



# FASZINATION ELEKTRONIK



GABE 9 | NOVEMBER 2017 | 17. JAHRGANG | WWW.INDUSTR.COM | FACEBOOK.DE/EUE24.NET



## INDUSTRIELEKTRONIK

Wie Sie Industrie 4.0 umsetzen

### GENERATIVES DESIGN

Künstliche Intelligenz  
als Entwickler S. 22

### CODE-GENERATOREN

Embedded-Systeme  
schneller entwickeln S. 34

### LICHT VS. KUPFER

Lichtleiter verbessern  
Netzwerke S. 48

ANZEIGE

Jetzt mehr als  
**6 Millionen**  
Produkte Online

**DIGIKEY.DE** 



# Platz 1 für DIGI-KEY:

# Beste Bewertung für die Gesamtleistung

Quelle: Distributor Evaluation Survey, *Electronic Specifier*, 17. März 2017

*Electronic*  
**Specifier**

**KOSTENLOSER  
VERSAND**  
BEI BESTELLUNGEN  
AB 50 € ODER  
\$60 USD

TELEFON: 0800 180 01 25  
**DIGIKEY.DE**



ÜBER 6 MILLIONEN PRODUKTE ONLINE | ÜBER 650 LIEFERANTEN | 100%-IGER VERTRAGSDISTRIBUTOR

\*Für alle Bestellungen unter 50,00 € wird eine Versandgebühr von 18,00 € in Rechnung gestellt. Bei Bestellungen unter \$60,00 USD wird eine Versandgebühr von \$22,00 USD berechnet. Alle Bestellungen werden per UPS, Federal Express oder DHL für die Lieferung innerhalb von 1 bis 3 Tagen (abhängig vom endgültigen Bestimmungsort) versendet. Keine Bearbeitungsgebühren. Alle Preise werden in Euro oder US-Dollar angegeben. Digi-Key ist ein autorisierter Distributor für alle Lieferpartner. Neue Produkte werden täglich hinzugefügt. Digi-Key und Digi-Key Electronics sind eingetragene Marken von Digi-Key Electronics in den USA und anderen Ländern. © 2017 Digi-Key Electronics, 701 Brooks Ave. South, Thief River Falls, MN 56701, USA





## Wir und die Maschine

Der Mensch hat ein gespaltenes Verhältnis zu seinen Maschinen. Er entwirft sie, um sich den Alltag zu erleichtern und ansonsten unerreichbare Ziele zu verwirklichen; schneller zu reisen, flotter und mehr zu produzieren, nicht wahrnehmbare Teilchen zu erkennen und die Geiseln seines Alltags, wie etwa Krankheiten, zu besiegen.

Manche dieser Geräte werden zum selbstverständlichen Teil unseres Lebens. Keinen Gedanken wert, solange sie ihre Funktion erfüllen. Zu anderen entwickeln wir eine regelrechte Beziehung. Wir pflegen sie. Sprechen mit ihnen. Begleiten sie uns lange genug, werden sie Mitglied unseres emotionalen Netzwerks. Natürlich nicht in dem Maße wie Haustiere oder Freunde. Dennoch schmerzt es uns, sobald sie ihr Leben aushauchen.

Andererseits empfinden wir Maschinen als Bedrohung. Ganz konkret etwa, wenn sie anfangen uns im Beruf zu ersetzen. Darüber hinaus scheint von ihnen aber noch eine weitere, weniger fassbare Gefahr auszugehen. Die Popularität zahlreicher Bücher und Filme speist sich aus diesem Gefühl. Sie erzählen vom Aufstand der Maschinen, der Versklavung und Vernichtung des Menschen durch die künstliche Intelligenz. Überflügeln uns die von uns geschaffenen Geräte dann im Alltag oder übernehmen sie Aufgaben, bei denen wir uns für besonders begabt halten, wie es zum Beispiel mit autonomen Fahrzeugen passieren wird, dann schießen uns diese Szenarien in den Kopf.

Stehen wir also kurz davor von Computer, Toaster und Bestückungsautomat unterjocht zu werden? Ich denke, die Zeit für Weltuntergangsszenarien ist noch nicht reif. Wichtiger ist es sich Gedanken zu machen, wie unser gesellschaftliches Zusammenleben in einer stark von Maschinen bestimmten Welt aussehen soll. Wenn sie mehr und mehr Menschen im Berufsleben ersetzen, muss geklärt werden, wie die Gemeinschaft mit den Ausgetauschten umgeht. Ob sich wirklich genügend neue Tätigkeiten auftun, wie bei den vergangenen industriellen Revolutionen, halte ich für äußerst fraglich. Das muss nicht unbedingt ein weiteres Horrorszenario bedeuten. Aus dem Wegfall vieler Tätigkeiten kann sich auch mehr Zeit für die restlichen Teile des Lebens ergeben. Und unter anderem dafür wurden die Maschinen doch entwickelt.

Ich wünsche Ihnen eine spannende Lektüre.

*Florian Streifinger*

Florian Streifinger, Managing Editor E&E



Elektro-Automatik

## Hightech Stromversorgungsgeräte und elektronische Lasten

bis 1500V, bis 5000A, bis 480kW

## HOCHLEISTUNGSSCHRÄNKE

**für automatisierte Prüfstände als Hochleistungsquelle, elektronische Last oder kombinierte Quelle-Senke, auch netzrückspeisend.** 19" Schränke 15 bis 42HE, standardisiert oder konfigurierbar.

PSI 9000 24U

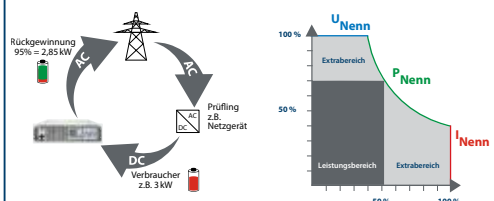
Konfigurierbar



PSI 9000 15U

### AUSSTATTUNG

- AC-Bus, DC-Bus, Sicherungen, Rollen, Türen, Not-Aus (Option)
- Standards EN 60950 (IT-Systeme) oder EN 60204-1 (Maschinen)
- User Software Paket EA-Power Control



[www.elektroautomatik.de](http://www.elektroautomatik.de)  
 ea1974@elektroautomatik.de  
 Helmholtzstraße 31-37  
 41747 Viersen, Deutschland  
 Tel. +49 (0) 21 62 / 37 85 - 0

## Auftakt



- 6 FOTOREPORTAGE**  
**Im Rampenlicht**  
 Schlankheitskur für elektronische Bauteile

## Rubriken

- 3 Editorial**  
**39 Ackermanns Seitenblicke**  
*Geh't's auch ohne Smartphone?*  
**64 Impressum**  
**64 Firmenverzeichnis**  
**66 Aufgeschraubt**



## Industrieelektronik



- 8 EINLEITUNG**  
**Industrie 4.0 umsetzen**  
 Wie sich das Industrial IoT und Industrie 4.0 gestalten lassen
- 10 DIGITALISIERUNG**  
**„Die gesammelten Daten werden zu wenig genutzt“**  
 Thomas Grömmel, T-Systems, über den Einstieg in Industrie 4.0
- 14 IT-SICHERHEIT**  
**Maschinen und Kapital sichern**  
 Wieso die gängige Security nicht ausreicht
- 18 10 TIPPS**  
**Schnell und sicher ins IIoT**  
 Eine passende Netzwerkinfrastruktur umsetzen
- 22 ZUKUNFT DES DESIGNS**  
**„KI als Entwicklungsmitglied“**  
 Mickey McManus, Autodesk, über generatives Design

## Stromversorgung & Leistungselektronik



- 26 IGBT-MODULE**  
**Kompakte Leichtgewichte**  
 Höhere Energiedichte bei kleinerer Bauform
- 30 ÜBERWACHUNG VON FREILEITUNGEN**  
**Durchgehender Strom**  
 Netzstromsensoren verbessern das Verteilungsnetz



## Embedded-Systeme & Baugruppen



34

- 34 MCUS UND SOCS**  
**Die Komplexität beherrschen**  
 Leichtere Dokumentation in der Embedded-Entwicklung

- 40 SMARC 2.0**  
**Neue Version, alte Basis**  
 Welche Änderungen SMARC 2.0 für Embedded-Systeme bringt

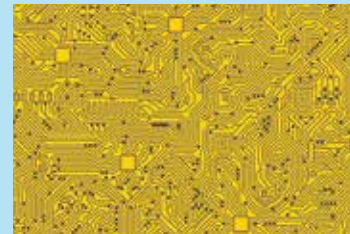
## Elektromechanik & Verbindungstechnik



44

- 44 STECKVERBINDER**  
**Online statt offline**  
 Störungsfreier Betrieb von Mobilfunknetzen
- 48 LUFTFAHRTTECHNIK**  
**Licht gegen Kupfer**  
 Hochdichte Faseroptik für den Flugzeugbau
- 52 STECKER IN ELEKTRONIKBAUGRUPPEN**  
**Der Trend zum Kleinteiligen**  
 Die Miniaturisierung von Steckverbindern bewältigen

## Heft-im-Heft: Elektronikfertigung ab S. 55



- 56 VAKUUM-ÄTZEN**  
**Moderne Fertigung**  
 Bei der Produktion auf die Umwelt achten
- 60 HMI-PLATTFORM**  
**Ein Geschenk für Entwickler**  
 Motion- und CNC-Controller unterstützen Maschinenhersteller
- 65 FIRMENPROFIL**  
**Turck duotec**

## Wärmeleitfolien **DETAKTA**



### Unverstärkte Pad Typen

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



### Glasgewebe Deckfolie Pads

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



### Silicon-Glasgewebe Folie

SB-HIS-5	5 W/mK
SB-HIS-4	4 W/mK
SB-HIS-2	2 W/mK
SB-HIS	1 W/mK
Dünne glatte Folie, <b>auch einseitig haftend - ohne zusätzlichen Kleber.</b>	

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)

# IM RAMPENLICHT

Ein neues Fertigungsverfahren verspricht eine Schlankheitskur für elektronische Bauteile. Gedruckt auf eine Folie können diese die Grundlage für flexible Displays und Sensoren bilden.

TEXT: Sabrina Quente, E&E BILD: Fraunhofer IPT

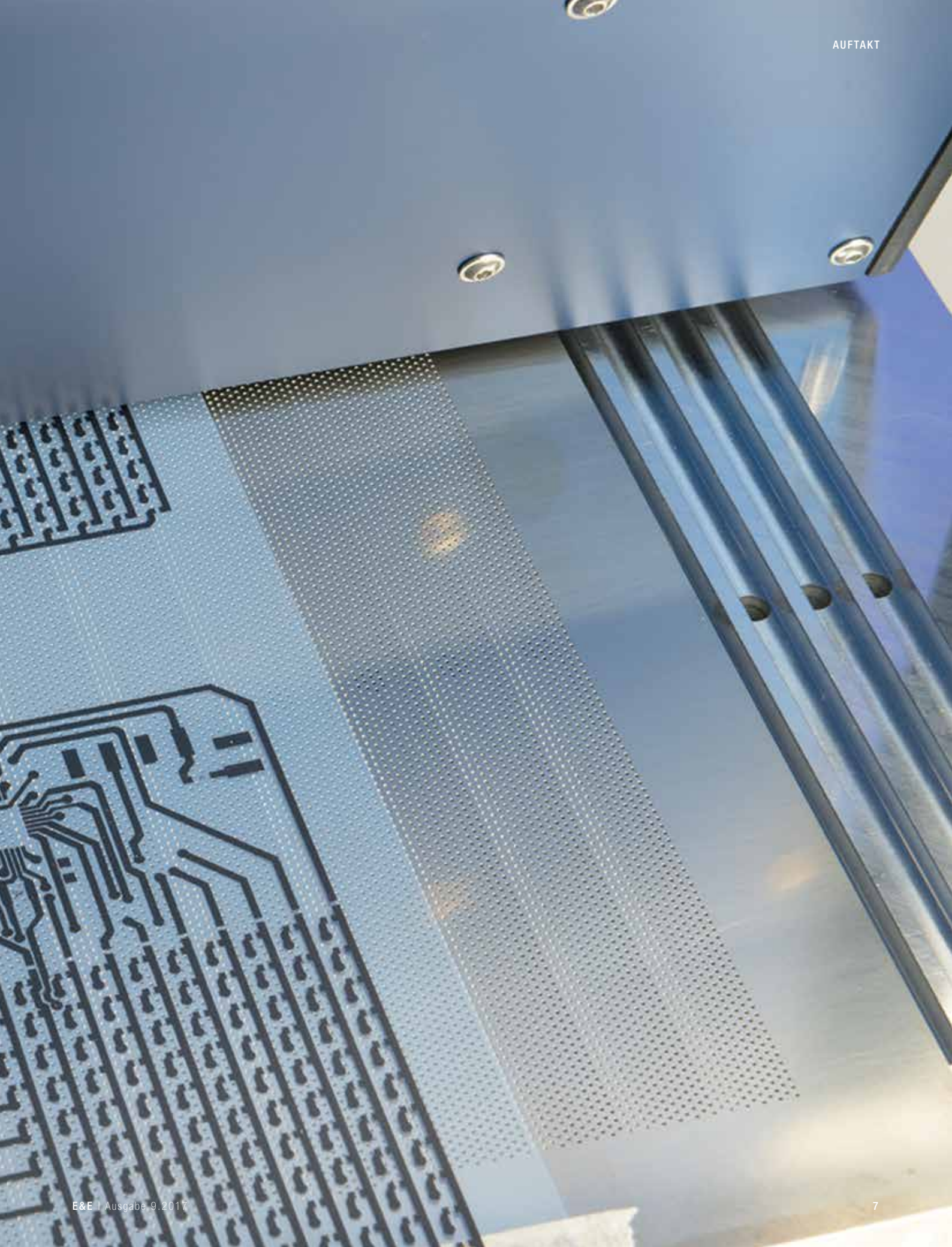
## Folie trifft Halbleiter

Das Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT hat ein Verfahren entwickelt, mit dem sich flexible elektronische Komponenten in großer Stückzahl herstellen lassen. Dazu werden Leiterbahnen mit leitfähiger Tinte oder Kunststoffen direkt auf Folie gedruckt. Bestückt mit elektronischen Komponenten eröffnen diese Folien ein breites Spektrum an Anwendungen: von Sensoren für die Verpackungsindustrie bis hin zu Schnelltests für medizinische Untersuchungen.

Durch die Kombination gedruckter Folien mit komplexeren Halbleiterelementen lassen sich über die Leitung elektrischer Signale hinaus auch weitere Funktionen integrieren. Die Herstellung solcher kombinierter Baugruppen bietet jedoch einige Herausforderungen, etwa bei der Montage der Systeme, gerade wenn optische Funktionen gefragt sind. Das Fraunhofer IPT erforscht deshalb zum einen das Rolle-zu-Rolle-Verfahren zur kontinuierlichen Herstellung flexibler, hybrider Schaltungsträger und entwickelt Fertigungsmodule für bestehende Produktionsanlagen. Sie kombinieren diese Technologie außerdem zusätzlich mit einer Basismaschine zur automatisierten Aufbau- und Verbindungstechnik für opto-elektronische Systeme wie Laser oder Kameras.

Dadurch gelingt es, gedruckte Elektronik kontinuierlich zu fertigen und im nächsten Schritt mit elektronischen Komponenten zu bestücken. Künftig könnten auf diese Weise komplette Lab-on-a-Chip-Systeme kostengünstig in großen Stückzahlen hergestellt werden.







## EINLEITUNG

# Industrie 4.0 umsetzen

Das Industrial IoT und Industrie 4.0 sind weiterhin die großen Trendthemen in der Industrie-elektronik. Ihre Umsetzung gestaltet sich allerdings deutlich schwieriger, als es auf den ersten Blick wirkt. Hilfreiche Tipps dafür finden Sie auf den folgenden Seiten.

**TEXT:** Florian Streifinger, E&E **BILDER:** iStock, LuckyTD

Die Begriffe Industrie 4.0 und das Internet of Things (IoT), im Industriebereich mittlerweile als Industrial IoT (IIoT) bezeichnet, geistern bereits seit einiger Zeit durch die Wirtschaftswelt. Beschrieben und besprochen sind beide zur Genüge. Umsetzungen sind hingegen weiterhin wenige zu sehen. Das liegt vor allem an zwei Punkten: Erstens ist das technisch

deutlich komplexer, als es zunächst erscheint, und zweitens fehlen oft noch die Ideen für konkrete Projekte.

Der Grundgedanke hinter Industrie 4.0 klingt zunächst recht einfach: Produktion, Einkauf, Lagerhaltung, Logistik und Vertrieb miteinander verbinden und schon steht die fer-





## Das funktioniert

tige smarte Fabrik. Sie fertigt nur, was gerade benötigt wird, besorgt die dafür gebrauchten Bauteile selbst und organisiert gleich noch die Auslieferungen. Außerdem kennt sie den Zustand der Maschinen und Komponenten und weiß wann der sinnvollste Zeitpunkt für die nächste notwendige Wartung ist. Das Ganze garniert sie noch mit extra Services und Leistungen für die Kunden, um zusätzliche Einnahmen zu generieren.

In der Praxis ist das leider deutlich schwerer umzusetzen, als es in der Theorie klingt. Oft scheitert es bereits an der Verbindung und dem Datenaustausch der unterschiedlichen Unternehmensbereiche. Wie sich eine sinnvolle Netzwerkstruktur für das IIoT aufbauen lässt, verrät der Beitrag auf Seite 18.

Steht diese einmal, und ist vielleicht sogar mit der Cloud verbunden, ergeben sich neue Gefahren. Eine große Anzahl an Malware wird mittlerweile speziell programmiert, um Industrienetze anzugreifen. Die Programme Industroyer und NotPetya richteten in diesem Jahr bei Unternehmen, einige prominente Beispiele sind Merck, Beiersdorf und die dänische Reederei Maersk, erheblichen Schaden an. Gerade vernetzte Unternehmenssysteme müssen deshalb besonders geschützt werden. Welche Möglichkeiten es dafür gibt und was von den gängigen Methoden zu halten ist, erfahren Sie ab Seite 14.

Großer Nachholbedarf besteht außerdem bei der Nutzung der immensen Datenberge, die bereits in vielen Firmen erhoben werden. Das sieht zumindest Thomas Grömmel von dem IT-Dienstleister T-Systems Multimedia Solutions so. Im Interview ab Seite 10 verrät er, wie Firmen den Einstieg in Industrie 4.0 bewältigen können. □

- mit einer riesigen Auswahl
- mit bester Qualität
- mit einzigartigem Service

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

**Bürklin**  
DIE GANZE ELEKTRONIK

## DIGITALISIERUNG

# „Die vorhandenen Daten werden für Industrie 4.0 noch zu wenig genutzt“

Industrie 4.0 ist weiterhin das große Trendthema in der Industrie. Breit umgesetzt ist es aber noch nicht. Wir sprachen mit Thomas Grömmner, Leiter der Abteilung Digital Commerce bei T-Systems Multimedia Solutions, über die Gründe und wie Firmen den Einstieg am besten bewältigen können.

TEXT: Florian Streifinger, E&E

BILD: T-Systems Multimedia Solutions

**E&E: Bei vielen Umsetzungen von Industrie 4.0 geht es vor allem um die Steigerung der Effizienz und geringere Kosten. Wieso sieht man so wenige Projekte, die darüber hinaus gehen?**

Thomas Grömmner: Der Einstieg in Industrie 4.0 erfolgt meistens um Kosten zu sparen, schneller zu werden oder eine höhere Qualität der Produkte zu erreichen. Meine Erfahrung ist allerdings, dass viele Firmen während dieser Anfangsphase auf zusätzliche Ideen stoßen. Aus diesen können sich neue Geschäftsideen entwickeln. In vielen Fällen stehen die Unternehmen damit aber noch am Anfang.

**Haben Sie dafür ein konkretes Beispiel?**

Ein langjähriger Kunde von uns plante zunächst nur einen klassischen On-

line-Shop. Nach der Umsetzung erkannte er aber, dass sich dieser nicht nur für seine eigenen Produkte eignet, sondern auch für Partnerfirmen und Unternehmen aus dem Bereich. Aus dem Online-Shop wurde dadurch eine E-Commerce-Plattform für viele Unternehmen, die zusätzliche Einnahmen erzielt. Viele neue Ideen ergeben sich erst aus der Erfahrung, die die Firmen während der ersten Projekte sammeln.

**Bei Industrie 4.0 ist oft von der smarten Fabrik die Rede, die zum Beispiel nur solche Mengen produziert, die auch tatsächlich nötig sind. Haben Sie bereits solche Projekte umgesetzt?**

Das kommt noch relativ selten vor. Wir betreuen aber gerade ein Projekt, bei

dem es darum geht die Produktionsplanung mit Hilfe der Verkaufsdaten aus den vergangenen Jahren zu steuern. Das ist an sich noch nichts Neues. Interessant wird es durch die Genauigkeit, die man mittlerweile erreichen kann. Aus den Daten lässt sich unter anderem ableiten, zu welchen Tageszeiten welche und wie viele Produkte verkauft wurden. Damit soll in Zukunft dann auch die Produktion gesteuert werden.

**Welches Vorgehen würden Sie Firmen empfehlen, die in Industrie 4.0 einsteigen möchten?**

Meiner Erfahrung nach kommen nur sehr wenige Firmen bereits mit einem konkreten Geschäftsmodell auf uns zu. Oft haben sie kleinere Ideen, die sich aus



ihren Anlagen und Geräten heraus ergeben. Ich rate den Firmen dennoch den Einstieg zu wagen. Dieser Aufruf an die Unternehmen ist mir sehr wichtig: Es einfach mal zu machen. Die Erfahrungen, die die Firmen dabei sammeln, sind sehr wertvoll. Außerdem ergeben sich wie gesagt bei der Umsetzung dieser ersten Ideen sehr häufig zusätzliche Einfälle, die die Unternehmen vorher überhaupt nicht im Blick hatten. In Deutschland ist mein

Eindruck, muss immer alles von vorne bis hinten bereits durchgeplant sein. Am besten mit einem großen fertigen Business Case. Das ist die falsche Mentalität. Die Gründer von Google wussten beispielsweise zu Beginn auch nicht genau, wie sie am Ende Geld machen werden. Das hat sich Stück für Stück entwickelt. Ich wünsche mir, dass diese Mentalität aus den USA auch nach Deutschland und Europa überschwappt.

### *In welchem Bereich herrscht bei Industrie 4.0 in Deutschland der größte Nachholbedarf?*

Die Unternehmen in Deutschland stellen sehr gute Produkte her. Die Qualität ist unser großes Plus. Diese Geräte und Bauteile nehmen außerdem viele Daten aus ihrer Umgebung auf. Diese Informationen werden aber noch viel zu wenig genutzt. Einerseits könnten die Firmen damit ihre Produkte weiterentwickeln,



## SPS IPC Drives

Messe Nürnberg 2017 · 28.-30.11.2017 Halle 3A · Stand 710

### » Mein starker Partner - für Automatisierung und Industrie 4.0 «

- ✓ Innovative Lösungen aus dem Bereich elektrische Automatisierung
- ✓ Produkt-Highlights
- ✓ Live-Demos und interessante Vorträge
- ✓ Exklusive Services

**Save the date:**  
**28.11.-30.11.2017**

Informationen finden Sie  
unter **sps.conrad.de**



Erleben Sie 3 Tage  
Live Produkt-Demos,  
Innovationen und  
spannende Vorträge!  
[sps.conrad.de](http://sps.conrad.de)

**CONRAD**  
Business Supplies



NEU

## DER NEUE KONFOKALE UNIVERSAL- CONTROLLER

**confocalDT IFC2421/22**  
**Konfokaler Mittelklasse-Controller**  
**in Ein- und Zweikanal-Ausführung**

- Hochpräzise Weg- und Abstandsmessung auf nahezu allen Oberflächen
- Dickenmessung von Glas und transparenten Objekten
- 2 Sensoren mit nur einem Controller
- Extrem kleiner Messfleck zur Erfassung kleinster Teile
- Einfache Bedienung über Webbrowser



Besuchen Sie uns  
SPS/IPC/Drives  
Halle 7A / Stand 130

**Tel. +49 8542 1680**

**[www.micro-epsilon.de/konfokal](http://www.micro-epsilon.de/konfokal)**

andererseits eben auch Geschäftsideen ableiten. Da besteht ein riesiges Potential. Man muss aber auch die richtigen Fragen an diese Informationen richten. Da besteht noch ein großer Nachholbedarf. Fast alle Hersteller haben noch keine zufriedenstellende Strategie dafür entwickelt, diese Daten zu nutzen.

*Es fehlen also vor allem Ideen für die Nutzung der Daten?*

Konkrete Ideen fehlen definitiv. Wie gesagt soll das nicht der Grund sein, nicht im kleinen eine digitale Strategie umzusetzen. Einfach um schon mal Erfahrung zu sammeln und Anregungen zu bekommen. Aber richtige fertige Strategien habe ich bisher nur wenige gesehen. Die meisten wissen nicht, was sie mit den gesammelten Daten machen und wie sie sie kommerzialisieren sollen.

