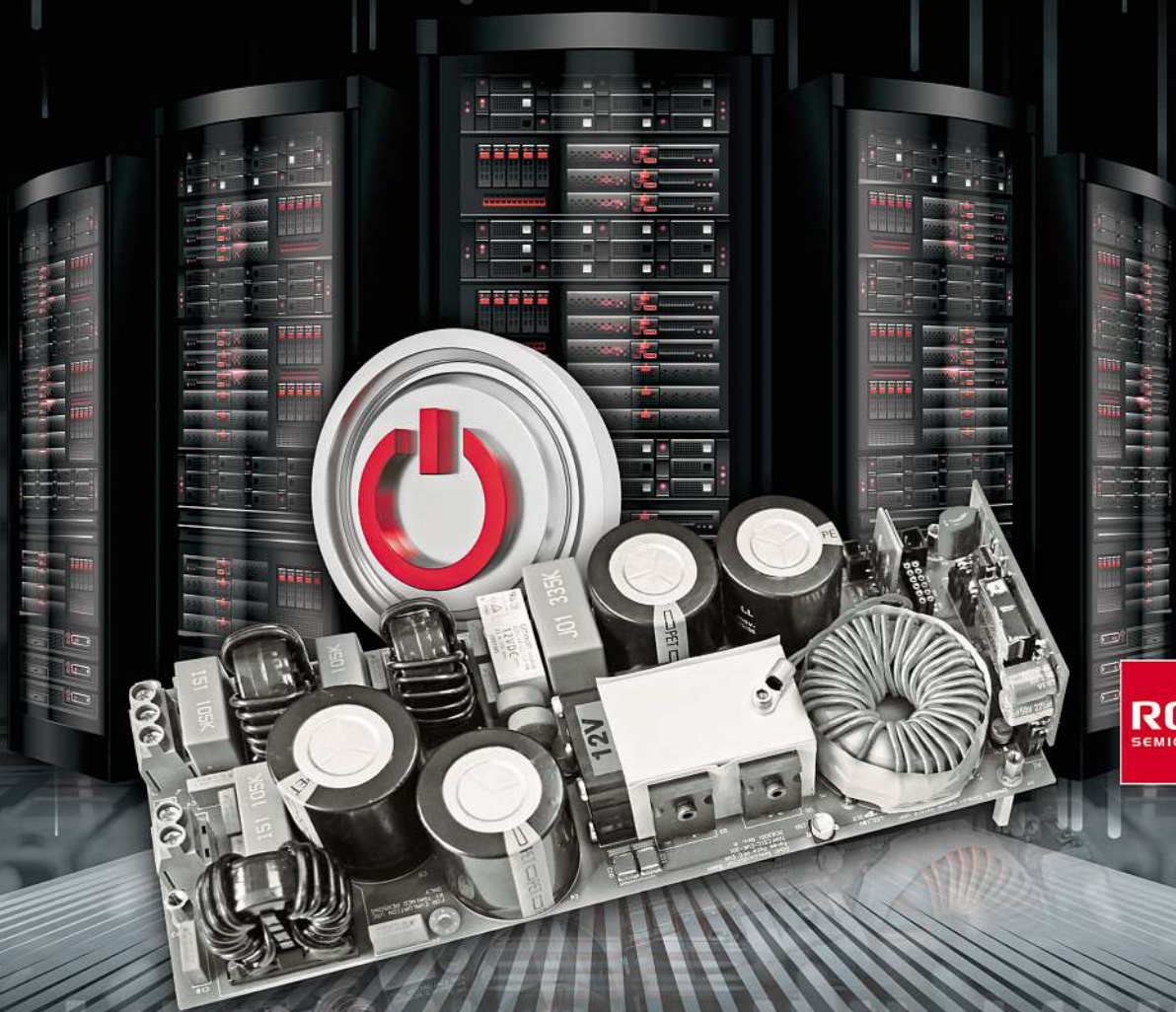




## Bis zu 98,5 % Wirkungsgrad durch 4. MOSFET-Generation

Das Evaluierungskit der neuen SiC-MOSFETs zeigt eine ungewöhnlich hohe Leistung in den wichtigsten Design-Strategien zur Energiekonvertierung.

**Seite 22**

### Ergebnisse zum digitalen Zwilling

Wie setzen wir Industrie 4.0 schnell und effizient um? Gefragt ist dabei heute Zusammenarbeit. **Seite 28**

### Lieferketten unter Spannung

Weiterentwicklungen bewirken Änderungen, im schlimmsten Fall sogar Abkündigungen. **Seite 56**

### Steuerungen für Bahnsysteme

Welche Anforderungen müssen moderne Bahn-Steuerungssysteme erfüllen? **Seite 66**



# VERTRAUEN BEGINNT HIER



Von Originalbauteilen mit Herstellergarantie bis hin zu Millionen vorrätiger und sofort versendbarer Teile - Sie können sich darauf verlassen, dass Digi-Key Ihnen das besorgt, was Sie brauchen, wenn Sie es brauchen.

Besuchen Sie [digikey.de](https://www.digikey.de) oder rufen Sie an: (+49) 30 915 884 91



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. © 2022 Digi-Key Electronics, 701 Brooks Ave. South, Thief River Falls, MN 56701, USA

 **ECIA MEMBER**  
Supporting The Authorized Channel

# Industrie 5.0: Hallo Mensch

**D**er Terminus Industrie 4.0 wurde 2012 von der Bundesregierung als „Zukunftsprojekt Industrie 4.0“ gepriesen. Ja, Industrie 4.0 hat nicht nur unsere Fertigung umgekrempelt, sondern Unternehmen ins digitale Zeitalter katapultiert und die globale Vernetzung massiv vorangetrieben. Dabei spielten die Fortschritte in der Sensortechnologie mit immer kleineren, leistungsfähigeren Geräten, die zudem immer energiesparender und kostengünstiger wurden, sowie Echtzeitdatenerfassung eine entscheidende Rolle. Roboter hielten zunehmend Einzug in diese hochautomatischen Umgebungen und führten vordefinierte, sich wiederholende Produktionsprozesse aus. Das Ergebnis waren weitgehend identische

