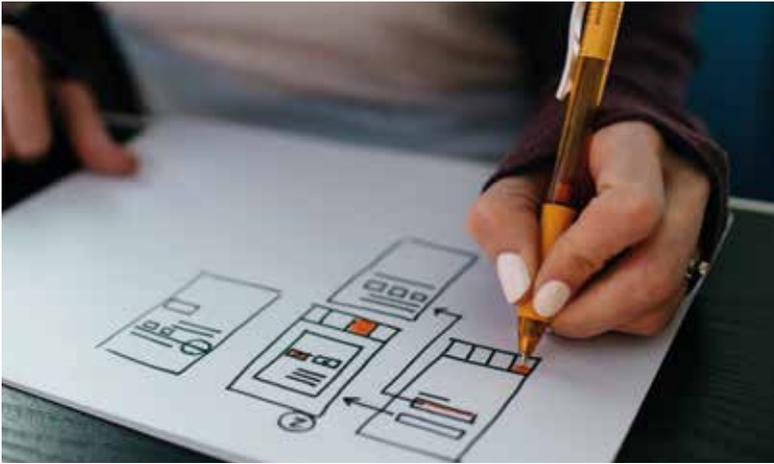
TOUCH  
OLED  
KEYPADS  
TFT  
KEYPADS

COLOUR UP

YOUR LIFE

Entdecken Sie unsere brandneue Homepage:  
[www.display-elektronik.de](http://www.display-elektronik.de)

Display Elektronik GmbH · Am Rauner Graben 15 · D-63667 Nidda  
Tel. 060 43 - 9 88 88-0 · Fax 060 43 - 9 88 88-11



Eine gute User Experience entsteht nicht von allein – sie ist das Ergebnis gezielter Planung und methodischer Arbeit.

vermieden? Sorgen Aufbau und Gestaltung für zuverlässiges, fehlerfreies Funktionieren? Welche Bedien-Schnittstellen stehen überhaupt zur Verfügung?

Wenn das Bedienkonzept Mängel aufweist, drohen Effizienzverluste oder gar Fehlbedienungen. In komplexeren Steuerungen kann dies zum Beispiel auftreten, wenn Beschriftungen fehlen oder zu klein sind, ein Wechsel ins Untermenü nicht zur gewünschten Seite führt oder eine Steueroption an unerwarteter Stelle implementiert wurde. Die Aufgabe der UX-Experten ist es, aus Sicht der Anwender zu denken und ein Bedienkonzept zu entwickeln, das sich im täglichen Einsatz bewährt – ohne viele Klicks, ohne lange überlegen zu müssen. Hoher Schulungsaufwand und großer Bedarf an Nachschulungen weisen beispielsweise ebenso auf schlechte Usability hin wie ellenlange Handbücher. Konkret messbar ist die Qualität der Usability über die Effektivität (Erhebung der Erfolgsquote), die Effizienz (anhand des Verbrauchs von Ressourcen) und der Zufriedenheit der Anwender (Erfüllung der Bedürfnisse und Erwartungen der Benutzer).

## Stellenwert von UX und UI

Das klassische HMI genügt den Kunden heute meist nicht mehr, angesichts der Breite der technischen Möglichkeiten. Die internen Entwickler stoßen dabei immer wieder an ihre Grenzen. Schon der festinstallierte Screen an der Maschine bietet heute viel mehr Optionen: Vom einfachen Touch-Screen bis zum Multi-Touch-Display, das auch Gesten versteht, selbst wenn man mit Schutzhandschuhen arbeitet. Ein solches Bedienkonzept lässt sich zwar auf Tablets und Smartphones übertragen. Doch unterschiedliche Displaygrößen und Seitenformate stellen weitere Hürden dar, die es zu überwinden gilt. Alternativen wie Sprachsteuerung oder Bewegungserkennung – beispielsweise in Verbindung mit Virtual Reality (VR) oder Augmented Reality (AR) – sind ebenfalls gefragte Optionen, die heute bei der Entwicklung eines Bedienkonzeptes eine Rol-

le spielen. Und auch die Schattenseiten dieser Vielfalt muss ein UX-Designer bedenken: Für den Anwender muss die Bedienung konsistent sein, egal ob er die Maschine vor Ort per Touchscreen bedient oder remote per App.

Getrennt davon ist die grafische Gestaltung der Benutzerschnittstelle zu betrachten. Auch die trägt zu einer besseren Usability bei: Gestalt, Farbe und Position der visuellen Elemente spielen dabei eine Rolle. Ein Notaus-Knopf direkt neben der Bestätigungstaste, die zigmal am Tag gedrückt wird, birgt eben die Gefahr, dass ein versehentliches Abrutschen auf dem Touchscreen zu kostspieligen Konsequenzen führt. Die Aufgabe der UI-Designer ist es daher, über die visuelle Gestaltung mit dem Nutzer zu kommunizieren und seine Aufmerksamkeit zu lenken. So leisten sie ebenfalls einen wichtigen Beitrag zur effizienten Bedienbarkeit.

## Strukturiertes Vorgehensmodell

Um eine gute User Experience und Usability zu erreichen, bedarf es eines strukturierten Prozesses. Deshalb sind bereits bei der Initialisierung und Planung des Gesamtprojektes die Usability-Experten involviert. Sie entscheiden anhand von Projektzielen sowie dem zur Verfügung stehenden Zeit- und Kostenbudget mit darüber, welche Methoden zum Einsatz kommen und wie der Zeitplan gestaltet wird. Hier empfiehlt sich ein Vorgehensmodell, welches von Anfang an die Bereiche UX- und Software-Technologie mit einbezieht. Im Rahmen dieser „Check“-Phase werden in strukturierten Workshops verschiedene Aspekte des Systems beleuchtet, beginnend mit Anforderungen, über bestehende Software-Architekturen bis hin zu den Anwendern und deren Aufgaben.

Nach den Workshops schließt sich eine Analysephase an, in der neben technischen Anforderungen die Frage der Nutzer geklärt wird: wo und wie arbeiten sie, was sind die konkreten Auf-

gaben und Ziele ihrer Tätigkeit, welche Skills sind vorhanden, aber auch Sprache, kulturelle Voraussetzungen oder bestehende Probleme sind Aspekte dieser Analyse. Was in klassischen Anforderungskatalogen nur schwer abzubilden ist, sind die alltäglichen Workflows der Anwender – gerade diese benötigen eine genaue Analyse, um eine intuitive Bedienbarkeit zu gewährleisten. Ebenso werden die Wünsche der Stakeholder abgefragt, die zum Teil über die eigentliche Anwendung hinausreichen – etwa, sich ein bestimmtes Image im Kundenkreis zu verschaffen. Unter Umständen ist der Kreis der Stakeholder sehr groß, sodass zwischen widerstrebenden Interessen vermittelt werden muss, um ein gemeinsames Ziel zu entwickeln.

## Umsetzungsphase

Danach beginnt die Erstellung der Gestaltlösung, zunächst mit Wireframes und Low-fidelity-Prototypen, um bereits in einer sehr frühen Phase erste Anwendertests etwa mit Klick-Dummys durchführen zu können.

Parallel startet ein Software-Team bereits mit grundlegenden Vorbereitungen, die noch unabhängig sind von der Bedienoberfläche. Industrielle Anlagen werden im Gegensatz zu Consumergeräten über viele Jahre betrieben, deshalb kommt der Auswahl der Technologien und Frameworks eine entscheidende Bedeutung zu, damit die Lösung über viele Jahre wartbar und erweiterbar bleibt. Gerade bei beschränkten Hardwareressourcen können Performance-Probleme bei der Bedienung ansonsten zu schlechter UX führen. Dieser Umstand muss bei der Erstellung der Software-Architektur von Beginn an berücksichtigt werden, da sonst enormer Mehraufwand bei der Nachbearbeitung entsteht.

Im Verlauf des iterativen Entwicklungsprozesses werden zunächst die großen Linien festgelegt, dann immer mehr Details und Spezialfälle hinzugefügt, bis das Gesamtkonzept mit allen festgelegten Anforderungen steht, das von den Software-Entwicklern zügig umgesetzt werden kann. Bleibt es den Programmierern überlassen, ein Bedienkonzept zu entwickeln, verlängert sich nicht nur die Projektzeit – im schlimmsten Fall geht die finale Lösung an den Anforderungen der Nutzer vorbei. Ein Beispiel: Die Software-Entwickler nahmen im Rahmen eines Projektes an einer Anwenderschulung teil. Sie sollten eine neue Bedienoberfläche für ein Messgerät erstellen und machten sich zunächst mit der bisherigen Software vertraut. Dabei zeigte sich das Problem: Die Programmierer kamen zwar mit der bisherigen Benutzeroberfläche sehr gut klar. Die eigentlichen Anwender, ausgebildete Elektriker, konnten die Geräte dagegen nicht fehlerfrei bedienen.

## Best Practices kultiviert

Bei der Entwicklung individueller Lösungen und innovativer Konzepte können Software-Entwickler, UX- und UI-Designer grundsätzlich auf langjährige Erfahrungen zurückgreifen. Die breite Branchenkompetenz ermöglicht es, Best Practices, innovative Ideen und Konzepte in andere Industriezweige zu übertragen und dort zu neuartigen Lösungen zu finden.

Wenn das Ergebnis der Lösung steht und alle Kundenwünsche vollends erfüllt sind, dann vergisst der ein oder andere Auftraggeber doch wieder, in wie vielen einzelnen Schritten dieses Ziel erreicht worden ist. Der eine oder andere Produktentwickler kommt dann ins Nachdenken und fragt sich, ob „Form follows function“ nicht vielleicht doch den Naturgesetzen folgt. □

# Kingbright

Kingbright Electronic Europe GmbH

■ Quality ■ Efficiency ■ Innovation ■ First-class service

## KINGBRIGHT'S POPULÄRSTE THROUGH-HOLE UND SMD-LEDS IN 525NM GRÜN

### Eigenschaften:

**Dominante Wellenlänge:** 525 nm

**Vorwärtsspannung:** typ. 3,3V – max. 4,1V

**Lichtstärke nach CIE 127-2007:**

- typ. 14.000 mcd für 3mm LEDs
- typ. 26.000 mcd für 5mm LEDs
- typ. 3.300 mcd für 1206 Dome-lens SMD-LEDs
- typ. 550 mcd für 0603 und 0805 SMD-LEDs



ZETag - Hohe Leistung, niedriger Stromverbrauch  
und geringe Abmessungen

# ZETA-LPWAN-Standard kommt

Der ZETA-LPWAN-Standard ermöglicht Langstreckenkommunikation mit niedrigem Stromverbrauch für IoT-Anwendungen. Mit dem Multi-Hop-Kommunikationsformat ist es möglich, auch in kritischen Umgebungen, wo Funkwellen im Vergleich zu anderen Standards schwer zu erreichen sind, eine sichere und zuverlässige Kommunikationsinfrastruktur aufzubauen.

TEXT: Socionext BILD: iStock, Olegsnow

Mit ZETA macht sich in Europa ein neuer LPWA-basierter (Low Power Wide Area) Kommunikationsstandard auf den Weg, den IoT-Markt zu revolutionieren. Die in Japan, China und Südostasien bereits etablierte Technologie ist durch sein briefmarkengroßes Device, dem sogenannten ZETag, populär geworden. Dieser erweitert die IoT-Anwendungsfälle in Bereichen wie zum Beispiel der Maschinenüberwachung, der Gebäudeautomation oder der Logistik zum Beispiel das Tracken kleiner Objekte und darüber hinaus.

ZETA-LPWA ermöglicht eine Kommunikation über große Entfernungen bei geringem Stromverbrauch. Zudem erlaubt das Multi-Hop-Kommunikationsformat den Aufbau einer Mesh-fähigen Mehrkanal-Kommunikationsinfrastruktur auch in kritischen Umgebungen wie Gebirgsregionen und in Industrieinnerräumen, wo Funkwellen schwieriger zu verarbeiten sind und andere Standards wie LoRa, Sigfox oder NB-IoT schnell an ihre Grenzen stoßen.

Die ZETA-Netzarchitektur lässt gegenüber vergleichbaren Technologien deutlich preiswerter aufbauen und besteht aus drahtlosen Terminals, die mit den Sensoren verbunden sind, einem Mesh-Zugangsnetz, das sich durch ZETA-Repeater selbst organisiert und weiteren Zugangspunkten für standortübergreifende Verbindungen. Ein zentraler ZETA-Server übernimmt die Systemsteuerung, Verbindungsüberwachung und die gesamte Geräteverwaltung.

Aktuell haben sich die drei bekannten Technologieunternehmen Socionext, ZifiSense und Techsior aus der mehr als

300 mitgliederstarken ZETA-Alliance zusammengeschlossen und gemeinsam ein neues ZETag-Device, das auch als Cloud Tag bezeichnet wird, entwickelt.

Der ZETag baut auf der ZETA-G-Kommunikationstechnologie von ZETA LPWA und unterstützt im innovativen Chipdesign (SC1330) von Socionext eine Signalverarbeitungseinheit, die nach der "Advanced M-FSK"-Modulationsmethode der nächsten Generation im 400 bis 950 MHz Frequenzband bei einer Kanalbandbreite von 2,0 kHz von arbeitet. Zudem enthält das System zusätzliche Schaltkreise einschließlich einer 32-Bit-RISC-V CPU und verschiedene Schnittstellen, die alle in einem einzigen Chip untergebracht sind, um eine geringe Größe und hohe Funktionalität zu erreichen. Die Funkleistung des ZETag lässt sich von 100 Bit/s bis 250 KBit/s skalieren.

Mit seiner verbesserten Fehlertoleranz und der hohen Effizienz bei der Nutzung der Funkwellen kann ZETag bei gleicher Empfangsempfindlichkeit (-140 dBm) eine circa dreimal höhere Kommunikationsgeschwindigkeit als typische LPWAN-Methoden erreichen. Bei gleicher Kommunikationsgeschwindigkeit verbessert sich die Empfangsempfindlichkeit um bis zu 5,3 dBm. Zusätzlich ermöglicht das System eine sichere Kommunikation über eine Entfernung von 3 bis bis 5 km mit einem Objekt, das sich mit 120 km/h bewegt.

Socionext wird die Entwicklung von ZETA-Chips konsequent fortsetzen und entwickelt derzeit Chips der nächsten Generation, die dann auch eine zuverlässige Zwei-Wege-Kommunikation per ZETA-Standard unterstützen. □

Interview mit Yvon Rannou von Socionext

# ZETA LPWAN revolutioniert das IoT

Immer mehr Unternehmen setzen auf die Vernetzung ihrer IoT-Geräte - von kleinen Sensoren bis hin zu komplexen Industriemaschinen. Herkömmliche Funkstandards stoßen dabei schnell an ihre Grenzen. Gefragt sind daher neue Funktechnologien wie ZETA LPWAN (Low-Power Wide-Area Network), die auf Basis von Advanced M-FSK arbeiten und eine schnelle und sichere Datenkommunikation über große Entfernungen ermöglichen.

DAS INTERVIEW FÜHRTE: Bernhard Haluschak, E&E BILDER: Socionext



***Socionext hat den Next Generation ZETA-LPWAN-Kommunikationsstandard in Zusammenarbeit mit ZifiSense und Techstor entwickelt. Wie kam es zu dieser Zusammenarbeit?***

Ursprünglich wurde der ZETA-LPWAN-Kommunikationsstandard von ZifiSense definiert und entwickelt. Der ZETA-Standard unterstützt heute drei Protokolle: ZETA-G, ZETA-S und ZETA-P, die verschiedene Kommunikationsanwendungen adressieren. Socionext hat mit ZifiSense und Techstor bei der Spezifikation neuer SoCs (System on Chips) zur Unterstützung des ZETA-Standards zusammengearbeitet. Das Ziel des Unternehmens ist es, spezielle SoC-Lösungen für den ZETA-Tag-Markt zu entwickeln und anzubieten. ZETA-Tag ist ein IoT-Tag-Produkt, das das ZETA-G-Protokoll, eine Untermenge des ZETA-Standards, verwendet. Das ZETA-Tag-System zeichnet sich besonders durch niedrige Kosten, geringen Stromverbrauch und eine sichere Kommunikation über lange Strecken aus. Manchmal wird ZETA-Tag auch als Cloud Tag bezeichnet und ist typischerweise ein sehr einfaches Produkt für Cloud-Konnektivität. Während dieser ersten Entwicklungsphase arbeiteten die drei Unternehmen eng zusammen, um

den Standard zu überarbeiten und die Leistung von ZETA LPWAN zu verbessern sowie die Vision von weltweiten LPWAN 2.0 zu unterstützen.