*Solche Geschäftsideen kommen nicht von allein. Wie können Firmen vorgehen, um sie zu entwickeln?*

Das stimmt. Oft ist es eine gute Idee die Entwicklung nicht selbst im Unternehmen umzusetzen. Da ist der Blick häufig zu eingeschränkt. Ich würde stattdessen ein passendes Start-up kaufen oder eines gründen und externe Mitarbeiter dafür verpflichten. Die müssen auch nicht aus der Branche kommen. Dieses Start-up hat dann einzig den Auftrag, aus den Da-

ten neue Geschäftsideen zu generieren. Das klingt erst mal sehr verrückt und ist auch mit einem gewissen Risiko verbunden. Natürlich kann am Ende auch kein befriedigendes Ergebnis herauskommen. Ich halte es dennoch für den sinnvollsten Weg.

*Der finanzielle Aufwand dafür ist erheblich. Welche Möglichkeiten bestehen für Firmen, die nicht über soviel Kapital verfügen?*

Natürlich kostet das einiges. Falls Unternehmen das nötige Kapital abgeht oder sie das finanzielle Risiko dafür scheuen, bieten wir zum Beispiel Kreativworkshops an. Bei diesen nutzen wir verschiedenen Methoden, um zunächst die Ideen, die bereits bei den Verantwortlichen vorhanden sind, herauszukitzeln. Diese strukturieren wir dann gemeinsam und arbeiten konkrete Konzepte heraus. Das sind grob die zwei möglichen Richtungen die ich sehe.

*Ein großes Problem bei der Auswertung von Daten ist oft auch eine einseitige Datenbasis. Müssen Firmen in diesem Bereich stärker kooperieren und Daten austauschen?*

Definitiv. Daten auszutauschen reicht aber nicht aus. Hinsichtlich des starken asiatischen Markts, aber auch generell der Globalisierung, müssen deutsche Firmen



*„Fast alle Hersteller haben noch keine zufriedenstellende Strategie entwickelt, wie sie die gesammelten Daten kommerzialisieren möchten.“*

**Thomas Grömmel, T-Systems Multimedia Solutions**

viel stärker kooperieren, falls sie weiterhin bestehen möchten. Das bedeutet natürlich nicht, dass sie sich direkt zusammenschließen sollen, aber eben stärker zusammenarbeiten. Das kann zum Beispiel auch in Form von Produktbündles sein. Kommt eines der Unternehmen zum Beispiel aus dem Bereich der Steckverbinder und ein anderes aus der Sensorik, können sich daraus interessante Kombinationen ergeben, die keiner der Einzelunternehmen vorher so wahrgenommen hat. Wurschteln beide aber einzeln weiter vor sich hin, ohne sich zu koordinieren, dann werden sie es meines Erachtens

schwer haben in den nächsten 10, 15, 20 Jahren dauerhaft gegen die weltweite Konkurrenz zu bestehen. Obwohl sie beide an sich sehr gute Produkte herstellen.

***Halten Sie solche Kooperationen denn für realistisch? Viele Firmen sind bisher eher vorsichtig, wenn es um den Austausch von Daten und Interna geht.***

Natürlich ist mein Blick der eines IT-Dienstleisters und somit eines Außenstehenden. Auf jeden Fall wird es da Probleme geben. Gerade, wenn es bei den Firmen Überschneidungen bei den

Produkten gibt, sie sich also in einer Wettbewerbssituation befinden. Da lassen die Firmen salopp gesagt schon die Hosen runter, wenn sie zusammenarbeiten. Deshalb kommt es oft nicht zu einer Kooperation. Dennoch gibt es auch in solchen Fällen Möglichkeiten zusammenzuarbeiten. Gerade, wenn die Firmen erkennen, dass sie nur so auf lange Sicht erfolgreich sein können. In der IT öffnen sich Salesforce und SAP auch gegenüber dem jeweils anderen, obwohl sie direkte Konkurrenten sind. Wieso sollte das dann nicht auch in der Industrie funktionieren? □

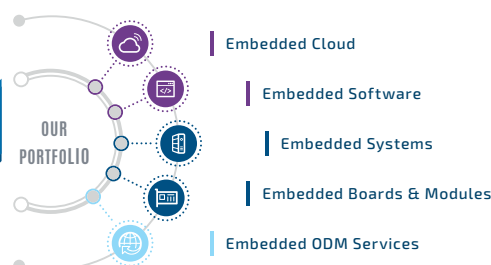


Kontron – An S&T Company

## INDUSTRIE 4.0 – EMBEDDED CLOUD AUS EINER HAND

### Driving your embedded cloud!

Gemeinsam entwickeln wir zuverlässige, industrietaugliche Application Ready Lösungen für Ihre Anwendung im Industrie 4.0 Umfeld, vom Edge und Fog Computing bis zur Cloud – sicher und vernetzt.



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

IT-SICHERHEIT IN DER INDUSTRIE 4.0

# MASCHINEN UND KAPITAL SCHÜTZEN

Durch die zunehmende Vernetzung wird die Computersicherheit für industrielle Steuerungssysteme immer wichtiger. Doch nicht alle Cyber-Sicherheitslösungen bieten die Funktionen, die Industrie-4.0-Umgebungen für ihren Schutz tatsächlich benötigen: ein Überblick über die verbreitetsten Möglichkeiten und für welche Systeme sie sich eignen.

TEXT: Stefan Sebastian, Rhebo BILDER: Rhebo; iStock, Danil Melekhin

Die deutsche Industrie ist spätestens seit den Cyber-Attacken durch die Schadprogramme WannaCry, Industroyer und NotPetya in einer Art Schockstarre. Denn plötzlich stehen Verfügbarkeit, Produktivität und Kontinuität ihrer Anlagen auf dem Spiel. Das erfuhr jüngst auch die weltgrößte Containerschiff-Reederei Maersk. Rund 300 Millionen Euro soll der Schaden betragen, den die Malware NotPetya beim international agierenden Konzern im Juni 2017 angerichtet hat. Die Malware legte unter anderem die IT-Infrastruktur der Reederei samt einiger Bohrinseln sowie des Hafenbetreibers APM Terminals lahm.

Grundlegende Betriebsabläufe wie das Be- und Entladen von Containerschiffen sowie die Ölförderung wurden nachhaltig gestört. Neben Maersk waren auch weitere große Industrieunternehmen wie Beiersdorf, Merck und Reckitt Benckiser von NotPetya betroffen.

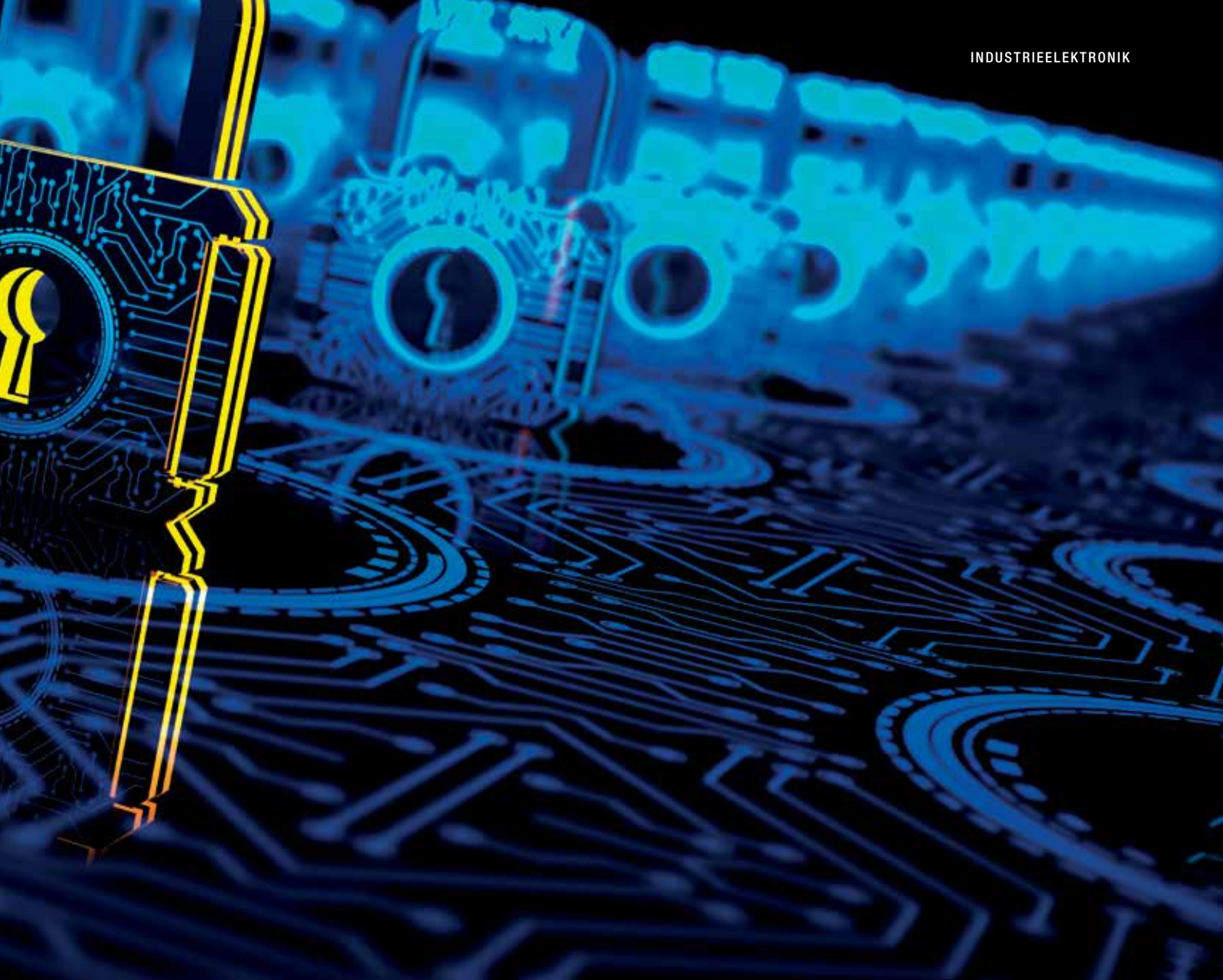
## Anfällige IT-Sicherheit

Angriffe wie diese zeigen, wie anfällig die gängigen IT-Sicherheitslösungen gegenüber modernen Schadprogrammen sind. Und der Trend zu Industrie 4.0 und dem Industriellen Internet der Dinge (IIoT) bringt weitere Herausfor-

derungen mit sich. Aufgrund der zunehmenden Vernetzung und Komplexität der Fertigungszellen wächst die Unübersichtlichkeit der aktiven Komponenten und Kommunikationsstrukturen. Eine Vielzahl von Abläufen wird durch Geräte verschiedener Hersteller mit unterschiedlichen Konfigurationen ausgeführt. Das erhöht die Gefahr von Netzwerk-Problemen. Für Unternehmen ist deshalb ein vollständiger Überblick über ihre Systeme und ein funktionierendes Cyber-Asset-Management notwendig.

Mit Hilfe des Cyber-Asset-Managements lassen sich Komponenten und





Kommunikationsaktivitäten priorisieren und in einer Risikolandkarte abbilden. Somit ist eine fundierte Risikoeinschätzung möglich. Außerdem erfordern von den Firmen gewünschte Symbiose-Effekte und Big Data eine zunehmende Integration der Steuerungssysteme (Operational Technology, OT) in die Unternehmens-IT, wofür Brückenfunktionen gefragt sind.

Die gängigen IT-Sicherheitskonzepte sind in diesem Zusammenhang jedoch umstritten. IT-Sicherheitsexperte Sandro Gaycken von der Wirtschaftshochschule ESMT Berlin bemängelte

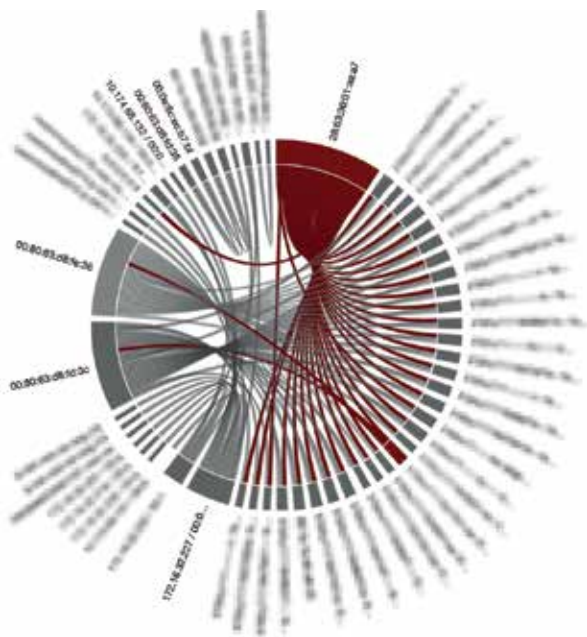
jüngst, dass alles, was konventionell am IT-Sicherheitsmarkt erhältlich sei, nicht richtig funktioniere. Im Umfeld industrieller Steuernetze sei deren Funktion sogar noch fragwürdiger. Was genau leisten also die verschiedenen Technologien für Industrie 4.0?

### Firewalls gegen externe Bedrohungen

**Firewalls** dienen dem Perimeter-schutz und der Absicherung der Ebene 1 gegen externe Bedrohungen. Sie wehren gegen bekannte externe Gefahren ab, die zuvor auf eine Gefahrenliste des jeweiligen

Herstellers der Firewall gesetzt wurden. Firewalls benötigen deshalb kontinuierliche Updates. Sie zeigen jedoch nur eine beschränkte Wirksamkeit bei der Abwehr von Gefahren für die Anlagenverfügbarkeit. Es werden weder Anomalien wie Netzwerkengpässe, eine fehlerhafte Kommunikation noch Probleme bei der Konfiguration erkannt und gemeldet. Auch gegen sogenannte Advanced-Persistent-Threats, also zielgerichtete Angriffe von Hackern, die sich langfristig im Netzwerk einnisten möchten, bieten Firewalls nur einen unzureichenden Schutz. Sie können in einer integrierten Umgebung von IT und OT zwar als Da-





Wer kommuniziert mit wem? Mit einem übersichtlichen Cyber-Asset-Management sorgen Unternehmen für Transparenz in ihrem Steuernetz.

tenempfänger und Exekutive – beispielsweise für das Management von Meldungen aus der Anomalie-Erkennung – eingesetzt werden. Sie sind selbst jedoch nicht auf industrielle Umgebungen spezialisiert. Die Reporting-Funktion ist zudem gering. Die Kosten für sie liegen im mittleren Bereich.

### Intrusion-Detection-System

Das Ziel von **Intrusion-Detection-Systemen (IDS)** ist die Abwehr bekannter Zugriffsmuster auf ein Netzwerk. Eingesetzt werden sie deshalb vorrangig beim Management von Autorisierungen in der Unternehmens-IT. Wie bei Firewalls basiert die Gefahrenabwehr auf einer zuvor aufgestellten Gefahrenliste. Dennoch muss häufig mit falsch-positiven und falsch-negativen Meldungen gerechnet werden. Genau wie bei Firewalls existiert keine Spezialisierung auf industrielle Umgebungen. Anomalien wie Netzwerk-Engpässe, eine fehlerhafte Kommunikation oder Konfigurationsprobleme werden nicht gemeldet. Die Kompatibilität mit OT-Umgebungen ist daher gering. Dennoch ist die Nutzung bestehender IDS als Datenempfänger und Exekutive in IT/OT-Umgebungen

sinnvoll. Die Kosten für Intrusion-Detection-Systeme fallen verhältnismäßig hoch aus, da geschultes Fachpersonal benötigt wird.

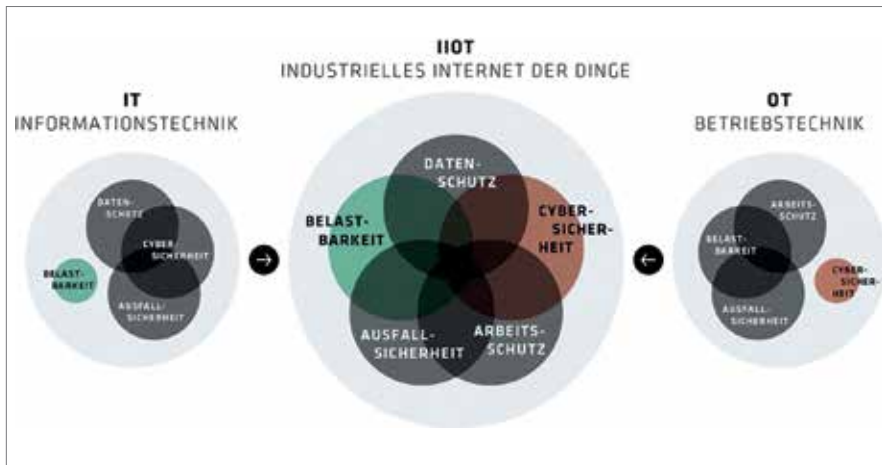
### SIEM-Systeme

Das Ziel von **Security-Information- und Event-Management-Systemen (SIEMS)** ist die langfristige Analyse der Kommunikationsstruktur sowie die Identifikation von Sicherheitslücken und Gefahren in Unternehmensnetzwerken. Verdächtige Aktivitäten werden dabei grafisch und statistisch visualisiert und in ein detailliertes Reporting eingebettet. SIEM-Systeme benötigen eine aktive Datenzuleitung sowie einen hohen Konfigurations- und Speicheraufwand. Zudem wird für das Management von ihnen spezifisches Fachwissen verlangt. Die Software selbst benötigt lange Lernzyklen, um optimale Ergebnisse zu liefern. Das alles führt zu sehr hohen Kosten. SIEM-Systeme sind jedoch nicht auf industrielle Umgebungen spezialisiert und konzentrieren sich vorrangig auf die Unternehmens-IT. Eine Meldung der bereits skizzierten Anomalien erfolgt daher nicht. Zudem wird das Logging von SCADA-Systemen an SIEM-Syste-

me häufig nicht unterstützt. Ähnlich der vorangegangenen Technologien lassen sich SIEM-Systeme dennoch als Big-Data-Sammelstelle für Sicherheitsvorfälle aus anderen Systemen in IT/OT integrieren. Die direkte Kompatibilität mit der OT-Umgebungen bleibt jedoch weiterhin gering.

### Anomalie-Erkennung speziell für die Industrie

Eine **industrielle Anomalie-Erkennung** erweitert die Funktion gängiger IT-Sicherheitstechnologien. Neben der Cyber-Sicherheit (Firewall, IDS, SIEM) und dem Network Monitoring (SIEM) tritt auch die Gewährleistung der Anlagenverfügbarkeit und Produktivität in den Vordergrund. Die Technologie ermöglicht ein kontinuierliches Network-Condition-Monitoring komplexer OT-Netze. Dafür liest sie jegliche Kommunikation im Steuernetz mit, detektiert alle Abweichungen vom Standardkommunikationsmuster – ob bekannt oder unbekannt – und macht Netzwerke vollständig transparent. Dadurch ist die Technologie zum einen unabhängig von den bekannten Gefahrenlisten der klassischen Sicherheitsdienstleister. Zum



Das Industrielle Internet der Dinge bedeutet eine Zusammenführung von IT und OT zu einer gesamtheitlichen Strategie.

anderen erlaubt die Transparenz ein detailliertes Network-Mapping und dient damit als Grundlage eines effektiven Cyber-Asset-Managements. Alle Meldungen erfolgen im System in Echtzeit und ermöglichen eine unmittelbare Reaktion auf Vorfälle. Das sehr detaillierte Reporting, zum Beispiel über die Rohdaten-Bereitstellung mittels Deep-Packet-Inspection, unterstützt den Erkenntnisgewinn bei forensischen Analysen. Die industrielle Anomalie-Erkennung arbeitet dabei rückwirkungsfrei, passiv und erfordert einen geringen Konfigurations- und Speicheraufwand. Beim maschinellen Lernen sind zudem die Lernzyklen kurz. Die Kosten für solche Systeme sind ähnlich IDS im vergleichsweise hohen Bereich angesiedelt.

Im Gegensatz zu den oben aufgeführten Technologien ist die industrielle Anomalie-Erkennung jedoch auf industrielle Umgebungen spezialisiert. Neben Cyber-Sicherheitsgefahren werden auch Anomalien wie Netzwerk-Engpässe, fehlerhafte Kommunikation und Konfigurationsprobleme sicher gemeldet. Je nach Anbieter erhalten die Anomalie-Meldungen eine Risikobewertung (Risk Scoring), sodass die Verantwort-

lichen im Unternehmen die Meldungen entsprechend priorisieren können. Mittels verschiedener Schnittstellen ist eine vollständige Integration in die IT/OT-Umgebung möglich. Dadurch kann die industrielle Anomalie-Erkennung die Brücke zwischen Leitstand, MES, SAP und anderen Sicherheitstechnologien der Unternehmens-IT (Firewall, SIEMS) bilden und wichtige Netzwerk-Daten für die Qualitätssicherung, Prozessoptimierung, Cyber-Security und für Predictive Maintenance bereitstellen.

### Die beste Sicherheitslösung

Unternehmen sollten sich zunächst bewusst werden, was sie von einer Monitoring- und Cyber-Sicherheitslösung für ihre Industrie-4.0-Umgebung erwarten. Reicht eine einfache Absicherung nach außen oder sollen die Fertigungszellen vollständig in die IT-Strategie integriert werden? Insbesondere das Zusammenspiel verschiedener Ansätze, zum Beispiel Firewall als Ebene-1-Absicherung und industrielle Anomalie-Erkennung als Ebene-2-Monitoringlösung, erlaubt hierbei eine sehr gute Zusammenführung von OT und IT zu einem ganzheitlichen System. □



Pushing Performance

## PUSHING INNOVATIONS

## MICA. MACHT IHRE FERTIGUNG ZUM FLEXIBILITÄTS-WUNDER.

### Datenverarbeitung zwischen Endgeräten und IT-System. Mica

- Modulare und offene Plattform für maximale Flexibilität in der Fertigung
- Individuell anpassbar zum Neuentwickeln und Nachrüsten von Maschinen und Produktionsanlagen
- Robust und wartungsfrei mit IP67 und EN 50155
- Rechenleistung, Infrastrukturverkabelung und Integration aus einer Hand

Mehr erfahren Sie unter 0571 8896-0 oder mailen Sie an [de@HARTING.com](mailto:de@HARTING.com)



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

## 10 TIPPS

# Einfach, schnell und sicher ins IIoT

Das Industrial Internet of Things benötigt eine passende Netzwerkinfrastruktur. Die folgenden Tipps geben einen Überblick, worauf Unternehmen bei deren Umsetzung achten sollten.

TEXT: Moxa BILDER: iStock, Xurzon, blackred



Das Industrial Internet of Things (IIoT) soll unter anderem die Effizienz der Produktion steigern und sie flexibler machen. Um den Mehrwert des IIoT voll auszuschöpfen, muss zunächst eine durchdachte Netzwerkinfrastruktur vorhanden sein, welche die wichtigsten Voraussetzungen bezüglich Bandbreite, Sicherheit, Effizienz, Flexibilität und Verfügbarkeit erfüllt.



## Ausreichende Bandbreite

Quad-Play-Dienste, das bedeutet zusammengefasste Daten-, Voice-, Video- und Steuerungsdienste, sind immer häufiger Bestandteil

moderner Industrienetzwerke. Aufgrund dessen ist die Netzwerkübertragung komplexer geworden und erfordert eine höhere Bandbreite, um die verschiedenen Arten von Daten zu übertragen. Das gilt insbesondere für Videodaten. Eine große Bandbreite, erreicht etwa durch eine Gigabit-/10-GbE-Lösung oder durch 802.11n Wireless, unterstützt grundsätzlich einen optimalen Netzbetrieb. Da sich die Menge der eingesetzten Geräte über die Zeit verändern kann, verändern sich häufig auch die anfänglichen Anforderungen. Eine ausreichende Bandbreite sichert somit nicht nur den aktuellen Netzbetrieb, sondern sorgt auch

dafür, dass das Netzwerk nicht irgendwann instabil wird.

Neben der Bandbreite bringt die Übertragung von Video-Streams verglichen mit reiner Datenübertragung ganz andere Herausforderungen mit sich. Um Video-Datenpakete zu übermitteln, setzen Ingenieure verschiedene Protokolle ein. Beispielsweise erneuert das IGMP-Protokoll Multicast-Group-Tables alle 125 Sekunden. Falls sich ein Netzkabel lösen oder ein Ethernet-Switch Strom verlieren sollte, werden die Multicast-Streams folglich nicht automatisch an einen Back-up-Pfad weitergeleitet. Die Video-Frames sind verloren. Fortschritt-





liche Technologien mit Wiederherstellungsfunktion im Millisekundenbereich schaffen hier Abhilfe.