*„Industrie 5.0 realisiert das symbiotische Miteinander von Mensch und Maschine.“*

Margit Kuther, Redakteurin

Produkte und eine Arbeitsumgebung, die den Menschen als unkalkulierbares Störobject ansah und ihn weitestgehend verdrängte. Fernseher, Auto, Kühlschrank, Smartphone – den Verbrauchern reicht es heutzutage nicht mehr, sich durch eine Marke oder ein bestimmtes Produkt von anderen abzugrenzen. Der Zeitgeist fordert personalisierte Produkte, die den Wünschen des einzelnen Kunden entsprechen, etwa eine individuelle Etikettierung. Industrie 5.0 vereinfacht nicht nur Mass Customization; es wird die Entwicklung und Fertigung smarter Produkte verändern. Denn Industrie 5.0 holt die Menschen in die Fertigung zurück, die nun Hand in Hand ohne Schutzgitter mit einer neuen Robotergeneration, den Cobots, zusammenarbeiten. Das Novum an Industrie 5.0: es kombiniert die Vorteile der Robotik mit den einzigartigen kognitiven Fähigkeiten des Menschen, ergänzt durch KI, maschinelles Lernen und Big Data. Mensch und Maschine gehen eine neue symbiotische Beziehung ein und schaffen so die intelligentere, effizientere Fabrik der Zukunft.



*Margit Kuther*

**MARGIT KUTHER**  
Redakteurin  
ELEKTRONIKPRAXIS



Nürnberg, 08. - 10.11.2022  
Halle 4, Stand 346

FAULHABER Motion Control

## Feel the Power

Die neuen Motion Controller der Serie MC 3001 B/P sind extrem miniaturisiert und bieten dennoch die volle Funktionalität der MC3 Controller-Familie.

[www.faulhaber.com/mc3-mini/de](http://www.faulhaber.com/mc3-mini/de)

**NEU**

M 1:1



16mm

## LEISTUNGSELEKTRONIK

### 98,5 % Wirkungsgrad dank vierter MOSFET-Generation

Das Totem-Pole-PFC-Evaluierungskit für die neue MOSFET-Generation zeigt ungewöhnlich gute Ergebnisse der MOSFETs in den wichtigsten Design-Strategien, einschließlich ihrer Regelungsfunktionen und ihres hohen Wirkungsgrades bis 98,5%. Hierbei wird die gesamte Leistungsaufnahme der Hilfsnetzteile und des Kühlgebläses berücksichtigt. Sowohl der niedrige Durchlasswiderstand als auch die geringen Schaltverluste der SiC-MOSFETs der vierten Generation trugen zum Erreichen dieser Leistung bei.

# 22



## ELEKTRONIKSPIEGEL

6 **Zahlen, Daten, Fakten**

8 **Aktuelles**

## SCHWERPUNKTE

Leistungselektronik

### TITELTHEMA

22 **98,5% Wirkungsgrad mit 4. MOSFET-Generation**

Vorgestellt wird ein Evaluierungskit für die vierte SiC-MOSFET-Generation in einer Totem-Pole-PFC-Schaltung.

Industrieelektronik

28 **Ergebnisse zum digitalen Zwilling**

Wie setzen wir Industrie 4.0 schnell und effizient um?

Automatisierung

32 **Schnelles Ethernet-APL bis in die Feldebene**

In diesem Beitrag erklärt der Autor Eigenschaften, Vorteile und Herausforderungen von Ethernet-APL.

Messtechnik

36 **Sensordaten mit weniger Energie auswerten**

Ein spezieller Sensor-Frontend für IoT-Systeme wandelt und verarbeitet eine große Bandbreite an Kenngrößen.

Bauteilebeschaffung

40 **Datenplattform steigert Produktverfügbarkeit**

Die Wartung des Online-Auftritts kostet Firmen viel Zeit.

44 **Die Rückkehr des Menschen in die Lieferkette**

Wollen Unternehmen ihre Lieferkette optimieren, vergessen sie dabei die menschliche Intelligenz.

Optoelektronik & Displays

48 **Messprinzipien und praktische Hinweise**

Nach 38 Jahren schickt CIE 250:2022 seinen Vorgänger CIE 063:1984 in den Ruhestand.

50 **Horticulture-LEDs optimieren Pflanzenwachstum**

In vielen Regionen herrscht Knappheit an Anbaufläche und Wasser. Vertical Farming ist eine alternative Anbauform.

Taktgeber

56 **Lieferketten unter Spannung**

Weiterentwicklungen führen zu Produktänderungen und – im schlimmsten Fall – zu Produktabkündigungen.

Embedded-Systeme

62 **Open-Source-Toolchain für FPGA-Entwicklung**

Für das Programmieren von FPGAs sind immer mehr quelloffene Softwarewerkzeuge erhältlich.

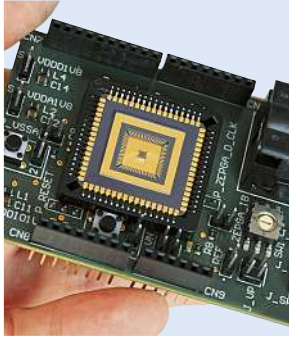
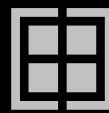
Automotive & Transportation

66 **Steuerungen für moderne Bahnsysteme**

Anforderungen an moderne Bahnsteuerungssysteme auf Basis des mobilen Bewegungsblockprinzips.

70 **Auch bei Hochwasser sicher unterwegs**

Zwar wurde frühzeitig bei der Akkuentwicklung für E-Fahrzeuge an Schutz bei Hochwasser gedacht. Überdruckventile bieten jedoch nur einen geringen Schutz.