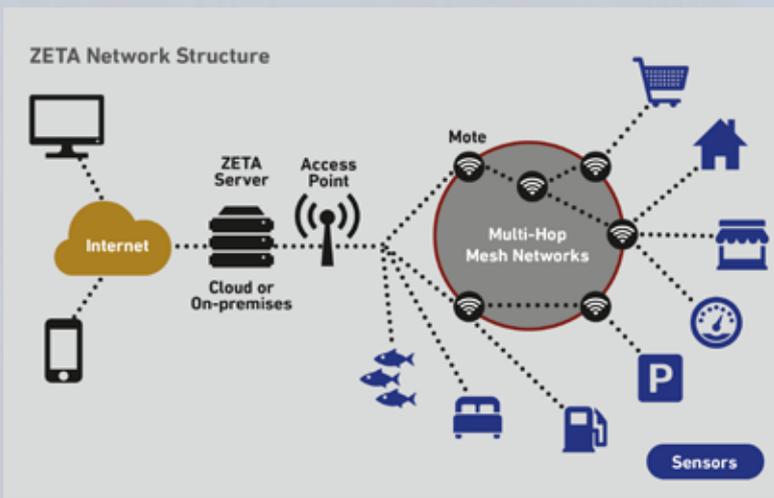
***Können Sie kurz die technologischen Grundlagen der ZETA-Technologie erläutern?***

Wie bereits erwähnt, wurde die ZETA-Technologie von ZifiSense spezifiziert und ist Teil des globalen LPWAN-Standards (Low Power Wide Area Network), der für IoT-Anwendungen geeignet ist. Der ZETA-Standard nutzt ISM-Bänder im Sub-GHz-Bereich, die auch als unlizenzierte Bänder bezeichnet werden, und setzt mehrere Ultra-Narrow-Band-Kanäle (UNB) ein, um eine breite Gebietsabdeckung und eine tiefe Signalpenetration zu gewährleisten. ZETA bietet bidirektionale Kommunikation, hohe Empfangsempfindlichkeit und eine Multi-Hop-Topologie mit geringem Stromverbrauch. Dies schafft Vorteile gegenüber anderen LPWAN-Standards, bei denen die Ausbreitung der Funkwellen unter bestimmten Bedingungen gestört wird. Der ZETA-Standard ist auch das erste Kommunikationsprotokoll, das eng mit Edge Computing gekoppelt ist. So kann ein Sensor mit ZETA-Protokoll zu einem

"intelligenten LPWAN-Frontend" ausgerüstet werden, und dieser Sensor ist dann in der Lage, unterschiedliche lokale Daten sofort zu verarbeiten, um die Latenzzeit zu reduzieren und die Netzwerkbandbreite zu optimieren.

***ZETA-LPWAN basiert auf der "Advanced M-FSK Modulation". Können Sie diese Modulationstechnologie (auch im Vergleich zu 2-FSK) näher erläutern?***

Sicher, der neueste ZETA-Standard profitiert von Multi-Frequency Shift Keying, Advanced M-FSK-Modulation genannt, und bietet viele Vorteile im Vergleich zum herkömmlichen ZETA-Standard, der auf 2-FSK-Modulation basiert. Eine 2-FSK-Modulation wandelt nur ein Bit auf einmal um, eine 4-FSK (M=4) wandelt zwei Bits auf einmal um, eine 8-FSK (M=8) liefert drei Bits auf einmal und so weiter. Diese Modulationstechnik erhöht die Datenrate und ermöglicht die Datenkommunikation mit einer höheren Bitrate bei besserer Skalierbarkeit. Die "Advanced M-FSK-Modulationsmethode" verwendet eine mehrstufige Modulation wie z. B. 64-FSK und verbessert auf diese Art die Kommunikationsgeschwindigkeit. So erreicht die Advanced M-FSK eine bis zu 20-mal



Die ZETA-Infrastruktur im Überblick.

schnellere Übertragungsrate, verbessert die Rauschempfindlichkeit um 10 dB und ermöglicht eine störssichere Kommunikation mit mobilen Objekten. Auf diese Weise können wir Objektbewegungen bis zu einer Geschwindigkeit von 120 km pro Stunde in einer Entfernung von 3 bis 5 km verfolgen. Und schließlich ist die Advanced M-FSK auch rückwärtskompatibel zu bestehenden ZETA-Geräten, die die 2-FSK-Modulation unterstützen.

#### **Wie unterscheidet sich die ZETA-Technologie von vergleichbaren LPWAN Standards wie LoRaWAN, Sigfox oder Narrowband IoT?**

Innerhalb des LPWAN-Standards gibt es zwei Gruppen: das lizenzierte Spektrum mit NB-IoT und das unlizenzierte Spektrum mit LoRa, Sigfox und ZETA, die freie Frequenzbänder nutzen und für die keine Lizenzgebühren erhoben werden. LoRa und NB-IoT sind inzwischen gut etablierte LPWAN-Technologien. ZETA ist aber auf dem Vormarsch und in einigen asiatischen Ländern wie China sehr beliebt. Alle LPWAN-Standards sind auf einen geringen Stromverbrauch ausgelegt, allerdings ist ZETA im Hinblick auf den Energieverbrauch am besten optimiert. Wenn wir einen Blick in das unlizenzierte Spektrum werfen, ermöglichen LoRa und ZETA eine bidirektionale Kommunikation. Sie haben zudem im Vergleich zu Sigfox die größte Bandbreite mit einer ho-

hen Datenrate. Ein weiterer wesentlicher Unterschied ist die Netzwerkinfrastruktur: Die LoRa- und ZETA-Technologie kann über ein privates Netz oder einen öffentlichen Netzbetreiber eingesetzt werden, je nach Länderabdeckung. Sigfox hingegen ist nur von der Abdeckung durch ein öffentliches Netz abhängig, wofür Abonnementgebühren anfallen. Schließlich ist ZETA auch das erste LPWAN, das ein verteiltes Mesh-Netzwerk mit erweiterter M-FSK-Modulation im Ultra-Narrow-Band (UNB) unterstützt und Mehrkanal-Kommunikation ermöglicht. In Bezug auf den Empfang bietet ZETA mit einer Verbesserung von 5 dB gegenüber LoRa die höchste Empfindlichkeit.

#### **Was sind die wichtigsten technologischen Vorteile der neuen ZETa-Tag-Funktechnologie in Bezug auf Geschwindigkeit, Reichweite, Sicherheit oder Energieverbrauch?**

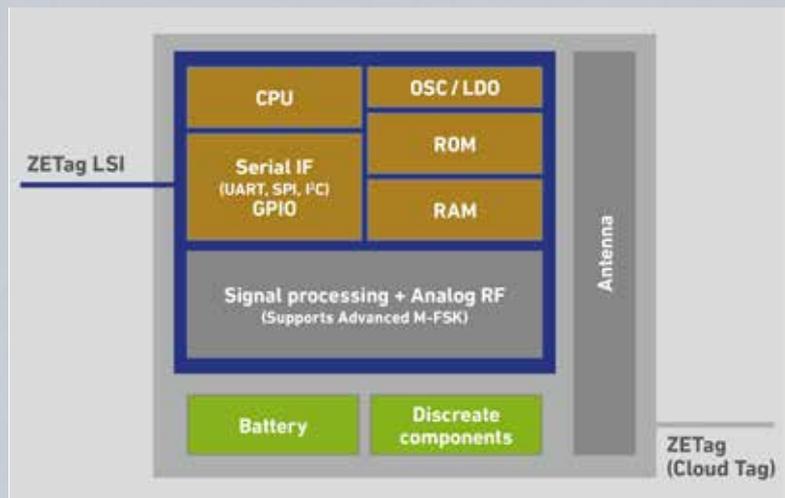
Lassen Sie uns zunächst einige wichtige technologische Vorteile von ZETa-Tag erörtern: ZETa-Tag bietet eine hohe Reichweite von bis zu 3 km und einen Stromverbrauch im Mikroamperebereich, was eine lange Lebensdauer von bis zu 5 Jahren ermöglicht. Mit einem Kostenaufwand von 1/3 bis 1/10 einer ähnlichen Technologie kann ZETa-Tag als Ultra-Low-Cost-Technologie bezeichnet werden. Sie bietet eine hohe Übertragungskapazität, bis zu 60-mal mehr als vergleichbare Technologien, und ermöglicht eine störungsfreie Kom-

munikation bei einer Geschwindigkeit von bis zu 120 km pro Stunde in einem Umkreis von 3 bis 5 km bei sich bewegenden Objekten.

#### **Für welche industriellen und nicht-industriellen Anwendungen ist die "Next Generation ZETA-LPWAN-Technologie" besonders gut geeignet?**

LPWAN-Technologien werden bereits weltweit eingesetzt und haben ein gutes Potenzial für eine Vielzahl von Anwendungen im Internet der Dinge (IoT) und Machine-to-Machine (M2M) gezeigt, insbesondere in problematischen Umgebungen in Bezug auf Funkkommunikation. Insgesamt ist die ZETA-Technologie für ein breites Spektrum intelligenter Anwendungen geeignet, darunter Umweltüberwachung, intelligente Gebäude, intelligente Städte, Industrieautomatisierung und intelligente Fertigung und Medizin sowie intelligente Landwirtschaft und so weiter. Und nun zu ZETa-Tag. ZETa-Tag widmet sich den IoT-Tag-Produkten, die die ZETA-Technologie nutzen, und unterstützt viele Anwendungen im Bereich von: Asset Management zur Optimierung der Nutzung von Paletten, Kisten, intelligenten Containern. Schutz und Verfolgung zur Sicherstellung der Echtzeitverfolgung und Überwachung des Status von Waren während des Transports, z. B. in der Kühlkette. Und der letzte Punkt ist die Logistik, um die rechtzeitige Überwachung von Waren zu

Die Funktionsbausteine eines ZETA-basierten SoC ZETag.



gewährleisten und die Transporteffizienz zu verbessern.

**Die ZETA Alliance besteht heute aus mehr als 300 Unternehmen weltweit, die gemeinsam den Einsatz und die Nutzung von ZETA fördern. In Asien hat sich die ZETA-Technologie bereits durchgesetzt. Was erwarten Sie für Europa?**

Die ZETA Alliance ist eine globale Allianz, die den ZETA-LPWAN-Standard für eine breite Palette von IoT-Lösungen auf der Grundlage der Advanced M-FSK-Modulationstechnologie fördern will. Europa ist die vierte Region, die nach China, Japan und Südostasien gegründet wurde. Im Moment sind ZifiSense und das ZETA-Protokoll in Europa noch wenig bekannt, aber die neue ZETA-Alliance Europe wird von den erfolgreichen Implementierungen in China profitieren, insbesondere in den Bereichen intelligente Logistik und Asset Tracking und sich schnell etablieren. Anfang 2021 war die ZifiSense-Partnerschaft mit Sensing Labs in Frankreich ein erster Schritt zur Einführung der ZETA-Alliance in ganz Europa. IoT-Akteure, Siliziumhersteller und Distributoren sind nun eingeladen, sich der technologischen und kommerziellen Zusammenarbeit der derzeit 300 Mitglieder in der Allianz anzuschließen, um das neue Modell von LPWA 2.0 - Pervasive IoT - erfolgreich einzusetzen. Sensing Labs in Frankreich hat bereits begonnen, anwenderspezifische Lösungen

auf der Basis von ZETA und ZETag zu entwickeln und zu vertreiben. Socionext wird der ZETA-Alliance Europe ebenfalls beitreten, um an dieser Dynamik teilzuhaben beziehungsweise diese voranzutreiben.

**Welche Produkte bietet beziehungsweise entwickelt Socionext derzeit nach dem neuen ZETA-Standard?**

Socionext entwickelt aktuell neue Produkte für ZETag, das ist eine neue Generation von Cloud-Tags, die das ZETA-Kommunikationsprotokoll nutzen. Das erste Produkt ist der SC1330-Baustein, der eine Signalverarbeitungseinheit enthält, die "Advanced M-FSK"-Modulation unterstützt. Außerdem verfügt der Chip über einen RISC-V 32 bit CPU-Kern und eingebettete Speicher inklusive zahlreiche Schnittstellen. Dieses neue Produkt bietet eine hohe Integration, passt in ein QFN24-Gehäuse (4 x 4 mm) und unterstützt Einwegkommunikation (Up-Link). Außerdem wird durch die Verringerung der Größe und die Anzahl der für Tag-Produkte benötigten Komponenten dazu beitragen, die Stücklistenkosten zu senken und die Qualität und Zuverlässigkeit zu verbessern. Socionext hat den SC1330 -Chip im Oktober 2021 angekündigt und plant den Beginn der Serienproduktion für Mitte 2022.

**Wie unterstützen Sie Kunden, die die neue ZETA-Technologie in ihr Unternehmen integrieren wollen?**

Um die Evaluierung und das Design des neuen ZETag SoC SC1330 zu erleichtern, bereitet Socionext ein Ökosystem mit Evaluierungsboards, Referenzdesigns und ZETag-Protokoll-Firmware für die Kunden vor. Für spezielle Anforderungen wie dedizierte ZETag-Module oder ZETag-Firmware-Updates arbeiten wir mit Partnern zusammen, um unsere Supportkapazitäten und das ZETA-Ökosystem ständig zu erweitern.

**Was sind die weiteren Pläne und Ziele von Socionext in Bezug auf die ZETA-Technologie?**

Socionext hat langjährige Erfahrung in der Unterstützung verschiedener drahtloser Kommunikationsstandards, die auf RF-CMOS-Technologien basieren, um eine große Bandbreite von Anwendungen wie Radarsensoren, SubGig-Kommunikation, Satelliten, Rundfunk oder RF-Medizin zu adressieren. Wir sehen bei der IoT-Kommunikation mit LPWAN großes Potenzial und wir werden unser Angebot diesbezüglich ständig erweitern, um das ZETA-Protokoll auf verschiedene Weise zu unterstützen, etwa mit SoCs der nächsten Generation mit bidirektionaler Kommunikation für verschiedene ZETA-Produktreihen einschließlich Advanced M-FSK-Modulation. Zudem sind wir in der Lage, auch diverse LPWAN-Hybrid-SoCs und kundenspezifische SoC-Bausteine mit ZETA-Protokoll zu entwickeln. □



E-MOBILITY

# Renaissance der Folienkondensatoren

Mit den hohen Strömen bei hohen Spannungslevels in Elektro- und Hybrid-Fahrzeugen erleben Folienkondensatoren aktuell eine Renaissance. Kundenspezifische Formen nutzen den gegebenen Platz effizient, neuere Generationen zeigen sich zudem besonders robust.

**TEXT:** Marcel Fritz und Christian Kasper, Rutronik **BILDER:** Rutronik; iStock, berya113

Die Vishay FRI-Caps (F340) halten als THB-Typ Grade III B, für 1.000 Stunden 85 °C und 85 Prozent relativer Luftfeuchtigkeit stand.



Folienkondensatoren basieren auf einer der ältesten und damit bewährtesten Kondensatorstechnologien. Da sie aber schwerer und größer sind als andere Kondensator-Typen, kamen sie für Automotive-Anwendungen lange Zeit nicht in Frage. Folienkondensatoren in elektronischen Schaltungen zeichnen sich durch eine Vielzahl technischer Vorzüge aus.

Neben geringen Verlustfaktoren und der Tatsache, dass sie sich sowohl für den Betrieb an Wechselspannung als auch an Gleichspannung eignen, erlauben Folienkondensatoren zudem bei einem hohen

Spannungslevel höchste Ströme und bieten gleichzeitig eine frequenzstabile Kapazität. Spannungen zwischen 50 V und 2.500 V, wie sie in aktuellen Automodellen vorkommen, lassen sich mit Standard-Folienkondensatoren realisieren. Die Erfüllung der Automotive-Norm AEC-Q200 zählt längst zum Repertoire der Hersteller.

Zudem erfüllen Folienkondensatoren die im Automotive-Bereich extrem hohen Anforderungen an Lebensdauer und Performance: Ihre Lebensdauer wird bei bestimmungsgemäßer Nutzung lediglich durch die Materialalterung begrenzt. Da-

rauf haben unter anderem die Temperatur und die Luftfeuchtigkeit den größten Einfluss, aber auch der Strom und die dadurch bedingte Eigenerwärmung. Deshalb zielen neueste Weiterentwicklungen darauf, die Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsstabilität der Bauteile zu verbessern. Ein weiterer Fokus der Hersteller liegt darauf, das CV- (Capacity/Voltage) Verhältnis der Kondensatoren zu optimieren.