# 2

## Netzwerke sicherer machen

Ein widerstandsfähiges Steuerungsnetzwerk muss in der Lage sein, ungewollten Traffic zu erkennen und diesen herauszufiltern. Es gibt mehrere Optionen, um das Netzwerk in einem Defense-in-Depth-Ansatz sicherer zu machen. Dieser verwendet ein Zonen- und Kanalmodell, damit die Kommunikation innerhalb jeder Zone

frei stattfinden kann. Falls verschiedene Zonen jedoch miteinander kommunizieren müssen, können sie das nur über einen speziellen und geschützten Kanal tun. Dieser erlaubt ausschließlich die Kommunikation jener Informationen, die für die jeweilige Zone spezifisch sind. Alle anderen Informationen werden blockiert. Der Ansatz kann auf industrielle Steuerungssysteme angewendet werden, um zum Beispiel die betriebskritische Ausstattung zu schützen. Außerdem kann damit die Sicherheit auf Automatisierungsnetzwerke an verschiedenen Standorten, in Geräte-Zellen, Funktionszonen und Fabrikanlagen ausgeweitet werden.

# ALPHA-Numerics

[www.alpha-numerics.de](http://www.alpha-numerics.de)

*Elektronikkühlung vom Spezialisten*

## Simulationssoftware oder Dienstleistung



## 6SigmaET

Fragen Sie uns nach einer Testlizenz oder einem

Dienstleistungsangebot

[info@alpha-numerics.de](mailto:info@alpha-numerics.de)

## 3

**Industrielle Netzwerksicherheit**

Eine konventionelle Netzwerk-Firewall ist für die Inhalte industrieller Kommunikationsprotokoll-Pakete blind. Das ist ein Problem, da industrielle Kommunikationsprotokolle nur über eine begrenzte Sicherheit verfügen. Sie antworten auf alle Pakete, die sie empfangen – ohne vorher zu prüfen, woher sie kommen oder welche Informationen sie enthalten. Firewalls mit zusätzlichen Sicherheitsfunktionen sind somit erforderlich, damit das Netzwerk nicht beeinträchtigt wird. Oft ist das Netzwerk in IIoT-Anwendungen, insbesondere im Bereich Abwasser, Öl und Gas sowie Transportwesen, außerdem mit dezentralen Anwendungen verbunden. Für solche Anforderungen können Unternehmen IPsec oder Open VPNs einsetzen, die als verschlüsselte Datentunnel für sichere Übertragung und Fernzugriff fungieren.

## 4

**Bessere Netzwerkverwaltung**

Um automationsspezifische Zwecke zu erfüllen, sollte die Managementsoftware den Netzwerkadministratoren ermöglichen, mittels einer benutzerfreundlichen Schnittstelle Echtzeit-Überwachung durchzuführen sowie eine historische Ereignis-Analyse unterstützen. Zusätzlich sollte eine industrielle Netzwerksoftware in der Lage sein, mit bestehenden SCADA-Netzwerken zusammenzuarbeiten. Für Ingenieure ist es einfacher, den Gesamtbetrieb auf einer einzigen Plattform auszuführen und zu verwalten. Der Einsatz mobiler Geräten ist hier hilfreich. Die Prüfung des Netzwerkstatus über das Smartphone ermöglicht Administratoren, sofort auf Ereignisse zu reagieren.

## 5

**Unterbrechungsfreie Wireless-Verbindung**

Wi-Fi-Netzwerke haben eine begrenzte Signalabdeckung. Deshalb ist eine Vielzahl von Access Points erforderlich. Es ist betriebskritisch, dass Clients zwischen den Access Points ununterbrochen mit minimaler Handover-Zeit roamen können. Bei älteren Wi-Fi-Geräten tritt üblicherweise eine Unterbrechung von drei bis fünf Sekunden auf, wenn sie sich zwischen den Abdeckungszonen von zwei Access Points bewegen. Folglich entstehen Unterbrechungen im Betrieb. Das kann zu Produktionsverzögerungen führen, die wiederum zu erhöhten Betriebskosten führen.

Systemintegratoren setzen verschiedene Kanalfrequenzen ein, um eine Überlastung zu verhindern. Sie können die Roaming-Parameter so konfigurieren, dass eine ortsabhängige Lastverteilung erfolgt, sodass sich die Clients immer mit dem nächstgelegenen Access Point verbinden und eine Überlastung des Netzwerks vermieden wird. Um Sicherheitsrisiken zu begrenzen, müssen Verschlüsselungsprotokolle eingesetzt werden. Werden allerdings Sicherheitsfunktionen wie WPA oder WPA2 eingestellt, kann dies Auswirkungen auf die Roaming-Leistung haben.

In der Fabrikumgebung sind automatische Regalbediengeräte und unbemannte Fahrzeuge ständig in Bewegung. Solche Geräte sollten dem IEC 60068-2-6 Standard entsprechen. Dieser umfasst unter anderem die Richtlinien zum Schutz von Wireless-Geräten vor Schock und Vibration. Auch elektromagnetische Störungen können Wireless-Geräte und ihre sensiblen Strom- und Antennenschnittstellen beeinflussen, daher nutzen die meisten Systemintegratoren Zubehör zur Isolierung. Das erhöht allerdings die Installationskosten und erfordert zusätzlichen Raum.

## 6

**Systemausfallzeiten reduzieren**

In IIoT-Anwendungen haben Systemausfälle Produktionsverluste und somit erhebliche finanzielle Verluste zur Folge. Dem entsprechend erwarten Anwender eine Systemverfügbarkeit von 100 Prozent. Industrieanwendungen befinden sich jedoch meistens an dezentralen Standorten und sind an eine entfernte Leitstelle angebunden. Wartung und Fehlersuche und -behebung werden somit erschwert und teurer. Zwei kritische Faktoren, die sich auf die Netzwerkleistung im Feld auswirken, sind die Wiederherstellungszeit und die Qualität beziehungsweise das Design der Netzwerkgeräte. Letzteres ist besonders wichtig in rauen Industrieumgebungen. In manchen Branchen sind zusätzlich bestimmte Zertifizierungen erforderlich.

Die Industrieautomation erfordert schnelle Wiederherstellungszeiten, um ununterbrochenen Betrieb sicher zu stellen. Mit industriellen Redundanzprotokollen, die Wiederherstellung auf Millisekundenebene erzielen, sind Anwender auf der sicheren Seite. Gleiches gilt für die Drahtloskommunikation. Neben der Wiederherstellungszeit sollten die Skalierbarkeit der Installation, die maximale Geräteanzahl, die unterstützt wird, sowie die Kosten in Betracht gezogen werden.

7

**Interoperabilität sicherstellen**

Ein Mangel an gleichen Softwareschnittstellen, Standard-Datenformaten und Konnektivitätsprotokollen verkompliziert IIoT. Die Kommunikationslücken lassen sich mit Gateways oder Middleware schließen, welche die Interoperabilität innerhalb eines Netzwerks durch Übersetzen der Daten von einem Protokoll ins andere sicherstellen. OPC-Kommunikationsfunktionen als Middleware, welche die gemeinsame Datennutzung über Netzwerke ohne proprietäre Einschränkungen ermöglichen, überwinden die Herausforderungen. Geht es um Lösungen zwischen bestehenden Geräten und IP-Kommunikation, spielen Gateways eine wichtige Rolle. Da die Anzahl an Netzwerkgeräten und Protokollen stetig steigt, ist Middleware eine einfache Lösung zur schnellen Protokollkonvertierung.

8

**Zuverlässigkeit erreichen**

Der Erfolg des IIoT hängt von IP-basierten Netzwerken ab. Der Schlüssel zu einem produktiven Netzwerk liegt in getesteten und für zuverlässig befundenen Geräten. Ausfälle und defekte Geräte haben einen negativen Einfluss auf den Einsatz des IIoT. Investitionen in robuste Industriegeräte mit erweiterten Betriebstemperaturen, hohen MTBF-Zeiten (Mean Time Between Failures), Level-4-EMS-Schutz, dualer Spannungszufuhr und duale LAN-Technologie sind ein Muss für den Betrieb in rauer Umgebung. Eine Reihe von Redundanztechnologien ermöglicht außerdem die schnelle Wiederherstellung des Netzwerks. Offene Protokolle sind jedoch nicht so schnell wie proprietäre Protokolle. Dafür sind jene nicht interoperabel.

9

**Effizienz erhöhen**

Die richtigen Software-Lösungen sind der Schlüssel zur Betriebseffizienz im IIoT – einschließlich intuitiver Management-Software für den schnelleren, weniger fehlerbehafteten Betrieb sowie API-Plattformen für die schnellere Applikationsentwicklung und die einfache, komfortable Anwendung. Dadurch lassen sich eine schnellere Installation erzielen, das Management visualisieren und die Fehlersuche sowie –behebung vereinfachen. Vorausschauende Wartung wird ebenso möglich, wie die nahtlose Integration von SCADA-Systemen.

10

**Skalierbarkeit schaffen**

Mit Milliarden von verbundenen Geräten und weiteren, die kommen werden, gehen mehr potenzielle Ausfälle einher. Industriesysteme müssen sich mit skalierbaren Infrastrukturen wappnen, die expansionsbereit sind. Industrielle IoT-Systeme müssen anpassungsfähig und skalierbar sein – durch Software oder zusätzliche Funktionen, welche eine einfache Integration in Gesamtlösungen ermöglichen. Für mobile Netzwerke wurde LTE entwickelt, um erweiterte Fähigkeiten für eine Reihe von Geräten zu bieten, die Interaktionen oder wichtige Daten-Transaktionen in Echtzeit leisten müssen. Auch Geräte mit niedrigem Stromverbrauch, die mit intelligenten CPUs ausgestattet sind, können die Erweiterung von Netzwerken vereinfachen, da sie ausreichend Datenverarbeitungskapazität bieten und energieeffizient sind. □



## Ready-to-use 10.1" HMI-Display für POI-Anwendungen

- 1280 x 800 Pixel, weiter Blickwinkel
- PCAP-Multitouch-Technologie
- USB- und Ethernet-Schnittstellen
- Android- oder Windows-Betriebssystem
- Gehäusefront IP65 geschützt





GENERATIVES DESIGN

## „Die KI wird Mitglied des Entwicklungsteams.“

Künstliche Intelligenz soll dem Menschen in Zukunft immer mehr Aufgaben abnehmen: Seine Autos fahren, seine Texte übersetzen und seine Daten sortieren. Mit generativem Design soll KI nun auch in eine der Kerndomänen des Ingenieurs vordringen, in die Entwicklung. Wie das funktioniert und was das für den Designprozess bedeutet, erklärt Mickey McManus, Visiting Research Fellow bei dem Softwareunternehmen Autodesk, im E&E-Interview.

TEXT: Florian Streifinger, E&E BILD: Autodesk

*„Beim generativen Design bestimmt der Ingenieur nur die Ziele und Rahmenparameter des Projekts. Die KI erzeugt daraus das Design.“*

Mickey McManus, Autodesk

**E&E: Herr McManus können Computer kreativ sein?**

Mickey McManus: So weit würde ich aktuell noch nicht gehen. Zur Zeit werden wir bei der Entwicklung und der Planung von Maschinen, Geräten oder auch Bauwerken immer öfter mit einer riesigen Menge an Daten konfrontiert. Die könnte ein Mensch niemals im Kopf behalten. Menschen sind einfach nicht besonders gut darin, sehr viele Variablen gleichzeitig einzubeziehen. Computer können das besser. Deshalb wird beim generativen Design der Computer Mitglied des Entwicklungsteams. Aktuell nur als Helfer. Auf lange Sicht halte es aber durchaus für realistisch, dass Computer kreativ werden.

**Was genau ist generatives Design?**

Beim generativen Design bestimmt der Entwickler die Ziele eines Projekts und die Parameter, die eingehalten werden müssen. Mit ihnen füttert er dann eine künstliche Intelligenz. Aus den Vorgaben erstellt diese dann viele verschiedene Designvorschläge.

**Man gibt dem Computer als nur Ziele und bestimmte Auflagen vor und dieser kümmert sich dann um das Design?**

Ganz so einfach ist es natürlich nicht, aber im Grund stimmt das. Der Entwickler definiert das Problem und bestimmt die Vorgaben. Auf dieser Grundlage berechnet der Computer viele verschiedene Vorschläge, wie zum Beispiel das fertige

Bauteil oder Gerät aussehen könnte. Diese Vorschläge schaut der Entwickler dann durch und überprüft, ob sie seinen Vorstellungen entsprechen. Ist das nicht der Fall, kann er die ursprünglichen Vorgaben verändern oder auch neue hinzufügen. Oft stellt man zum Beispiel fest, dass wichtige Parameter zu Beginn vergessen wurden. Aus den geänderten Vorgaben erzeugt der Computer dann wiederum neue Designvorschläge. Dieser Prozess wird solange wiederholt, bis der Entwickler mit dem Ergebnis zufrieden ist. Man kann sich das Ganze als riesige visuelle Entwicklungsumgebung vorstellen, die einem tausende von unterschiedlichen Designs zeigt, aus dem man nur die gewünschte auswählen muss.

**Haben sie ein Praxisbeispiel dafür?**

Ein gutes Beispiel ist meines Erachtens das Hack-Rod-Projekt an dem wir beteiligt waren. Bei diesem sollte das Chassis eines Hotrod-Automobils mit Hilfe von generativen Design verbessert werden. Dazu wurde das Fahrzeug mit Sensoren ausgestattet und es wurden mehrere Testfahrten in der Mojave-Wüste in den USA durchgeführt. Die dabei gewonnen Daten, zum Beispiel die Belastung des Chassis und die Hirnströme des Fahrers, haben wir dann in unsere Software Dreamcatcher eingespeist. Dazu kamen noch die Ziele für das Chassis, etwa die gewünschte Belastbarkeit und das geplante Material. An Hand dieser Daten hat die



## DC-USV mit SuperCaps

### Avalue EPM-1715 4/8 Zellen Ultrakondensator USV Modul

MSC stellt das neue USV Modul für 12V – 24V DC Spannungsbereich von Avalue Technologies vor.

Das Modul verwendet bis zu 8 400F Ultrakondensatoren zur Speicherung und kann in einem Temperaturbereich von 0°C – 65°C eingesetzt werden.

**Eigenschaften:**

- 12V – 24V DC Spannungsbereich
- 4 x 400F bis zu 6 und 8 Zellen
- 0°C – 65°C Betriebstemperaturbereich
- 500.000 Auf- und Entladezyklen
- Übertemperaturschutz

**avalue**  
Technology Inc.

künstliche Intelligenz der Software dann verschiedene Designs berechnet. Diese haben die Entwickler überprüft und wiederum Anpassungen an den Vorgaben vorgenommen. Das führte zu neuen Vorschlägen der Software. Am Ende kam ein um 20 Prozent leichteres Chassis als das ursprüngliche heraus, obwohl es aus dem selben Material gefertigt wurde.

*Beim generativen Design sind Ingenieure also nicht für die eigentliche Entwicklung verantwortlich, sondern vor allem dafür, welche Ziele das Projekt hat und welche Daten die KI dafür benötigt?*

Genau. Die Hauptaufgabe von Ingenieuren wird es in Zukunft sein, festzulegen, was das Ergebnis der Entwicklung sein soll. Was eine Maschine oder ein Bauteile bewirken soll und welche Anforderungen es erfüllen muss, zum Beispiel in Bezug auf das Gewicht, die Langlebigkeit aber natürlich auch die Kosten. Wie die Ziele unter den gegebenen Voraussetzungen am besten erfüllt werden, errechnet dann eine künstliche Intelligenz.

*Das bedeutet ein deutliches Umdenken bei der Entwicklung.*

Auf jeden Fall. Das wird meines Erachtens auch ein großes Problem werden. Probleme zu identifizieren, lehren wir nicht an den Schulen und Universitäten. Die große Frage wird aber zukünftig sein: Was bringt unsere Entwicklung eigentlich dem Nutzer oder Käufer? Das Ziel zu definieren, wird die Kernkompetenz des

Designs. Einen großen Vorteil davon sehe ich auch darin, dass mehr Quereinsteiger Produkte entwerfen können. Wenn die KI das konkrete Design übernimmt, senkt

*„Mit Hilfe der KI können auch Fachfremde ihre Ideen verwirklichen.“*

**Mickey McManus, Autodesk**

das die Hürden für Fachfremde. Dann kommt es viel stärker darauf an, welche Einfälle die Menschen haben.

*Generatives Design ist also auch besonders für Start-ups interessant?*

Auf jeden Fall. Eine der Visionen dahinter ist es, mehr Menschen die Möglichkeit zu geben, ihre Ideen umzusetzen. Was wäre, wenn in Zukunft drei junge Erfinder in einer Garage ein Auto entwickeln könnten? Aus heutiger Sicht hört sich das erst mal verrückt an. In Verbindung mit den Möglichkeiten, die 3D-Druck in Zukunft bietet, ist es das aber überhaupt nicht. Durch additive Fertigung wird es viel einfacher und günstiger werden Prototypen zu bauen und auch die fertigen Produkte zu produzieren. Und mit generativem Design eben einfacher sie zu entwickeln.

*Ist das nicht eher eine Zukunftsvision?*

Das wird schneller gehen als man denkt. Ich rechne damit, dass in 5 Jahren die ersten fertigen Anwendungen und Tools dafür verfügbar sind.

*Sprechen wir über die Technik dahinter. Generatives Design beruht auf künstlicher Intelligenz. Solche neuronalen Netze müssen für ihre Einsatzgebiete speziell trainiert werden. Übernehmen das die Nutzer selbst oder planen Sie bereits vorbereitete KIs anzubieten?*

Das ist zur Zeit einer unserer Schwerpunkte, auf die wir uns konzentrieren. Wir wissen zum Beispiel sehr viel über Maschinenbau, Ingenieurwesen und Produktion. Dieses Wissen nut-

zen wir um die KI zu trainieren. Die Feinabstimmung muss aber dann natürlich der Nutzer selbst vornehmen. Schließlich wissen wir nicht, welche speziellen Anforderungen er hat. Die passende Analogie ist vielleicht die eines Kindes, dessen Ausbildung wir bis in das Teenageralter übernehmen. Den weiteren Lebensweg bestimmt dann der Nutzer selbst. Er beginnt aber auf jeden Fall nicht bei Null.

*Neben der Software benötigt KI auch eine zugehörige Hardware. Werden die Nutzer diese selbst bereitstellen müssen oder wird die KI auch über die Cloud nutzbar sein?*

Wir bieten bereits seit Jahren viele unserer Produkte über die Cloud an und halten das für einen deutlich sinnvolleren Weg, als wenn die Kunden ihren eigenen Server kaufen müssen. Wir versuchen den Zugang für den Kunden besonders einfach zu machen. Steckt er zum Beispiel mitten in einem Projekt und benötigt mehr Rechenleistung, kann er diese einfach hinzuschalten. □





## 7th Generation Modules

Dual XT & Premium Dual XT



### Dual XT – More power, lower losses

#### FEATURES

- 7G IGBT & FWD
- New internal layout
- Higher reliability
- Improved silicone gel
- Solder or Mini press-fit pins



### Premium Dual XT – High power density

#### FEATURES

- 7G IGBT & FWD
- Advanced bond wire design
- High thermal conductive ceramic substrate
- Package material with CTI > 600
- $V_{iso} = 4kV$
- Improved silicone gel
- Solder or mini press-fit pins





## IGBT-MODULE

# Kompakte Leichtgewichte

Moderne IGBT-Module im Bereich von 1.700 bis 3.300 Volt in leichter Bauweise und kompakter Bauform sind bei Herstellern von Umrichtern willkommen. Es gibt zunehmend mehr Anwendungen, die IGBT-Module in immer kleinerer Bauform und hoher Energiedichte verlangen.

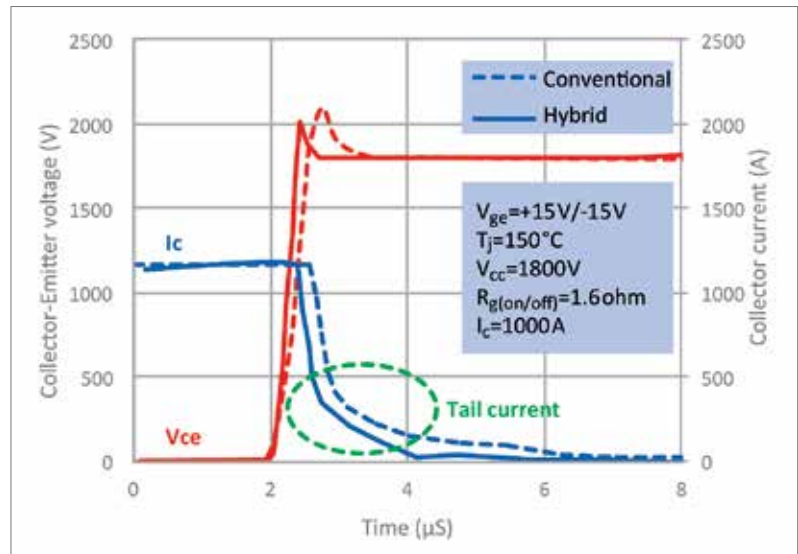
TEXT: Alexander Theisen, Fuji Electric BILDER: Denksportler

Die stetige Nachfrage nach höherer Energiedichte zusammen mit einer reduzierten Baugröße stellt die Industrie vor immer neue Herausforderungen. Bestehende Konzepte und bisherige Standards müssen von Grund auf überdacht und neu definiert werden. Dafür müssen in allen Anwendungsbereichen neue Konzepte ausgearbeitet werden, um den Anforderungen gerecht zu werden. Die Anforderungen sind dabei unabhängig vom Anwendungsbereich nahezu gleich: höhere Stromdichte bei kleinerer Bauform, möglichst gepaart mit niedrigeren Verlusten und besseren thermischen Eigenschaften. Ein großer Beitrag zur Lösung kommt aus dem Bereich der Leistungselektronik. Als Kernelemente der Energiewandlung und Antriebstechnik sind Leistungshalbleiter nicht mehr wegzudenken und bilden seit Jahren den Grundstein aller möglichen Arten von Umrichtern. Dabei bilden herkömmliche Gehäuse für neue und auch zukünftige Leistungshalbleiter einen Engpass und limitie-

ren das Potential moderner Halbleitergenerationen. Hohe interne Streuinduktivitäten und sehr hohe Ströme in den Lastanschlüssen und die damit verbundenen Wärmeverteilung auf den Stromschienen im System sind dabei eine große Hürde.

## Anforderungen an moderne Module

High-Power-Module wurden vor über 20 Jahren auf die damals gängigen Halbleiter optimiert und schnell zum Standard auf dem Markt. Dabei wurden für verschiedene Leistungsklassen eigene Module entworfen. Die Anforderungen an IGBT-Module folgen aus den Anforderungen des Umrichter-Entwurfs und auf Basis kostenoptimierter Systeme. Zur Senkung der Verluste und optimalen Nutzung moderner Halbleiter ist eine Reduzierung der internen Streuinduktivitäten unabdingbar. Ebenso müssen moderne Module leicht per Parallelschaltung skalierbar



Vergleich der Einschaltvorgänge  
der IGBTs.

sein. Ein geringerer Stromverbrauch pro Lastanschluss wirkt sich dabei positiv auf die Systemkosten aus, da er zur Reduktion der Temperatur an den Stromschienen eines Umrichters führt. Auch die Anordnung der Hilfsanschlüsse herkömmlicher High-Power-Module werden den Anforderungen an eine einfache Skalierbarkeit durch Parallelschaltung nicht mehr gerecht.

Das Leistungsmodul HPnC von Fuji Electric ist ausgestattet mit hauseigenen Chips der neuesten Generation. Seine spezielle Bauform erlaubt Entwicklern einen kompakten Aufbau ihrer Umrichter und eine optimierte Stromführung sowohl zum Modul hin als auch vom Modul weg. Dabei hilft es, die Ein-

und Ausgänge des Moduls auf den gegenüberliegenden Seiten anzuordnen. Damit spart man sich eine von drei überlappenden stromführenden Lagen und öffnet unverbauten Platz für die Hilfsanschlüsse. Die Hilfsanschlüsse sind leichter zu erreichen und erlauben eine vereinfachte Ansteuerung der Module. Schutzfunktionen können direkt an allen Modulen niederinduktiv angebracht werden.