## Sensoren auswerten

Ein Sensor-Frontend für vernetzte IoT-Systeme wandelt und verarbeitet Kenngrößen mit wenig Energieeinsatz **Seite 36**



## Vertical Farming

Mit horticulture-LEDs lässt sich das Pflanzenwachstums bei alternativen Anbauformen optimieren **Seite 50**

### Gehäusetechnik

#### 76 Gehäuse aus Kunststoff oder Metall?

Welche Gehäusesysteme – aus Kunststoff oder Metall – eignen sich als Schutz für Elektronik?

## TIPPS & SERIEN

#### 18 **Analogtipp:** HF-Dämpfungsglieder

#### 21 **Power-Tipp:** Cell Balancing

#### 82 **Zum Schluss:** ESE Kongress 2022

## RUBRIKEN

#### 3 Editorial

#### 16 Veranstaltungen

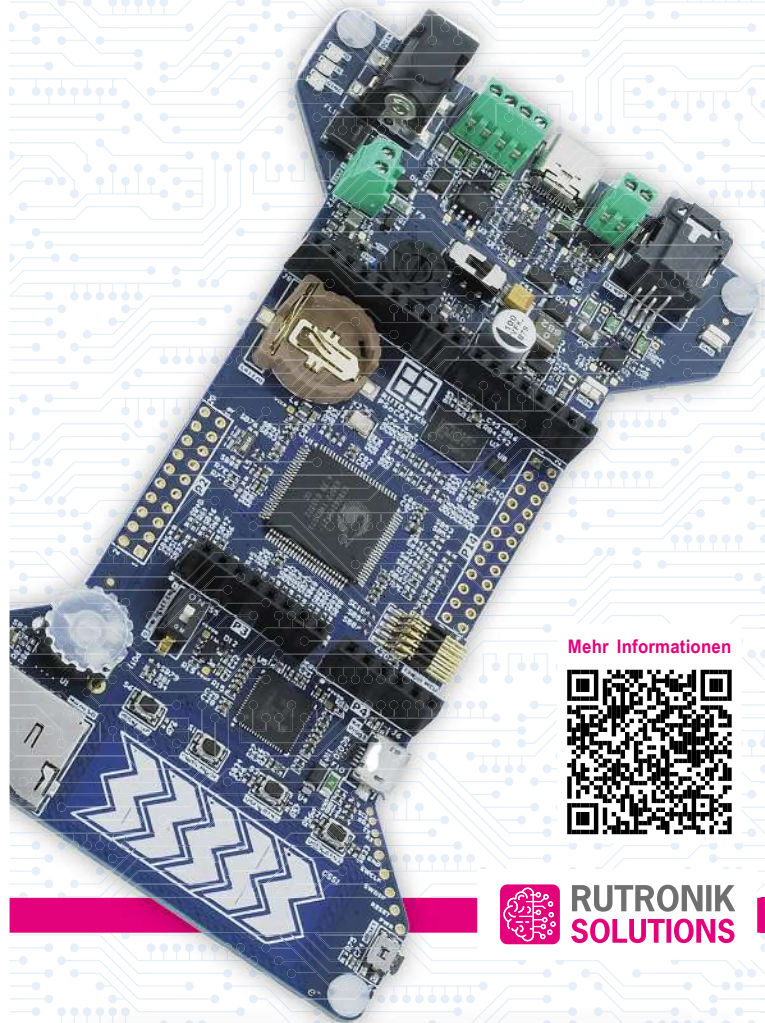
#### 80 Impressum

### Embedded Platforms Conference

16. November 2020, München

Die electronica Embedded Platforms Conference zeigt Herausforderungen und Lösungen für Embedded-Systeme der Zukunft.

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



Mehr Informationen



**RUTRONIK**  
SOLUTIONS

## ENTWICKLUNGSKIT - RDK2

Einfacher Zugang und schneller Proof of Concept für Firmen- und Hardwareentwickler basierend auf den Eigenschaften des Infineon PSoC™ 62 Mikrocontrollers

### Schnelleres Time-to-Market

**RDK2** bietet eine Komplettlösung für **Hardware-** und **Firmware-**Entwickler und eine Basis für ein modulares Toolkit, so dass Proof of Concepts in **sehr kurzer Zeit** erstellt werden können.

Das RDK2 ist unter anderem für Touch- und Proximity-Anwendungen in den Bereichen Internet der Dinge sowie Industrial IoT (IoT, IIoT), **Smart Wearables, Smart Home, medizinische Geräte usw. konzipiert.**

Er läuft auf der **PSoC™ 62 MCU** von Infineon. Der Mikrocontroller verfügt über eine Dual-Core-CPU und ist daher ideal für sicheres Edge Computing und Cloud-Anwendungen. Der PSoC™ 62 hat einen **integrierten Power-Management-IC** für SMPS für alle angeschlossenen Stromversorgungen.

### Informationen zu RDK2:

Tel. +49 (0) 7231 801-4613 | [rutronik@rutronik.com](mailto:rutronik@rutronik.com)

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





## AUFGEMERKT

## Wickelzwicker: Die Magie der Musikkassette anno 1963

Nach dem Sieg der digitalen Audiotechnik habe die analoge Kompakt-Kassette heute eher historische Bedeutung, sagt man. Doch für Vintage-Fans veröffentlichen immer mehr Musiker ihre Titel zusätzlich zur Digital- und Vinyl-Release auf Kassette. Der Wickelzwicker ist Kult, ein Lebensgefühl. Die US-Verkaufszahlen steigen. Maßgeblich an der Entwicklung von Tonband und Laufwerk beteiligt war im niederländischen Unternehmen Philips der Ingenieur Lou Ottens. Im August 1963 kamen Kassette und Gerät als Pocket Recorder auf den Markt. Zu-

nächst konkurrierte die Kompakt-Kassette mit anderen Typen diverser Mitbewerber, setzte sich aber aufgrund ihrer Robustheit durch. Das Tonband besteht aus Kunststoff mit magnetisierbarer Beschichtung. Kleinmechanik und Filzbausche in der Kassette dienen der Bandführung. Über Löcher im Kassettengehäuse greifen Tonwelle, Halte- und Bandtransport des Laufwerks ein. Der Bandlauf ist von links über Lösch- und Aufnahmekopf nach rechts auf den leeren Bobby. Abrieb an Tonwelle und Andruckrolle sorgte für den gefürchteten Bandsalat.