### Hitze und Feuchtigkeit trotzen

In Fahrzeugen entsteht Wärme vor allem in der Nähe des Antriebsmotors, aber

**EINFACH KANN JEDER.  
WIR SIND DIE SPEZIALISTEN FÜR  
KOMPLEXE LEITERPLATTEN.**



**IHR SPEZIALIST FÜR:** Prototypen | Kleinserien & Muster | Express-Service | individuelle Fertigung | hohe Flexibilität | 100% Made in Germany

[www.becker-mueller.de](http://www.becker-mueller.de)





DC-Link Kondensatoren bieten eine hohe Volumenkapazität und exzellente Ausheilfähigkeit. Die MKP-4-Modelle von Wima sind AEC-Q2000 qualifiziert.

auch überall dort, wo der Strom, der durch die Bauteile fließt, die Eigenerwärmung forciert. Für den Einsatz in Automotive-Applikationen sind erste Serien jetzt bis 135 °C spezifiziert. Wer Folienkondensatoren einsetzt, sollte jedoch unbedingt das Spannungsderating sowie eine mögliche Einschränkung der Lebensdauer bei diesen hohen Temperaturen beachten .

Hohe Luftfeuchtigkeit während des Betriebs kann die aufgedampfte Metallisierung der Folienkondensatoren angreifen. Wenn der Kunststoffbecher oder die Vergussmasse unzureichend dicht sind, ist es möglich, dass Feuchtigkeit in den Kondensator eindringt. Auch während des Produktionsprozesses kann bereits unerwünschte Luftfeuchtigkeit ins Kondensatorgehäuse eingeschlossen werden.

Zahlreiche Analysen und empirische Untersuchungen haben zu der Erkenntnis geführt, dass in der Praxis das Eindringen unerwünschter Luftfeuchtigkeit den größten Einfluss auf die Lebensdauer eines Folienkondensators ausübt. Diese Tatsache sowie die hohen Lebensdaueranforderungen u.a. im Automotive-Bereich erfordern einen beschleunigten Lebensdauertest.

Ein bereits anerkannter Standard für beschleunigte Lebensdauertests ist der Temperatur-Feuchtigkeits-Bias-Test (THB

- Temperature-Humidity-Biased). Es handelt sich um einen Zuverlässigkeitstest, der darauf abzielt, den Alterungsprozess der Kondensatoren zu beschleunigen und bei dem gemessen wird, ob die Kondensatoren bei einer bestimmten Temperatur, relativen Luftfeuchtigkeit und Nennspannung über eine definierte Zeit hinweg ihre Kapazität, ihren Verlustfaktor und Isolationswiderstand beibehalten. Je nach Teststufe erfüllen sie unterschiedliche klimatische Anforderungen etwa in einem Elektroauto. Bei Grade IIIB, High Robustness unter High Humidity, müssen die Kondensatoren den Test bei 85 °C, 85 Prozent relativer Luftfeuchtigkeit und 1.000 Stunden Betriebsdauer bei angelegter Nennspannung unbeschadet überstehen.

### Individuelle Platzwunder

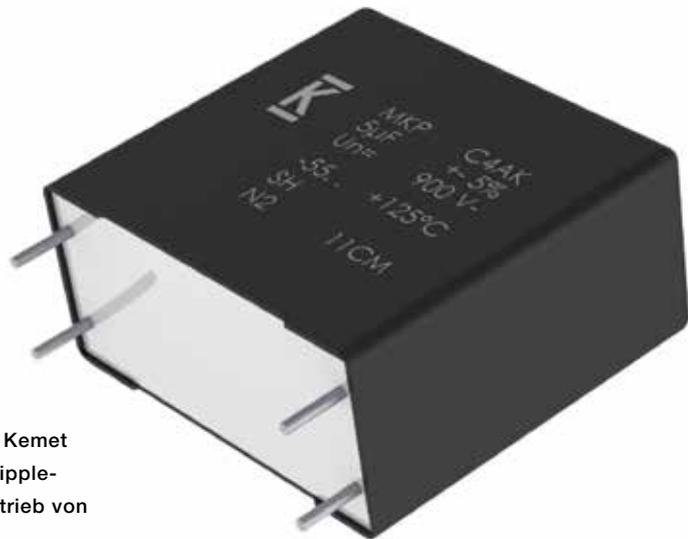
Herausfordernder ist es für die Folienkondensatoren, die Platz- und Gewichtsanforderungen der Automotive-Entwickler zu erfüllen. Denn je mehr Kapazität der Kondensator haben muss, desto mehr Lagen umfasst der Wickel. Gleichzeitig wird der Kondensator mit jeder Lage größer und schwerer. Doch die Hersteller folgen dem Trend zur Miniaturisierung und verkleinern die Bauteile, soweit die Physik es zulässt. Sonderbauformen, meist kundenspezifisch, erlauben zudem die Nutzung selbst kleinster Räume im Fahrzeug.

Obwohl Folienkondensatoren auf einer alten und bewährten Technologie basieren, bedeutet dies nicht, dass hier Stillstand in der Entwicklung herrscht. Herstellern gelingt es immer wieder, die Bauteile noch weiter zu optimieren, neuen Anforderungen anzupassen und innovative Produkte auf dem Markt einzuführen.

### Einsatzorte im Auto ...

Einer der Haupt-Einsatzorte der Folienkondensatoren im Bereich E-Mobility ist im Zwischenkreis des Antriebsmotors. In der entsprechenden Leistungselektronik dienen sie dazu, den Energiefluss im Zwischenkreis anzugleichen. Hier sind insbesondere die DC-Link-Kondensatoren mit ihrer geringen Eigeninduktivität und niedrigem Innenwiderstand (ESR, Equivalent Series Resistance) gefordert. Da die Leistung des Antriebs unter anderem mit der angelegten Spannung steigt, sind auch hohe Spannungswerte ein wichtiges Kriterium für Kondensatoren.

Kundenspezifische Modelle erfüllen dazu Effizienz-Anforderungen beziehungsweise liefern die nötigen Parameter, wie spezielle Anschlüsse (Anschlusslaschen und Busbars), spezifische elektrische Werte sowie Gehäuseformen und -größen. Durch ihre bessere Platzeffizienz kommen im Antrieb meist Blöcke zum



DC-Link Kondensatoren der C4AK-Serie von Kemet bieten eine hohe Kapazitätsdichte und DC-Ripplestromfähigkeiten und sind für einen Dauerbetrieb von bis zu 1.000 Stunden bei 135 °C ausgelegt.

Einsatz, in denen mehrere Folienwickel, meist aus Polypropylen, vergossen sind. Zudem werden DC-Folienkondensatoren als Filter genutzt, um Störungen und Spannungsspitzen im BMS- (Battery-Management-System) Zweig abzdämpfen. Dabei ist neben der Spannungslage darauf zu achten, dass die Kapazität den zu filternden Störungen angepasst ist.

Interessanterweise kommen Folienkondensatoren auch in der Bremssteuerung (ABS/ESP) zum Einsatz. Dabei liegen die Vorteile auf der Hand: Sie liefern über ein ganzes Autoleben hinweg, also für deutlich mehr als zehn Jahre, eine konstante Kapazität und Spannungsfestigkeit. Vor allem SMD-Modelle bieten eine besonders konstante Kapazität und Spannung bei verschiedenen Spannungsniveaus. Darüber hinaus eignen sich Folienkondensatoren auch für Anwendungen im Fahrzeug-Innenraum und der Peripherie. Im Soundsystem dienen sie als NF-Filter oder Frequenzweiche im Lautsprecherzweig. Damit können sie auch im Auto die Vorteile ausspielen, wegen derer sie sich im High-End Hi-Fi-Segment längst etabliert haben.

### ... und ums Auto herum

Doch nicht nur im E-Auto selbst, sondern auch in den unterschiedlichen La-

desäulen (E-Charger) gibt es zahlreiche Einsatzorte für Folienkondensatoren. Auf der Netzeingangsseite sorgen RFI-Typen wie X- bzw. Y-klassifizierte Bauteile dafür, dass die EMV-Bestimmungen eingehalten werden. Gleichzeitig schützen sie vor netzseitigen Störungen. Da sich die Ladesäulen typischerweise im Freien befinden, sind die THB-Typen der X- und Y-Kondensatoren zu empfehlen. In einigen Fällen ist das Ladegerät auch im Fahrzeug integriert (On Board Charger, OBC), um das Laden an der „heimischen Steckdose“ zu ermöglichen. Hierfür kommen ebenfalls RFI-Typen zum Einsatz.

Im weitesten Sinne sind Ladesäulen eine Art Inverter, so dass sich auch hier im Netzeingang AC-Kondensatoren finden. Den Hautbestandteil machen jedoch DC-Link-Kondensatoren aus. Aber auch Snubber-Kondensatoren, die zum Abdämpfen unerwünschter Spannungsspitzen dienen, sind fester Bestandteil einer Ladesäule.

### Fazit

Nachdem Folienkondensatoren bis vor kurzem eher selten im Auto zu finden waren, ist es umso spannender zu beobachten, welche Vielzahl an Anwendungsgebieten diese Technologie nun bietet. Aufgrund der hohen Spannungsfestigkeit und ihrer stabilen elektrischen Eigenschaften

bilden sie einen unverzichtbaren Baustein im aktuellen Wandel hin zur Elektromobilität. Daher lohnt es sich für jeden Entwickler, die Technologie näher anzuschauen und deren Vorteile für die eigenen Projekte zu nutzen. □

**wts** // electronic components GmbH

*Your Powerful* **Distribution-Partner**

**wts // electronic** – Ihr Partner für leistungsstarke passive Bauelemente von WIMA®

**Rufen Sie uns an!**

Tel.: +49 (0) 5130/5845-0  
 Fax: +49 (0) 5130/37 50 55  
 info@wts-electronic.de  
 www.wts-electronic.de



Interview mit Mark Burr-Lonnon von Mouser

## „Quo Vadis Distribution 2022?“

Die Elektronikbranche hat einige turbulente Jahre hinter sich und auch die Zukunft verspricht, nicht minder spannend zu werden. Der Distributor Mouser gibt im ausführlichen Interview einen detaillierten Einblick in die Vergangenheit, Gegenwart und liefert erste Einschätzungen für die Zukunft.

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

**Covid-19 hat in den meisten Firmen auf der ganzen Welt dauerhafte Auswirkungen gehabt. Wie wirkt sich Covid im Jahr 2022 noch auf Ihr Unternehmen aus?**

Unser Geschäft hat sich wie bei vielen anderen durch die Pandemie dauerhaft verändert. Sie wirkt sich weiterhin sowohl auf unser internes als auch auf unser externes Geschäft aus. Die Änderungen an unseren internen Geschäftsabläufen sind nach wie vor in Kraft - wir bieten unseren Büromitarbeitern weiterhin hybride Arbeitsmodelle an, die ihnen die Flexibilität geben, je nach Bedarf von zu Hause oder vom Büro aus zu arbeiten. Extern sehen wir, dass gerade Ingenieure in großer Zahl ins Büro zurückkehren, um Aufgaben zu erledigen, die sie zu Hause einfach nicht erledigen können. Zum Glück für Mouser, denn wir haben unser Geschäft so gestaltet, dass die Kunden unabhängig von ihrem Standort mit uns in Kontakt treten können, und zudem erweitern wir ständig unser riesiges, online verfügbares Produktportfolio. Infolgedessen wurden unsere Geschäftseinnahmen durch die Pandemie nicht negativ beeinträchtigt. Stattdessen verzeichneten wir im Jahr 2021 einen Umsatzsprung, wobei die meisten Regionen ein deutliches Wachstum verzeichneten. Dieser Anstieg steht jedoch nicht nur in direktem Zusammenhang mit der Pandemie, sondern ist auch ein Zeichen für die Innovationskraft, die in der gesamten Elektronikbranche zu spüren ist. Darüber hinaus hat die Verknappung von Bauteilen dazu geführt, dass mehr neue Kunden zu Mouser gekommen sind, und wir freuen uns, dass wir mit unserem umfangreichen Produktportfolio dazu beitragen können, neue Kunden zu beliefern, die in den letzten 12 Monaten Schwierigkeiten hatten, bestimmte Produkte zu erhalten.

**Wie hat sich der Brexit 2021 auf Ihr Geschäft ausgewirkt?**

Der Brexit hat uns gezwungen, die Logistik für die Produkte, die wir aus den USA importieren, zu ändern. Früher lief alles über den Flughafen Paris-Charles de Gaulle und wurde von dort aus in alle europäischen Länder weiterverteilt. Jetzt nutzen wir auch den Flughafen Stansted für Produkte, die für den britischen Markt bestimmt sind. Trotz einiger anfänglicher Probleme unmittelbar nach dem Brexit läuft jetzt alles wieder reibungslos.

**Was sind die Herausforderungen für die Distribution in 2022?**

Die Verfügbarkeit von Lagerbeständen aufgrund anhaltender globaler Probleme stellt für die Distribution weiterhin eine Herausforderung dar. Die Aufrechterhaltung der Lagerbestände auf einem Niveau, das ausreicht, um die anhaltende >

# „Der fortschreitende Übergang zu Elektrofahrzeugen treibt die Innovationen auf dem Automobilmarkt voran.“

- > Nachfrage zu befriedigen, ist schwierig, insbesondere angesichts der von einigen Herstellern angegebenen Vorlaufzeiten von 50 Wochen (und mehr). Die Anpassung der Lagerbestände an die prognostizierte Kundennachfrage ist ein ständiger und schwieriger Balanceakt. Auch die Preiserhöhungen der Lieferanten stellen eine enorme Herausforderung für unser Geschäft dar. Die Hersteller geben die Preissteigerungen bei den Rohstoffen und beim Transport der Waren, die sie erleben, gleich weiter. Wir gehen jedoch davon aus, dass sich die Preise in dem Maße stabilisieren werden, in dem das Angebot die Nachfrage bei allen Komponentenarten einholt.

## Wie würden Sie den Elektronikmarkt 2021 im Vergleich zu 2020 zusammenfassen?

2020 war ein sehr arbeitsreiches Jahr, in dem unsere weltweiten Umsätze um mehr als 8 Prozent gestiegen sind und wir in allen Industriesegmente ein Wachstum verzeichnen konnten. Im Jahr 2021 boomte das Geschäft jedoch regelrecht, wobei wir in einigen der größeren Länder Zuwächse zwischen 44 und 91 Prozent im Vergleich zu 2020 verzeichnen konnten. Der Begriff „Beispiellos“ wäre eine gute Beschreibung für unsere Gesamtleistung im Jahr 2021. Ich denke, man kann mit Sicherheit sagen, dass den Elektronikhändlern das Jahr 2021 als ein außergewöhnliches Jahr in Erinnerung bleiben wird. Daher bleiben unsere Indikatoren für 2022 positiv.

## Sehen Sie irgendwelche größeren Probleme am Horizont, und haben Sie Pläne für einen möglichen Abschwung?

Erfreulicherweise gibt es keine Anzeichen für einen bevorstehenden Marktabschwung, da viele unserer Lieferanten bis Ende 2022 ausgebucht sind. Wir sehen auch eine starke Nachfrage von Seiten der Kunden bis weit in die Mitte >



**MANCHE VERBINDUNGEN  
HALTEN EINFACH  
MEHR AUS, ALS SIE  
FÜR MÖGLICH HALTEN.**

+ zum Beispiel die JWPf Steckverbindung von JST. [www.mes-electronic.de](http://www.mes-electronic.de)



## „Auf noch nie dagewesenen Ereignisse hat die Elektronikindustrie oft ihre Widerstandsfähigkeit und Stärke bewiesen.“

- > des Jahres 2023 hinein. Wir verfügen über ein breites Produktportfolio, und unser diversifizierter Kundenstamm von über 630.000 Kunden vergibt in der Regel kleine bis mittlere Aufträge. Wir sind der Meinung, dass diese Faktoren dazu beitragen werden, uns abzufedern, wenn der Markt irgendwann in der Zukunft nachlässt.