Der Aufbau des HPnC ermöglicht es, die internen Streuinduktivitäten des Moduls um ein Vielfaches zu reduzieren. Im Vergleich zu herkömmlichen Modulen wird sie von 42 auf 10 nH verringert. Das hat einen direkten Einfluss auf das

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

**DEUTRONIC**   
Elektronik GmbH EDWANZ group



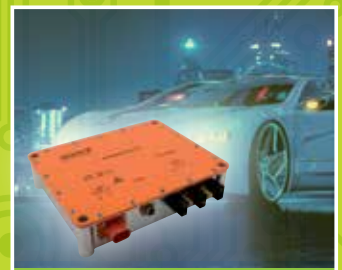
Batterieladesysteme



Stromversorgungen



Test- und Prüfsysteme



DC/DC Wandler



GaN

SiC

# SiC & GaN

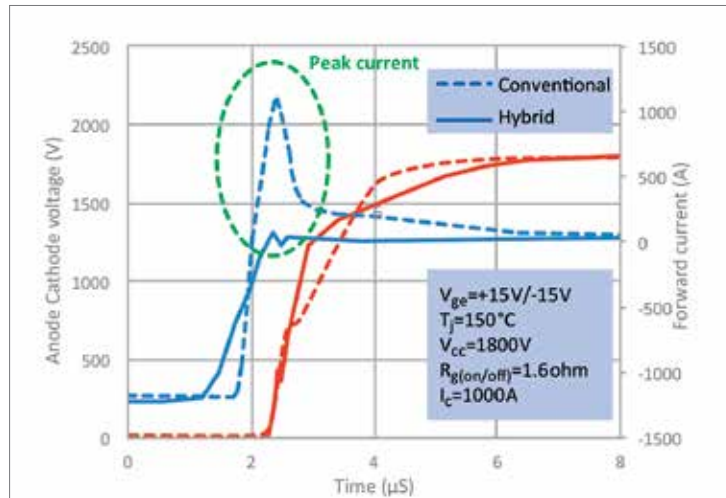
## DC/DC Wandler für SiC & GaN FETs eliminieren ground bounce

- Ideale Spannungen für Gate-Treiber Applikationen:
  - Asymmetrische Ausgänge für SiC FETs (+20/-5V & +15/-3V)
  - 6V Ausgang für GaN
- Pot-Transformer mit physisch getrennten Wicklungen für hohes  $dV/dt$
- Extrem niedrige Isolationskapazität
- High-side & low-side FETs
- 1W & 2W DC/DC Wandler in SIP7
- Bis 6.4kVDC Isolation
- Betriebstemperatur unter Vollast bis +90°C
- Wirkungsgrad bis 85%
- UL / IEC / EN 62368-1 & 60950-1 zertifiziert



# RECOM

WE POWER YOUR PRODUCTS  
[www.recom-power.com/gate-drivers](http://www.recom-power.com/gate-drivers)



Vergleich des Ausschaltverhaltens der IGBTs.

Schaltverhalten der verbauten Leistungshalbleiter und verringert die beim Abschalten von IGBTs auftretenden Überspannungen erheblich. Außerdem sinken bei 1.700-V-Modulen bei gleichem Chipset sowie identischer Ansteuerung und Belastung die Spannungsspitzen beim Ausschalten um mehr als 100 V.

## Vereinfachter Querschnitt des HPnC-Modul

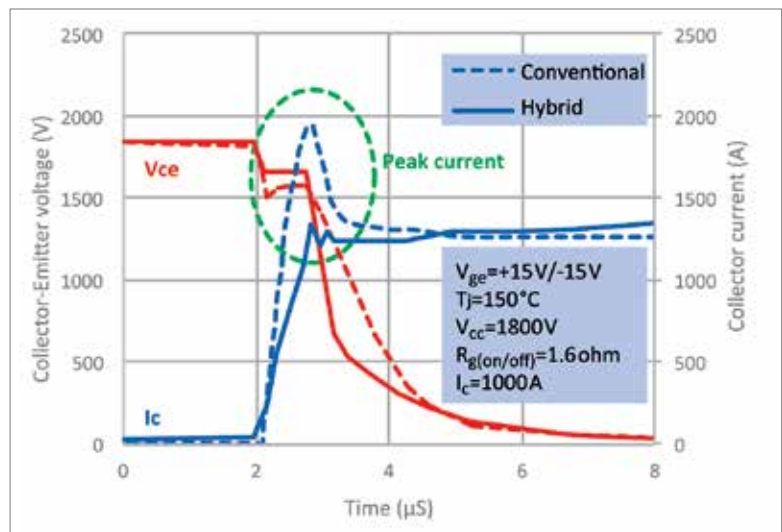
Der Aufbau verbessert damit nicht nur das Schaltverhalten herkömmlicher Leistungshalbleiter, er erlaubt auch den Einsatz schnell schaltender Halbleiter im gleichen Gehäuse. Fuji Electric bietet zum Beispiel Chipsets in 1.700 und 3.300 V auch in Kombination mit SiC-Schotky-Dioden an, um die Verluste der Module noch weiter verringern zu können.

Der Strom am Ausgang eines einzelnen Moduls ist geringer als bei herkömm-

lichen High-Power-Modulen. Das ist auf den ersten Blick ungewöhnlich, erlaubt allerdings die vollständige Ausnutzung der verbauten Halbleiter. Da sich die Lastanschlüsse traditioneller High-Power-Module in vielen Anwendungsfällen noch stark erwärmt haben, konnte der nominelle Strom der Module kaum angereizt werden. Eine gezielte Kühlung der Stromschienen war oft die einzige Lösung und führte zu vergleichsweise hohen Systemkosten.

Sowohl in Bezug auf das Modulgewicht als auch auf die thermische Leitfähigkeit wurde das Leistungsmodul verbessert. Bei ihm kommt mit Magnesium-Siliziumkarbid (MgSiC) zum ersten Mal ein neues Material für Bodenplatten zum Einsatz. Es bietet ein geringeres Gewicht und ist trotzdem absolut konkurrenzfähig zu der beliebten Kombination aus AlN-Keramiksubstrat und AlSiC-Bodenplatte. Die Unterschiede zu einer

TECHNOLOGY	RATED VOLTAGE	CHIP IGBT/FWD
Silicon	1.700 V	1.000 A
IGBT/Si-Diode	3.300 V	450 A
Hybrid	1.700 V	1.000 A
IGBT/SiC-SBD	3.300 V	450 A



Diodenverhalten der Module.

AlN-Keramik in Kombination mit einer AlSiC-Bodenplatte zeigen sich sowohl beim Gewicht als auch bei der thermischen Leitfähigkeit. Die thermischen Ausdehnungskoeffizienten und auch die restlichen mechanischen Eigenschaften sind nahezu identisch.

### 31 Prozent weniger Schaltverluste

In den HPnC-Modulen arbeitet die neueste Generation von IGBTs und Dioden von Fuji Electric. Diese Leistungshalbleiter sind eine Weiterentwicklung der bisherigen Chip-Serien und bieten deutliche Verbesserungen bei allen elektrischen Eigenschaften. Zum Einsatz kommen kann eine breite Palette an Chips in herkömmlicher Silizium- als auch in Siliziumkarbid-Technologie sowohl für 1.700 als auch für 3.300 V. In Kombination mit dem neuen Modulaufbau ergeben sich in allen dynamischen Schaltvorgängen deutliche Einsparungen bei den Verlusten. Dank der neuer Chip-Technologie sind auch die Durchlassverluste der Halbleiter gesenkt worden. Durch die Verbesserungen ergeben sich Einsparungen bei den Schaltverlusten von bis zu 31 Prozent bei einer Kombination von Silizium-IGBT und Siliziumkarbid-Diode. Bei reinem Einsatz von Silizium-Chips sind die Verluste immer noch um 18 Prozent geringer.

### Einfache Parallelschaltung

Dank der Bauform und des niederinduktiven inneren Aufbaus lassen sich die Module einfach parallel schalten. Die sonst üblichen hohen Stromaufteilungen zwischen Modulen sind deutlich geringer. Dieser Vorteil wirkt sich ebenso positiv auf die Systemkosten aus, wie die restlichen Verbesserungen auf

Chip-Ebene. Das HPnC bietet somit deutliche Vorteile und ist für den Einsatz in vielen Anwendungsgebieten gerüstet, wie Traktionsanwendungen, klassische Antriebstechnik oder regenerative Energien. □

## HEAVY DUTY POWER SUPPLIES



SCHWERSTE LASTEN EINFACH HEBEN.  
MIT UNSEREN INNOVATIONEN.

**NEU: Serie PCMDNI300 ohne galvanische Trennung**

- Leistung: 300W
- Wirkungsgrad:  $\geq 95\%$
- Eingang: 18...100,8V<sub>DC</sub> / 28...160V<sub>DC</sub>
- Ausgangsspannung: 12V / 24V
- Umgebungstemperatur: -40...+70°C / +85°C 10min
- Transientengeschützt
- Vollständig vakuumvergossen

[www.mtm-power.com](http://www.mtm-power.com)



MTM POWER®



## ÜBERWACHUNG VON FREILEITUNGEN

# DURCHGEHENDER STROM

Durch Netzstromsensoren können Stromversorger ihre Freileitungen permanent überwachen. Das sorgt für eine höhere Kapazität und verbessert die Zuverlässigkeit. Dadurch steigt der Wirkungsgrad des Mittelspannungs-Verteilungsnetzes deutlich.

TEXT: Patrick Schuler, LEM BILDER: LEM; iStock, Johnrandallalves

Durch den Einsatz von SCADA und von Energiemanagementsystemen ist das Übertragungsnetz für Hochspannung bereits hoch automatisiert und gut überwacht. Im Unterschied dazu ist das Mittelspannungsverteilungsnetz mit sehr begrenzten Kontroll- und Steuerungsmechanismen ausgestattet. Stromversorgern gelingt es in der Regel nicht, ihre zahlreichen Mittelspannungsunterwerke lückenlos zu überwachen. Ein Grund dafür sind die Kosten für die Nachrüstung der heutzutage gängigen Lösungen und die Zeit, die für Planung und Bauausführung aufgewendet werden muss.

Die Implementierung herkömmlicher Überwachungstechnik in Unterwerken erfordert eine aufwendige Technik. Dazu gehört der Einsatz von Außenstationen (Remote Terminal Units) mit neuen Kabelkanälen für die Verdrahtung von Relais

und Stromwandlern. Die Techniker müssen Abschaltungen planen, um die Speiseleitungen zu trennen. Das nimmt Zeit in Anspruch und ist nur zu Zeiten möglich, an denen weniger Strom verbraucht wird. Sobald die neuen Hardware-Komponenten installiert wurden, muss der Stromversorger die gesamte Hardware in ein komplexes SCADA-System einprogrammieren und integrieren. Das ist für viele Stromversorger eine umfangreiche und schwierige Aufgabe. Daher sind bessere Möglichkeit zwingend erforderlich.

Unterhalb der Speiseleitungsebene fehlt die Fernüberwachung. Einzige Ausnahme sind die Messpunkte für die Abrechnung beim Kunden. Hier setzen sich zunehmend intelligente Messgeräte zum Ablesen, Überwachen und Steuern durch. Jedoch erfassen diese intelligenten Messgeräte lediglich Spannung, Strom und

Energiedaten sowie Schein-, Wirk- und Blindleistung, anstatt spezifische Daten zur Netzqualität. Dazu zählen unter anderem Leistungsfaktor, Oberschwingungen (THD), Flicker, Spannungseinbrüche, Transiente und Augenblickswerte. Die intelligenten Messgeräte sammeln also nicht viele Daten, die sich außerhalb seiner, auf die Abrechnung gerichteten, Funktion befinden. Verteilerstationen und Stromleitungen sind für Stromversorger zwei der wertvollsten Anlagegüter. Sie benötigen Daten über den Energiefluss, um den zuverlässigsten Service bereitstellen zu können. Die relevantesten Daten im Verteilnetz sind die, die etwas über Ort und Ursache von Fehlern und von Nichtfehlerereignissen aussagen sowie Informationen zu hochohmigen Fehlern, Verbrauchsspitzen, Transport von verteilter erneuerbarer Energie, das Aufladen von Energieversorgungsleitungen und Aus-





fällen von Speiseleitungen enthalten. Das alles sind Daten von hohem Wert, die von den aktuell im Einsatz befindlichen Systemen nicht erfasst werden.

### Leitungen besser überwachen

Die Überwachung von Überlandleitungen ist schneller, einfacher und kostengünstiger möglich. Erreicht werden kann das über die Telekommunikationsnetze des Internets der Dinge, wie NB-IoT und LPWAN. Durch den Leitungssensors, der zwischen zwei Mittelspannungsmasten installiert ist, kann der Stromnetzbetreiber den Stromfluss in Echtzeit visualisieren, um so die Kapazität der Stromleitung zu verbessern und mehr Elektroenergie zu verteilen. Der drahtlose Leitungssensor sendet Daten über ein Telekommunikationsrelais an eine gesicherte Datenbank, die in eine Cloud eingebunden ist oder

sich auf dem Firmengelände des Energieversorgers befindet. Die Energiemanagementplattform ist in der Lage die Verteilung zu regeln und bei Bedarf das Wartungsteam zu benachrichtigen.

Neue Leitungssensoren verwenden nun die Rogowski-Spule ART (A) von LEM für das Messen des Stroms, für die Suche nach Alterungserscheinungen an den Leitungen in Abhängigkeit vom Strompegel und zur Priorisierung von Leitungskapazitäten. Außerdem bieten diese Leitungssensoren für Mittelspannungsnetze bis 35 kV periodische, zeitsynchrone Messungen, um eine bessere Wahrnehmung der Situation zu ermöglichen. Strommessungen, Messungen der Temperatur an der Leiteroberfläche und das Erkennen von Fehlerzuständen ermöglichen eine rasche Identifizierung und Benachrichtigung.

# High Power



## MeanWell Power Supplies NEU: Serie RSP

- Geschlossene Bauform (case)
- Niedrige Bauhöhe 1 HE / 2 HE
- Leistung 750 bis 3.000 W
- Programmierbare Ausgangsspannung ab RSP-750
- Parallel-Funktion ab RSP-1000

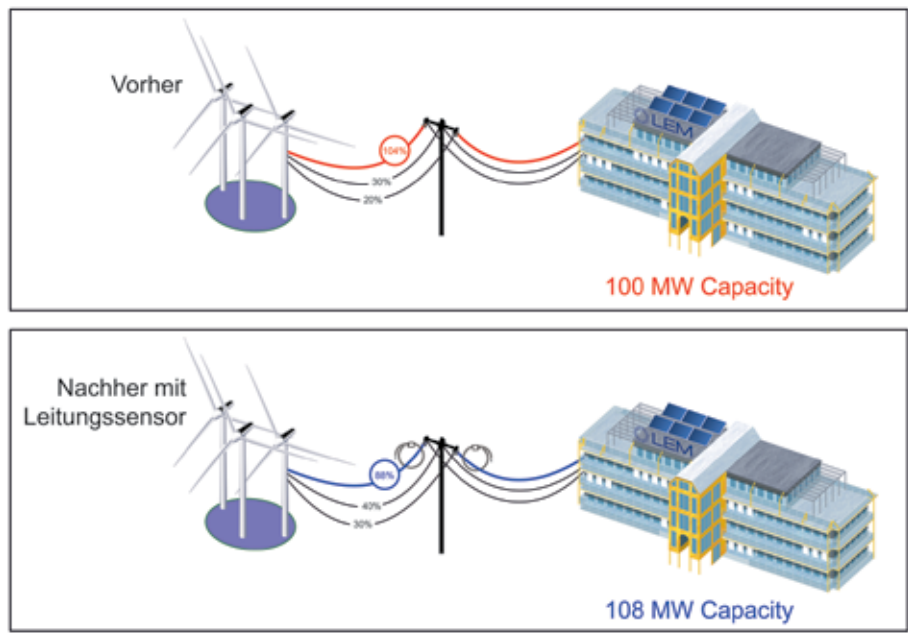
## Distribution by Schukat electronic

- Über 200 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



Ohne die Sichtbarkeit des Netzes, konnte es früher sein, dass die erzeugte erneuerbare Energie, die über Überlandleitungen verteilt wurde, zu einer Überlast führte (rot). Dank des Leitungssensors kann die überschüssige Energie nun auf benachbarte Leitungen (schwarz) umgeleitet werden, wodurch die Kapazität der ursprünglich vorgesehenen Leitung (blau) auf ein akzeptables Niveau reduziert wird. Insgesamt wird die Ausgabekapazität damit maximiert.

Die Leitungssensoren steuern den Stromfluss, indem sie die Impedanz einer Leitung mit Hilfe eines Split-Core-Stromwandlers verändern. Dieser Prozess lässt sich nun mit einer ART-Split-Core-Rogowski-Spule von LEM steuern. Sie ist mit einer praktischen Stromschleife in Einheitsgröße, ohne sättigbaren Kern, einer hohen Genauigkeit, einem einfachen, sicheren Millivolt-Ausgang und einer wasserfesten Spule ausgestattet.

Stromfluss mit Rogowski-Spulen steuern

Neue Entwicklungen haben die Eigenschaften von Ferriten bei 50 und 60 Hz aufgezeigt, was viele Vorteile mit sich bringt. Diese Ferritart hat eine höhere Permeabilität und wird in der ART-Rogowski-Spule eingesetzt. Sie nutzt die Vorteile, die sich durch den Einsatz dieses speziellen Ferrits ergeben:

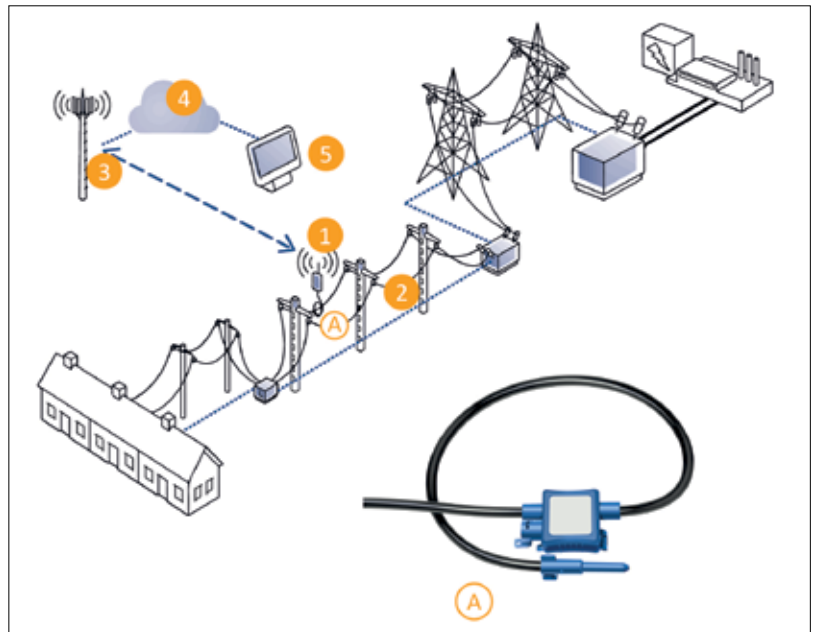
- hohe Genauigkeit und Linearität, selbst bei niedrigen Stromstärken
- keine Phasenverschiebung zwischen Eingangs- und Ausgangsstrom
- keine Luftspalte und praktisch unempfindlich gegenüber Alterung und Temperaturschwankungen
- geringer positionsabhängiger Fehler in der Nähe der Spulen-Schließen
- geringe Kosten verglichen mit Rogowski-Spulen mit Potentiometer-Abgleich

Bequeme Alternative zu Stromwandlern

Die Menschen verbrauchen mehr Elektroenergie als jemals zuvor und erwarten, dass sie ohne Störungen oder Unterbre-

	SMARTWIRES	WIDERSTAND IM INNEREN VERBAUT	FERRITKERN IM INNEREN VERBAUT
Leistungssensortechnologie	Split-Core-Stromwandler	Split-Core-Rogowski-Spule	ART-Split-Core-Rogowski-Spule
Stromstärkenbereich	Zahlreiche Versionen: 80, 100, 300, 400, 600, 800 A oder höher	Ein einziges Modell genügt	Ein einziges Modell genügt
Elektromagnetische Verträglichkeit	nicht zutreffend	Ja (Widerstand)	nicht zutreffend
Messfehler	0,5 Prozent	1 Prozent	0,5 Prozent
Gewicht	schwer	leicht	sehr leicht (ca. 100 g)
Sicherer Ausgang des Stromsensors	Vorsichtsmaßnahmen nötig (Stromausgang)	sicher	sicher (di/dt-Ausgang)
Schutzart	IP 65 mit schützendem Gehäuse	IP 64	IP 67
Betriebstemperatur	-40 bis 80 °C	-40 bis 70 °C	-40 bis 80 °C
Preis	hoch	mittel	niedrig

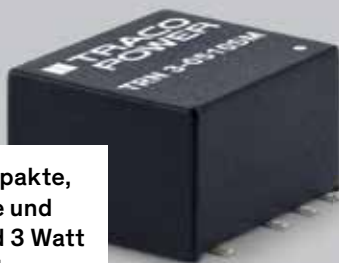
Der Leitungssensors (1) zwischen zwei Mittelspannungsmasten (2) visualisiert den Stromfluss in Echtzeit. Der drahtlose Leitungssensor (1) sendet Daten über ein Telekommunikationsrelais (3) an eine Datenbank in der Cloud (4). Die Energiemanagementplattform (5) übernimmt die Regeln und die Alarmierung von Wartungsteams. Neue Leitungssensoren nutzen nun die Rogowski-Spule ART (A) von LEM.



chungen mit Elektrizität versorgt werden. Der Leitungssensor bietet einen besseren Einblick in die Verteilnetze. Das ermöglicht den Energieversorgern den Betrieb auf der Basis der vorherrschenden Bedingungen durchzuführen und auf dieser Basis zu reagieren. Das System schickt vorausschauend Patrouillen und Wartungstrupps zu den betroffenen Stellen im Netz. Das hilft den Energieversorgern kurz oder lang andauernde Versorgungsunterbrechungen abzuwenden. Das System verringert die Häufigkeit der Stromausfälle, was im Ergebnis zu einer Reduzierung des Momentary Average Interruption Frequency Index sowie des System Average Interruption Frequency Index führt. Beide Indi-

zes sind wertvolle Indikatoren bei der Bewertung von Leistung und Zuverlässigkeit des Energieversorgungsunternehmens. Einige Länder haben bereits Vorschriften erlassen, die von einem Energieversorger verlangen, dass Kunden für lang andauernde Versorgungsunterbrechungen entschädigt werden. Wenn der Einbau mit Steckverbindersystemen oder mithilfe von isolierten Elektrikerhandschuhen auf der Überlandleitung erfolgt, ist die ART-Rogowski-Spule von LEM – im Unterschied zu schweren und kostenintensiven Stromwandlern – eine einfache, bequem zu installierende, leichte aber robuste Alternative zur Durchführung von Strommessungen. □

Äußerst kompakte, voll-regulierte und isolierte 1 und 3 Watt DC/DC Wandler.



TRN 1(SM) und TRN 3(SM) Serien

- Lediglich ca. 1 cm<sup>2</sup> Belegung auf Printplatte
- Verfügbar im SIP Gehäuse oder für SMD Montage
- Weite Eingangsspannungsbereiche bis 75 VDC, inkl. Tiefspannungsbereich 4,5–13,2 VDC
- Umgebungstemperaturbereich –40 °C bis +90 °C
- 1600 VDC E/A-Isolation, Dauerkurzschlussfest

**TRACO POWER**

Reliable. Available. Now.

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



MCUs UND SoCs

# Die Komplexität beherrschen

Der Dokumentationsaufwand bei und die Komplexität von Embedded-Systemen steigen beständig an. Gleichzeitig steht Ingenieuren immer weniger Zeit für ihre Entwicklungen zur Verfügung. Entwicklungstools und Code-Konfiguratoren und -Generatoren helfen ihnen dabei, beides in den Griff zu bekommen.

TEXT: Lucio Di Jasio, Microchip Technology BILDER: Microchip Technology; iStock, Valigursky

Das Raspberry-Pi-Angebot wurde Anfang des Jahres um den Raspberry Pi Zero W erweitert. Einen Rechner mit Funkanbindung für zehn Dollar, dessen sehr kleine Leiterplatte (PCB) nur noch 6 cm x 3 cm misst. Der Raspberry Pi Zero basiert auf dem SoC (System on Chip) BCM2835 von Broadcom. Er enthält einen ARM-Core mit 1 GHz Rechenleistung, eine Grafikverarbeitungseinheit (GPU), eine Videoschnittstelle, mehrere serielle Schnittstellen (USB, UART, SPI, I<sup>2</sup>C) und eine Schnittstelle für externen Speicher. Letztere ist zur Verwaltung des 512 MB großen DDR2-RAM-Speichers und des Massenspeichers (SD-Karte) erforderlich. Sie sind unter anderem für die Ausführung eines Linux-Betriebssystems (OS) verantwortlich. Das sind beeindruckende Fähigkeiten für einen Single-Chip-Computer, vor allem im Vergleich zu früheren Generationen von Personal Computern. Im Vergleich zum Raspberry Pi Zero haben Mikrocontroller (MCUs), die aktuell in Embedded-Steuerungen zum Einsatz kommen, eine deutlich langsamere Taktschwindigkeiten von 10 bis ungefähr 100 MHz und damit auch eine geringere Rechenleistung.

Alle aktuellen MCUs sind mittlerweile praktisch kleine SoCs. Wie man es bei einer MCU erwarten darf, sind der RAM und der Flash-Speicher auf dem Chip integriert. Serielle Schnittstellen (USB, UART, SPI und I<sup>2</sup>C) sind genauso vorhanden, wie alle Schaltungen zur Stromversorgungsregelung und Spannungsüberwachung. Meist finden sich auch fünf oder mehr unterschiedliche Oszillatoren auf einer MCU. Sie sorgen für eine flexiblere und besser steuerbare Leistungsaufnahme. Hinzu kommt analoge Peripherie, wie ADCs, DACs, Operationsverstärker, Komparatoren, mit großen Ein- und Ausgangs-Mul-

tiplexern. Der Raspberry Pi verfügt im Gegensatz dazu über sehr gute Videofunktionen. Das spiegelt den Unterschied beim Design wider, sobald Embedded- anstelle von Computing-Funktionen gewünscht sind.