## REKORD DES MONATS

## Größte LFP-Zelle in Europa

ElevenEs hat die erste und größte LFP-Batteriezelle (Lithium-Eisen-Phosphat) in voller Größe in Europa entwickelt. Im Bild: Nemanja Mikać, CEO von ElevenEs mit dem Prototypen der LFP-Zelle. Die ersten Chargen der LFP-Batteriezelle sollen im ersten Quartal 2023 für Kundentests ausgeliefert werden. Die LFP-Technologie, die 2022 einen Anteil von 40 Prozent am weltweiten Batteriemarkt ausmachen wird, besonders sicher, preisgünstig und nachhaltig (ohne Nickel und Kobalt). (TK)

Bild: ElevenEs

## Aufgedreht: das Kassettenfach

Weil der kleinere Bandwickel schneller dreht als der große, hat der Dorn im Kassettenlaufwerk eine Rutschkupplung.

Ein aufgezeichnetes Signal wird durch den Löschkopf beseitigt, der das Tonband bis in die Sättigung magnetisiert und alle Magnetpartikel neu ausrichtet.

Auf der Kopfträgerbrücke sind Löschkopf (links), Tonkopf (mittig) und Andruckrolle (rechts) montiert.



Bild: KU

Der "Spiegel" zwischen den Wickeldornen erleichtert das Abschätzen des Band-Restlaufzeit beim Blick durch das Kassettengehäuse.

Für ein sattes Anliegen des Bandes am Lösch-/Tonkopfspiegel und Capstan sorgen Andruckfilze und Gleitfolien in der Kasette.

Die Andruckrolle drückt das Tonband gegen die motorgetriebene Tonwelle, sodass sich der Bandzug über die Köpfe konstant ist.

In einem Kassettenfach ist neben dem Lösch- und Aufnahmekopf der Capstan-Antrieb das auffälligste Element. Capstan (deutsch Spillwinde) wird die Tonwelle genannt, deren Aufgabe es ist, in Kombination mit der Andruckrolle das Tonband straff und mit konstanter Geschwindigkeit am Tonkopf vorbeizuführen. Weil ein kleiner Bandwickel schneller als ein großer dreht, wird das durch Rutschkupplungen im Kassettenlaufwerk ausgeglichen. Hochwertige Geräten haben für die Tonwelle einen eigenen Motor. (KU)

*„Das schnelle Aufholen Chinas bei Power-ICs ist eine große Herausforderung für Japan.“*

Isao Matsumoto, CEO von Rohm

# 64

Die meisten Fabriken für die Auftragsfertigung von Halbleiterchips stehen auf der Insel Taiwan: Hier angesiedelte Foundry-Fabs stehen im Jahr 2022 für rund 64 Prozent der weltweiten Produktionskapazität, hat Marktforscher TrendForce ermittelt. Auch der weltweit größte Chipauftragsfertiger hat hier seine Hauptniederlassung: TSMC. Außer Samsung aus Südkorea kann derzeit nur TSMC 3-nm-Technologieknotten fertigen. Weitere taiwanische Global Player sind Foundries wie UMC, Vanguard und PSMC.

## DANIEL RAUBER

## Ewald-Wicke-Preis

Daniel Rauber (Uni Saarland) erforscht, wie sich Flüssigsalze angepasst lassen, um beispielsweise Energiespeicher und Brennstoffzellen zu verbessern, und wie sie helfen können, nachwachsende Rohstoffe zu verwerten. Der Nachwuchsforscher wurde mit dem Ewald-Wicke-Preis der Deutschen Bunsen-Gesellschaft für Physikalische Chemie ausgezeichnet. (TK)



Bild: Jörg Pütz

## ANALYSE

# So groß ist Chinas Rückstand in der Halbleiterindustrie – noch

China strebt eine Selbstversorgung mit Halbleitern an. Bis dahin hat es noch eine gute Wegstrecke zu gehen. Doch in einigen Bereichen ist das Land bereits weit gelangt und kommt schnell vorwärts. Ein Blick auf die Details.

Im Handelskonflikt zwischen China und den USA stehen Halbleiter im Mittelpunkt. Die aktuelle Situation: China ist seit Jahren der größte Absatzmarkt dafür. Zahlen der Semiconductor Industry Association (SIA) vom Mai 2022 zufolge sind 2021 weltweit Chips im Wert von 555,9 Milliarden US-Dollar verkauft worden – 192,5 Milliarden davon in China. Der Halbleiterumsatz wuchs hier im letzten Jahr mit einer Zuwachsrate von 27,1 Prozent. Nirgendwo sonst werden so viele elektronische Geräte gefertigt. Doch China exportiert nicht nur Endprodukte: Ganze Industriezweige, etwa der deutsche Maschinenbau, kommen nicht ohne elektronische Vorprodukte aus China aus.

Gleichzeitig kann das Land bislang nur einen kleinen Teil der Aufgaben in der Halbleiter-Wertschöpfungskette ohne Importe aus dem Ausland bewältigen – vom Chipdesign über die Fertigung bis hin zum Testing und Packaging. Seiner offiziellen Zollstatistik zufolge hat China in der ersten Hälfte 2022 Halbleiter für 1,35 Billionen Yuan importiert, umgerechnet rund 200 Milliarden Euro. Damit hat China gesamtwirtschaftlich mehr für Halbleiter ausgegeben als für irgendeine andere importierte Ware.