### Hat das schwierige Geschäftsumfeld im Jahr 2021 neue Chancen für Ihr Unternehmen eröffnet?

In unserem gesamten Kundenstamm beschleunigt sich der Übergang zum E-Business, und wir ernten jetzt die Früchte für unsere Entscheidung, das Online-Geschäftsmodell frühzeitig zu forcieren. Wir sind nicht der einzige Elektronikdistributor mit diesem Geschäftsmodell, aber wir halten ausreichende Mengen an Lagerbeständen und die größte Auswahl an neuen und alten Produkten vor, sodass es für unsere Kunden keine Probleme gibt. Unsere Fähigkeit, Lagerbestände pünktlich und in ausreichenden Mengen bereitzustellen, um Kundenbestellungen zu erfüllen, hat uns auch neue Möglichkeiten eröffnet: Um etwa unsere Online-Kunden tiefgreifend zu informieren und zu unterstützen, haben wir ein umfangreiches technisches Ressourcenzentrum mit Anwendungshinweisen, Blogs, eBooks und technischen Artikeln, die für Einkäufer und Konstrukteure gleichermaßen nützlich sind, geschaffen.

### Wie wird sich Ihrer Meinung nach der Markt in diesem Jahr entwickeln?

Die Industrie ist nach wie vor unser leistungsstärkster Sektor, aber wir sehen in vielen Bereichen ein schnelles Wachstum, das sich unserer Meinung nach auch im nächsten Jahr fortsetzen wird. Der fortschreitende Übergang zu Elektrofahrzeugen treibt die Innovationen der Erstausrüster sowie der Zweit- und Drittanbieter auf dem Automobilmarkt voran. Diese innovativen Technologien werden in zunehmendem Maße auf andere Fahrzeugkonstruktionen, einschließlich landwirtschaftlicher Fahrzeuge und Boote, übertragen. Für das kommende Jahr erwarten wir auch ein Wachstum im Gesundheitswesen, einem Sektor mit geringem Volumen, aber hoher Wertschöpfung, in dem Qualität und Markenreputation an erster Stelle stehen. Wir gehen davon aus, dass sich auch der Trend zur Fernversorgung mit Bauelementen fortsetzen wird.

### Gibt es irgendwelche allgemeinen Beobachtungen, die Sie uns noch auf den Weg geben möchten?

Die jüngsten, noch nie dagewesenen Ereignisse haben den Menschen weltweit viele Schwierigkeiten beschert, aber die Elektronikindustrie hat in dieser Zeit ihre Widerstandsfähigkeit und Stärke bewiesen. Die Fähigkeit unserer Kunden, angesichts dieser Schwierigkeiten kontinuierlich Innovationen vorzutreiben, ist bemerkenswert. Sie entwerfen und entwickeln neue Produkte, Geräte und Systeme, die intelligenter, kleiner und robuster sind. Für all dies werden immer mehr elektronische Komponenten benötigt. Der Elektroniksektor entwickelt sich in einem unglaublich schnellen Tempo und ist derzeit ein sehr inspirierender Bereich. □



**Kontakt**

Heilind Electronics GmbH  
 Pfarrer-Huber-Ring 8  
 83620 Feldkirchen-Westerham, Germany  
 Tel.: +49/8063/8101-100  
 Fax.: +49/8063/8101-222  
 info@heilind.com  
 www.heilind.de



**Gründungsjahr**

1974 gründete Bob Clapp Heilind in Massachusetts, wo sich auch heute noch die Zentrale des Unternehmens befindet.

**Logistikleistung**

Warenwert +150 Mio. EUR

**Verfügbarkeit**

Ab 1 Stück und ohne Mindestbestellmenge.

**Firmenprofil**

Heilind ist einer der weltweit führenden Spezialdistributoren für Steckverbinder und elektromechanische Bauelemente. Mit mehr

**PRODUKTPORTFOLIO**

- Rundsteckverbinder
- Speicherkartensteckverbinder
- I/O Steckverbinder
- Backplane-Steckverbinder
- RF-Steckverbinder
- Koaxial-Steckverbinder
- Mikrowellen-Steckverbinder
- Wire-to-Board/Wire-to-Wire
- Terminal Blocks
- Relais
- Schalter
- Sensoren
- Antennen
- Fastener
- Kennzeichnungsprodukte

als 150 Herstellern, darunter alle führenden Steckverbinder-Hersteller, verfügen wir über ein sehr umfangreiches Produkt-Portfolio. Unsere drei wichtigsten Grundsätze sind: schnelle Verfügbarkeit, technischer Support und ein hoher Servicelevel. Der Erfolg des Unternehmens basiert auf organischem Wachstum und strategischen Akquisitionen, zunächst in den USA, ab dem Jahr 2000 auch international.

Heute hat Heilind über 40 Standorte in Amerika, Asien und Europa. Seit 2015 ist das Unternehmen in Deutschland vertreten, mit Standorten in Feldkirchen-Westerham, Köln und Hannover, sowie mit Lagern in Feldkirchen-Westerham und Rosenheim. Seit 2019 ist Heilind auch mit einem Standort in Krakau, Polen vertreten.

**Dienstleistungsportfolio**

Bei Heilind stehen unsere Kunden im Mittelpunkt unseres Handelns. Neben einem außerordentlichen Service bieten wir auch umfangreichen technischen Support und erweitern unsere Value-Added-Services stetig. Unsere Value-Added-Center bieten eine Reihe von Bauteil-Modifikations- und Montage-Dienstleistungen, einschließlich: Bauteilrüstung (Kitting); Montage von Steckverbindern, Lüftern, Schaltern und Relais; Teilemodifikation und Pin- Extrak-

tion; sowie spezielle Kennzeichnung und Gehäuse. Unsere Kunden genießen die Kompetenz, den Service und die internationale Präsenz eines der weltweit führenden Distributoren für die Industrie und den MIL/Aero-Bereich. Die Zufriedenheit unserer Kunden erreichen wir nicht nur durch effiziente Arbeit.

Wir achten auch insbesondere auf Ihre Wünsche und Anforderungen. Diese Rückmeldungen unserer Kunden sind für uns Ansporn unser Portfolio entsprechend anzupassen und zu erweitern.

**Technischer Support**

Heilind verfügt über eine starke Vertriebsorganisation und technisch versierte Spezialisten mit enger Verbindung zu Kunden und Herstellern. Das bedeutet, dass Kunden Bedürfnisse schnell und effizient erfüllt werden können.

Wir bieten nicht nur eine herausragende Auswahl und eine schnelle Abwicklung bei Bestellungen, sondern auch eine ausgezeichnete sachkundige Unterstützung durch unsere Produktmanager, Vertriebsaußendienst und Vertriebsinnendienst. Der Servicegedanke existiert bei uns nicht nur auf dem Papier, denn wir sind erst dann zufrieden, wenn unsere Kunden es auch sind. □

SO SCHÜTZT EIN SNUBBER-SHUNT SENSIBLE ELEKTRONIKKOMPONENTEN

# Spannungsspitzen dämpfen

Bei schnellen Schaltvorgängen in Leistungselektroniken, wie im Automotive-Bereich, können durch Spannungsspitzen Induktivitäten entstehen, die nachgeschaltete und empfindliche Komponenten im Stromkreis beschädigen oder zerstören können. Um diese Spannungsspitzen zu dämpfen, lässt sich ein sogenannter RC-Snubber-Shunt einsetzen, der die überschüssige Energie nach außen ableitet.

TEXT: Isabellenhütte BILDER: Isabellenhütte; iStock, Sefa kart

Ein RC-Glied besteht aus einem Widerstand (R), und einem Kondensator (C), die in Reihe geschaltet sind. Der Widerstand dient dazu, durch den Kondensator abgeführte Energie in Wärme umzusetzen. Snubber finden Anwendung in Verbindung mit Leistungsrelais, Schützen, Thyristoren/Triacs, IGBTs, MOSFETs oder Bipolartransistoren. Speziell IGBTs, Triacs und MOSFETs werden eingesetzt, um Motoren präzise zu steuern. Um dies zu gewährleisten, sind sehr schnelle Schaltvorgänge der IGBTs und MOSFETs nötig.

## Niederohmiger Snubber-Shunt

Ein von der Isabellenhütte entwickelter Snubber-Shunt, SMT-V, hat mit 17,5 mOhm einen niedrigen Widerstandswert und eine sehr kompakte Bauform im Vergleich zu herkömmlichen Lösungen. Er basiert auf dem bestehenden Strommesswiderstand SMT, der aufgrund sei-

ner großen CU-Schenkel eine sehr gute Wärmeabfuhr aus dem jeweiligen Bauteil ermöglicht und bereits über eine hohe Pulsbelastbarkeit und Langzeitstabilität verfügt. Aufbau und Material wurden beim neuen SMT-V jedoch so angepasst, dass sie dieser Pulsbelastung noch besser standhalten kann. Die Entwicklung entstand aus einer Kundenanfrage heraus, da kein adäquates Standardbauteil mit diesem Widerstandswert am Markt verfügbar war. Die Besonderheit an diesem Snubber-Shunt gegenüber anderen Shunt-Baureihen ist, dass er nicht zur Strommessung eingesetzt wird, sondern hohe Impulsbelastungen abfangen soll.

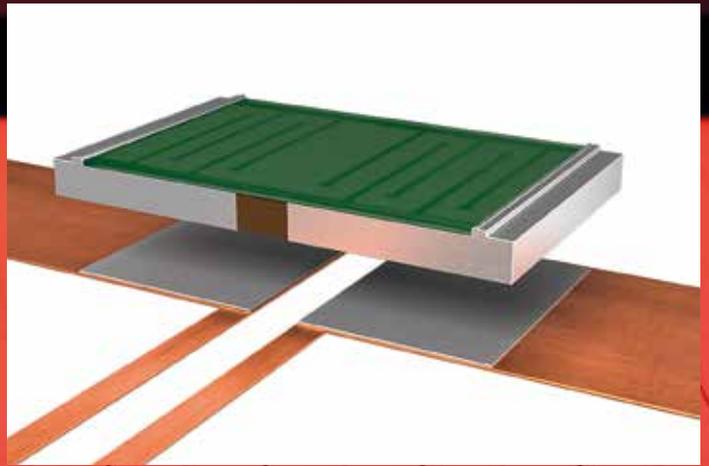
## Optimiertes Foliendesign

Erreicht wird die hohe Pulsbelastbarkeit durch den Einsatz des neuen Widerstandsmaterials Noventin, das einen fast doppelt so hohen spezifischen Wider-

stand wie das bei Strommesswiderständen eingesetzte Manganin aufweist. Der Basisaufbau des Bauteils wurde beibehalten, nur das Foliendesign wurde optimiert und das Widerstandsmaterial entsprechend angepasst. Dadurch sind deutlich höhere Pulsbelastungen und Verlustleistungen am Widerstand möglich. Der Snubber-Shunt ist in der Lage, bei einer Kontaktstellentemperatur von 120 °C und einer Anzahl von 50 Pulsen über Lebensdauer mit entsprechender Gap-Time eine Pulsenergie von 2,5 J bei einer Pulsdauer von 0,1 s zu absorbieren. Dies entspricht einer Verlustleistung pro Puls von 25 W.

## Anwendungsbeispiele

Snubber-Shunts können beispielsweise als Teil einer erweiterten Schutzbeschaltung für die Halbleiter in vielen AC/DC-Convertern von 48V-Mild-Hybridfahrzeugen (MHEV) eingesetzt werden. □



Snubber-Shunt SMT-V mit optimiertem Foliendesign auf Basis des Widerstandsmaterials Noventin



DC/DC-WANDLER FÜR SPANNUNGSEBENEN VON BIS ZU 1500 V

## Sonnige Aussicht für Stromversorgungen

Moderne PV-Parks arbeiten heute mit einer Systemspannung von bis zu 1500 V DC und rücken damit an die Grenze der Mittelspannungsebene vor. Daraus ergeben sich erhöhte Anforderungen an die eingesetzten Komponenten. Aktuelle DC/DC-Wandler werden speziell für diesen Einsatz entwickelt. Sie erfüllen die entsprechende Norm EN 62109 für den Einsatz im Spannungsbereich bis 1500 V DC und sollen für den sicheren Betrieb der Anlage sorgen.

TEXT: Tobias Lüke und Johanna Westermeier, Phoenix Contact BILDER: Phoenix Contact; iStock, claudia\_balasoiu

TRIO DC/DC-Wandler mit 1500 V DC  
eignen sich ideal für den Einsatz in  
Photovoltaikanlagen.



Knappe Energieressourcen und der stetig voranschreitende Klimawandel erfordern ein Umdenken in der Energieversorgung. 195 Staaten haben sich bereits dem Klimaschutz verpflichtet, und Deutschland hat sich zum Ziel gesetzt, bis 2050 eine nahezu CO<sub>2</sub>-freie Stromversorgung zu erreichen. Zukünftig könnte die Energieversorgung der Erde aus Photovoltaik, Windenergie, Bioenergie und anderen regenerativen Trägern realisiert werden. Die Photovoltaik ist dabei neben der Windenergie eine der Haupttechnologien, um diesen Umschwung zu erreichen.

### Effiziente Anlagen und geringe Kosten

Um Photovoltaikanlagen nachhaltig und effizient aufbauen und betreiben zu können, besteht die Notwendigkeit die Stromerzeugungskosten solcher Systeme zunehmend kostengünstiger zu gestalten. Waren die Energieerzeugungskosten von Photovoltaikanlagen im Vergleich zur klassischen elektrischen Ener-

gieerzeugung zum Beispiel durch Öl und Gas zu Beginn um ein Vielfaches höher, so konnte durch technologische Innovationen die Lücke immer weiter geschlossen werden. Moderne PV-Parks arbeiten heute mit einer Systemspannung von 1500 V DC und somit der 1,5-fachen Systemspannung früherer Systeme. Hierdurch ergeben sich erhebliche technische Vorteile: Der wohl wichtigste ist neben der Reduzierung der Ohmschen Leitungsverluste die Möglichkeit, dass durch die hohen Spannungen mehrere PV Module pro PV-String eingesetzt werden können.

### DC/DC-Wandler für sicheren Anlagenbetrieb

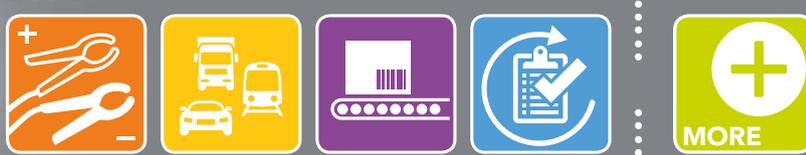
Durch die Verwendung von 1500 V DC Systemen rückt die Solarindustrie an die Grenze der Mittelspannungsebene vor. Daraus ergeben sich auch erhöhte Anforderungen an die eingesetzten Komponenten. Zu nennen ist hier beispielsweise die Teilentladungsfestigkeit, da durch Teilentladungen innerhalb des Systems



**DEUTRONIC**   
EDWANZ group

### Power

Electronics for



Charging Technology

Transportation

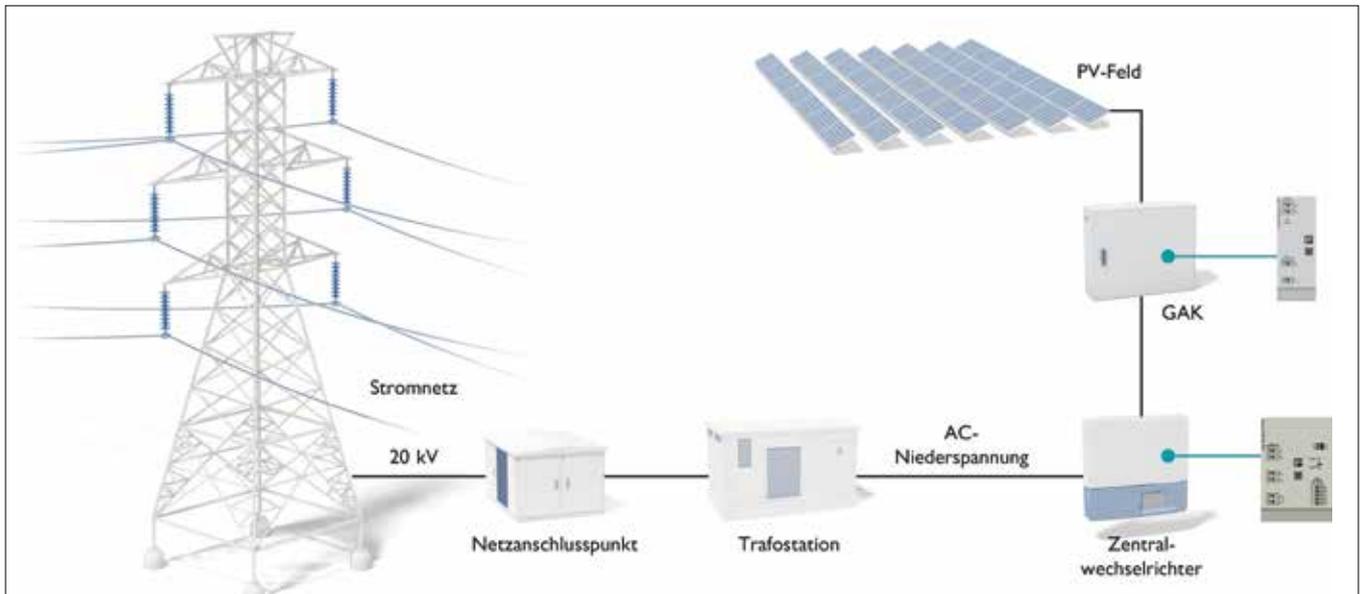
Logistics

Test & Automation

+ MORE

### HV-DC/DC Wandler für Ihre Applikation

- ✓ bis 900V HV-Systeme
- ✓ Kontaktkühlung
- ✓ bis 3kW
- ✓ für 12V/24V/48V-Bordnetze



Typische Applikation für den Einsatz der TRIO DC/DC Solar Familie zeigt die Verwendung im Generatoranschlusskasten (GAK) und im Zentralwechselrichter.

irreparable Schäden an Isolationen und somit Gefahren für Leib und Leben der Bediener entstehen können. Die Phoenix Trio DC/DC-Wandler, die für dieses Einsatzgebiet entwickelt werden, erfüllen bereits die entsprechende Norm EN 62109. Dadurch ist die Voraussetzung für einen sicheren Anlagenbetrieb gegeben.