Es überrascht daher nicht, dass Raspberry-Pi-Nutzer, die sich mit der realen Welt verbinden und nicht nur einfache I/O-Anwendungen wie blinkende LEDs entwickeln wollen, kleinere MCUs verwenden. Meist sind das MCUs mit 8 Bit auf „Hats“, also kleinen Tochterboards, um die notwendigen I/O-Schnittstellen und die erforderlichen Spannungspegel bereitstellen.

Die unfaire Parallele zwischen diesen beiden Welten soll an dieser Stelle nicht weiter bemüht werden. Wichtig ist, dass sie ein gemeinsames Anliegen teilen: die Komplexität möglichst gering zu halten. Die Lösungen dafür sind ähnlich, unterscheiden sich allerdings an einigen wichtigen Punkten. Beide Plattformen bieten kostenlose Software-Tools wie integrierte Entwicklungsumgebungen (IDEs), Compiler, Linker, Simulatoren, Debugger, eine mehr oder weniger offene Middleware, inklusive OS oder Realtime-OS (RTOS), und eine kleine Auswahl an Hardware-Optionen.

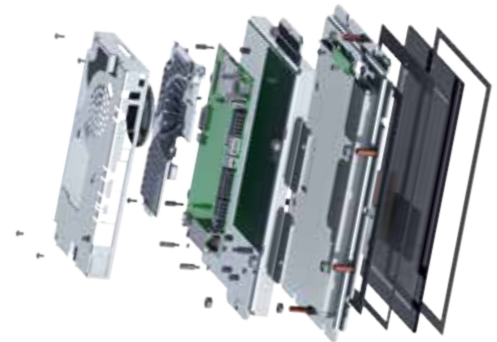
Die Unterschiede zwischen den beiden Lagern, Embedded und allgemeines Computing, sind kleiner als man denkt. Beide verlassen sich auf ähnliche, wenn nicht identische Tool-Ketten, die zum größten Teil GNU-basiert sind. Auf der Middleware-Ebene sind sich die Open-Source-Optionen auch wieder sehr ähnlich, sobald man die unteren Treiberschichten korrekt abstrahiert. Auf der OS-Ebene ist der Unterschied am größten, da viele MCUs



Reliable  
Quality  
Made in Germany

## PERFECT CUSTOMIZATION

We make it yours

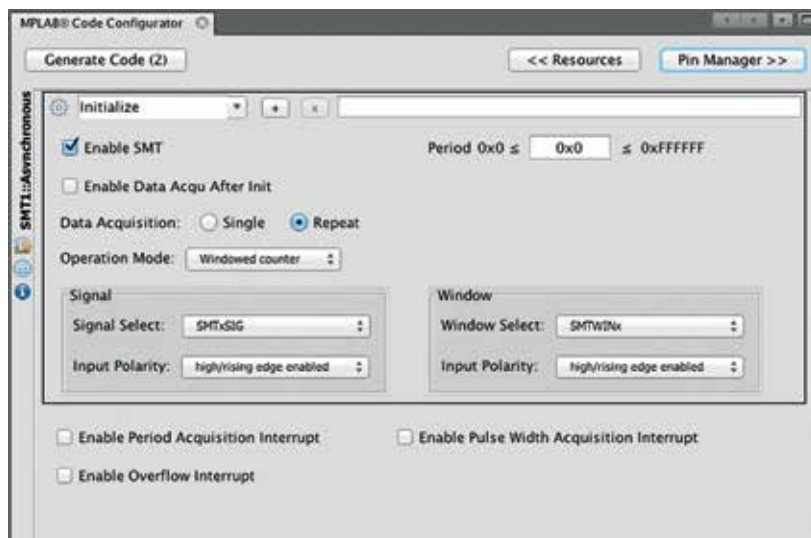


### Single Board Computer und Human Machine Interfaces

- Komplett-Systeme mit CPU Board, Display, Touch, Front-Glas und Gehäuse
- NXP ARM® i.Mx6 Architektur
- Ready-to-Run Systeme
- Board Support Packages (BSPs) mit Treibern für alle Schnittstellen
- Betriebssysteme: Windows Embedded Compact®, Linux und Android™
- Vielfältige Möglichkeiten für kundenspezifische Anpassungen auf Anfrage

**GARZ**  **FRICKE**

Garz & Fricke GmbH | Tempowerkring 2 | 21079 Hamburg | +49 (0)40 79 18 99 30  
sales@garz-fricke.com | www.garz-fricke.com



Softwaretools, wie der MPLAB Code Configurator (MCC) von Microchip Technology, erleichtern die Entwicklung von Embedded-Systemen.

gerne ein RTOS betreiben, aber die Komplexität eines vollständigen Linux-Kernels nicht tragen können. Hier zeigt sich der wahre Unterschied. Die Echtzeit-Fähigkeit ist eine wichtige Eigenschaft für das OS.

## Die Komplexität nimmt zu

Bei der Dokumentation zeigt sich auf beiden Seiten eine inflationäre Komplexität. Ein gutes Beispiel dafür ist zum Beispiel die kleine und einfache MCU PIC16F1619. Sie beruht auf der beliebten 8-Bit-PIC-Architektur und wird häufig zur Steuerung kleiner Geräte eingesetzt. Dafür verfügt sie über einen Flash-Speicher mit 16 KB, ein Dutzend digitaler Peripherie-Schnittstellen und fast genauso viele Analogmodule. Untergebracht ist sie in einem winzigen 20-poligen Gehäuse. Das Datenblatt des PIC16F1619 umfasst jedoch 650 Seiten, und das vor dem Hinzufügen der Charakterisierungsdaten, Diagramme und Grafiken. Bestimmte Peripherien dieses kleinen SoC, beispielsweise der Timer für die Signalmessung, nehmen 50 Seiten Dokumentation in Anspruch. Das sind fast doppelt soviel Seiten, wie für die Beschreibung des eigentlichen PIC-Cores und seines gesamten Befehlssatzes benötigt werden. Diese Probleme sind beim Raspberry Pi

sogar noch größer, da mehrere Datenblätter berücksichtigt werden müssen. Jedes dieser Datenblatt beschreiben nur einen Teil der Hardwarekomponenten des SoC, etwa seine Peripherie, die GPU oder den Core. Allein der Core nimmt mehr als 750 Seiten in Anspruch.

Von niemandem wird erwartet, dass alles zu lesen oder diese ganzen Informationen zu verarbeiten. Entwickler von Embedded-Systemen stehen unter großem Druck, ihre Anwendungen in immer kürzerer Zeit zu erstellen, um eine schnelle Markteinführung zu garantieren. Eine Lösung besteht darin, eine Anwendung mit einer stufenweisen Architektur zu partitionieren und standardisierte Peripherie-Bibliotheken zu verwenden, um die Hardwaredetails zu abstrahieren. Die verschiedenen Ebenen können so dargestellt werden, dass sie einen Stapel bilden. Die Anwendung oberhalb befinden sich auf einer Hardware-Abstraktionsschicht (HAL). Dieser Aufbau lässt sich weiter verfeinern, um die HAL und eine Middleware-Ebene, die sich um die Implementierung gemeinsamer Dienste und Funktionen kümmert, richtig zu identifizieren. Der Stack wird oft weiter verfeinert, indem man eine Treiberschicht und eine Board-Support-Schicht von der HAL trennt.

Diese Softwarearchitektur wird direkt aus der Computing-Welt abgeleitet und funktioniert gut, um allgemeine Fälle zu modellieren. Leider treten bei Embedded-Anwendungen zwei grundlegende Mängel auf:

- Die stufenweise Architektur vereinfacht die inflationäre Dokumentation, solange der Fokus auf den Standardfunktionen der oberen Middleware-Schicht liegt. Am unteren Ende des Anwendungsspektrums, wo die Middleware-Schicht sehr dünn ausfällt, wenn sie überhaupt vorhanden ist, ist das Ergebnis hingegen meist eine Verschleierung. Ein Entwickler muss sich auf die HAL-Dokumentation in Form einer großen Programmierschnittstelle (API; Application Programming Interface) verlassen, aber niemals wirklich irgendwelche Gerätespezifikationen erlernen. Der Dokumentationsbedarf ist dabei ähnlich groß und kann sich über mehrere tausend Seiten erstrecken. Treten Probleme auf, wird der Entwickler im Stich gelassen oder gezwungen, tief in unbekanntes Territorium und große Code-Mengen vorzudringen.
- Die HAL-Schicht bietet eine enorme Hilfe, um Standard-Middleware-



## Die Basis für Ihr Endprodukt

Dienste zu unterstützen. Aufgrund ihrer sehr starren Natur werden aber alle einzigartigen und differenzierenden Funktionen eines bestimmten Gerätes beseitigt. Diese Besonderheiten bieten oft einen technischen Vorteil in einer bestimmten Anwendung und sind meist der eigentliche Grund, wieso ein bestimmtes Modell ausgewählt wird.

- Am oberen Ende des Anwendungsspektrums, wo die Middleware-Schicht sehr breit ist, fügt der Linux-OS-Kernel alleine Millionen Code-Zeilen zu diesem Problem hinzu. Dabei handelt es sich zwar um Open Source Code. Das ändert allerdings nichts für den durchschnittlichen Entwickler, der nicht tiefer in die Materie einsteigen möchte.

**Lasst die Maschine tun, was sie am besten macht!**

Raspberry-Pi-Entwickler werden letztlich in der Lage sein, die Rechenleistung und die umfangreichen Ressourcen der kleinen Boards sinnvoll und gewinnbringend zu nutzen. Die Bequemlichkeit des Standard-Linux-Betriebssystems wird letztlich die Komplexität und Weite der API mehr als kompensieren. Anders sieht es jedoch für die Entwickler der neuen kleinen SoCs aus: die Nutzer moderner MCUs. Für sie springen nur sehr wenige Vorteile heraus bei der Arbeit mit einem standardisierten HAL. Durch die Verwendung kommt es zu Leistungseinbußen und außerdem werden die einzigartigen Funk-

tionen durch die gestapelte Softwarearchitektur abgeschwächt.

Ein Weg aus diesem Dilemma ist eine neue Generation von Software-Tools für die schnelle Entwicklung. Dabei handelt es sich um eine neue Klasse von Code-Generatoren oder -Konfiguratoren, die vor kurzem im Embedded-Markt erschienen sind. Trotz erheblicher und oft gerechtfertigter Skepsis erweisen sich diese Tools nicht nur als effektiv, sondern für jeden ernsthaften Entwickler von Embedded-Systemen als absolut notwendig.

Zu den wichtigen Merkmalen zählen:

- Die vollständige Integration in populäre IDEs, die auf einen Projektkontext aufmerksam machen, etwa bei der Modell-Auswahl und dem Middleware-Bibliotheksbewusstsein.
- Die Unterstützung für einzigartige und komplexe Peripherie, zum Beispiel können Timer für die Signalmessung (SMT) dem Benutzer auf einer Seite oder in einem Dialog visuell präsentiert werden, der nur eine Handvoll Scrolling-Listen, Kontrollkästchen und einige intuitive Optionen umfasst.
- Die Verwendung einer Templating-Engine, wobei darauf zu achten ist, dass die Konfigurationsmöglichkeiten in einen kleinen Satz vollständig kundenspezifischer Funktionen umgesetzt werden. Es wird nur eine minimale API mit wenigen zu lernenden Funktionen erzeugt – mit konsistenten und intuitiven Namenskonventionen. Die kundenspezifische Funktionsanpassung



**EMBEDDED PLATFORM**  
Schnell, kostengünstig und  
kundenspezifisch zur Serienreife



**Sprechen Sie uns an!**  
Wir setzen Ihre Idee um.

# You CAN get it...

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

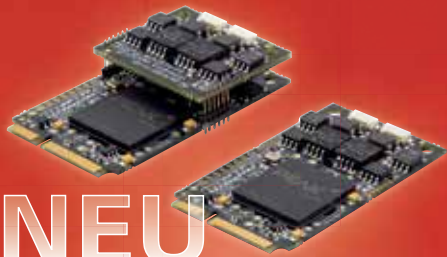


## NEU

### PCAN-M.2

**CAN-FD-Interface** für M.2-Steckplätze. Erhältlich als Ein- und Zweikanalkarte inkl. Monitor-Software, APIs und Treiber für Windows® und Linux.

ab 240 €



### PCAN-miniPCIe FD

**CAN-FD-Interface** für PCI Express Mini. Erhältlich als Ein-, Zwei- und Vierkanalkarte inkl. Treiber für Windows® und Linux.

ab 240 €



### PCAN-Explorer 6

Software zur Steuerung, Simulation und Überwachung von **CAN-FD**- und CAN-Bussen ■ Aufzeichnung und Wiedergabe ■ Automatisierung mit VBScript und Makros ■ Verständliche Darstellung der ID und Daten

ab 510 €

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

**PEAK**  
System

Otto-Röhm-Str. 69  
64293 Darmstadt / Germany  
Tel.: +49 6151 8173-20  
Fax: +49 6151 8173-29  
info@peak-system.com

## Application

## Middleware

## HAL

## Hardware

Um die Komplexität bei Embedded-Systemen zu verringern, können Ingenieure eine Anwendung mit einer stufenweisen Architektur partitionieren und standardisierte Peripherie-Bibliotheken verwenden, um die Hardwaredetails zu abstrahieren. Die Anwendung befindet sich oberhalb auf einer Hardware-Abstraktionsschicht (HAL).

garantiert, dass der Großteil der Hardwareabstraktion statisch zur Kompilierzeit durchgeführt wird. Das reduziert die Liste der benötigten Parameter, die an jede Funktion übergeben werden, und erhöht somit die Leistungsfähigkeit und die Code-Dichte.

- Die Ausgabe setzt sich aus sehr kurzen Quelldateien zusammen, die vom Benutzer vollständig geprüft werden können. Sie bieten eine Lernmöglichkeit, lassen sich aber auch von Experten weiterhin per Hand optimieren. Moderne Code-Generatoren mischen ihren eigenen Code gerne mit User-Code, um die Integrität zu bewahren und wichtige fortschrittliche Hardware-Funktionen voll ausschöpfen zu können.

Grundsätzlich machen Code-Konfiguratoren und -Generatoren das, was Maschinen am besten tun. Gleichförmige und fehleranfällige Arbeiten zu übernehmen. Die sich wiederholende und fehleranfällige Phase der Hardware-Peripherie-Konfiguration, das Erstellen einer HAL, was oft zu vielen langwierigen Studien der Datenblätter führt, erübrigt sich durch sie. Sie

verkürzen außerdem die dafür notwendige Zeit erheblich.

Nutzer können viel über spezifische Hardware-Peripherie-Funktionen von der gleichen Benutzeroberfläche lernen und beseitigen oder verkürzen dadurch den Aufwand, das Datenblatt zu konsultieren. Die Hardware-Abstraktionsschicht wird zu einem flexiblen Teil des Projektes und je nach Bedarf oft und schnell wiederhergestellt, um die Anwendungsleistung zu optimieren.

### In zehn Code-Zeilen

Sobald die Peripherie-Konfiguration erledigt ist, besteht die Möglichkeit, sich sofort auf die Anwendung zu konzentrieren. Durch Code-Generatoren wird auch im Embedded-Bereich das klassische „Hello-World“-Beispiel zu einer erfrischenden Code-Übung mit zwei Zeilen. Komplexität ist keine unvermeidliche Folge des technologischen Fortschritts. Moderne Code-Konfiguratoren und -Generatoren helfen Ingenieuren, Software-Entwicklungsprozesse zu erweitern, zu automatisieren. Dadurch erhalten sie wieder die Kontrolle über die schnell wachsende Anzahl von Funktionen und Optionen. □

ACKERMANN'S SEITENBLICKE

# GEHT'S AUCH OHNE SMARTPHONE?

Ich glaube nicht, dass Lorient heute sagen würde: „Ein Leben ohne Smartphone ist möglich, aber sinnlos“. Für immer mehr Mitbürger jeden Alters ist so ein Leben aber schlichtweg unvorstellbar, total Old School, und womöglich tatsächlich sinnlos.

Für viele Menschen ist ein Leben ohne Smartphone heute nicht mehr denkbar. Sie wären nahezu isoliert und vom Wissen der Welt abgeschnitten und wüssten nicht, wie sie die Zeit in Bus und Bahn totschlagen sollten. Selbst die Nummer und den Geburtstag der oder des Liebsten würden sie vergessen; hätte keinerlei Kontakt mehr mit Freunden aller Art.

Ich will alles andere als gegen den digitalen Fortschritt wettern. Auch ich nutze mein Smartphone sehr oft und warte ebenso gespannt auf jeden Schritt in Richtung VR und AR, autonomes Fahren sowie vernetztes Leben und Arbeiten. Aber wir sind abhängig geworden von Algorithmen, mutieren allmählich zu digitalen Junkies, oder noch schlimmer, zu Smartphone-Zombies, sogenannten Smombies. Einfache Denkvorgänge wie Kopfrechnen bleiben auf der Strecke. Wir merken uns nichts mehr, denn alles ist ja im Handy gespeichert oder kann gegoogelt werden. Handschriftliche Notizen oder gar Briefe werden wohl demnächst im Museum ausgestellt. Und fällt unterwegs das Navi aus, sind wir verloren.

## Technologie übernimmt

Trotzdem wird die Stunde des Smartphones in absehbarer Zeit genauso schlagen, wie vorher die von Festnetztelefon und Fax, und zwangsläufig wird sich unser Verhalten wieder ändern. Letztlich ist das Smartphone nur eine geschrumpfte Verfeinerung von Rechner, Maus, Tastatur und Monitor. Mit den neuesten Generationen sind uns die Interfaces am Handgelenk und die virtuellen Assistenten wie Siri, Alexa und Cortana sowie ganz allgemein die Sprachsteuerung näher gerückt. Und damit verbunden Features, welche den Ver-

brauchern die virtuelle und erweiterte Realität (VR und AR) näher bringen sollen.

Genau daran arbeiten die Giganten, die unsere mittelfristige Zukunft bestimmen, also Apple, Facebook, Google,

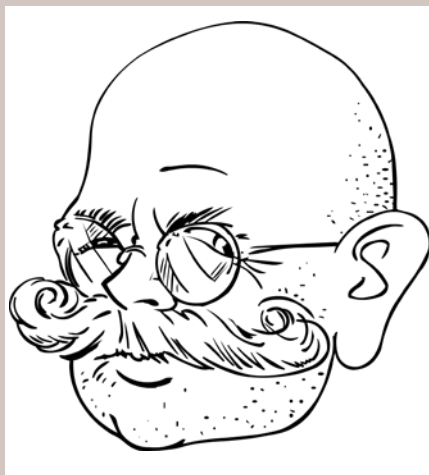
Microsoft: Augmented-Reality-Geräte, die uns detaillierte 3D-Bilder direkt ins Auge projizieren. Damit soll allerdings nicht nur das Smartphone ersetzt werden, sondern alles, was einen Bildschirm hat, auch der Fernsehempfänger. Die oben genannten Assistenten werden außerdem unsere sämtlichen Sinne, unser Sehen und Hören, beobachten, beeinflussen oder gar steuern. Technologie wird nahtlos mit unserem Leben verschmelzen. Klingt fast gruselig...

## Das Aus für Smartphones?

Doch damit nicht genug: Während wir besagte Zukunftslösungen immer noch am Körper tragen müssen, zum Beispiel eine Brille, wird selbst das auf lange Sicht nicht mehr nötig sein. Elon Musk, Chef von Tesla, ist Mit-Gründer des Unternehmens Neuralink. Ziel der

Firma ist es, Rechner-Chips in unser Gehirn zu implementieren und dieses über ein feingespinnenes neurales Netz (Neural Lace) mit Computern, und noch einen Schritt weiter, mit Mensch-Maschine-Einheiten in den digitalen und physikalischen Welten zu verbinden.

Das wäre dann das logische Ende der Smartphone-Straße. Vielleicht wird es nötig sein, dass wir uns durch die Technologie unterstützen lassen müssen, um mit der Künstlichen Intelligenz in den Maschinen Schritt zu halten. Diese Fusion und die daraus resultierende ultimative Superpower werfen die dringliche Frage auf: Was ist dann eigentlich noch typisch menschlich? □



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





## SMARC 2.0

## Neue Version, alte Basis

Seit letztem Jahr gibt es die Version 2.0 des SMARC-Standards. Ziel der Neufassung war es, eine neue Pinbelegung zu etablieren und gleichzeitig eine möglichst große Kompatibilität mit der Vorgängerversion 1.1 zu erhalten. Wie sich das auf Embedded-Module auswirkt, lesen Sie hier.

**TEXT:** Martin Unverdorben, Kontron **BILDER:** Kontron; iStock, Maggy Meyer

Leistungsfähige und vernetzte Embedded-Systeme gehören in Industrie und in vielen Alltagsprodukten mittlerweile zum Standard. Sie sammeln und verarbeiten Daten, deren Auswertung und Analyse in Unternehmen Optimierungspotentiale aufdecken und so direkt zum Erfolg beitragen. Auch viele IoT-Anwendungen werden durch diese Kleincomputer überhaupt erst möglich. Sie sind sehr platzsparend, robust und verfügen über große Leistungsreserven.

Viele dieser Embedded-Systeme basieren auf SMARC (Smart Mobility ARCHitecture), einem Standard-Formfaktor für Computer-on-Modules (COMs). Die Einsatzbereiche von SMARC reichen von der Automation bis hin zu grafischen und Bild-zentrierten Geräten, die einen sehr niedrigen Energieverbrauch aufweisen und harten Umweltbedingungen trotzen müssen. Die Module dienen sowohl als Bausteine für sehr kleine tragbare Handheld-Geräte als auch für größere Endgeräte, bei denen der Verbrauch trotz hoher Rechenleistung wenige Watt nicht überschreiten darf. Dabei bieten SMARC-Module viele Möglichkeiten, die noch lange nicht gänzliche ausgeschöpft sind.

### Mit SMARC 2.0 fit fürs IoT

Seit seiner Einführung im Jahr 2013 zählt der SMARC-Standard zu den Innovationstreibern im Ultra-Low-Power-Embedded-Markt. Die Weiterentwicklung der kleinen Platinen schreitet rapide voran. Die neue Version 2.0 des Formfaktors wurde im

Die SMARC-sXAL-Module von Kontron können mit der Sicherheitslösung Appprotect ausgestattet werden.



Juni 2016 von der Standardization Group for Embedded Technologies (SGET) vorgestellt. Sie vereint wichtige Neuerungen, die die Plattform insbesondere für moderne IoT-Anwendungen noch interessanter machen.

### Kompatibilität mit Vorversionen ist ein Muss

SMARC 2.0 umfasst eine neue Pin-Belegung. Auch wurden die Prozessorschnittstellen verbessert. Sie harmonisieren weiterhin

mit dem ursprünglichen Standard Set von 2013 für Low-Profile-Formfaktor-Module. Verschiedene wenig genutzte und teilweise veraltete Schnittstellen wurden dafür gestrichen. Ziel bei der Aktualisierung des Standards war es, eine neue Pin-Belegung zu erhalten und gleichzeitig so weit wie möglich kompatibel mit der Belegung der Version 1.1 zu bleiben. Dementsprechend wurden bei SMARC 2.0 ausgewählte, zuvor wenig genutzte Pins neuen Bestimmungen zugeführt. Das erlaubt es, neue Schnittstellen zu erkennen. Ein möglicher Schaden bei der Verwendung älterer

—  
DIE  
PERSPEKTIVE  
IMMER  
WECHSELN  
—

Die Welt ist im steten Wandel. Um erfolgreich zu bleiben, muss man daher öfter mal die Perspektive wechseln. Bei der TQ-Group gehört das schon immer zum guten Ton. Und deshalb tun wir's jetzt wieder. Seien Sie gespannt. [www.tq-group.com](http://www.tq-group.com)





Mit dem Evaluierungsboard SMARC Evaluation Carrier 2.0 möchte Kontron Entwicklern den Einstieg in SMARC 2.0 erleichtern.

Module in einem zur Version 2.0 kompatiblen Carrierboard oder umgekehrt sollte in jedem Fall ausgeschlossen werden.

Aktuell müssen die 314 Kontakte der SMARC-Konnektoren nicht nur ARM unterstützen und mit dieser Prozessor-Architektur kompatibel sein, sondern auch mit der x86-Architektur. Die beiden Prozessorbauweisen für SoCs unterscheiden sich deutlich. Bei ARM muss der Konnektor zum Beispiel einen hohen Grad an Signal-Integrität gewährleisten, wie sie bei hochfrequenten seri-

ellen Schnittstellen benötigt wird. Er muss zudem MIPI-Anzeigen-Schnittstellen, Kamera-Schnittstellen, multiple SPI-Verbindungen und SDIO-Schnittstellen unterstützen. Bei x86-Prozessoren ist beispielsweise die Unterstützung von mehreren USB- und PCI-Express-Leitungen notwendig. Aufgrund dieser Herausforderungen hat die SGET die originalen Spezifikationen auf Basis von Rückmeldungen von einer Vielzahl von Entwicklern und Nutzern angepasst.