Das Embargo der USA zielt also auf das Herz der chinesischen Wirtschaft. Im Juli hatte das US-Handelsministerium weitere Technologien und Vorprodukte für die Chipherstellung auf seine schwarze China-Liste gesetzt, darunter ECAD-Software für das Design neuester Chips und

**Ausdauer:** Im Rennen um den weltweiten Halbleitermarkt hat China einige Plätze gut gemacht, ist aber noch stark von Importen abhängig und durch US-Sanktionen eingeschränkt.

die Galliumoxid-Verbindung  $\text{Ga}_2\text{O}_3$ . Am 25. August hatte Joe Biden zudem den „CHIPS and Science Act“ unterschrieben: Subventionen daraus gibt es nur, wenn sich Firmen an neue Restriktionen für ihr Chinageschäft halten. Und im September hat die US-Regierung dem Chiphersteller Nvidia und anderen den Export von hochwertigen GPU-Chips nach China und Russland de facto verboten. Chinesische Kommentatoren und Politiker sprechen in diesem Kontext von „ka bozi“, dem „Zuschnüren der Kehle“. Pekings Antwort darauf lautet „xinpian zizhu“, übersetzt etwa „Chip-Selbstversorgung“. Doch trotz Milliarden subventionen ist China noch weit von diesem Ziel entfernt. Allerdings gibt es Unterschiede, je nach dem betrachteten Teil der Wertschöpfungskette.

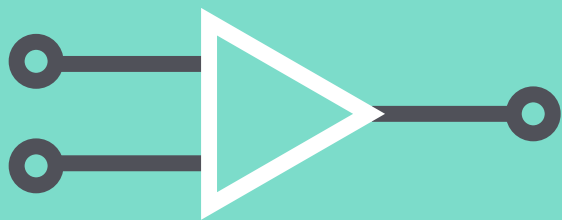
Jüngste Zahlen von TrendForce attestieren China im ersten Quartal 2022 einen Anteil von 2 Prozent am globalen Markt für Chipdesign, 10 Prozent am globalen Markt für die Chipherstellung und 25 Prozent am Weltmarkt für Packaging und Testing. In China hat man den Rückstand beim Chipdesign erkannt und eine Aufholjagd für EDA begonnen. Nirgendwo wachsen EDA-Hersteller derzeit so schnell oder werden so großzügig von Investoren mit Geld eingedeckt. Doch der Weg bis zu flächendeckend unabhängigen Chipdesigns ist noch weit. In puncto Chipfertigung hatte China 2021 bei den wichtigen „Legacy“-Chips mit Technologieknoten ab 28 nm aufwärts 2021 einen globalen Marktanteil von 15 Prozent. Analysten gehen davon aus, dass es diesen bis 2025 auf rund 40 Prozent ausbauen kann. Anders das Bild bei Technologienoten unterhalb von 14 nm: Hier spielt das Land mangels moderner, von den Sanktionen betroffenen EUV-Belichtungsanlagen praktisch keine Rolle. Bei der dritten Stufe der Wertschöpfungskette, dem Packaging und Testing, macht China die größten Fortschritte. Laut Trendforce kommt China in diesem Jahr auf etwa 8 Prozent des globalen Umsatzes. Zum Vergleich: Auf Testing und Packaging spezialisierte Unternehmen in Taiwan erwirtschaften 66 Prozent und ihre Konkurrenten in Südkorea 17 Prozent.

Insgesamt ist jedoch ein Trend erkennbar: Chinas Abhängigkeit von westlichen Technologien schrumpft. Das Wall Street Journals hat kürzlich ermittelt, dass China 2017 nur rund 13 Prozent aller selbst benötigten Halbleiter fertigen konnte. In diesem Jahr könnte diese Prozentzahl bereits auf 26 Prozent steigen, so die Zeitung.

Hinweis: Die ausführliche Version des Beitrags finden Sie unter <https://voge.ly/vglkndx/>. (ME)



Bild: gemeinfrei



# UNSERE ANGEBOTSABTEILUNG IHR PERSÖNLICHER PREISVERGLEICHER

The best part of your project: [www.reichelt.de](http://www.reichelt.de)

## Holen Sie jetzt schnell & einfach mehr aus Ihrem Budget

Sie benötigen größere Mengen, wollen Ihr Einkaufsvolumen konzentrieren oder benötigen Produkte, die wir nicht im Programm führen? Wir vergleichen gern für Sie die besten Quellen am Markt und unterbreiten Ihnen gleich mit dem ersten Angebot den bestmöglichen reichelt Preis.

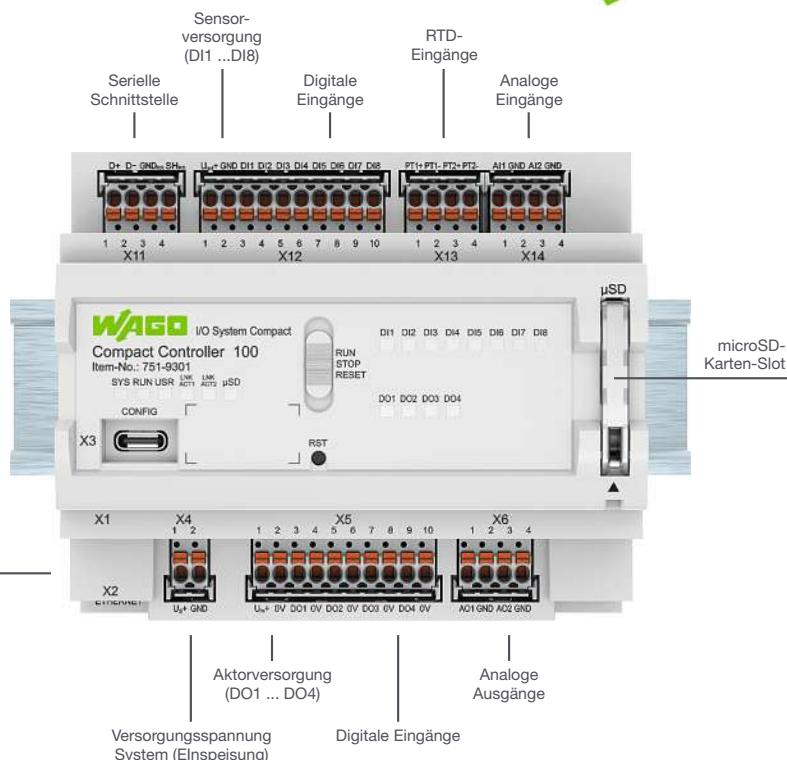
### Preiswert und leistungsstark – Kompakte Steuerungslösung