### Netzunabhängige 24 V DC-Stromversorgung

Um die erzeugte DC-Spannung aus den Solarmodulen weiterverarbeiten zu können, werden Wechselrichter eingesetzt. Dieser fungiert als Schnittstelle zwischen den Solarmodulen und dem öffentlichen Stromnetz. Werden in privaten PV-Anlagen meist kleinere Stringwechselrichter verwendet, verbinden in den großen kommerziellen Anlagen Zentralwechselrichter das PV-Feld mit dem Netz. Zentralwechselrichter bieten gegenüber kleineren verteilten Wechselrichtern erhebliche Kostenvorteile. Der Wechselrichter kann allerdings nur starten, wenn eine Steuerspannung aus dem Solarpark vorhanden ist. Existiert kein funktionierendes Stromnetz, so ist also ein Betrieb der Anlage nicht möglich. Als Lösung kommt hier der Trio DC/DC-Wandler mit 200 W zum Einsatz. Dieses Gerät liefert die benötigte 24 V DC Spannung direkt aus den PV-Zellen und ermöglicht so einen Inselbetrieb der Anlage auch ohne externe Spannungsversorgung.

### Für String Combiner Boxen geeignet

Auch für Generatoranschlusskästen, die gewissermaßen das „Auge und Ohr“ der PV Anlage sind, bietet der Einsatz eines Trio DC/DC-Wandlers sehr hohe Flexibilität bei erheblicher Kostenersparnis. Der Wandler mit einer Leistung von 40 Watt ermöglicht ebenso die direkte Erzeugung aus der PV Energie ohne An-

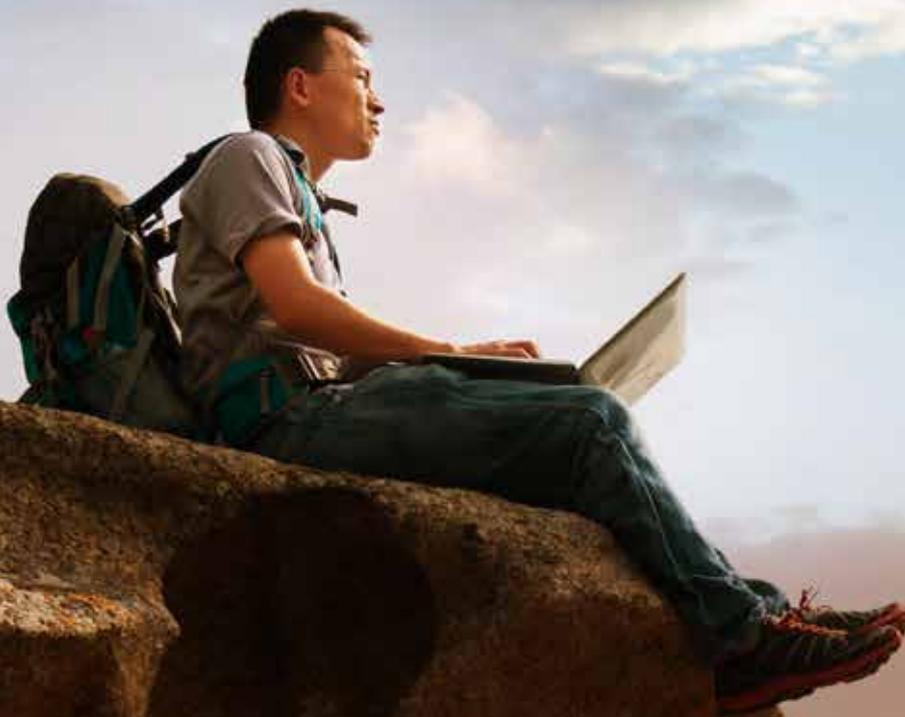
schluss an das AC Netz. Dieses Gerät ist leistungsoptimiert für die Versorgung des String Monitorings sowie weiterer Komponenten der Überwachungs- und Kommunikationselektronik innerhalb von String Combiner Boxen.

### Daten erfassen, visualisieren und auswerten

Intelligent und innovativ sind Lösungen für Solarparks erst dann, wenn sie moderne und robuste Hardware-Komponenten mit leistungsfähiger Software für das Erfassen und die Übertragung von Leistungsdaten verbinden. Mit dem Integrated PV Park Management bietet Phoenix Contact vollständige und nahtlose Lösungen für das Solarparkmanagement. Das Integrated PV Park Management ermöglicht einen hochzuverlässigen und wirtschaftlichen Betrieb von PV-Systemen. Mit dem offenen Monitoring-System sind Integration und Inbetriebnahme eines Solarparks schnell und einfach umgesetzt. Die intelligente Vernetzung energieerzeugender und -verbrauchender Sektoren ermöglicht ein effizientes und ausbalanciertes Gesamtsystem.

### Fazit

Der Ausbau der Solarenergie schreitet voran. Die Trio Solar DC/DC-Wandler tragen dazu bei, die Systemkosten von PV Anlagen zu senken und ermöglichen auch in infrastrukturell schwachen oder energietechnisch nicht erschlossenen Regionen wie zum Beispiel in Entwicklungsgebieten, in denen kein AC-Netz vorhanden ist, eine sichere Versorgung mit elektrischer Energie. Die robusten und langlebigen Wandler sind speziell für den Einsatz im Spannungsbereich bis 1500 V DC entwickelt worden und sorgen für den sicheren Betrieb der PV-Anlage. □



ARTIFICIAL INTELLIGENCE MIT HAILO-CHIPS

## AI-Rechenperformance am Edge

Mit einem neuen AI-Chip sorgt das israelische Start-up Hailo für Gesprächsstoff. Es ermöglicht mit seiner Chip-Entwicklung eine Rechenpower am Edge, die so bisher nur in der Cloud möglich war. Damit können Unternehmen jetzt auch sehr anspruchsvolle AI-Algorithmen in der Praxis nutzen. Die Hailo-Entwicklungsumgebung ermöglicht eine besonders kurze Time-to-Market und eine ideale Abstimmung zwischen AI-Software und -Hardware.

TEXT: Christoph Neumann, Kontron BILDER: Kontron; iStock, baona



Die AI-Chips von Hailo sollen in unterschiedlichen Embedded-Boards integriert werden, um AI-Algorithmen zu beschleunigen.

Anwendungen rund um Künstliche Intelligenz (Artificial Intelligence; AI) werden sich in den kommenden Jahren weiter durchsetzen. Dazu führt auch der deutlich stärkere Fokus auf Nachhaltigkeit, der sich durch eine härtere Gangart in der Klimapolitik ergibt. AI trägt nicht nur zur Automatisierung bei, sondern auch zu besserer Planung, Wartung und Vorhersage. Die Technologie vermindert Ressourcenverschwendung oder Ausschuss und unterstützt neue Mobilitätskonzepte.

## Selbstlernende Algorithmen am Start

Inferenz ist dabei ein wichtiges Stichwort: Es steht dafür, mit Hilfe trainierter neuronaler Netze aus Informationen zu lernen und neue Schlüsse abzuleiten. Allerdings benötigen Inferenz-Anwendungen rund um Artificial Intelligence in aller Regel eine erhebliche Rechenleistung. Das gilt vor allem in Echtzeitszenarien wie zum Beispiel bei autonomen Fahrzeugen oder wenn es, wie in der Robotik, um das Thema Arbeitsschutz geht. Diese Voraussetzungen lassen sich mit klassischen Standard-Prozessoren nicht effektiv erreichen, denn sie verbrauchen zu viel Strom oder erreichen nicht die benötigte Geschwindigkeit. Im Grunde wird am Edge, also im Device selbst, eine Rechenpower nötig, die bisher vor allem durch High Performance Computing im Rechenzentrum geliefert werden konnte, mit Nachteilen bezüglich der Latenz und Zuverlässigkeit der Cloud-Verbindung. Als Embedded-Systems-Spezialist fokussiert sich Kontron daher jetzt auf neue Ansätze, um die nötige Performance auch am Edge zu ermöglichen. Mit der Integration des Hailo-8 Chips setzt Kontron auf eine Technologie, die den Anforderungen im AI-Umfeld mit einer spezifisch für das Rechnen von neuronalen Netzen entwickelten Chip-Architektur begegnet.

## Neue Performance-Höhen erklimmen

Gemeinsam mit dem israelischen AI-Chip-Hersteller Hailo werden im Rahmen einer strategischen Technologiepartnerschaft

AI-Edge-Inferenzlösungen der nächsten Generation entwickelt und auf den Markt gebracht. Grundlage dafür ist der „best-in-class“ Hailo-8 AI-Co-Prozessor mit einer Leistung von 26 Tera-Operationen pro Sekunde (TOPS), der mit einem Stromverbrauch von nur 2,5 Watt auskommt. So können Edge-Geräte eine Performance erreichen, die bisher nur in der Cloud möglich war.

Der Einsatz vor Ort, oft unter den restriktiven Bedingungen in Fertigung und Produktion oder im öffentlichen Raum, bringt hohe Anforderungen an die AI-Devices mit sich. Sie müssen nicht nur mit den teilweise rauen Umgebungen, sondern auch mit einem breiten Temperaturspektrum umgehen können. Zugleich sollte die Hardware im Praxiseinsatz besonders klein und stromsparend konzipiert sein, um sich auf engem Raum in Geräte oder in Produktionsanlagen einzufügen: Etwa für Assistenzsysteme in einem autonomen Fahrzeug oder in einem Roboterkopf sind spezifische, kleine Formfaktoren erforderlich.

## Schnelle Entwicklung für den Anwendungsfall

Je genauer sich AI-Algorithmen und Hardware aufeinander abstimmen lassen, desto besser die Performance und desto niedriger der Stromverbrauch. Das israelische Startup Hailo stellt in seiner „Developer Zone“ viele vortrainierte neuronale Netze („Model Zoo“) zur Verfügung, auf deren Basis Unternehmen sehr viel schneller neue AI-Anwendungen entwickeln und deren Time-to-Market deutlich verkürzen können. Grundlage ist Hailos High-Performance Application Toolkit TAPPAS (Template Applications And Solutions). Es gibt bereits eine Reihe von Lösungen mit diesem Ansatz am Markt. Um die Rechenpower zu erhöhen, kommen dort meist Accelerator-Devices für die Beschleunigung zum Tragen, oft maßgeschneidert für bestimmte AI-Anwendungsszenarien. Allerdings unterscheidet sich die Hailo-Technologie darin, dass der Prozessor Domain-spezifisch gezielt für bestimmte Anwendungen optimierbar und in höherem Maß programmierbar ist. Dabei lassen sich nicht nur wie üblich

Das Unternehmen Hailo ermöglicht mit seiner Chip-Entwicklung Systeme, die über eine hohe AI-Rechenpower am Edge verfügen.



die Parameter der trainierten Netzwerke in den Chip programmieren, sondern es besteht die Möglichkeit, die Hardware gezielt auf bestimmte gewünschte Eigenschaften zu optimieren. So kann etwa mit einem bitgenauen Simulator und dem Performance-Tool Hailo Dataflow Compiler von den Entwicklern individuell festgelegt werden, welche Leistungsaspekte ihnen für einen spezifischen Use Case besonders wichtig sind.

## Ideal an ein neuronale Netz anpassbar

Neuronale Netzwerke sind Strukturen mit vielen Layern, in denen Neuronen auf unterschiedliche Arten miteinander verknüpft sind. Je nachdem, welcher Output angestrebt wird, kommen unterschiedliche Netzarchitekturen zum Einsatz. Beispiele dafür sind MobileNet, ResNet, SqueezeNet oder Tiny-YOLO. In den letzten Jahren kamen neue Architekturen hinzu, die sich vor allem für den Einsatz auf mobilen und Edge-Geräten eignen. Der Hailo-Chip ist besonders gut auf das jeweils zu rechnende Netzwerk zu optimieren, da die Kernels optimal auf das jeweilige Netzwerk anpassbar sind. Durch den bitgenauen Simulator des Chips kann die Applikation außerhalb der Zielhardware zum Beispiel auf einem PC optimiert werden. So lassen sich neue Levels von Geschwindigkeit, Latenz und Leistungseffizienz erzielen.

## Vision-Applikationen am Edge

In der Industrie sind aktuell Anwendungen rund um das Thema Computer Vision das wohl häufigste Einsatzszenario, insbesondere in der Objekterkennung, im Qualitätsmanagement oder der vorausschauenden Wartung. Entscheidend ist dabei oft die Latenzzeit und Auflösung, die im Prozess benötigt wird, um auszurechnen, was auf einem Bild zu sehen ist. Je nachdem, wie schnell in einem Produktionsprozess Objekte wie Bauteile, Materialien oder Produkte dem Kamerasystem zum Beispiel auf einem Fließband präsentiert werden, oder wo Objekte in großer Entfernung schnell und exakt erkannt werden müssen, steigen die Er-

wartungen an die Performance. Der Hailo-Chip ist mit Latenzen im Millisekundenbereich auch für die anspruchsvolle, schnelle Bilderkennung mit extrem hoher Auflösung ausgelegt. So kann die zur Verfügung stehende hohe Rechenleistung auch dazu verwendet werden, hochauflösende Bilder durch „Tiling“ in mehrere parallel gerechnete Video-Datenströme umzuwandeln, um kleinste Objekte korrekt zu erfassen. Viele kamerabasierte Bilderkennungssysteme hingegen arbeiten mit limitierter Auflösung oder liefern die Ergebnisse mit vergleichsweise hoher zeitlicher Verzögerung, und sind somit für die oben genannten Einsätze nicht optimal einsetzbar.

Dank seiner hohen Geschwindigkeit eignet sich der AI-Chip von Hailo auch für Szenarien, in denen schnell etwas gezählt oder sortiert werden soll; aber auch zum Beispiel für autonome Transportsysteme, die ihre Umgebung erkennen können sowie in Cobots, die direkt mit Menschen zusammenarbeiten. Die Architektur mit der anpassbaren Struktur, die kurzen Latenzen und die hohe Performance machen den Hailo-Chip um eine Größenordnung schneller als bisherige marktübliche Beschleuniger.