## SMARC 2.0 ist ein dynamischer Standard

Die Version 2.0 und die darauf basierenden Produkte zeigen, dass der SMARC-Standard kein starres Gebilde ist. Er kann es gar nicht sein. Es besteht zwar die Notwendigkeit von einheitlichen COM-Standards für die Branche. Neue Schnittstellen erfordern jedoch ein zukunftsorientiertes Pinout. Der schnelle Entwicklungszyklus und das rasante Tempo, mit welchem der SMARC-Standard im Markt Verbreitung gefunden hat, zeigen deutlich, dass er auf Kundenseite einen Nerv getroffen hat. Trotzdem muss ein Standard wie SMARC lebendig bleiben und auf neue Anforderungen aus dem Markt reagieren. SMARC 2.0 wird ohne Zweifel die Basis für viele zukunftsweisende und hoch entwickelte Anwendungen in den nächsten Jahren sein.

Kontron sieht in SMARC ein hohes Potential. Deshalb stellte der Embedded-Hersteller bereits im November 2016 ein Computer-on-Module im SMARC-2.0-Format vor. Es beruht auf der neuesten Prozessorgenerationen von Intel und ist IoT-fähig.

## Carrierboard für die Evaluierung

Um Ingenieuren den Einstieg in die Embedded-Entwicklung mit SMARC 2.0 zu erleichtern, hat Kontron außerdem ein Evaluierungs-Carrierboard entworfen. Der SMARC Evaluation Carrier 2.0 ist für Computer-on-Modules (COMs) mit geringem Energieverbrauch gedacht. Er verschafft Nutzern einen Vorsprung beim

## CodeMeter®: Starke Embedded-Security

**WIBU  
SYSTEMS**



**PC- und Embedded-Anwendungen sicher geschützt mit langzeiterprobten Lösungen von Wibu-Systems**

- Technisch-präventiver Schutz der Software
- Schutz von Produktions- und Technologie-Daten
- Bedarfsgerechte Wartungs- und Pay-per-Use-Modelle
- Integrierbar in zentrale ERP- und CRM-Systeme
- Neue Geschäftschancen durch Lizenzierung



SPS IPC Drives 2017  
Besuchen Sie uns:  
[s.wibu.com/sps](http://s.wibu.com/sps)

**SECURITY  
LICENSING**  
PERFECTION IN PROTECTION

[www.wibu.com](http://www.wibu.com) | [sales@wibu.com](mailto:sales@wibu.com) | 0721 93172-0



Systemdesign und erlaubt Flexibilität bei der Entwicklung. Der SMARC Evaluation Carrier 2.0 ist eine gute Ausgangsbasis für die Weiterentwicklung bereits verfügbarer SMARC-sXAL-Module mit aktuellen Intel Atom Prozessoren und für zukünftige SMARC-Module.

Entwickler müssen mit ihm nur noch dasjenige SMARC-Modul wählen, das am besten zu den gewünschten Anforderungen passt. Nachdem sie es eingerichtet haben, können sie direkt beginnen. Für die Zukunft ist ein Starterkit auf Basis des SMARC Evaluation Carrier 2.0 geplant. Es soll nach dem Plug-and-Play-Prinzip sofort einsetzbar sein. Wie sein Vorgänger wird es auf der ersten Version der SMARC-Spezifikation basieren. Es soll bereits mit allen notwendigen Komponenten ausgestattet sein, um die Evaluierung von Prozessoren einfacher zu machen.

Von Kontron sind SMARC-sXAL-Module mit den Intel-Prozessoren Atom, Celeron und Pentium verfügbar. Das SMARC-

sXAL ist mit aktuellen Bildverarbeitungs- und Grafikfähigkeiten ausgestattet. Es bietet Echtzeit-Computerleistung in einem energieeffizienten und standardisierten Computer-on-Module-Formfaktor. Kontron plant außerdem eine weitere Version mit ARM-Prozessoren, die mit höherer Leistung auch anspruchsvollen Grafikaufgaben gerecht werden soll. Alle neuen SMARC-2.0-Module von Kontron können mit der Sicherheitslösung Appro-protect ausgestattet werden, mit der die Integrität der Daten und Applikationen Ende-zu-Ende geschützt ist. Dabei handelt es sich um einen Smartcard-Chip, den das Unternehmen Wibu-Systems bereitstellt. Dieser sorgt durch Verschlüsselung auf der Hardware für die Sicherheit von sowohl der Anwendungsdaten als auch des Programmcodes.

SMARC 2.0 ist bereits bei den Herstellern angekommen. Aufgrund der technischen Neuerungen des Standards dürfte es nicht lange dauern, bis auch die Anwender die Vorteile des aktualisierten Formfaktors zu schätzen lernen. □

# PIC18F „K42“ Familie

## MCUs für alle Fälle

Die PIC18F „K42“ Serie bietet die höchste Anzahl Core-unabhängiger Peripherie (CIPs), hochauflösende Analogschaltkreise, Direct Memory Access (DMA) und vektorisierte Interrupts für die schnelle Verarbeitung. CIPs erlauben es, viele Aufgaben in Hardware zu erledigen. Damit verringert sich die Code-Größe, Validierungsdauer, der Core Overhead und der Stromverbrauch.

### Wesentliche Leistungsmerkmale

- ▶ Größter Speicher aller 8-Bit PIC® MCUs
- ▶ DMA Controller für schnellen Datentransfer
  - bis zu 128 KB Flash    - bis zu 8 KB SRAM
- ▶ Vektorisierte Interrupts für schnelle Reaktionszeiten und geringeren Software Overhead
- ▶ 12-Bit-ADC mit Berechnungsfunktion
- ▶ Stromsparfunktionen und mehrere Kommunikationsschnittstellen
- ▶ Schnelle Code-Entwicklung mit dem MPLAB® Code Configurator



**microchip**  
**DIRECT**  
www.microchipdirect.com

**MICROCHIP**  
www.microchip.com/K42



## STECKVERBINDER IN KOMMUNIKATIONS-NETZWERKEN

# ONLINE STATT OFFLINE

Die Betreiber leistungsfähiger Mobilfunknetze wünschen einen störungsfreien Betrieb ihrer Hardware-Komponenten und Infrastruktur. Die Nutzer erwarten schließlich stets und überall eine gute Netzabdeckung. Ein wichtiger Baustein dafür sind Gerätesteckverbinder an den Mobilfunkmasten. Sie müssen trotz harter Bedingungen lange durchhalten.

**TEXT:** Andreas Beck, Phoenix Contact **BILDER:** Phoenix Contact

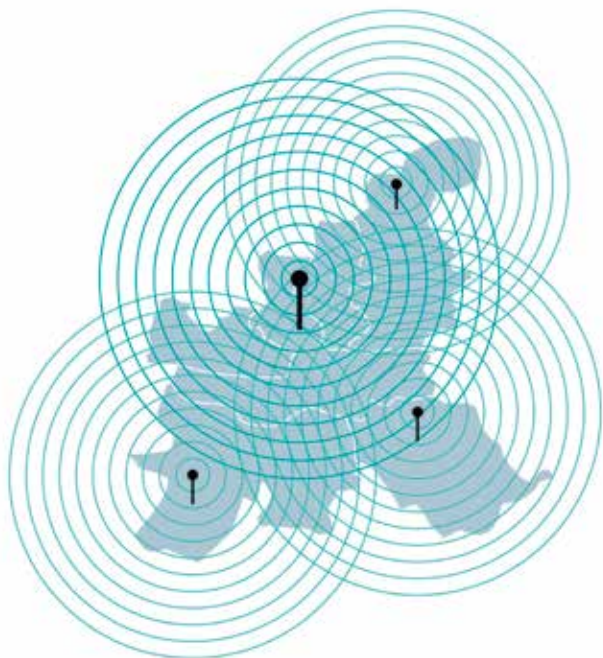
Im Online-Zeitalter möchten die Mobilfunknutzer stets Mails abrufen oder etwas im Internet nachschauen. Mittlerweile stehen die mobilen Geräte einem Desktop-PC mit kabelgebundenem Anschluss in nichts nach und nutzen in vollem Umfang sämtliche Kanäle und Inhalte des Internets. Surfen, Chatten, Shoppen, Streamen, Social Media – dem multimedialem Begehren sind kaum Grenzen gesetzt. Mobilfunknutzer haben sich schnell an diesen Komfort gewöhnt. Haben sie keinen Empfang, ist die Enttäuschung deshalb groß. Das ist verständlich, schließlich lassen sie sich die mobile Freiheit einiges kosten. Dass Funklöcher und verzerrte Stimmen, die noch vor 10 oder 15 Jahren häufig vor-

kamen, inzwischen selten geworden sind, liegt auch an der optimierten Positionierung der Sendemasten.

### Auf die Komponenten kommt es an

Für ein stabiles Netz sind auch die Eigenschaften der Hardware-Komponenten entscheidend. Im Hinblick auf einen attraktiven Return on Investment (ROI) dürfen sie nicht zu hochpreisig sein. Geht ein zu günstiger Preis einher mit schlechterer beziehungsweise mangelhafter Qualität, dann können vermehrte Netzausfälle ein Thema sein. Auch müssen außerplanmäßige War-





**Optimierte Mastpositionierung:**  
Ausfallsicherheit und Redundanz  
erhöhen die Netzqualität.

tungs- und Service-Einsätze schnell ausgeführt werden – sonst würde ein weiterer kostentreibender Faktor den ROI schmälern. Außerdem steht der Netzbetreiber stets vor der Frage, für welchen Zeitraum er die Komponenten auslegen soll.

Seit dem Jahr 2000, als mit 2G der GSM-Standard eingeführt wurde, bis zur Inbetriebnahme der 4G-Netze in 2011 lässt sich eine kontinuierliche Weiterentwicklung beim Mobilfunk beobachten. Vorhersagen gehen aktuell davon aus, dass der 4G-Nachfolger 5G ab dem Jahr 2020 verfügbar sein wird. Aber auch innerhalb einer Generation gibt es Evolutionsstufen – etwa von GPRS zu EDGE oder von UMTS zu HSDPA. Die Übertragungsraten haben sich dabei stets vervielfacht. Mit der Einführung des 4G-Netzes, das auch als LTE (Long Term Evolution) bekannt ist, wurde zum Beispiel eine Übertragungsrate von etwa 300 Mbit pro Sekunde erreicht. Als erste Evolutionsstufe von 4G kamen LTE-A (Advanced) oder auch LTE+ im Jahr 2014 und boten bis zu dreifache Übertragungsraten des ursprünglichen LTE-Netzes.

Damit wird es zur echten Herausforderung, die Laufzeit von Komponenten anhand der Netz-Generationen und -Evolutionsstufen vorauszusagen. Es ist davon auszugehen, dass einzelne Komponenten bis zu 20 Jahre im Einsatz sein können. Wer hier bei Steckverbindern auf Nummer sicher gehen möchte, wählt häufig Modelle aus Metall. Das Material vermittelt vordergründig ein Gefühl von Wertigkeit. Dabei wird allerdings oft übersehen, dass sich auch Steckverbinder aus Kunststoff für den Einsatz im Outdoor-Bereich gut eignen – sie können sogar einen erheblichen Mehrwert bieten.



## CombiTac The Perfect Match

### Konfigurieren Sie Ihren eigenen CombiTac

Unser CombiTac Steckverbindersystem ermöglicht Ihnen die individuelle Kombination von Leistungs- und Steuerkontakten, Thermoelementen, Koaxialkontakten, Glasfaser, pneumatischen, hydraulischen und Ethernet Kontakten in einem kompakten Rahmen oder Gehäuse.

100% auf Ihre Bedürfnisse anpassbar.

### Modular. Kompakt. Vielseitig.

Besuchen Sie uns an der **SPS IPC Drives** in Nürnberg,  
28. – 30. November 2017 | Halle 10 – Stand 230



### Neu

CombiTac Leichtbaugesäule mit Zentralverriegelung, speziell für Prüfanwendungen entwickelt, die eine hohe Kontaktdichte erfordern.

[www.staubli.com/electrical](http://www.staubli.com/electrical)

Multi-Contact

MC

**STÄUBLI**





Für den Outdoor-Einsatz konzipiert: Für die Energieversorgung einer Remote Radio Unit – so nennt man Funk-Transceiver, die direkt in wetterfesten Kästen auf den Funkmasten untergebracht werden – sind die Steckverbinder der PRC-Familie ideal.

Die Komponenten am Mast müssen Sonne, Wind und Feuchtigkeit trotzen – mitunter sogar Sand- oder Schneestürmen. Unter diesen extremen Bedingungen können hohe Kräfte freiwerden, die den Mast und die daran befestigten Komponenten in Schwingungen versetzen. Bei Stürmen kann es auch zu ruckartigen Schlägen kommen, sodass im schlimmsten Fall Halterungen brechen und Anlagenteile zerstört werden. Um das zu verhindern, werden solche Anwendungen und Belastungen im Labor nachgestellt und mit verschiedenen Schwingungen beaufschlagt. Die Norm DIN EN 60068 (Umgebungseinflüsse) beschreibt unter anderem kontinuierliche Sinus- und alternierende Schockschwingungen. Dabei kommt es zu Kräften, die um ein vielfaches höher sind als die Erdanziehung. Diese praxisnahe Prüfung soll mögliche Schwachstellen aufdecken, denn Brüche oder Risse in Gehäuseteilen, versagende Verrastungen oder auch elektrische Phänomene wie Kontaktunterbrechungen oder Widerstandserhöhungen können zu einem vorzeitigen Ausfall führen.

### Eigenmasse und Kabelgewicht beachten

Kraft ist gleich Masse mal Beschleunigung. Für einen Steckverbinder bedeutet das: Je höher die Eigenmasse oder die Last des angeschlagenen Kabels, desto stabiler muss seine Schnittstelle

ausgelegt sein. Produkt-Designer können bei derartiger Denkweise schnell zum Over-Engineering tendieren. Ist die Anwendung allerdings hinreichend vom Kunden definiert, kann der Zulieferer mit dem Kunden gemeinsam das richtige Produkt für die Anwendung auswählen, das sich sowohl in technischer als auch in kommerzieller Hinsicht anbietet.

### Steckbarkeit, Sicherheit, Geschwindigkeit

Insbesondere bei der Installation von Geräten hat der Monteur alle Hände voll zu tun. Arbeitet er in luftiger Höhe an einem Mast, fällt die persönliche Schutzausrüstung besonders ins Gewicht. Hinzu kommen die Werkzeuge und nicht zuletzt die Geräte selbst. Je massiver die Anbindung an den Mast ausgelegt werden muss, desto mehr wiegt auch das benötigte Werkzeug. Steckbare Schnittstellen, insbesondere aus Kunststoff, helfen dem Monteur, die Gewichtsbelastung zu reduzieren.

Verfügt ein Gerät ab Werk über steckbare Schnittstellen, etwa für Leistung und Daten, muss das Gerät am Mast zum Auflegen der Leitungen zudem nicht mehr geöffnet werden. Das reduziert die Gefahr von Beschädigungen an der Leistungselektronik. Ist das Gerät einmal befestigt, können vorkonfektionierte Kabelbau-



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

### Verbindungen, die unter die Haut gehen.

Weil Steckverbindungen von MES nicht nur in Tätowiergeräten gebraucht werden, sondern an ganz vielen Stellen, wo Emotionen im Spiel sind.



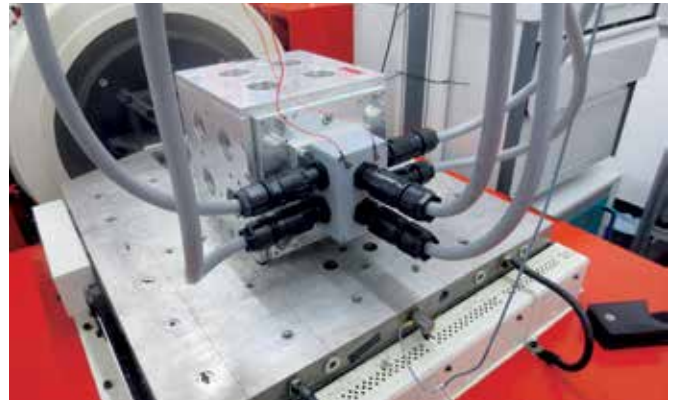
28.–30. November 2017  
Stand 10.1-416 - Nürnberg



sps ipc drives



**Vibrations-Messplatz:** Hier werden Schwingungen und plötzliche ruckartige Bewegungen simuliert, um Auswirkungen des realen Betriebs bestmöglich abschätzen zu können.



gruppen in den Kabeltrassen des Mastes verlegt und komfortabel am Gerät gesteckt werden.

### Steckverbinder für Küste, Gebirge und Wüste

Ob an der Küste, in den Bergen oder selbst in der Wüste – die Steckverbinder der PRC-Familie von Phoenix Contact sind für hohe Leistungen bei geringem Platzbedarf ausgelegt. Robuste Kunststoffe und eine etablierte Anschluss Technik tragen

ihren Teil zu einem sicheren und langlebigen Betrieb der Telekommunikations-Anlage bei. Umfangreiche Zulassungen und ein stetig wachsendes Produkt-Programm ermöglichen den Einsatz in vielen weiteren Industriebereichen – auch außerhalb von Kommunikations-Applikationen. Der Anlagenbetreiber hat die Wahl zwischen vorkonfektionierten Gerätesteckverbindern, die nach seinen Vorgaben gefertigt werden, und Einzelkomponenten, die er nach seinen Anforderungen selbst konfigurieren kann. □

## ELEKTRISCHE KONTAKTE DER KONTAKT MACHT DEN UNTERSCHIED.



A PERFECT ALLIANCE.

⊕ ODU TURNTAC®  
robustes und universelles  
Kontaktsystem selbst für  
widrige Einsatzgebiete



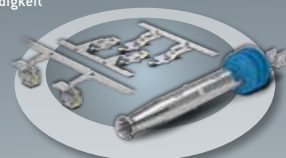
⚡ ODU LAMTAC®  
höchste Strombelastbarkeit  
und Temperaturbeständigkeit  
bis +180 °C



∞ ODU SPRINGTAC®  
höchste Zuverlässigkeit und  
Lebensdauer bis zu 1 Million Steckzyklen



⚙️ ODU STAMPTAC®  
wirtschaftliche Kontaktsysteme  
für automatisierte Verarbeitung



BESUCHEN  
SIE UNS AUF DER  
sps ipc drives  
IN NÜRNBERG VOM  
28. – 30. NOV  
HALLE 10, STAND 330



• 80 JAHRE



KONTAKTE •

Weitere Infos unter [www.odu.de/elektrische-kontakte](http://www.odu.de/elektrische-kontakte)



## LUFTFAHRTTECHNIK

# Licht gegen Kupfer

Zahlreiche elektronische Anwendungen im Flugzeugbau erfordern hohe Bandbreiten und Sicherheitsstandards bei möglichst geringem Gewicht. Dabei stoßen die bewährten Kupfernetzwerke an ihre Grenzen. Mit sehr dichten faseroptischen Lösungen steht ein würdiger Nachfolger bereit.

**TEXT:** Thomas Heller, Molex **BILDER:** Molex; iStock, Cosmin4000



In der Luft- und Raumfahrtindustrie kommen bei Steuerungen sowie in Kommunikations-, Informations- und Überwachungssystemen hoch komplexe Technologien zum Einsatz. Das gilt zum Beispiel für das In-Flight-Entertainment, die Sitz- und Kabinensteuerungssysteme, Wireless Access Points, Datennetzwerke und die kompletten Kabinennetzwerklösungen. Entsprechend wächst die Nachfrage nach robusten, rekonfigurierbaren Rechner- und Netzwerklösungen stetig. Die steigende Zahl unterschiedlicher Netzwerke innerhalb eines Flugzeugs treibt die Entwicklung neuer Netzwerkarchitekturen voran. Ihre wesentlichen Aufgaben

bestehen darin, die notwendige Flexibilität zu bieten und den Aufwand für eine mechanische Neukonfiguration bei der Integration unterschiedlicher Einzelnetzwerke in ein Gesamtnetzwerk möglichst gering zu halten. Eine Gitterarchitektur bietet Redundanz und vermeidet Verdoppelungen. Wenn in einem Flugzeug aber die Anforderungen parallel kommunizierender und für unterschiedliche Zwecke vorgesehener Netze in ein einziges Netzwerk integriert werden, geht die Bandbreite dieses Gitternetzwerks schnell in den Terabit-Bereich. Solch große Datenmengen bergen aber auch neue Gefahren in Punkto Cybersicherheit.

In der Vergangenheit wurde für das Netzwerkdesign üblicherweise Kupfer eingesetzt. Dieses Material hat jedoch seine Beschränkungen, insbesondere mit Blick auf die steigenden Bandbreitenanforderungen. Höhere Übertragungsraten über größere Entfernungen hinweg lassen sich mit Kupfer nur bedingt realisieren. Zum Glück haben neue technische Entwicklungen zu wesentlichen Fortschritten auf dem Gebiet der Faseroptik für raue Einsatzbedingungen geführt. Faseroptik läuft deshalb hinsichtlich der SWaP-C-Eigenschaften, Größe, Gewicht, Leistung und Kosten, Kupfer den Rang ab. Faseroptische Lösungen wiegen nur einen Bruchteil und sind





kabelungen sind optische Fasern unempfindlich gegenüber elektromagnetischen und hochfrequenten Störungen, was einen weiteren Leistungs- und Sicherheitsvorteil bedeutet.

Bei Netzwerkkomponenten oder bei der Elektronik für das In-Flight-Entertainment ist nicht immer eine kontrollierte Umgebung beziehungsweise ein Kühlsystem vorhanden. Da Kupferkomponenten Wärme erzeugen können, ist das Wärme-management in Kupfernetzwerken problematisch. Eine übermäßige Erwärmung kann die Zuverlässigkeit des Netzwerks beeinträchtigen und die Wartungskosten in die Höhe treiben. Die Datenübertragung über Fasern ist hingegen extrem zuverlässig, weil sie im Gegensatz zu Kupfer unempfindlich gegenüber Umgebungsfaktoren wie der Temperatur, Staub, Feuchtigkeit oder Öl sind.

### Cybersicherheit verbessert

Im Vergleich zu Kupfer sind Faser-netzwerke aber nicht nur unempfindlicher, sondern auch sicherer. Während es immer Möglichkeiten gibt, mit Hilfe von hart verdrahten Anschlüssen oder Antennen in eine Kupfernetzwerkarchitektur einzudringen, ist es selbst unter optimalen Bedingungen extrem schwer, ein Fasernetz zu hacken. Zudem lässt sich ein Angriff auf ein faseroptisches Netzwerk schneller erkennen und verhindern. Seine Architektur bietet also einen wesentlich besseren Schutz vor Cyberangriffen.

Faseroptische Netzwerke lassen sich sowohl an vorhandene Flugzeuginfrastrukturen anpassen als auch in neue Flugzeugkonzepte integrieren, wodurch künftige Erweiterungen des Netzwerks um

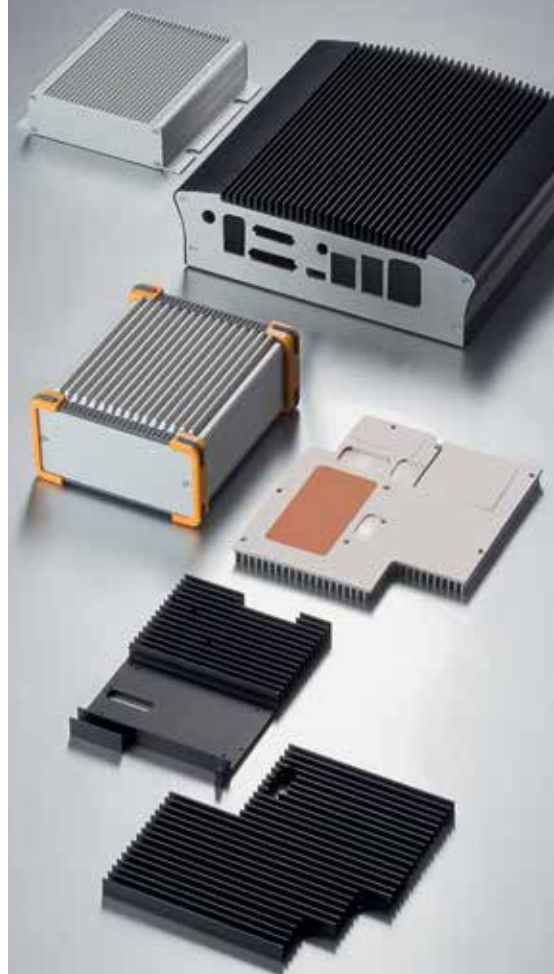
außerdem kleiner als Kupferlösungen, und das bei vergleichbaren oder sogar höheren Übertragungsraten.