**WAGO Kompaktsteuerung CC100 – Integrierte I/Os bieten maximale Leistung bei minimalem Platz**



Der flexible Compact Controller 100 kann dank der patentierten Push-in-CAGE-CLAMP®-Anschlüsse schnell, einfach und sicher an die Bedürfnisse des Anwenders angepasst werden. Das zugrundeliegende Echtzeit-Linux-Betriebssystem und die Unterstützung der gängigen Feldbusprotokolle sind klare Bekenntnisse zu Offenheit und Interoperabilität.

- Controller mit Echtzeit-Linux-Betriebssystem
- Kompaktsteuerung mit I/Os in einem Gehäuse der Bauform REG
- herstellerunabhängige Engineering-Umgebung CODESYS V3
- 8DI, 4DO, 2AI, 2AO, RS485, Ethernet, SD



### PRODUKT-TIPP

Bestell-Nr.:  
WAGO 751-9301

**590,<sup>50</sup>**

THE BEST PARTS OF YOUR PROJECTS

## ROBOTIK UND AUTOMATISIERTE FERTIGUNG

Jetzt entdecken ► <https://rch.lt/rob>



NEU: KATALOG 01 | 2023

## ONLINE & GEDRUCKT

- mehr als 130.000 Artikel aus Elektronik & IT
- mehr als 10.000 Neuheiten
- über 2.000 Seiten

Jetzt anfordern ►



■ Top Preis-Leistungs-Verhältnis

■ über 130.000 ausgesuchte Produkte

■ zuverlässige Lieferung – aus Deutschland in alle Welt

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

Bestellhotline: +49 (0)4422 955-333

**reichelt**  
elektronik – The best part of your project

Es gelten die gesetzlichen Widerrufsregelungen. Alle angegebenen Preise in € inklusive der gesetzlichen MwSt., zzgl. Versandkosten für den gesamten Warenkorb. Es gelten ausschließlich unsere AGB (unter [www.reichelt.de/agb](http://www.reichelt.de/agb), im Katalog oder auf Anforderung). Abbildungen ähnlich. Druckfehler, Irrtümer und Preisänderungen vorbehalten. reichelt elektronik GmbH & Co. KG, Elektronikring 1, 26452 Sande, Tel.: +49 (0)4422 955-333

TAGESPREISE! Preisstand: 20. 9. 2022

## ENTWICKLUNG VON HALBLEITERN

## Eine Million Euro Startförderung für bayerisches Chip-Design-Center BCDC

Zum Aufbau eines „Bayerischen Chip-Design-Centers“ erhalten das Fraunhofer-Institut für Angewandte und Integrierte Sicherheit AISEC, die Fraunhofer-Einrichtung für Mikrosysteme und Festkörper-Technologien EMFT und das Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS vom Freistaat Bayern eine Subvention von 1 Mio. Euro. Noch bis zum Ende dieses Jahres arbeiten die drei Fraunhofer-Institute mit der Konzeption des BCDC an einer europäischen Strategie für die Halbleiter- und Chipforschung mit. Das Vorprojekt widmet sich zunächst der Organisation und dem Aufbau von Strukturen sowie Netzwerken und ersten inhaltlichen Forschungsarbeiten. Langfristig soll das BCDC IC-Design-Kompetenzen ausbauen,



Bild: Fraunhofer EMFT

**Chip-Designs aus Bayern:** Technologietransfer fördern und Chipdesign-Experten ausbilden.

ein Chipdesign-Ökosystem aufbauen und einen niederschweligen und zugleich risikominimierten Zugang zum Chipdesign vor allem für kleine und mittelständische Unternehmen ermöglichen. Zugänge zu Fertigungskapazitäten sollen damit ausgebaut, die industrielle Validierung beschleunigt und ein Weg zur schnelleren Einführung von Innovationen eröffnet werden. Die Aus- und Weiterbildung von Chipdesign-Fachkräften zur Deckung des benötigten Bedarfs der Industrie steht ebenfalls auf der Projekt-Agenda. Die Ergebnisse der Forschung der drei Institute sollen abschließend in ausgereifte technologische Entwicklungen zur Anwendung insbesondere in der bayerischen Wirtschaft umgesetzt werden. (ME)

## MODERNSTE TRANSISTORTECHNOLOGIE AUS SACHSEN-ANHALT

## Geplantes Intel-Chipzentrum in Magdeburg: Zahlen, Daten und Fakten



Bild: Intel

**Geplante Intel-Fabrik:** Bis zu acht Fab-Einheiten auf einer Fläche von 620 Fußballfeldern.

Vor gut einem halben Jahr hat Chipgigant Intel bekannt gegeben, in Sachsen-Anhalts Landeshauptstadt Magdeburg ein Mega-Chipzentrum mit zunächst zwei hochmodernen Halbleiterfabriken (Fabs) errichten zu wollen – und die Region somit zu seinem zweiten Fertigungsstandort in Europa ausbauen zu wollen – neben Leixlip in Irland. Geplante Anfangsinvestition: zunächst 17 Milliarden Euro. Der Baubeginn rückt immer näher: 2023 soll es losgehen, als Bauzeit für die ersten zwei Fab-Einheiten veranschlagt Intel zunächst fünf Jahre. 2027 soll die Chipfertigung starten.