## AI hat Zukunft

Oft kann AI bestehende Verfahren ersetzen und die Fehleranfälligkeit von manuellen Prozessen minimieren. So lassen sich erfahrungsgemäß Vision-Systeme für die Defect Detection vergleichsweise leicht auf die Beine stellen und auch auf weitere Produkte und Features ausdehnen. Um AI in die Breite zu bringen, ist es jedoch wichtig, auf eine durchgängige und skalierbare Plattform zu setzen. Mit den aktuellen AI-Projekten steht Kontron erst am Anfang der Einsatzgebiete; aus Firmensicht bieten sich künftig noch ungeahnte Möglichkeiten, um die Nachhaltigkeit und Effizienz von Prozessen zu erhöhen oder im medizinischen Umfeld z.B. durch schnellere Analysen von Krankheitsbildern/Symptomen das Gesundheitswesen zu verbessern und Menschenleben zu retten. □

UMFRAGE ZU TECHNOLOGIEN IM ELEKTRONIKUMFELD

# WELCHE TECHNOLOGIEN PRÄGEN DAS JAHR 2022?

Die Distribution hat sich in den letzten Jahren von Komponenten- zu Lösungsanbietern gewandelt. Mit den Hypes rund um Digitalisierung und das Internet of Things (IoT) ergeben sich neue Businessperspektiven für die Distribution. Neben neuen Lösungen verlangen die Anwender auch die dazu aufeinander abgestimmten IoT-Plattformen. Doch welche Technologien sind 2022 noch wichtig und welche nicht. Wir haben Branchenexperten dazu befragt.

UMFRAGE: Bernhard Haluschak, E&E    BILDER: Unternehmen; iStock, Delpixart





## CHRISTOPHE BIANCHI

Es gibt extrem viele Entwicklungen, die den Markt 2022 und darüber hinaus prägen werden. Dazu zählen der verstärkte Einsatz von KI und ML in der Entwicklung von Elektroniksystemen sowie die rasche Implementierung von 5G in Unternehmen. So wird etwa der Einsatz von Sensoren beschleunigt, die zu einer agileren Produktion und vollständig autonomen Lagerhäusern beitragen. Zudem wird es spannend im Chipsektor. Automobilhersteller werden IC-Designs verstärkt nutzen, um beim Wandel hin zu softwaredefinierten Elektroautos agil zu bleiben und neue Potenziale für datenzentrierte Geschäftsmodelle freizusetzen. Damit verlagert sich das Elektronikdesign noch stärker von den Zulieferern auf die Hersteller, was wiederum die gesamte Lieferkette beeinflussen wird.

EMEA Sales Director High Tech & Semiconductor, Ansys



## MARGIT TISCHLER

Auch vor dem Hintergrund der Pandemie entwickeln sich Mensch-Maschine-Schnittstellen von „Touch“ zu „Touchless“, mittels Sprachaktivierung sowie Gesten- und Gesichtserkennung. Im Bereich der Energieverteilung, -umwandlung und -speicherung geht die Entwicklung in Richtung höherer Wirkungsgrad. Während die Bedeutung von Elektrizität als Energiequelle zunimmt, können mit SiC und GaN eine höhere Effizienz erreicht werden. Mit dem zunehmenden Einsatz von Robotik und autonomen Maschinen spielen die Zertifizierung von funktionaler Sicherheit und damit einhergehend Chips mit bestimmten Merkmalen, Redundanz und Software eine wichtige Rolle. Auch der Bedarf an verbesserten Kommunikationsprotokollen wird hinsichtlich der sicheren Vernetzung von immer mehr Geräten zunehmen.

Vice President Engineering, Arrow  
EMEA Components



## CHRISTIAN EDER

2022 wird für das Embedded Computing ganz klar das Jahr der Embedded Edge-Server-Technologien. Mit Server-on-Modules auf Basis des PICMG-Standards COM-HPC und den auf ihnen verfügbar gewordenen neuen Intel Xeon D Prozessoren steht Entwicklern eine bislang unerreichbare Performance-Klasse für raues Umfeld zur Verfügung. Möglich werden echtzeitvernetzte Edge-Server und Edge-Datacenter, die man nicht mehr klimatisieren muss. Man kann sie beispielsweise Outdoor in private und öffentliche 5G-Zellen integrieren, sodass taktiles Internet und ganzheitlich vernetzte IIoT- und Industrie 4.0 Applikationen entstehen können. Der kollaborative Roboter oder das autonome Logistikfahrzeug werden dann ein 5G-Client, genauso wie vernetzte Maschinen und Anlagen. Es wird sehr interessant sein, welche weiteren Applikationen wir noch für COM-HPC Server Module finden werden!

Director Marketing, Congatec



## NIELS TRAPP

Wir erwarten im Jahr 2022 eine weitere Intensivierung der Digitalisierungsprogramme von Produktionsanlagen. In Zeiten knapper Ressourcen ist es umso wichtiger, in der Produktion die Thematik der Supply Chain Überwachung und weiteren Flexibilisierung der Maschinen und Anlagen in Reaktion auf starke und kurzfristige Veränderungen zu managen. Das betrifft auch die Überwachung des Maschinenzustandes und benötigt eben verlässliche digitale Infrastruktur. Mit netFIELD hat Hilscher eine Plattform geschaffen, die Themen wie Fleetmanagement und zusammen mit Partner alle Predictive Themen unterstützt und dabei auf abgestimmte Schnittstellen wie beispielsweise die von der Open Industry 4.0 Alliance setzt. Der Produktionsdatenzugang wird auch zunehmend in 2022 über Edge Geräte realisiert. Bestehende Standard-Edge-Geräte können dabei mit M.2 Karten einfach erweitert werden. Besonders in der Prozessindustrie wird Single-pair Ethernet in Geräte Einzug finden.

VP Business Development, Hilscher



## CHRISTOPH NEUMANN

Künstliche Intelligenz (KI) in Edge Devices sehen wir als eine der prägenden Technologien, da inzwischen x86 und ARM Prozessoren zunehmend integrierte KI-Funktionalität bieten und parallel besonders spezialisierte KI-Inference-Beschleuniger mit extremer Performance/Power-Ratio neue Edge-Applikationen ermöglichen. Daneben kündigen erste Provider kommerzielle 5G-Services für den Industriebereich für 2022 an. Functional Safety (FuSa) Technologie wird zunehmend in Industrial-Standardplattformen (IPCs) direkt integriert werden. Der neue Modul-Standard COM-HPC für High Performance Computing ermöglicht High-End Edge Clients und leistungsstarke Edge Server mit Virtualisierung und verbesserter Echtzeitfähigkeit.

Vice President Technologies, Kontron



## RON MARTINO

Eine Technologie, die die kommenden Jahre prägen wird, ist das intelligente Edge-Computing im Zusammenspiel mit Machine Learning. Durch die lokale Verarbeitung von Daten am Netzwerkrand bleiben Daten geschützt. Außerdem ist eine nahtlose Interaktion mit den Nutzern möglich und die Abhängigkeit von einer teuren Netzwerkinfrastruktur wird verringert. Wir gehen davon aus, dass der Fortschritt beim maschinellen Lernen eine Weiterentwicklung der intelligenten Edge zur bewussten Edge vorantreiben wird. Geräte innerhalb eines eigenständigen Edge-Netzwerks sind dann in der Lage Kontextinformationen zu verarbeiten und Entscheidungen zu treffen. Das Ergebnis ist in Summe eine produktivere, sicherere und umweltfreundlichere Zukunft.

Executive Vice President  
Edge Processing, NXP



## LUTZ JÄNICKE

In der Automatisierung kommt der Security eine immer größere Bedeutung zu. Wesentliche Elemente sind dabei die Echtheit und Unverfälschtheit von Embedded-Geräten. Dies wird durch technische Maßnahmen erreicht, die unter anderem in der IEC 62443 verlangt und in der Fertigung umgesetzt werden: Für sichere Bootprozesse und Firmware sind Vertrauensanker einzuprogrammieren, durch die sich digital signierte Software auf Echtheit prüfen lässt. Die Echtheit des Geräts kann mit elektronischen Zertifikaten nachgewiesen werden, deren Programmierung in das Gerät während des Produktionsprozesses erfolgt. Hierzu ist eine vertrauenswürdige Kette vom Schlüsselspeicher auf dem Gerät bis zur Infrastruktur für die Zertifikatsvergabe aufzubauen.

Corporate Product & Solution Security  
Officer, Phoenix Contact



## STEFAN BRUDER

Angesichts des weltweiten Trends zur Elektrifizierung von Kraftfahrzeugen geben Halbleiterbausteine den Automobilherstellern die Möglichkeit, die Leistungsfähigkeit zu optimieren, die Entwicklung zu beschleunigen und dafür zu sorgen, dass Elektrofahrzeuge erschwinglicher werden. Dabei helfen den Entwicklern Batteriemanagement-Systeme (BMS). Die Technik, die diesen fortschrittlichen BMS-Anwendungen zugrunde liegt, wie etwa drahtlose BMS-Lösungen inklusive hochpräziser Batteriemonitor-Bausteine, ermöglichen eine exakte Meldung des Ladezustands (State of Charge, SoC) und des Alterungszustands (State of Health, SoH) der Batterie, um die Fahrstrecke pro Ladung zu maximieren. Die entscheidenden Technologien, die es den Automobilherstellern erlauben, große Reichweiten zu erzielen, die Ladezeiten zu verkürzen und für einen sicheren Betrieb zu sorgen, werden auch über 2022 von großer Bedeutung sein.

President EMEA, Texas Instruments



## ANSGAR HINZ

In einem Wort: die Mikroelektronik. Die künftige Technologiesouveränität in allen Branchen hängt daran, von der Mobilität bis zur nachhaltigen Energieversorgung. Seit Jahren arbeiten wir als Verband darauf hin, dass eine gemeinsame europäische Strategie gefunden wird. Der Handlungsdruck ist enorm, denn der Marktanteil Europas stagniert bei sieben Prozent. Mit einem Volumen von rund 43 Milliarden Euro ist der European Chip Act vom Februar 2022 ein erster Schritt in Richtung einer aktiven Industriepolitik, die Asien und die USA schon lange fahren. Dabei müssen wir internationale Hersteller ebenso im Blick haben wie unsere etablierten Player. Und, ganz wichtig: Wir brauchen Menschen mit hoher Expertise, um in Zukunft bestehen zu können – daran führt kein Weg vorbei.

CEO, VDE



## DETLEF FRITSCH

Aus meiner Sicht wird das Jahr besonders durch die erhöhten Anforderungen an intelligente, leistungsstarke und global nutzbare Lösungen geprägt – insbesondere auch in dem wachsenden Markt der erneuerbaren Energien etwa bei Wärmepumpen, Solarenergielösungen und der neu aufgestellten Automobilindustrie und elektrischen Antrieben. Dazu gehört insbesondere auch die optimale Adaption an alle Umgebungstemperaturen und beidseitige Platinenlösungen. Durch die „Floating Element“-Lösungen sind die Metallkomponenten innerhalb des Steckverbinderproduktes frei beweglich und kompensieren somit unterschiedliche Ausdehnungskoeffizienten von Platine und Steckverbindergehäuse bei gleichbleibender Robustheit zu einem THR-Produkt. Des Weiteren bestimmt der reduzierte Rohstoffmarkt Produktlösungen, die mit geringstem Materialaufwand und höchster Produktlebensdauer gefertigt werden können und mindert so den Markt der „low cost Produkte“.

Geschäftsführer, Weco Contact



## ALEXANDER GERFER

In der Leistungselektronik geht der Trend zu Halbleitern aus Siliziumkarbid (SiC) und Galliumnitrid (GaN). Sie haben bei gleicher Nennspannung einen niedrigeren RDSON und eine höhere Effizienz als herkömmlichen Halbleiter, da sie keine Sperrverzugszeit und niedrigere parasitäre Kapazitäten aufweisen. Dies eröffnet Möglichkeiten für neue Schaltungstopologien, höhere Frequenzen und Leistungsdichten. Das Schaltverhalten der Halbleiter verlangt jedoch neuartige robuste Schaltungsdesigns. Wir sind an diesem spannenden Thema dran und bieten bereits passende Bauelemente wie einen speziellen Auxiliary Gate Drive Transformator oder spitzstrombelastbare SMT-Multilayer-Ferrite zur Motorentstörung.

CTO, Würth Elektronik eiSos

RUGGED COMPUTER-ON-MODULES

# Wie robust ist robust?

Gängige Computer-on-Modules haben den Arbeitsspeicher über SO-DIMM-Sockel integriert. Die Schock- und Vibrationsfestigkeit von Steckverbindungen sind begrenzt. So reichen schon bei konventionellen Speichermodulen schwache Vibrationen aus, um die Funktionssicherheit des Arbeitsspeichers zu beeinträchtigen. Applikationen mit hoher Schock- und Vibrationsbelastung brauchen deshalb robustere Auslegungen.

TEXT: Andreas Bergbauer, Congatec BILDER: Congatec; iStock, FredFroese

Im Railcargo-Bereich treten beispielsweise Vibrationen von rund  $0,002 \text{ g}^2/\text{Hz}$  in einem Frequenzbereich von 0 bis 350 Hz auf. Die Vibrationsbelastung in einem Düsenflugzeug ist mit  $0,01 \text{ g}^2/\text{Hz}$  deutlich höher und reicht bis in Frequenzbereich von 2000 Hz hinein. Systeme in LKWs sind noch stärkeren Belastungen von bis zu  $0,02 \text{ g}^2/\text{Hz}$  ausgesetzt. Extreme Anforderungen stellen zudem Turbinen-Motoren, wie sie beispielsweise in Windkraftanlagen zum Einsatz kommen. Sie beanspruchen Komponenten sogar mit bis zu  $0,03 \text{ g}^2/\text{Hz}$ .

Entwickler solcher und vieler weiterer mobilen und stationären Systeme mit Schock- und Vibrationsbelastungen von stationären 5G-Basisstationen bis hin zur Zügen und Drohnen suchen deshalb nach Lösungen, den Arbeitsspeicher besser zu fixieren. Hierbei kam es schon zu abenteuerlichsten Lösungen. So wurde teils geklebt und teils mit Riemen gegurtet oder auch Klammern gespannt, um zusätzliche Rückhaltemechanismen zu ermöglichen, damit der SO-DIMM funktionssicher bleibt und im Extremfall nicht aus seinem Sockel herausrutscht. Die-

ser Ansatz hat jedoch auch ein Problem, das den Sockel selbst betrifft, wie von der Embedded Community bereits festgestellt wurde. Es besteht hier nämlich die begründete Sorge, dass die Bewegung des Speichermoduls innerhalb des Sockels – in der Regel einer der vergleichsweise preiswerten, handelsüblichen Sockel, die in Laptops verwendet werden – zu Unterbrechungen bei den Pin-Verbindungen führen kann, die wiederum ein System zum problematischen Absturz bringen können.

## Keine Improvisation bitte

So gibt es unterschiedliche mechanische Lösungen, Speicherriegel sicher im Sockel zu fixieren. Hierfür fügen Speicherhersteller ihren SO-DIMMs Löcher am hinteren Ende des Moduls hinzu, die es ermöglichen, das RAM-Modul mit Schrauben zu fixieren, sodass Stöße und Vibrationen kein Problem mehr darstellen. Tests von diversen SO-DIMM Herstellern haben hierbei ergeben, dass eine solche Konstruktion durchaus robust ist: Auf einer Rüttelplatte montiert lässt sich die Konstruktion problem-



5G-Basisstationen müssen samt integrierter Technik Wind und Wetter trotzen.

los 30 Minuten mit zufälligen Vibrationen von 50 Hz bis 5000 Hz aussetzen bei einer Vibrationsstärke von 6 grms auf 20 grms in 2 grms-Schritten. Auch stellen Stöße mit 20 g – also dem 20-fachen der Erdbeschleunigung – über 1 ms entlang jeder der drei Achsen zusätzlich zu Vibrationen mit  $0,04 \text{ g}^2/\text{Hz}$  im Bereich von 20 Hz bis 2000 Hz kein Problem dar. Rein technisch erfüllen solche speziellen Lösungen also auch sehr robuste Anforderungen und das ist auch gut so, denn sonst würde man ja auch daran zweifeln, dass Computer-on-Modules selbst ebenfalls solche Tests überstehen.

Alles was

man für ein "rüttelfestes" also robustes System braucht, sind die entsprechenden mechanischen Fixierungen.