### Faseroptik läuft Kupfer den Rang ab

Während Kupferkabel in Netzwerken und bei Anwendungen im Flugzeugbau zu Datenübertragungsengpässen führen können, kommt es bei der Übertragung von Licht über optische Fasern nur zu äußerst geringen Signalverlusten. Deshalb können Daten wesentlich schneller übertragen werden; mit Geschwindigkeiten von 10 Gbps und mehr. Anders als Kupferver-

## Embedded Hardware

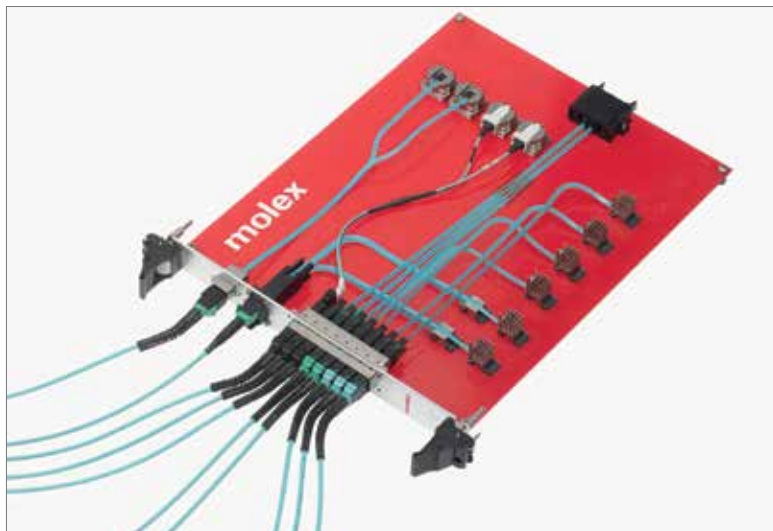
- universelle und effiziente Kühlrippeng-häuse zur Entwärmung von Embedded Mainboards
- optimal angepasste Kühlkörperlösungen durch präzise Fräsbearbeitungen
- effektive Wärmespreizung mittels im Kühlelement verpresster Kupferflächen
- kundenspezifische Anfertigungen



**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)



Bei faseroptischen Flex-Schaltungen werden die einzelnen Fasern in Kunststofffolien zu Faserbändern zusammengefasst.

neue Funktionen möglich sind. Ein weiterer Vorteil faseroptischer Technologien besteht darin, dass die Bauteile leicht zu beschaffen sind und die Kosten kontinuierlich sinken. Auch die Verwendung von vorgespleißten Fasern, unterschiedlichen Steckverbindern und anderen Technologien für den Feldanschluss trägt zur Kostensenkung bei. Moderne Faser-Bragg-Gitter-Technologien liefern außerdem situationsspezifische Informationen zur Temperatur, zu mechanischen Spannungen oder zu Konnektivitätsverlusten, wodurch zusätzliche Sensoren und Datenleitungen überflüssig werden. Nicht zuletzt können die vereinfachten Anforderungen hinsichtlich der Installation und der Wartung dazu beitragen, dass Projektbudgets eingehalten und zeitkritische Aufgaben rechtzeitig abgeschlossen werden.

## Flex-Schaltungen sorgen für dichte Leitungsführung

Um die in Flugzeugnetzwerken beziehungsweise auf Leiterplatten im Flugzeugbau benötigte sehr dichte Leitungsführung unter rauen Umgebungsbedingungen zu erlangen, bieten sich vielseitig einsetzbare Flex-Schaltungen mit hohen Faserzahlen

an. Bei faseroptischen Flex-Schaltungen werden Fasern in spezielle Kunststofffolien eingebettet, wodurch sich das Gewicht und die Querschnittsfläche wesentlich verringern. Während die schwereren Kupferkabel stabile Vorrichtungen benötigen, lassen sich diese Faserbänder ganz leicht ohne mechanische Vorrichtungen anschließen. Zudem kann die Verwendung von Faserbandleitungen die Notwendigkeit des Spleißens von Fasern wesentlich reduzieren.

Auf Faserband basierende Verbindungslösungen eignen sich bestens, um Flex-Leitungen an andere Systeme anzubinden. Für den Anschluss der optischen Schaltungen steht eine Vielzahl von blind steckbaren Verbindungslösungen zur Ver-

fügung. Optische Flex-Schaltungen sind für fast alle Kabelführung geeignet und können sowohl für Punkt-zu-Punkt-Verbindungen als auch in einem willkürlich gemischten oder logischen linearen System eingesetzt werden. Direkte oder fusionsgespleißte Faseranschlüsse tragen zur Vermeidung zusätzlicher Einfügedämpfung bei. Außerdem lässt sich eine faseroptische Flex-Schaltung einfacher prüfen, bis hinunter auf die Einfüge- und Rückflussdämpfung eines einzelnen Ports, als eine vergleichbare Kupferschaltung.

## Optische Backplanes mit hohen Faserzahlen

Vernetzungssysteme in der Luftfahrt-technik erfordern immer häufiger optische

### DIE VORTEILE FASEROPTISCHER LÖSUNGEN GEGENÜBER KUPFER IM ÜBERBLICK

- Höhere Bandbreite
- Vermeidung von Engpässen in der Datenübertragung
- Verbesserter Schutz vor Cyberangriffen
- Hoher EMI/RFI-Schutz
- Geringeres Gewicht und geringerer Platzbedarf
- Designflexibilität
- Kostengünstige Entwicklung neuer Versionen und inkrementelle Migration

Backplanes mit hohen Faserzahlen und Querverbindungssystemen. Flexible optische Schaltungen bieten hier die derzeit höchste Dichte und Flexibilität. Flex-Plane-Schaltungen sind gut geeignet für sehr dichte optische Leitungsführungen mit hohen Faserzahlen auf Leiterplatten, Backplanes und Querverbindungssystemen. Sie übernehmen die Faserführung von Karte zu Karte oder von Shelf zu Shelf auf einem flammfesten Substrat. Auf einem Kunststoffsubstrat geführte optische Fasern werden durch eine flammfeste Schutzbeschichtung an Ort und Stelle gehalten. Das thermisch stabile Substratmaterial, das für einen guten Biegeradius ohne Beeinträchtigung der optischen Eigenschaften ausgelegt ist, übertrifft die Anforderungen der Luft- und Raumfahrtbranche in Bezug auf das Brand- und Rauchverhalten und die Toxizität (FST).

Standardmäßige faseroptische Flex-Schaltungen werden auf einem einzigen Substrat geführt. Bei den flexiblen optischen 3D-Backplane-Schaltungen werden die Fasern über mehrere gestapelte Substrate geführt, um die Luftströmung zu verbessern und eine kompaktere Führung zu erreichen. Dadurch lässt sich die Substratgröße um fast 50 Prozent im Vergleich zu standardmäßigen flexiblen Schaltungen verringern.

### Hochwertige Fasern notwendig

Flexible faseroptische Lösungen sind sehr gut für die rauen Einsatzbedingungen in der Luft- und Raumfahrttechnik geeignet. Sie bieten eine hohe Qualität, Effizienz und Zuverlässigkeit für eine unterbrechungsfreie Konnektivität. Die anspruchsvollen Anwendungen erfordern jedoch

eine sehr hochwertige Faseroptik sowie die Möglichkeit, individuell angepasste Lösungen zur Erfüllung bestimmter Kriterien zu entwickeln. Dazu braucht es eine zuverlässige Gesamtsystemlösung, die Transceiver, Leitungsstränge, Steckverbinder und flexible optische Schaltungen integriert. Der Verbindungstechnikhersteller Molex beteiligt sich aktiv an Netzwerkdesign und -architektur. Molex verfügt über die nötigen Prüfeinrichtungen, um sicherzustellen, dass ein faseroptisches Netzwerk für den Einsatz in der Luftfahrttechnik qualifiziert ist. Die Prüfungen erstrecken sich von Produktevaluierungen und Simulationen über die Materialauswahl und die Fehleranalyse bis hin zur Unterstützung bei der Zulassung durch die zuständigen Behörden. Auch EMI- und SI-Prüfungen zur Gewährleistung hoher Qualitätsstandards sind möglich. □

# Perfect match.



**REDFIT** IDC ist ein lötfreier und mehrfach steckbarer Steckverbinder mit SKEDD-Technologie. Die SKEDD-Kontakte werden direkt in die Leiterplatte gesteckt. Die Anbindung des Flachbandkabels erfolgt mittels Schneidklemmtechnik.

- SKEDD-Direktstecktechnik
- Schneidklemmtechnik
- Lötfreie Verbindung
- Einfach steckbar und lösbar
- Mindestens 10 Steckzyklen
- Verpolschutz

Ein komplettes Bauteil und potentielle Fehlerquelle entfällt. Dies erhöht die Prozesssicherheit, spart Platz, Zeit, Material und Prozesskosten.

[www.we-online.de/REDFIT](http://www.we-online.de/REDFIT)

#REDFIT

*WE speed up  
the future*



## STECKVERBINDER IN ELEKTRONIKBAUGRUPPEN

# DER TREND ZUM KLEINTEILIGEN

Die fortschreitende Miniaturisierung in der Elektronik führt dazu, dass auch die Raster in Steckverbindungen immer kleiner werden müssen. Die Hersteller stellt das bei der Fertigung vor neue Herausforderungen. Aber auch neue Materialien für Isolierkörper und Kontakte sind nötig.

**TEXT:** Gerhard Brüser, Fischer Elektronik

**BILDER:** Fischer Elektronik; iStock, Pixonaut

Auch heute noch werden überwiegend Steckverbinder für das Anschlussraster 2,54 mm verbaut. Die immer kleiner werdenden Elektronikbaugruppen im Maschinen-, Sondermaschinen- und Steuerungsbau verlangen aber auch bei den Steckverbindungen nach kleineren Ausführungen. Entsprechend gewinnen die kleineren Raster 2,00 mm und 1,27 mm in zunehmendem Maße an Bedeutung. Hierbei ist das Raster 2,0 mm als metrisches Raster um etwa 20 Prozent und das Raster 1,27 mm als zölliges Raster um 50 Prozent kleiner als das bisherige Standardraster.

## Neue Kunststoffe für dünne Wände

Durch die Reduktion des Kontaktabstandsmaßes (Raster) verringert sich neben den kleineren Kontakten auch die Wandstärke der Isolierkörper. Zum Teil sind die Wände nur einige Zehntel Millimeter dick. Sie können oft nur noch mit technischen Kunststoffen, beispielsweise aus der LCP-Gruppe (flüssigkristalline Polymere), gefertigt werden. Die Kunststoffe bestehen aus starren, stabförmigen Makromolekülen, die sich in der Schmelze parallel ausrichten. Dadurch lassen sich sehr kleine Wandstärken auch bei längeren Fließwegen, wie es bei Steckverbindern keine Seltenheit ist, zuverlässig füllen. Naturgemäß sind die Anforderungen an die entsprechenden Formwerkzeuge deutlich höher. Sie müssen extrem gut auf den dünnflüssigen Kunststoff abgestimmt, äußerst formschlüssig und hochpräzise gefertigt sein. Zu beachten ist außerdem, dass die Werkzeuge eine Temperatur von mehr als 130 °C haben müssen.



Die verschiedenen Steckverbinder mit Rastergrößen von 1,27 bis 2,54 mm decken eine breite Anwendungspalette ab.

Die LCP-Materialien sind in der Regel inhärent flammgeschützt (Stufe V0) und nicht durch flammhemmende Zusatzstoffe belastet. Durch den Zusatz von Füllstoffen, wie Faser- oder Mineralfüllungen, wird ein sehr formbeständiger Kunststoff erzeugt. Damit lassen sich feinste Strukturen, wie sie bei Steckverbinderleisten mit kleineren Rastern auftreten, sicher herstellen. Die Wärmeformbeständigkeit des Kunststoffs übersteigt 270 °C, bei einzelnen Typen sogar 300 °C. Außerdem besitzen die Materialien sehr gute mechanische Eigenschaften.

### Löten bei kleinen Rastern

Bezüglich des Lötverfahrens gibt es bei den kleinen Rastern keine Einschränkung. Es können dieselben Verfahren ein-

gesetzt werden wie bei den größeren Rastern:

- das Wellenlötverfahren
- verschiedene Reflow-Lötverfahren
- das bauteilschonende Dampfphasenlöten

Beim Wellenlötverfahren werden die Steckverbinder nur selten Bedingungen jenseits der sonst üblichen maximalen Dauertemperaturbelastung ausgesetzt. Bei den SMD-Löttechniken sind hingegen Temperaturen von ungefähr 260 °C normal. Bedingt durch diese höhere Löttemperatur steigen die Anforderungen an die Steckverbinder deutlich. Beim SMD-Löten ist es zum Beispiel zwingend erforderlich, dass die Isolierkörper aus entsprechend hochtemperaturbeständigem Kunststoff hergestellt werden. In den letzten Jahren wurden

## Optimierte Kühlung

- Extrudierte, Druckguss- und Flüssigkeitskühlkörper
- Riesige Profilauswahl, mit und ohne Clipbefestigung
- Komplette CNC-Bearbeitung und Oberflächenveredelung
- Thermische Simulationen und individuelles Kühlkörperdesign



**CTX** THERMAL  
SOLUTIONS





Tape& Reel ist ein sinnvoller Ansatz für automatengerechte Verpackung.

dafür verschiedene solcher Hochtemperaturmaterialien entwickelt und eingesetzt.

Für kleinere Hersteller von Steckverbindern lohnt es sich kaum, bei gleicher Bauform der Isolierkörper, unterschiedliche Kunststoffe für das Wellen- und das SMD-Lötverfahren zu verwenden. Neben der möglichen Verwechslungsgefahr, sofern man dieselbe Farbe wählt, ist auch die doppelte Lagerhaltung zu bedenken. Daher bietet es sich an, unabhängig vom Lötverfahren, den hochtemperaturbeständigen Kunststoff für alle identischen Bauformen zu verwenden.

### Geringere elektrische Belastbarkeit

Wichtige Merkmale bei der Auswahl von Steckverbindungen sind deren elektrische Kenndaten. Die gängigen 2,54-mm-Typen liegen in der Regel bei einem Nennstrombelastungswert von bis zu 3 A. Bei kleineren Rastern verringert sich die Belastbarkeit: Zum Beispiel geht die Nennstrombelastung beim 2,00-mm-Raster teilweise noch bis etwa 3 A, während sie beim 1,27-mm-Raster höchstens 1,5 A erreicht. Das liegt daran, dass die Kontaktquerschnitte entsprechend der geringeren Kontaktabstände zwangsläufig kleiner sein müssen, um die notwendigen Isolationswiderstände (Luft und Kriechstrecke) zu erreichen. Hier liegt der Stromwert je nach Raster und Typ bei 1,0 bis 2,5 A. Die kleineren Raster eignen sich somit besonders gut für den Einsatz im Bereich der Datenübertragung, wo die Strombelastung meist gering ist; teilweise im niedrigen Ampere-Bereich.

Variationsmöglichkeiten ergeben sich auch durch den Einsatz unterschiedlicher Kontaktwerkstoffe. Während der elektrische Leitwert von Zinn-Bronze (CuSn) bei etwa 9 S/m liegt, erreicht er bei Messing (CuZn) etwa 15 S/m. Dabei müssen

jedoch die mechanischen Beanspruchungen berücksichtigt werden. Ist beispielsweise eine gewisse Federungsfähigkeit erforderlich, sollte eher CuSn verwendet werden.

Für den Massenmarkt der Leiterplattensteckverbinder reichen diese Möglichkeiten der elektrischen Belastbarkeit in den meisten Fällen vollkommen aus. Für elektrisch und mechanisch hoch beanspruchte Kontakteile (Federteile) haben sich darüber hinaus Werkstoffe aus Kupfer-Beryllium-Legierungen (CuBe) mit bis zu 2 Prozent Beryllium bewährt. Dafür sind sowohl Varianten in walzhartem Zustand als auch aushärtbare Typen verfügbar. Die aushärtbaren Varianten eignen sich besonders gut für stark geformte Federelemente.

### Automatengerechte Verpackung

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Miniaturisierung im Bereich der Leiterplattensteckverbinder weitergeht. Entsprechend müssen die Hersteller von Steckverbindern ihre Produktvielfalt bei den kleineren Rastern so erweitern, dass die Kunden in Zukunft eine ähnlich große Auswahl wie beim 2,54-mm-Raster haben. Es gilt, mit den Wünschen der Kunden Schritt zu halten. Teilweise braucht es auch Ausführungen, die an die kleinere Rastergröße angepasst sind. Nicht zuletzt ist es im Sinne des Kunden, wenn Hersteller von vornherein großen Wert auf eine automatengerechte Verpackung legen. Dafür ist die Tape&Reel-Verpackung ein sinnvoller Lösungsansatz. Gegebenenfalls erhalten die Steckverbinder noch eine Bestückungshilfe zum Platzieren (Pick&Place). Sie eignet sich nicht nur für Steckverbinder, die in oberflächenmontierter Ausführung (SMD) verlötet werden, sondern wird verstärkt auch in der Durchstecktechnik (THT und THR) eingesetzt, egal ob die Teile mittels Wellen- oder Reflow-Lötverfahren verarbeitet werden. □





# FASZINATION ELEKTRONIK

publish  
industry  
verlag



## ELEKTRONIKFERTIGUNG

### VAKUUM-ÄTZEN

Moderne Leiterplattenfertigung ...s. 56

### HMI-ENTWICKLUNGSPLATTFORM

Ein Geschenk für Entwickler .....s. 60

### FIRMENPROFIL

Turck Duotec .....s. 65



## VAKUUM-ÄTZEN

# Moderne Leiterplattenfertigung

Die Anforderungen an die Leiterplattenproduktion steigen stetig an. Anbieter müssen nicht nur immer kleinere Leiterplatten mit zusätzlichen Lagen fertigen, sondern auch Umweltaspekte im Blick behalten. Neue Vakuum-Ätzanlagen erweisen sich dafür als hilfreich.

TEXT: Volker Feyerabend, Apros Consulting & Services BILDER: Pill; iStock, Spainter VFX



Am Werdegang der G&W Leiterplatten aus Dresden lässt sich gut erkennen, wie sich die Branche im Laufe der Jahre entwickelt hat. Bei der Gründung 1990 bot das Unternehmen Leiterplatten mit bis zu acht Lagen und Strukturbreiten von 250  $\mu\text{m}$  an. Heute, 27 Jahre später, ist die Anzahl der Lagen bei Multilayer-Platten auf 30 und mehr gestiegen, die Strukturbreite ist hingegen auf 75  $\mu\text{m}$  gesunken. Der Wettbewerb innerhalb der Branche fordert die Anbieter technisch immer ganz vorn dabei zu sein. Um auch weiterhin eine Rolle im Wettbewerb spielen zu können, hat G&W Leiterplatten in eine neue Ätzanlage investiert.

Das Unternehmen entschied sich für eine Anlage der Firma Pill. Vor rund 16 Jahren wurde von ihren Ingenieuren die Vakuum-Ätz-Technologie auf den Markt gebracht – heute ist sie Standard bei der Fertigung hochwertiger Leiterplatten.

Durch die Vakuum-Technologie lassen sich im Ätzvorgang die Strukturen sehr präzise und fein abbilden.

### Qualitative Maßstäbe

Pill ist weltweit in den Elektronikfertigungen vertreten, wobei ein Schwerpunkt der europäische Markt ist, der Anteil des asiatischen Marktes nimmt kontinuierlich zu. Mit der Vakuum-Ätz-Technologie hat Pill bereits seit vielen Jahren Erfahrungen gesammelt. Diese große Erfahrung war für G&W Leiterplatten bei der Auswahl ein entscheidendes Kriterium. Dank ihr konnte Pill auf die vorhandenen Anforderungen flexibel, gezielt und relativ schnell reagieren.

In die jüngeren Entwicklungen und in die Anlage in Dresden sind ebenfalls Umweltaspekte mit eingeflossen. Deren





Die alkalische Ätzanlage von Pill im Einsatz bei G&W Leiterplatten in Dresden.

Beachtung wird immer wichtiger. Die Ätzanlagen von Pill sind geschlossene Systeme. Nichts von den genutzten Chemikalien dringt nach außen. Eine Luftbelastung für die Mitarbeiter in der direkten Umgebung bei funktionierender Absaugung der Anlagen ist kaum messbar.

Die Anlage ist in ihrem Einsatz sehr flexibel. Standardplatten ab einer Stärke von 50 µm bis hin zu 5 mm können in ein und derselben Anlage verarbeitet werden. Durch die moderne Steuerung sind bei Produktwechseln keine großen Umstellprozesse mehr nötig.

Bei G&W Leiterplatten wird auf solche Funktionen und Ausstattungsdetails großen Wert gelegt. Der Leiterplatten-Hersteller hat sich, neben den gängigen Qualitätszertifikaten wie beispielsweise ISO 9001, ebenfalls nach DIN EN ISO 14001 zertifizieren lassen. Ein Zertifikat, das speziell die Aspekte des Umweltmanagements eines Betriebes begutachtet. Kriterien, die für die Produktion in Dresden enorm wichtig sind. „Wir wollen sicherstellen, dass unsere Prozesse in der Fertigung bestmöglich umweltverträglich sind. Und da gehört eben auch dazu, dass der Ätzprozess unseren eigenen Ansprüchen genügt“, er-

klärt Grit Weber, Geschäftsführerin der G&W Leiterplatten.

### Saures oder alkalisches Ätzen

Auch können in der Anlage saure und alkalische Ätzprozesse angewendet werden. Die sauren Lösungen für den Photoresist und alkalische Ätzmittel bei der Bearbeitung des Metallresists. Die Regeneration und das Handling der alkalischen Lösungen sind dabei deutlich schwieriger.

Nun wurde, um den Anforderungen des Marktes weiter gerecht zu werden, in den Nassprozess bei der Fertigung investiert. Mit der Vakuum-Ätz-Technologie ist es möglich, in horizontalen Durchlaufanlagen Ober- und Unterseite der Leiterplatten in gleicher Qualität und mit hoher Präzision zu ätzen. Ein aufwändiger und zeitraubender Nachätz-Durchlauf fällt damit weg. Durch die Vakuum-Ätz-Technologie konnte der Ätz-Faktor auf vier verbessert werden. Die Ätzflanken sind wesentlich steiler, das kommt der Verfeinerung der Layouts zugute. Ebenso wurde die Unterätzung der Leiterbahnen minimiert. Die Nachfrage der Industrie nach dem Vakuum-Verfahren ist nach wie vor sehr groß.

In der Entwicklungsabteilung von Pill wurde das Vakuum-Modul permanent an die jeweils aktuellen Bedürfnisse angepasst. Deshalb können nun beispielsweise Leiterplatten von der Folienstärke 50 µm bis hin zur 5-mm-Plattenstärke bearbeitet werden – ohne Umrüstung und Zeitverlust. Neben dem Transportsystem wurden darüber hinaus auch die Düsen weiterentwickelt. Winkel und Abstände wurden so angepasst, dass die Verteilung der Ätzflüssigkeit verbessert ist.

### Qualität dank Ätzanlage

Die neue Ätzanlage von Pill, mit der Option auch alkalisch zu arbeiten, arbeitet mit Chemie von McDermid beziehungsweise anderer Hersteller und mit Kupferchlorid (Salzsäure, Peroxid, Wassermischungen). Die Anlage hat eine moderne Ätzkammer und konnte durch die modulare Bauweise mit einer Eingabestation, dem Ätzmodul, einem Replenisher, einer Kaskadenspüle und einem Trockner exakt an die Bedürfnisse von G&W angepasst werden. Dank des neuen Systems konnte G&W eine deutliche Qualitätsverbesserung erreichen. Die bisherige konventionelle Anlage war auch schon etwas in die Jahre gekommen. Mit der Investition hat der Leiter-



Wartungsfreundlich: Einfacher Ausbau des Düsenrohres für einfache Wartung der Pill-Systeme.

platten-Hersteller also gleich mehrere Ziele erreicht: Die Steigerung der Qualität, die Verbesserung der Möglichkeiten und der Flexibilität in der Fertigung sowie eine wesentlich höhere Umweltverträglichkeit. All diese Aspekte wurden mit der neuen Anlage umgesetzt. Nach einer kurzen Testphase läuft die Anlage bereits unter Volllast.

### Photo- und Metallresist in einer Kammer

Entscheidend für G&W war aber, dass die neue Anlage Photo- und Metallresist in derselben Kammer verarbeiten kann – direkt nacheinander, ohne aufwändige Wartungsintervalle dazwischen. Im laufenden Prozess wird normalerweise das Spülwasser über die Zeit alkalisch. Im Pill-Prozess kann das Spülwasser bei Bedarf noch mal angesäuert werden und bleibt dadurch neutral. Das Ziel ist es, die weitere ungeplante Ablösung des Resists in diesem Prozessschritt zu vermindern.