Die Dimensionen sind enorm: Für die Anlage stehen im Industriegebiet Eulenberg 450 Hektar beziehungsweise drei Quadrat-

kilometer zur Verfügung. Das entspricht der Fläche von etwas mehr als 620 Fußballfeldern – und bietet Platz für bis zu acht Fab-Einheiten. Mit der benötigten Menge an Beton ließe sich laut Intel fünfmal die Münchener Allianz-Arena bauen. Die Fabs sollen Chips mit Intels fortschrittlichsten Transistortechnologien (Intel 4) fertigen, benannt nach dem schwedischen Physiker Anders Jonas Ångström. Ein Ångström entspricht 0,1 Nanometern. Dafür sollen die neuen Technologien RibbonFET und PowerVia zum Einsatz kommen. Bereits in der ersten Fab-Ausbaustufe sollen rund 3.000 dauerhafte Hightech-Arbeitsplätze entstehen – plus zehntausende Stellen bei angesiedelten Zulieferern und Partnern. (ME)

## HALBLEITER- UND BILDSCHIRMFERTIGUNG

## 20 Mrd. US-\$: Foxconn und Vedanta bauen Chip- und Display-Fabs in Indien

Der taiwanesischen iPhone-Produzent Foxconn will mit dem indischen Bergbau-Multi Vedanta Halbleiter- und Display-Produktionsstätten in Indien bauen. Die indische Regierung hofft dadurch auf hunderttausende neue Arbeitsplätze. Indien gilt mit seinen knapp 1,5 Milliarden Einwohnern wirtschaftlich als aufstrebendes Schwellenland mit einem riesigen Marktpotenzial – gerade auch für elektronische Produkte. Um die erwartete enorme Chip- und Display-Nachfrage befriedigen zu können, hat das Vedanta mit Foxconn und dem indischen Bundesstaat Gujarat eine Absichtserklärung unterzeichnet. Diese sieht vor, dass beide Konzerne mit staatlicher Unterstützung eine Halbleiter- und Display-Fabrik aufbauen. Diese

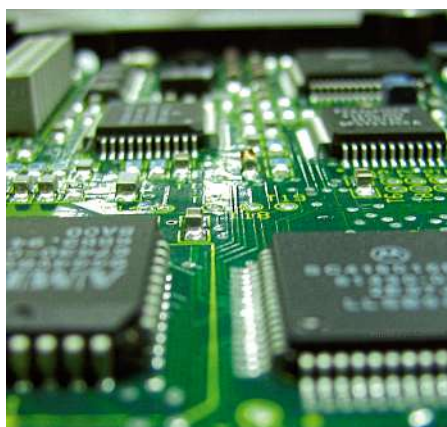


Bild: gemeinfrei

**ICs und Displays aus Indien:** Das Land setzt auf Technologieknotten für Mainstream-Chips.

soll Mainstream-Chips im 28-Nanometer-Technologieknotten produzieren, während die Display-Fertigung Anzeigen „der achten Generation produzieren wird, die sowohl für kleine und mittlere als auch für große Anwendungen geeignet sind“, teilen die Partner mit. Bereits in zwei Jahren sollen die Produktionsstätten aufgebaut sein und die Fertigung anlaufen. Nach vorliegenden Informationen wird Vedanta das Projekt maßgeblich finanzieren und auch 60 Prozent am Joint Venture halten. Foxconn wird sein technisches Knowhow einbringen und die restlichen 40 Prozent halten. Per Tweet teilte Vedanta-Chef Anil Agarwal mit, er wolle „Indiens #Atmanirbhar Silicon Valley Wirklichkeit werden lassen“. (ME)

15.–18. November 2022

# Driving sustainable progress.

Die Zukunft schon heute erleben.  
Auf der electronica 2022.

**Jetzt Ticket sichern!**

[electronica.de/ticket](https://electronica.de/ticket)



## EMBEDDED, ETHIK UND TALENTE

# electronica 2022 überzeugt mit starkem Rahmenprogramm

Die Weltleitmesse für Elektronik lädt vom 15. bis 18. November nach München ein. Wichtiges Fachwissen bieten die begleitenden Konferenzen und Foren – darunter die Embedded Platforms Conference und das World Ethical Electronics Forum.

**W**elche Rolle die Elektronikindustrie als Wegbereiter für gesellschaftliche Zukunftsthemen spielt, zeigen die Weltleitmesse electronica 2022, die vom 15. bis 18. November auf dem Münchner Messegelände stattfindet, und die parallel stattfindende SEMICON Europa. Während die Aussteller in 14 Messehallen ihre konkreten Produkte und Lösungen präsentieren, konzentriert sich das umfangreiche Begleitprogramm mit Konferenzen, Foren und Special Events auf Wissenstransfer und den persönlichen Austausch mit Experten. Den Auftakt macht in diesem Jahr die eintägige electronica Automotive Conference am 14. November, die sich in rund 18 Vorträgen mit dem Wandel des Autos zum intelligenten IoT-Device mit elektrischem Antrieb beschäftigt.

## Die Embedded Platforms Conference

Die ebenfalls eintägige electronica Embedded Platforms Conference diskutiert am 16. November Herausforderungen und Lösungen für eingebettete Systeme der Zukunft: In rund 35 Vorträgen auf drei parallelen Tracks referieren Experten über Themenbereiche wie Power Electronics & Supply, AI & Sensors und Communication & Software. Der Wireless Congress 2022: Systems & Applications schließlich wird vom 16. bis 17. November zum Treffpunkt der internationalen Wireless-Community und konzentriert

sich auf die neuesten Entwicklungen und die praktische Anwendung der Wireless-Technologie.

## World Ethical Electronics Forum

Neu auf der electronica ist das World Ethical Electronics Forum WEEF am 15. November von 10:00 bis 17:00 Uhr in Zusammenarbeit mit Elektor und der Fachzeitschrift ELEKTRONIKPRAXIS. Unabhängige Ethikexperten und Personen aus Forschung, NGOs und Verbänden sowie der Wirtschaft sprechen dort über ethische Fragen in der Branche im Zusammenhang mit sozialer Verantwortung, Nachhaltigkeit, Ökologie und fairem Handel. Mehr zum WEEF unter [www.worldethicalelectronicsforum.com](http://www.worldethicalelectronicsforum.com).