### Standards als Lösungsweg?

Alles schön und gut und es gibt mit RS-DIMM seit 2010 sogar eine Spezifikation für Speicher als Mezzaninekarten, die alle Robustheitsanforderungen konform der ANSI/VITA 47 Spezifikationen erfüllen. Doch so gut die Ideen waren: Solche Technik hat nicht viele Abnehmer. Entsprechend findet man solche Mezzanine-Module kaum. Auch Rugged SO-DIMMs mit Montagelöchern sind nicht Massenware. Deshalb sind solche besonders robusten Module im Einkauf noch immer teurer, als normale. Zudem sind sie aber auch mechanisch komplexer und infolge auch teurer in der Bestückung, da die Verschraubung in der Regel von Hand gemacht werden muss. Darüber hinaus erfordern sie auch noch zusätzliche Montagelöcher auf den Boards, was die Produktionskosten zusätzlich erhöht.

Ideal ist folglich, all diese Add-Ons zu vermeiden und den Speicher einfach direkt auf das Modul zu löten. Dadurch entfallen mehrere Komponenten auf der Stückliste, die Fertigung wird kostengünstiger und allem voran ist die Robustheit hier auch zweifelsohne gegeben. Schock-

## IMPRESSUM

**Herausgeber** Kilian Müller

**Head of Value Manufacturing** Christian Fischbach

**Redaktion** Bernhard Haluschak (Managing Editor/verantwortlich/-928), Leopold Bochtler (-922), Ragna Iser (-898), Demian Kutzmutz (-937), Julia Papp (-916)

**Newsdesk** newsdesk@publish-industry.net

**Head of Sales** Andy Korn

**Anzeigen** Saskia Albert (Director Sales/verantwortlich/-918), Beatrice Decker (-913), Carolin Dittrich (-899), Caroline Häfner (-914); Anzeigenpreisliste: vom 01.01.2022

**Inside Sales** Karina Reisenegger(-938); sales@publish-industry.net

**Verlag** publish-industry Verlag GmbH, Machtfinger Straße 7, 81379 München, Germany  
Tel. +49.(0)151.58 21 1-900, info@publish-industry.net, www.publish-industry.net

**Geschäftsführung** Kilian Müller

**Leser- & Aboservice** Tel. +49.(0)61 23.92 38-25 0, Fax +49.(0)61 23.92 38-2 44; leserservice-pi@vuserice.de

**Abonnement** Das Abonnement enthält die regelmäßige Lieferung der E&E (derzeit 7 Ausgaben pro Jahr inkl. redaktioneller Sonderhefte und Messe-Taschenbücher) sowie als Gratiszugabe das jährliche, als Sondernummer erscheinende E&E-Kompodium.

**Jährlicher Abonnementpreis**

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

Fragen und Bestellungen richten Sie bitte an leserservice-pi@vuserice.de

**Veröffentlichung gemäß §8**

Dipl.-Kfm. Kilian Müller, München (74,0%); Dipl.-Kfm. Anja Müller, München (6,1%); Dipl.Komw. Hanno Hardt, München (6,3%); Sonstige (13,6%)

**Marketing & Vertrieb** Anja Müller (Head of Marketing)

**Herstellung** Veronika Blank-Kuen

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

**Druck** F&W Druck- und Mediacenter GmbH, Holzhauser Feld 2, 83361 Kienberg, Germany

**Nachdruck** Alle Verlags- und Nutzungsrechte liegen beim Verlag. Verlag und Redaktion haften nicht für unverlangt eingesandte Manuskripte, Fotos und Illustrationen.

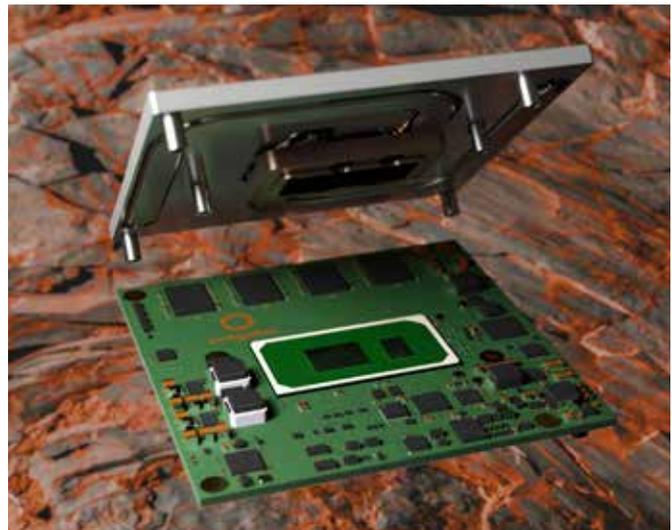
Nachdruck, Vervielfältigung und Online-Stellung redaktioneller Beiträge nur mit schriftlicher Genehmigung des Verlags.

**ISSN-Nummer** 1869-2117

**Postvertriebskennzeichen** 30771

**Gerichtsstand** München

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



Das COM Express Modul mit Intel Core Prozessoren der 11. Generation ist für raue Umgebungsbedingungen prädestiniert.

und Vibrationstests des Arbeitsspeichers können entsprechend für die Qualifizierung der Systeme entfallen. Hinzu kommt noch ein weiterer entscheidender Vorteil des gelöteten Speichers: Er lässt sich leichter kühlen als klassische Speicherriegel. Dies liegt zum einen an der besseren Entwärmung über das PCB selbst, auf dem er aufgelötet ist. Zum anderen können die Kühlkörper, die bei hohen Robustheitsanforderungen exakt auf die Topographie der Computer-on-Modules angepasst sind, durch eine wärmeleitende Verbindung den Hot-Spot Arbeitsspeicher zusätzlich effizient kühlen.

**Gelötet ist besser!**

Weltbewegend sind solche Lösungswege von der technischen Seite her nicht. Man kann schließlich alles auf eine Platine löten. Spannend wird es aber dann doch, wenn man sich den gesamten Aufwand anschaut, bis OEM zu einer wirklich robusten Lösung kommen und hier ist es vor allem überall dort, wo die Stückzahlen für einzelne Serien nicht in den Himmel schnellen, wichtig, dass man dennoch ein modulares Konzept hat. Computer-on-Modules, deren Prozessor und Speicher perfekt aufeinander abgestimmt sind und die in mehreren Performanceklassen angeboten werden, sind hier der Königsweg. Sie kommen als applikationsfertige Komponente mit speziell angepassten Kühllösungen und allem anderen, was Entwickler für die Auslegung ihrer individuellen Systeme benötigen und sind über viele Jahre in identischer Bestückung verfügbar, was das Lifecycle-Management für OEM erleichtert.

**Neuste Computer-on-Modules**

Die COM Express Type 6 Computer-on-Modules auf Basis der aktuell 11. Generation Intel Core Prozessoren entsprechen

## FIRMEN UND ORGANISATIONEN IN DIESER AUSGABE

| Firma                   | Seite             | Firma                       | Seite      |
|-------------------------|-------------------|-----------------------------|------------|
| Ansys.....              | 54                | Isabellenhütte.....         | 46         |
| Arrow.....              | 54                | Kingbright.....             | 33         |
| Becker & Müller.....    | 39                | KIT.....                    | 8          |
| Binder.....             | 24, U4            | Kontron.....                | 3, 51, 54  |
| Bosch.....              | 8                 | MES Electronic Connect..... | 43         |
| Codico.....             | 16                | Mouser.....                 | 42         |
| Congatec.....           | 54, 58            | NXP.....                    | 54         |
| Conrad Electronics..... | 19                | Phoenix Contact.....        | U2, 48, 54 |
| Dätwyler.....           | 28                | Rutronik.....               | 38         |
| Detakta.....            | 5                 | Schukat.....                | 29         |
| Deutronic.....          | 3, 49             | Schurter.....               | 17         |
| Display Elektronik..... | 31                | Siglent.....                | 62         |
| DTOY.....               | U3                | Socionext.....              | 34         |
| Fischer Elektronik..... | 20, 25            | Stäubli.....                | 23         |
| Fraunhofer IOSB.....    | 8                 | Texas Instruments.....      | 54         |
| Fraunhofer IZM.....     | 6                 | TU Berlin.....              | 8          |
| Harting.....            | Titel, 10, 12, 27 | TU Braunschweig.....        | 8          |
| Heilind.....            | 45                | VDE.....                    | 54         |
| Hilscher.....           | 54                | Weco.....                   | 54         |
| ICT Suedwerk.....       | 9                 | WTS.....                    | 41         |
| In-Tech.....            | 30                | Würth Elektronik eiSos..... | 54         |

Spezielle Starter-Sets können auch zur Applikations-Evaluierung in rauen Umgebungen eingesetzt werden.



der ETSI EN 300 019-1-7 und IEC 60721-3-7 Spezifikationen für portablen und nicht stationärem Einsatz von Telekom-Equipment und wurden hierfür speziell für kommerzielle 7K3, 7M2 und industrielle 7K4, 7M2 für Umgebungen geprüft. Diese Klasse gilt auch für den Einsatz an nicht wettergeschützten Standorten in gemäßigttem Freiluftklima und für den Transfer zwischen diesen Bedingungen. Beispielsweise dort, wo die Geräte direkter Sonneneinstrahlung, Wärmestrahlung, Bewegungen der Umgebungsluft ausgesetzt sein können und Kondenswasser, Niederschlag, Wasser aus anderen Quellen als Regen und Vereisung auftauchen können und an denen Schimmelpilzwachstum oder Angriffe von Tieren, ausgenommen Termiten, auftreten können. Sie dürfen auch in städtischen Gebieten mit üblichen Schadstoffwerten zum Einsatz kommen mit über das gesamte Gebiet verstreuten industriellen Aktivitäten und/oder mit starkem Verkehr. Auch in unmittelbarer Nähe von Sand- oder Staubquellen ist der Einsatz zulässig.

## Erfüllt alle relevanten Standards

In puncto Schock und Vibration eignen sie sich für den Einsatz für anspruchsvollen Transport- und Mobilitätsanwendungen bis hin zu Offroad- und Schienenfahrzeugen. Zudem halten sie im Dauerbetrieb selbst extremen Temperaturen (-40 bis +85 °C), hoher Feuchtigkeit und starken mechanischen Belastungen stand und erfüllen auch alle Anforderungen für den Brandschutz. Für preissensitivere Anwendungen eignet sich auch eine kostenoptimierte Intel Celeron Prozessor basierte Variante für den erweiterten Temperaturbereich von 0 °C bis 60 °C. Typische Kunden für die neue Range an Computer-on-Modules auf Basis der Tiger Lake Mikroarchitektur sind OEMs von Zügen, Nutzfahrzeugen, Baumaschinen, landwirtschaftlichen Fahrzeugen, selbstfahrenden Robotern und vielen anderen mobilen Anwen-

dungen in anspruchsvollsten Outdoor- und Off-Road-Umgebungen. Schock- und vibrationsresistente stationäre Devices sind ein weiterer wichtiger Anwendungsbereich, da die Digitalisierung den Schutz kritischer Infrastrukturen (CIP) gegen Erdbeben und andere missionskritische Ereignisse erfordert. All diese Anwendungen können nun von superschnellem LPDDR4X-RAM mit bis zu 4266 MT/s profitieren, diese werden in fein abgestuften Varianten von 32, 16, 8 und 4 GB als Standardvarianten angeboten. Je nach Bedarf können dabei die performantesten Module auch mit kleinerem Speicher oder leistungsschwächere Varianten auf Basis des Intel Core i3-1115G4E mit mehr als 8 GB RAM ausgerüstet werden. Auch Varianten mit kostengünstigeren RAM-Bausteinen aber dafür langsameren Transferraten sind bereits ab Losen von 100 Stück problemlos möglich. Der In-Band-Fehlerkorrekturcode (IB ECC) für Einzelfehlertoleranz und hohe Datenübertragungsqualität in EMI-kritischen Umgebungen unterstreicht das robuste Design der Module.

## Robuste Systeme

Das Value-Paket beinhaltet zudem robuste Montageoptionen für das COM- und Carrier-Bundle, aktive und passive Kühloptionen, ein optionales Conformal Coating zum Schutz vor Korrosion durch Feuchtigkeit oder Kondensation sowie Schwefelungsschutz, eine Liste empfohlener Carrierboard-Auslegungen und – für höchste Zuverlässigkeit – schock- und vibrationsresistente Komponenten für den erweiterten Temperaturbereich. Dieses technische Feature-Set wird durch ein umfassendes Service-Angebot ergänzt, das Schock- und Vibrationstests für kundenspezifische Systemdesigns, Temperatur-Screening- und High-Speed Signal-Compliance-Tests sowie Design-in-Services und alle erforderlichen Schulungen umfasst, die den Einsatz der Embedded Computer-Technologien vereinfachen. □

MESSTECHNIK IM DETAIL

# Leitfaden für aussagekräftige EMV-Pre-Compliance Messungen

Neue Technologietrends und veränderte Marktbedingungen sind die Treiber für die Entwicklung neuer Produkte. Bei der Entwicklung eines Produkts geht es daher in erster Linie darum, Kundenanforderungen erfüllen zu können. Dies ist verbunden mit der Umsetzung von bestimmten Leistungsparametern und geplante Funktionalitäten.

TEXT: Thomas Rottach, Siglent BILDER: Siglent; iStock, d1sk

Ein Bereich, der vielen Entwicklungen gemeinsam ist und oft Schwierigkeiten bereitet, ist die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV). Die Prüfung der EMV besteht grundsätzlich aus zwei Teilbereichen, welche jeweils wieder in zwei weitere unterteilt ist. Zum einen wird die Immunität gegen, von außen eingebrachte elektromagnetische Strahlung untersucht und zum anderen die Messung der vom Produkt abgegebenen elektromagnetischen Leistung. Die zweite Teilung bezieht sich auf die Art und Weise der eingebrachten oder vom Objekt abgegebenen Energie. Hier unterscheidet man zwischen Leitungsgebunden und Ab- oder Einstrahlung. Um eine Zulassung zu erhalten, muss das Produkt, die von der zuständigen Aufsichtsbehörde festgelegten Regeln erfüllen. Produkte, die diese Beschränkungen nicht erfüllen, können nicht legal auf den Markt gebracht werden.

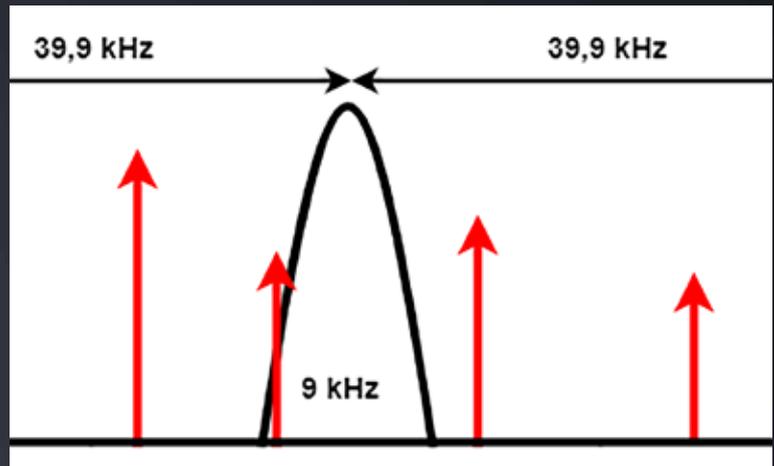
Die Zulassungsmessungen für den Teilbereich „Emission“ werden mit CISPR-konformen EMV-Testrezeivern in abgeschirmten Umgebungen, wie EMV-Kammern durchgeführt. Es ist sehr budgetintensiv eine entsprechende Umgebung aufzubauen. Da die Wartezeiten für Termine bei zertifizierten Laboren lang sind und die Kosten pro Testdurchlauf nennenswert sind, können im Vorfeld der Zulassungsmessung sogenannte Pre-Compliance-Messungen durchgeführt werden. Der Spektrumanalysator ist hierbei das zentrale Instrument zur Durchführung dieser Vormessungen. Analysatoren mit EMV-spezifischen Eigenschaften sind in den letzten Jahren sehr erschwinglich geworden und werden unter anderem auch mit speziellen „EMI-Optionen“ verkauft.

In diesem Artikel sollen grundlegende Testkonzepte für die EMV-Vormessung vorgestellt werden. Es soll auch auf die spezifischen Einstellungen der Messgeräteparameter eingegangen werden. Die Analysatoren enthalten eine Vielzahl von Parameterein-

stellungen und diese müssen für die Vormessungen so nah wie möglich an den Anforderungen der spezifischen EMV-Normen liegen. Zu den wichtigen EMV-normenbezogenen Anforderungen zählen die Einstellungen des RBW-Filters, der Videobandbreite (VBW), des Detektortyps, des Frequenzbereichs und die Sweep-Zeit. Die



Abstand der Messpunkte bei 29,85 MHz Span und RBW 9



Strahlungslimits und Wandlereigenschaften wirken sich auch auf die erforderlichen Einstellungen aus. Die Geräteeinstellungen müssen optimiert sein, um einen guten Kompromiss zwischen hoher Empfindlichkeit und geringer Verzerrung zu erzielen. Die in dieser Anwendungsbeschreibung dokumentierten Messkurven wurden mit einem Spektrumanalysator von Siglent durchgeführt. Alle Erklärungen und Hinweise sollen einen Einblick geben, so dass der finale Konformitätstest ohne böse Überraschungen von statten gehen kann und damit eine schnellere Markteinführung erzielt werden kann.