Mit der neuen Pill-Anlage funktioniert die Verarbeitung von Photo- und Metallresist ohne Wartung und Umbauten. Die Flexibilität und kurze Wartungsintervalle sind jedoch vor allem in der Prototypenfertigung sehr wichtig,

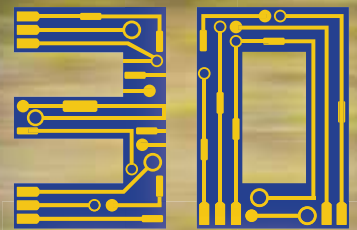
damit wirtschaftlich gearbeitet werden kann. Die neue Technik erlaubt es außerdem, die Prozesse in der Anlage exakt zu überwachen und zu steuern. Über ständige Messungen und eine konstante Überwachung der Sollwerte wird die richtige Dosierung der Chemie erreicht. Erreicht werden kürzere Durchlaufzeiten in der Anlage, eine Reduzierung der Fehlerquote und dadurch die Verbesserung von Qualität und Produktivität. Alkalische Materialien sind wesentlich aufwändiger und komplizierter zu bearbeiten. Ein optimaler PH-Wert von 8,6 sollte möglichst genau eingehalten werden. Dichtemessungen und die Überwachung des PH-Wertes im Prozess begleiten die Fertigung. Im Bedarfsfall wird korrigiert. Kann der enge PH-Korridor nicht eingehalten werden, wird der Prozess verlangsamt. Ist der PH-Wert zu gering, wird möglicherweise zu wenig Kupfer abgetragen oder es kann in Extremfällen sogar zu Ätzausfällen führen.

G&W ist überzeugt mit der neuen Anlage einen sinnvollen und guten Schritt nach vorn gemacht zu haben, um in einem hart umkämpften Markt weiter zu bestehen. Die Anforderungen bei der hochqualitativen Leiterplattenfertigung werden schließlich auch in Zukunft weiter steigen. □



**WOW!  
Schon da!**

**Zu Ihrem Vorteil aktualisiert!  
Online-Kalkulator**



**JAHRE**

**LEITERPLATTEN  
SPEZIALISTEN**

**○ PUNKTGENAU  
○ PLANGENAU  
○ PREISGENAU**

**Becker & Müller**  
**Schaltungsdruck GmbH**  
Tel.: +49 (0)7832 9180-0  
**www.becker-mueller.de**

## HMI-ENTWICKLUNGSPLATTFORMEN

# Ein Geschenk für Entwickler

Neue Motion- und CNC-Controller-Technologien helfen Entwicklern in der Laserbearbeitung und Mikrofertigung dabei, ihre Aufgaben „out-of-the-box“ zu lösen. Für Maschinenhersteller verkürzt das die Zeit bis zur Markteinführung und erhöht gleichzeitig die Prozessgenauigkeit.

**TEXT:** Jason Goerges, ACS Motion Control; Ellen-Christine Reiff, für ACS Motion Control **BILDER:** ACS Motion Control; iStock, Themacx





Systemintegratoren und OEM in der Laserbearbeitung oder Mikrofertigung haben oft kein Problem damit, ein neues Konzept auf einer Demomaschine vorzustellen. Der schwierige Teil beginnt, sobald das Interesse des Kunden geweckt ist und das Konzept unter Zeitdruck in eine robuste Maschinenlösung umzusetzen ist. Hier helfen Motion- und CNC-Controller-Technologien, die bereits vom Benutzer anpassbare Entwicklungsplattformen und fortschrittliche Bewegungsoptimierungen bei der Lasersteuerung bieten.

Bei der Entwicklung einer industrietauglichen Maschine für die Laserbearbeitung oder Mikrofertigung gibt es vor allem zwei komplexe und ressourcenintensive Aufgaben. Zum einen müssen die Laserimpulse mit hoher Genauigkeit und Reproduzierbarkeit ans Werkstück gebracht werden. Zum anderen gilt es, eine geeignete Mensch-Maschine-Schnittstelle zu entwickeln.

### HMI-Entwicklungsplattform spart Zeit

Der Entwickler muss sich dabei vielen Herausforderungen stellen: die Verarbeitung der CAD-/CAM-Daten, die Generierung und Programmierung der Bewegungsprofile für den Laser, die Programmierung der Benutzeroberfläche und die Ansteuerung des Lasers in Echtzeit. Hinzu kommen oft zusätzliche applikationsspezifische Herausforderungen. Der Entwicklungsprozess wird dadurch zeitaufwendig und teuer.

Die Benutzerschnittstelle (Human Machine Interface, HMI) ist ein wich-

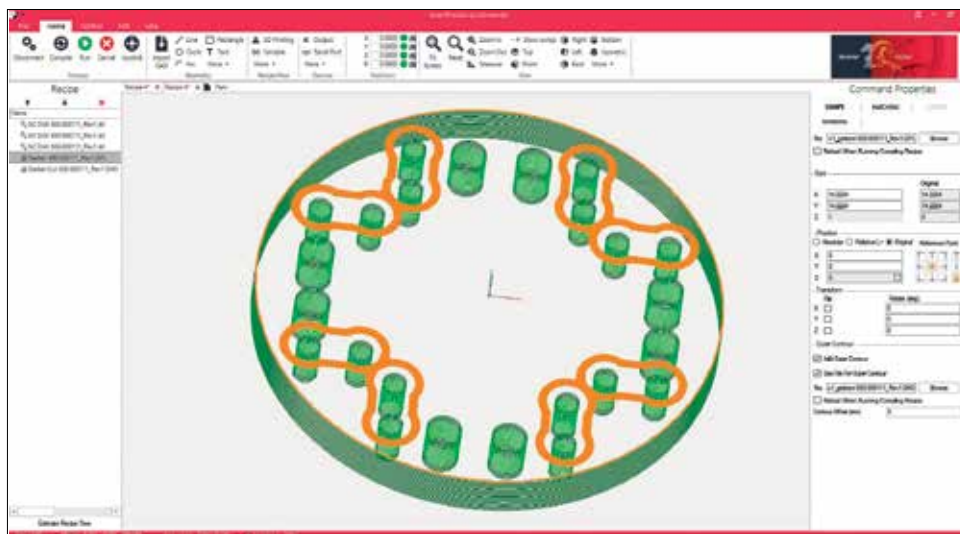
tiges Subsystem der Maschine und fällt üblicherweise in eine von zwei Klassifikationen:

- HMIs im „CNC-Stil“, importieren maschinencodierte Programme, die zuvor ein CAM-Software-Postprozessor erstellt hat, und führen diese aus (typischerweise G-Code).
- Oft findet man auch integrierte grafische HMIs, die den Import sowie die Bearbeitung von CAD-Dateien ermöglichen und integrierte Funktionalität zur Nachbearbeitung der CAM-Daten bieten.

Einige Motion- und CNC-Controller-Hersteller bieten mittlerweile anpassbare HMI-Entwicklungsplattformen für beide Klassifikationen an. Der Systemintegrator oder OEM kann somit einen neuen, weniger ressourcenintensiven Ansatz für die Entwicklung und Wartung seiner HMI-Software nutzen und seine HMI-Applikation mit der anpassbaren Plattform deutlich schneller aufbauen.

### HMI im CNC-Stil

Viele Lasermikrobearbeitungs- und Mikroprozesssysteme werden in einer Bearbeitungs- oder Fertigungsumgebung neben anderen traditionellen CNC-Maschinen wie Drehmaschinen, Mühlen oder Fräsmaschinen eingesetzt. In solchen Fällen ist es von Vorteil, wenn sich HMIs, Lasersystem und andere Maschinen ähnlich bedienen lassen. Dadurch lässt sich die gleiche Wissensbasis nutzen. Eine anpassbare CNC-HMI-Entwicklungsplattform sollte viele Standard-HMI-Features „out-of-the-box“ anbieten.



3D-Visualisierung und Ablaufplanung für die Bearbeitung von 3D-Teilen

Dazu gehört die Möglichkeit, NC-Dateien nach dem Standard RS-274 und benutzerdefinierte G-Codes zu laden, zu bearbeiten und auszuführen oder flexible CNC-Programm-Ablaufoptionen wie Stopp, Halten, Abbruch, Einzel-Block-Ausführung, Block Überspringen und Feed-Rate halten. Hinzu kommt die Echtzeitüberwachung der Programmausführung, der Achspositionen, Vorschubgeschwindigkeiten, der G-Code-Modalitäten und von Alarmen und Störungen. Außerdem sollte es zur Sicherheit einen mehrstufigen Benutzerzugang mit Login-Bildschirmen unter anderem für Bediener, Techniker, Entwickler und Administratoren geben.

Weitere Herausforderungen im Zusammenhang mit der Integration der HMI-Host-Applikation und der Motion/CNC-Steuerung sind heute ebenfalls gelöst: Dazu zählen beispielsweise die Optimierung von NC-Programm-Download, von Kompilierung und Ausführungszeit, der Verwaltung der G-Code-Modalität, um den Mid-Programm-Start zu unterstützen, und die Verbesserung von Darstellung, Handhabung sowie Protokollierung von Maschinenfehlern und Fehlerbedingungen.

Die Wettbewerbsvorteile eines Systems zur Laserbearbeitung oder Mikrofertigung sind oft mit der anwendungsspezifischen Funktionalität verbunden. Eine anpassbare CNC-HMI-Entwicklungsplattform bietet einen Mehrwert für den Maschinenentwickler, indem sie eine anwendungsspezifische HMI-Anpassung mit relativ geringem Aufwand ermöglicht. Einfache Beispiele für solche Anpassungen können benutzerdefinierte Registerkarten, Schaltflächen oder Bildschirme sein. Das vereinfacht auch anspruchsvollere Anpassungen, wie Prozessvisualisierung oder die Integration weiterer Geräte wie Kameras und Laser-Wegsensoren in die Maschine.

Laserbearbeitungs- und Mikrofertigungssysteme für flexibles Bohren und Schneiden von Leiterplatten, für die Glas- und Polymer-Display-Verarbeitung, die Halbleiter-Verarbeitung, die Fertigung von Präzisions-Optik oder eine hochgenaue additive Fertigung arbeiten häufig in der High-Tech-Forschung und in Produktionsanlagen. Bei solchen Systemen wird typischerweise ein integriertes grafisches HMI gegenüber einer Bedienung im CNC-Stil bevorzugt, da der Systembetreiber üblicherweise kein CNC-Maschinist ist. Das integrierte grafische HMI kann eine CAD-Datei direkt einlesen, einen Laserpfad definieren und den entsprechenden Maschinencode automatisch generieren. Diesen führt der Motion Controller selbstständig aus und eine separate CAM- oder Nachbearbeitungssoftware ist nicht erforderlich.

## Das integrierte grafische HMI

Eine anpassbare integrierte grafische HMI-Entwicklungsplattform mit eingebauten Funktionen für spezifische Prozesse wie Lasermarkierung, Bohren, Ätzen, Schneiden oder Additivherstellung bietet dem Industrieanwender Vorteile, da viele Herausforderungen bereits gelöst sind. Zum Beispiel wird eine breite Palette an CAD-Formaten nativ unterstützt (DXF, DWG, Gerber, NC Drill oder STL) und lässt sich problemlos bearbeiten, um Bewegungsprofile wie Skalierung, Rotation oder Kacheln zu generieren. Parameter für alle Bewegungsachsen können im gleichen Fenster konfiguriert und überwacht werden. Es gibt eine Echtzeitüberwachung und Datenerfassung von Bewegungsrückmeldungen und den Laserstatus.

Häufig verwendete Geräte wie Kameras und Galvoscaner werden im HMI nativ unterstützt und sind konfigurierbar. Auch neue Geräte lassen sich einfach integrieren und entspre-

# 3D-MID Prototyping

chende Bibliotheken müssen nicht mehr von Grund auf neu geschrieben werden. Vollständige Simulationen zeigen dem Benutzer den erwarteten Laserstrahlengang und erlauben es ihm, die voraussichtliche Prozessdauer zu bestimmen. Ähnlich wie bei einer HMI-Entwicklungsplattform im CNC-Stil kann die integrierte grafische HMI-Entwicklungsplattform auch für anwendungsspezifische Funktionalität angepasst werden.

## Verbesserte Bewegungsleistung

Für viele Anwendungen in der Laser-Mikrobearbeitung und Mikrofertigung ist die Bewegungsleistung entscheidend für die erreichbare Genauigkeit und Wiederholbarkeit des Prozesses. Das Bewegungsverhalten wird sowohl durch die Profilerzeugung (Befehlsbewegungsweg) als auch durch die Servo-Performance beeinflusst und hängt davon ab, wie gut die Aktoren dem geplanten Bewegungspfad folgen. Um die Profilerzeugung und Servo-Performance zu verbessern, bieten aktuelle Motion/CNC-Steuerungen erweiterte Funktionen an. Dazu gehören Profilerzeugung für minimalen Energieverbrauch, Eckglättung, adaptive Servosteuereralgorithmen und Autotuning.

Neben der Bewegungsleistung hat aber auch die positionsbasierte Ausgangssynchronisation Einfluss auf die Genauigkeit und Wiederholbarkeit. Diese Aufgabe übernahm bisher der Bewegungs-/CNC-Regler oder Antrieb, der mechanisch mit den Maschinenantrieben verbunden war. Heute gibt es spezielle Lasersteuermodule, die flexible Möglichkeiten zur positionsbasierten Ausgangssynchronisation für die Laserauslösung und das Gating bereitstellen. Sobald es ins Steuerungsnetzwerk integriert ist, kann das Modul per Software konfiguriert werden, um synchronisierte Ausgänge basierend auf der Bewe-



**productronica 2017**  
**3D-MID live**  
**Besuchen Sie uns**  
**in Halle B3 –**  
**Stand 381**

- **Lasergesinterter 3D-Druck**
- **Laserstrukturierung**
- **Metallisierung**
- **Voll funktionsfähiges und bestücktes MID**



## IMPRESSUM

**Herausgeber** Kilian Müller

**Redaktion** Florian Streifinger (Managing Editor/verantwortlich/-28), Roland R. Ackermann (freier Mitarbeiter), Isabell Diedenhofen (-38), Selina Doulah (-34), Anna Gampenrieder (-23), Ragna Iser, Demian Kutzmutz (-37), Florian Mayr (-27), Sabrina Quente (-33)

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

**Anzeigen** Saskia Albert (Director Sales/verantwortlich/-18), Vitor Amaral de Almeida (-24), Caroline Häfner (-14), Doreen Haugk (-19), Demian Kutzmutz (-37), Maja Pavlovic (-17);  
Anzeigenpreisliste: vom 01.01.2017

**Sales Services** Ilka Gärtner (-21), Franziska Gallus (-16), Marina Schiller (-20); dispo@publish-industry.net

**Marketing & Vertrieb** Anja Müller (Head of Marketing), Esther Härtel (Product Manager Magazines)

**Herstellung** Veronika Blank-Kuen

**Verlag** publish-industry Verlag GmbH, Machtfinger Straße 7, 81379 München, Germany

Tel. +49.(0)151.58 21 19-00, Fax +49.(0)89.50 03 83-10, info@publish-industry.net, www.publish-industry.net

**Geschäftsführung** Kilian Müller, Frank Wiegand

**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 9 Ausgaben pro Jahr inkl. redaktioneller Sonderhefte und Messe-Taschenbücher) sowie als Gratiszugabe das jährliche, als Sondernummer erscheinende E&E-Kompodium.

**Jährlicher Abonnementpreis**

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

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

**Druck** Firmengruppe APPL, seilner druck GmbH, Angerstraße 54, 85354 Freising, 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.

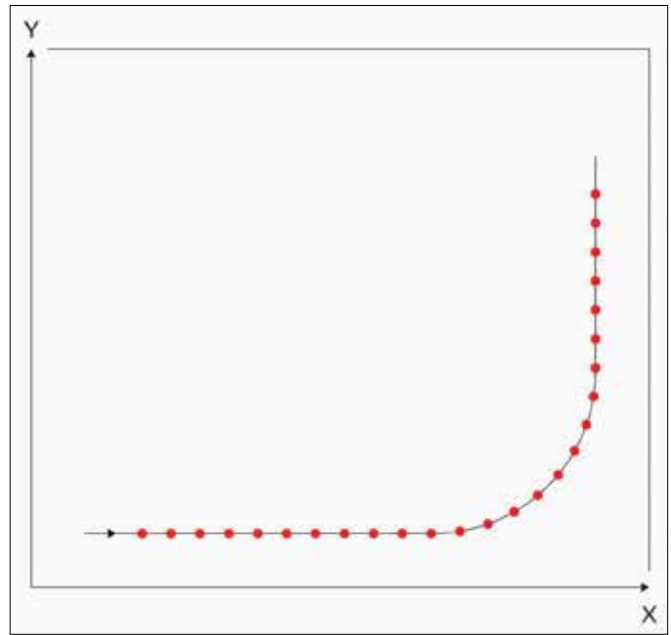
**ISSN-Nummer** 1869-2117

**Postvertriebskennzeichen** 30771

**Gerichtsstand** München

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

Mitglied der Informations-gemeinschaft zur Feststellung der Verbreitung von Werbeträgern e.V. (IVW), Berlin



Auslösen des Lasers in genauen Positionen mit festem Abstand, unabhängig von der Geschwindigkeit

gung einer beliebigen Kombination von Achsen im Netzwerk bereitzustellen.

Dabei sind verschiedene Lasersteuerungsmodi möglich: Für Anwendungen, bei denen die Laserpulse nicht einzeln durch eine externe Steuerung ausgelöst werden, kann ein Gating-Modus verwendet werden. Bei derartigen Anwendungen wird das Torsignal typischerweise am Anfang oder Ende eines Bewegungssegments oder Blocks genau ein- oder ausgeschaltet, falls gewünscht aber auch an beliebigen Stellen entlang eines Bewegungspfades. Digitale Modulationsmodi zur Leistungsregelung sind ebenfalls möglich, wie Pulsweitenmodulation und Frequenzmodulation. Unterschiedliche Betriebsarten können darüber hinaus für anspruchsvolle Anwendungen miteinander kombiniert werden.

## Wenig Aufwand für mehr Maschinenleistung

Die Herausforderungen bei der Entwicklung einer robusten und skalierbaren Laserbearbeitungs- oder Mikrofertigungs-Maschinenplattform lassen sich mit anpassbaren HMI-Plattformen und Lasermodulen heute besser und schneller lösen. Insbesondere gilt das für die Optimierung der Genauigkeit und Wiederholbarkeit der Lasersteuerung relativ zur Bewegung und für die Entwicklung der zugehörigen HMI-Software. Maschinenentwickler, Systemintegratoren und Anwender profitieren davon gleichermaßen, denn das Resultat bedeutet gleichzeitig höhere Maschinenleistung und geringerer Entwicklungsaufwand. □

## FIRMEN UND ORGANISATIONEN IN DIESER AUSGABE

Firma	Seite	Firma	Seite
ACS Motion Control.....	60	Micro-Epsilon .....	12
Alpha-Numerics.....	19	Microchip.....	34, 43
Autodesk.....	22	Molex.....	48
Becker & Müller Schaltungsdruck.....	59	Moxa.....	18
Beta Layout.....	63	MSC Technologies .....	23
Bürklin Elektronik .....	9	MTM Power Messtechnik .....	29
Conrad Electronic .....	11	ODU.....	47
CTX Thermal Solutions.....	53	Peak-System Technik.....	38
Detakta.....	5	Phoenix Contact .....	44
Deutronic Elektronik .....	27	Pill .....	56
Digi-Key.....	Titel, U2, 4	Recom Power .....	28
EA Elektro-Automatik.....	3	Rhebo.....	14
Elektrosil.....	21	Schukat Electronic.....	31
Fischer Elektronik.....	49, 52	Stäubli .....	45
Fraunhofer IPT.....	6	T-Systems Multimedia Solutions.....	10
Fuji Electric Europe.....	25, 26	TQ-Systems .....	41
Garz & Fricke.....	35	Traco Electronic.....	33
Harting.....	17	Turck Duotec.....	37, 65
Kontron S&T.....	13, 40	Wibu-Systems .....	42
LEM.....	30	Würth Elektronik eiSos.....	51
MES Electronic Connect.....	46		
Mesago Messe Frankfurt.....	U4		



### Anschrift

Turck duotec GmbH  
Goethestraße 7  
58553 Halver, Germany  
T +49/2353/1390-0  
F +49/2353/1390-6519  
sales@turck-duotec.com  
www.turck-duotec.com

### Kundenspezifische Elektronik-Dienstleistungen

Turck duotec bietet als kompetenter Dienstleister im Bereich E<sup>2</sup>MS (Electronics Engineering and Manufacturing Services) sämtliche Leistungen, die für kundenspezifische Elektronikanwendungen benötigt werden. Mit unserer langjährigen Erfahrung als Elektronikdienstleister und unserer umfassenden Fertigungskompetenz können wir individuelle Anforderungen passgenau erfüllen.

#### GRÜNDUNGSJAHR

1988

#### APPLIKATIONEN

Antriebe, Automation, Beleuchtung, Sensorik, Sicherheit

#### BRANCHEN

Automotive, Bahntechnik, Gebäudetechnik, Industrie, Medizintechnik

#### DIENSTLEISTUNGEN

Elektronikentwicklung, Elektronikfertigung, Komplettlösungen, Plattform-Produkte

#### ZERTIFIKATE

ISO-TS 16949-2009, ISO 9001-2008/2015, EN ISO 13485, ISO 50001-2011



Die Konstruktion der Mechanik, die Entwicklung von Hard- und Software, die Entflechtung von Layouts sowie die spezifische Testentwicklung sind Bestandteile unserer Dienstleistungen. Technologien wie SMD-Bestückung, Chip-on-Board (COB), Dickschicht-Hybridtechnik und die Systemmontage gehören zu unseren Stärken in der Elektronikfertigung.

### Original Design Manufacturing

Mit unserer neuen strategischen Ausrichtung als ODM (Original Design Manufacturer) bieten wir Kunden verschiedenster Branchen, z.B. Mobilität, Medizintechnik und Gebäudeautomation einen optimalen Lösungsansatz für ihre Produkte an. Dabei nutzen wir unsere schon vorhandenen Entwicklungsschwerpunkte aus den Bereichen Lighting, Sensorik sowie Interface und Power Control. Sie stellen Ihre elektronischen Lösungen auf Basis unserer Plattformentwicklungen

zusammen. Diese Module werden nach Ihren Vorgaben auf das jeweilige Einsatzfeld hin skaliert und zur Serienreife gebracht. So profitieren Sie von einem minimierten Risiko, attraktiven Preisstrukturen und ausgereiften Funktionalitäten.

### Forschungsprojekte

Die Erforschung neuer Technologien und Anwendungen ist für uns selbstverständlich. Nur so können wir unseren Anspruch, Ihre Ideen bestmöglich umzusetzen, erfüllen. Im Rahmen der Teilnahme an Forschungsprojekten erarbeiten wir neue Technologien und das Grund-Know-how für die Umsetzung Ihrer Applikationen. Das gibt uns die Möglichkeit neue und innovative Plattformprodukte zu entwickeln und neue Fertigungstechnologien einzusetzen. Durch die Netzworlbildung mit Hochschulen, Lieferanten, Partnern und Kunden können wir schon frühzeitig auf die Bedürfnisse des Marktes eingehen. □



## AUFGESCHRAUBT: BEAMER FÜR DIE HOSENTASCHE

Selten war „Size doesn't matter“ so treffend wie bei diesem LED-Beamer. Obwohl das Gerät kaum größer ist als ein Smartphone, zaubert es mit einer Helligkeit von 600 Lumen und wahlweise im 4:3- oder 16:9-Format Bilder und Videos an jede Oberfläche oder spielt Audiodateien ab. Zwar muss man auf eine HD-Auflösung verzichten, dafür ist der kompakte Projektor dank tragbarem Ladegerät überall einsetzbar. So verwandelt er zum Beispiel das Kinderzimmer in ein Mini-Kino oder die nächste Gartenparty in ein Public-Viewing-Event.



In unserer Rubrik „Aufgeschraubt“ zeigen wir Ihnen Produkte aus dem Consumer-Bereich auf eine andere Art und Weise. Statt des Gehäuses schauen wir uns das Innenleben der Geräte an. Wenn Sie Ideen haben, was wir für Sie aufschrauben sollen, lassen Sie es uns einfach wissen ([newsdesk@publish-industry.net](mailto:newsdesk@publish-industry.net)).



# **EE** FASZINATION ELEKTRONIK

EIN WEB-MAGAZIN VON PUBLISH-INDUSTRY.



**INDUSTR.com/EuE:** Das E&E-Web-Magazin liefert relevante News, Artikel, Videos und Bildergalerien und macht die Faszination der Elektronikentwicklung lebendig.

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

The background of the entire image is a collage of two photographs from a trade show. The top photograph shows three men in a discussion; one man on the left is pointing towards a large circular display that features a circuit board pattern. The bottom photograph shows a group of people, including a man in a suit and glasses, gathered around a table displaying various electronic components. The entire image is overlaid with a magenta tint and decorative green circuit-like lines and dots.

# smthybridpackaging

Nürnberg, 05. – 07.06.2018

**Jetzt Aussteller werden:**  
**smthybridpackaging.de**

**mesago**  
Messe Frankfurt Group