Es beginnt damit, dass die relevanten Normen gefunden werden müssen. Es existieren mehrere Normen, welche EMV-Testaufbauten und Anforderungen an Messgeräte spezifizieren. Am prominentesten sind die Standards CISPR 16 und EN 61000-4. Es gibt weitere relevante Standards wie CISPR 25, Mil-461, DO 160 und noch weitere. Zusätzlich gibt es spezifische Normen, welche die Limits und Test für die entsprechenden Anwendungsbereiche, wie CISPR 14 (Haushaltsgeräte, elektrische Werkzeuge oder CISPR22 (Geräte der IT) festlegen. Da es in diesem Artikel hauptsächlich um die konkreten Einstellungen des Messgeräts geht, wird im Folgenden hauptsächlich auf den CISPR 16-Standard referenziert.

Im Folgenden werden die einzelnen oben genannten Einstellungen erklärt und Hinweise zu den Einstellungen gegeben.

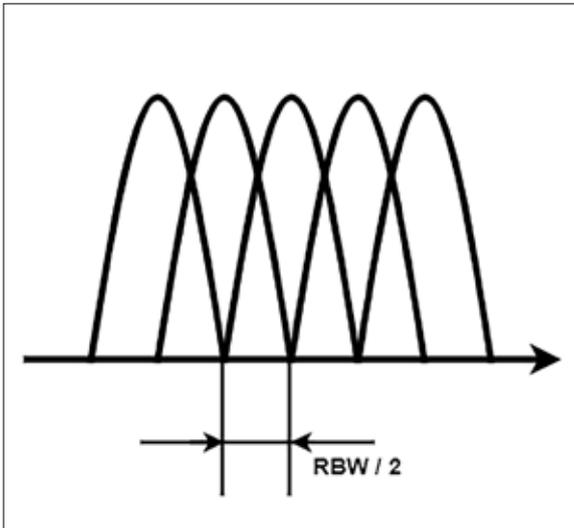
### Die Auflösungsbreite (RBW)

In der Regel findet man bei Spektrumanalysatoren gaußförmige Filter mit einstellbaren Bandbreiten, die einer 1 -3 -10 Sequenz folgen, zum Beispiel 1kHz, 3kHz, 10kHz, 30kHz, ... . Um den CISPR-Standards zu entsprechen, muss der Spektrumanalysator zusätzlich sogenannte CISPR-Filter zur Verfügung stellen. Viele Analysatoren verwenden standardmäßig gaußförmige Filter. Für EMV-Vormessungen sollten daher die Filter der EMI-Filteroption verwendet werden. Neben der Angabe der Filterform, Impulsantwort und Nebenkeulenunterdrückung spezifiziert CISPR die Frequenz Bänder und die entsprechenden zu verwendenden Filterbandbreiten. Mit sinkender Auflösungsbreite (RBW) sinkt auch der Grundrauschpegel (Displayed Average Noise Level - DANL). Eine Daumenregel ist: Faktor 10 kleinere RBW entspricht 10 dB niedrigerer DANL.

### Die Frequenzauflösung

Der Sweep eines Spektrumanalysators wird in diskreten Schritten mit äquidistantem Abstand durchgeführt. Normalerweise ist die Anzahl der Frequenzschritte pro Sweep identisch mit der Anzahl der Anzeigepixel in X-Richtung. Die Siglent SSA3021X beispielsweise hat eine Auflösung von 751 Frequenzpunkten pro Sweep. Andere gebräuchliche Spektrumanalysatoren haben 601 Messpunkte pro Sweep. Nach dem Start ist beim Spektrumanalysator normalerweise der komplette Bereich sichtbar die RBW auf 1 MHz eingestellt.

Legt man jetzt ein Signal an, kann es sein, dass Frequenz und Amplitude nicht richtig angezeigt werden. Der Grund dafür ist bei der Einstellung des Frequenzbereichs und der RBW zu suchen. Eine kurze Berechnung und Betrachtung der Filterkurven und Abstände zwischen benachbarten Frequenzpunkte zeigt den Grund. Teil man den vollen Frequenzbereich des Systems Siglent



CISPR Definition: Abstand der Messpunkte

SSA3021X Plus (2,1 GHz) durch die Anzahl der dargestellten Punkte 751, erhält man einen Abstand zwischen zwei Frequenzpunkten von 2.8 MHz. Mit einer RBW von 1 MHz entstehen nicht abgedeckte Lücken und es ist nicht möglich die Signale richtig zu erfassen. Es entstehen Fehler in der Amplitude und eine Verschiebung der Frequenz hin zu einem der diskreten Punkte.

Nehmen wir ein weiteres Beispiel und betrachten eine typische leitungsgebundene Emissionsmessung. Die Messung deckt den Frequenzbereich bis 30 MHz ab und erfordert eine CISPR RBW von 9 kHz. Mit der gleichen Rechnung ( $f_{\text{step}} = 30 \text{ MHz} / 751 \text{ Punkte}$ ) ergibt sich ein Abstand von 39,9 kHz. Das heißt, ein erheblicher Teil des Spektrums würde gar nicht gemessen werden. Um das gesamte Spektrum innerhalb der Spanne eines Frequenzsweeps abzudecken, schreibt CISPR 16 vor, dass benachbarte Frequenzpunkte nicht mehr als die Hälfte der Auflösungsbreite voneinander entfernt sein dürfen. Im Falle von im obigen Beispiel darf der Abstand nicht mehr als  $9 \text{ kHz} / 2 = 4,5 \text{ kHz}$  betragen. Unter Berücksichtigung dieser Informationen müssen die Frequenzbereichseinstellungen so gewählt werden, dass der Frequenzabstand und RBW-Spezifikationen von CISPR 16 entsprechen.

## Sweep-Zeit

CISPR 16 unterscheidet zwischen Breitband- und Schmalbandrauschen. Schmalbandrauschen wird typischerweise durch Taktsignale verursacht. Breitbandrauschen wird meist durch Datensignale verursacht. Das liegt daran, dass Datensignale eine mehr oder weniger willkürliche Bitfolge sind und deren Spektrum daher dynamisch und breitbandig erscheint. Darüber hinaus gibt es noch Signale, die nicht immer auftreten. Deren Erscheinen ist abhängig von der Aktivität und den Aufgaben, die etwa ein Controller ausführt. Ein „zu schnell“ ausgeführter Sweep, kann

Pulse verfehlen und würde das Breitbandrauschspektrum nicht richtig messen. Folglich spezifiziert CISPR 16 minimale Sweep-Zeiten, ebenfalls abhängig vom Frequenzbereich und Detektor. Längere Sweep-Zeiten wirken sich mitteln aus und reduzieren den Rauschpegel.

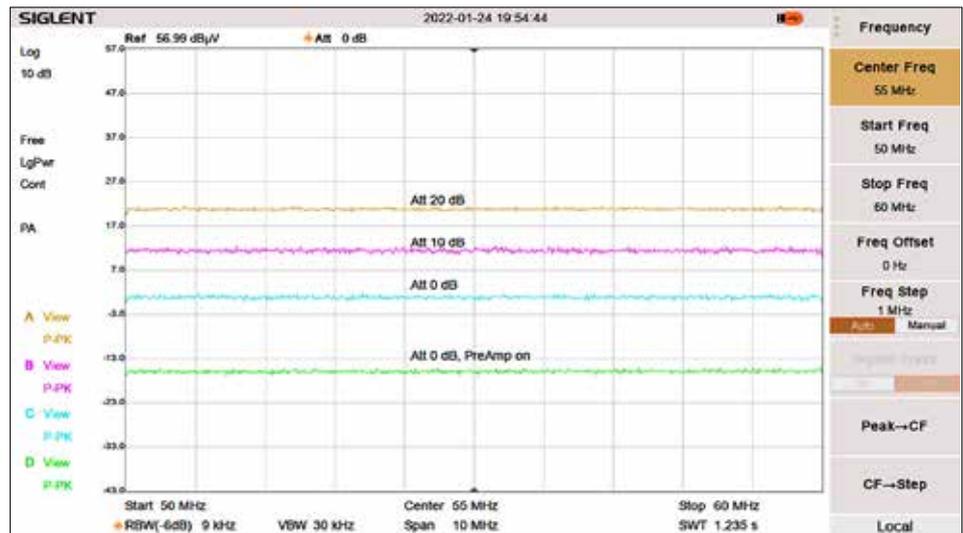
## Detektoren

Bei den meisten EMV-Tests sind für verschiedene Detektoren unterschiedliche Grenzwerte definiert. Während Scans mit Mittelwert- und Spitzenwertdetektoren relativ schnell durchgeführt werden können, benötigen Quasi-Peak-Detektoren eine wesentlich längere Messzeit. Bei Messempfängern ist 1 Sekunde pro Messpunkt üblich. Bei Spektrumanalysatoren ist das ebenso. Ein einzelner, vollständiger Messscan kann mit dem Quasi-Peak-Detektor so beispielsweise mehrere Stunden dauern. Es gibt jedoch einen Workaround, der die Messzeit deutlich verkürzt:

Das Messergebnis mit dem Peak-Detektor ist immer höher als das Messergebnis mit dem Mittelwert Detektor. Das Messergebnis des Quasi-Peak-Detektors liegt immer zwischen den Ergebnissen der Mittelwert- und der (positiven) Spitzenwertdetektor-Messung. Das Ergebnis der QP-Detektor-Messung wird nie höher sein, als das Messergebnis des (Positiv-)Peak-Detektors.

Führt man nun einen kompletten Scan mit dem Peak-Detektor durch und bewertet das Ergebnis dann mit den Quasi-Peak-Limits, lassen sich folgende Schlussfolgerungen treffen. Liegen die Signale innerhalb der QP-Limits, hat der Prüfling die Prüfung bestanden. Liegen einige Signale der Peak-Detektor-Messung über dem QP-Limit, besteht immer noch die Möglichkeit, dass das Quasi-Peak-Ergebnis innerhalb der Grenzen liegt. Falls die Störspitzen jedoch 10 dB oder mehr oberhalb der Grenze liegen, ist die Chance des Bestehens ziemlich gering.

Vergleich DANL bei unterschiedlichen Dämpfungseinstellungen (Att)



Zur finalen Verifizierung muss nur noch eine selektive Nachmessung mit dem Quasi-Peak-Detektor durchgeführt werden. Hier müssen aber eben nur die Frequenzpunkte, an denen die Peak-Detektor-Messung die Grenzwertlinie gekreuzt hat, gemessen werden. Bei der selektiven Nachmessung von Störspitzen mit kritischen Amplituden ist zu berücksichtigen, dass die Störspitzen in der Zeit zwischen den beiden Messungen in der Frequenz gedriftet sein können.

Spitzen, welche durch Schaltregler entstanden sind, können im Zeit- und Temperaturverlauf sogar erheblich driften. Würden nur die einzelnen Frequenzen nachgemessen werden, bestünde die Möglichkeit, dass die Energie der Spitzen nicht vollständig detektiert werden kann. Daher sollte die Nachmessung auch an mehreren benachbarten Frequenzpunkten durchgeführt werden. Die Zeitersparnis im Vergleich zu einem vollen QP-Sweep ist trotzdem noch immens.

## Interner Abschwächer, Vorverstärker

Beim Einstellen des Spektrumanalysators für EMV-Messungen ist eine sorgfältige Auswahl des internen Dämpfungsglieds ist unabdingbar. Der Screenshot zeigt die Auswirkung der internen Dämpfungs- und Vorverstärkereinstellungen auf die DANL des Analysators.

Bei der Durchführung von leitungsgebundenen Emissionsprüfungen besteht eine hohe Wahrscheinlichkeit für Störsignale mit hoher Amplitude. Die Wahl von 0 dB Eingangsdämpfung und eventuelles gleichzeitiges Einschalten des Vorverstärkers kann zu Intermodulationsverzerrungen und/oder ADC-Sättigung führen. Folglich sind die Standardeinstellungen für die meisten durchgeführten Emissionstests folgende: 20 dB Eingangsdämpfung und Vorverstärker ausgeschaltet. Einige Standards wie CISPR 25,

Klasse 5 leitungsgebundene Emissionen (Spannungsmethode), haben sehr niedrige Grenzwerte und erfordern daher die Reduzierung der Eingangsdämpfung.

Strahlungsemissionsmessungen erfordern eine sehr hohe Empfindlichkeit. Entsprechende Standardeinstellungen hier sind normalerweise 0 dB Eingangsdämpfung und Vorverstärker an. CISPR 16 schreibt vor, dass das Grundrauschen des Messaufbaus mindestens 6 dB unter dem Grenzwert liegen muss, dann es muss ein ausreichend großer Dynamikbereich zur Verfügbarkeit stehen, um auch kritische Störsignale zuverlässig messen zu können.

## Überlegungen zur Verzerrung

Wenn am HF-Eingang des Spektrumanalysators zu starke Signale angelegt werden, können in der Eingangstufe des Analysators, an den dort verbauten Elementen mit nicht-linearem Verhalten (Mischer, Verstärker) Verzerrungsprodukte entstehen. Diese sind im Messspektrum sichtbar und können als Störung des Testobjektes (fehl-)interpretiert werden. Der Anwender muss verstehen, wie die Entstehung der Verzerrungen mit dem Eingangssignal zusammenhängen. Dies ist notwendig, um das Messergebnis richtig interpretieren zu können und um die vom Analysator verursachten Verzerrungen von den Störungen des Testobjektes unterscheiden zu können.

Die dominantesten nicht-linearen Verzerrungen sind die Harmonischen zweiter und dritter Ordnung. Die Verzerrung zweiter Ordnung nimmt zum Beispiel quadratisch mit der Amplitude des Grundsignals zu. Wenn etwa die Grundleistung um 1 dB erhöht/verringert wird, erhöht/verringert sich die Verzerrung zweiter Ordnung um 2 dB. Mit Hilfe von Dämpfungsgliedern kann festgestellt werden, ob Störsignale von der Signalquelle stammen oder ob sie vom Spektrumanalysator erzeugt werden. □

# 224,6

Quelle: Destatis und  
ZVEI-eigene Berechnungen

**Milliarden Euro** betrug die Summe der aggregierten Exporte der deutschen Elektro- und Digitalindustrie im Jahr 2021 - ein Plus von 10,2 Prozent gegenüber 2020.

Ob sich dieser positive Trend auch 2022 fortsetzt, beliebt aufgrund der aktuellen Krisensituation abzuwarten. Mehr über aktuelle Elektronikrends erfahren Sie unter anderem in unseren Spezial-Beiträgen ab Seite 54.

# Digital Transformer of the Year

Der Award „Digital Transformer of the Year“ zeichnet seit 2017 die besten Transformator:innen der deutschen Wirtschaft in den Kategorien **AUTOMOTIVE, MANUFACTURING, HEALTH, MEDIA & HR** für herausragende Leistungen in der digitalen Transformation von Unternehmen aus.

Basis für die Nominierung ist eine deutschlandweite Studie zum Status in diesem Feld.

## Nehmen Sie teil !

Entscheiden Sie mit, welche Pioniere im Rahmen der Award-Verleihung am 2. Juni 2022 in Berlin von einer renommierten Jury ausgezeichnet werden.

Die Vorteile für Sie:

- Sie können den Gewinner des Digital Transformer Awards in Ihrer Branche mitbestimmen.
- Sie erhalten die Studienergebnisse exklusiv vorab.
- Sie können Tickets für die Award-Verleihung gewinnen.

### Mitmachen. Mitbestimmen.

Wer ist Digital Transformer of the Year 2022?



# M8-D

- Datenübertragung bis 100 MBit/s
- Geeignet für Ethernet-Anwendungen und Profinet-Umgebungen
- Zukunftssicheres Netzwerk PoE+
- 4-polig mit symmetrischer Anordnung
- IP67 in gestecktem Zustand