## Praxisnahe Impulse für Messebesucher

Besonderen Fokus auf die Anwenderseite legen die Foren in den Messehallen, die aktuelle Markt- und Technologiethemata der Branche beleuchten. In praxisnahen Vorträgen präsentieren Experten aus der anwendenden Industrie die neuesten Technologien, Produkte und Lösungen rund um die Themenbereiche Automotive, SPE Connectors, Measurement Technology, IIoT, Cyber Security, PCB & Components, Power Electronics, Embedded Systems sowie Printed Electronics. Podiumsdiskussionen, hochkarätige Roundtables und viel Raum für fachlichen Austausch ergänzen das Forenprogramm.

## Talente für die Zukunft der Branche

Start-ups verändern das Gesicht der Elektronikbranche und die electronica gibt den innovativsten unter ihnen mit der Plattform electronica Fast Forward eine Bühne: In Zusammenarbeit mit Elektor bekommen ausgewählte Jungunternehmen die Chance, sich im Rahmen eines Gemeinschaftsstandes sowie eines Forums zu präsentieren.

Um Nachwuchstalente den Einstieg in die Branche zu erleichtern und dem Fachkräftemangel entgegenzuwirken, bringen die Initiativen „Talent meets Industry“ und electronica Careers Aussteller und Berufseinsteiger zusammen, inklusive On-Site-Recruiting, Karriereberatung und einer Jobbörse. Speziell für Studenten findet am letzten Messetag, 18. November, der electronica Student Day statt, bei dem sich Aussteller mit den Fachkräften von morgen vernetzen können. (JW)

**Praxiswissen für Messebesucher:** Viele sehr praxisnahe Vorträge bieten die zahlreichen Foren in den Messehallen der electronica.



Bild: Messe München GmbH



SOURCEABILITY™  
WWW.SOURCEABILITY.COM

# Verloren im Ozean der Shortages?

## Sourceability hilft!



### HOHE VERFÜGBARKEIT

Großes Portfolio an erstklassigen Franchise-Linien, die auf der ganzen Welt vertreten sind.

### GLOBALES NETZWERK

Erhalten Sie die Bauteile, die Sie benötigen, von vertrauenswürdigen Lieferanten, ohne geografische Beschränkungen.

### DIGITALISIERUNG

ERP-Integrationen, Benchmarking, Marktintelligenz und vieles mehr.

### QUALITÄTSSICHERUNG

Sorgfältige Überprüfung der Lieferkette inkl. Echtzeitverfolgung + Qualifizierung der Lieferanten.

## SMART MOBILITY

## China testet Magnetschwebeauto



Bild: en.swjtu.edu.cn

**Versuchsanordnung:** das auf einem Magnetkissen schwebende Auto in China.

Forscher der Southwest Jiaotong University (SWJTU) haben einen ganz normalen Pkw mit Magnetschwebetechnik ausgestattet und auf einem entsprechend präparierten Autobahnabschnitt in Chengdu erfolgreich getestet. Die als Vorlage dienende Magnetschwebebahn, die Schanghai mit seinem Flughafen verbindet, ist von einem Konsor-

tium um Siemens erbaut worden. Das hat Chinas Führung nicht ruhen lassen. Das Land sollte diese Technik nicht nur adaptieren, sondern noch verbessern.

Das 2,8 Tonnen schwere Fahrzeug schwebt 35 mm über der Straße auf einem Magnetkissen. Angetrieben wird es von einem Linearmotor, der sich in der Straße befindet.

Dabei handelt es sich um Spulen, die nacheinander mit Strom versorgt werden. Das dabei entstehende elektromagnetische Wanderfeld interagiert mit Spulen im Fahrzeug und treibt es voran. Es erreicht eine Geschwindigkeit von 230 km/h.

Für die Zukunft plant China die Ausstattung einer Autobahnspur mit Magnetschwebetechnik. Darauf könnten entsprechend umgerüstete Fahrzeuge vollautomatisch mit hoher Geschwindigkeit vorankommen. Wenn die Spur endet, würden sie mit konventionellem Antrieb – Verbrennungs- oder Elektromotor – weiterfahren, heißt es vonseiten der Ingenieure.

Gemeinsam mit der auf den Bau von Schienenwegen spezialisierten China Railway Group und China Railway Rolling Stock haben die Universitätsforscher in Chengdu bereits einen Magnetschwebezug vorgestellt, der auf einer Teststrecke eine Geschwindigkeit von 600 km/h erreicht hat und damit die Deutsche Bahn deutlich übertrifft. Der Schanghaier Transrapid, wie er in Deutschland genannt wird, kommt auf eine Reisegeschwindigkeit von 431 km/h. Die Entfernung von 1.068 km soll dieser Zug in 2,5 Stunden schaffen. (TK)

## HOLOGRAPHIE

## Hologramm-Telefonie soll massenkompatibel werden

Damit Handynutzer ihren Gesprächspartner beim Telefonieren künftig als Hologramm sehen können, ziehen Europas große Mobilfunk-Netzbetreiber an einem Strang. Vodafone, Telefónica (O2), die Deutsche Telekom und die französische Firma Orange arbeiten an einem Projekt zusammen, bei dem eine gemeinsame Plattform zur Übermittlung

dreidimensionaler Abbilder entwickelt werden soll. Hologramm-Telefonie sei zwar schon heute technisch möglich, aber aufwendig und kostspielig – daher komme sie nur selten zum Einsatz, heißt es in einer Mitteilung. Das wolle man ändern und diese Art der Kommunikation massenmarktauglich machen. Die Hologramm-Plattform könnte

in etwa zwei Jahren für Endkunden verfügbar sein. Finanzielle Eckdaten haben die Projektpartner nicht bekannt gegeben.

Um die 3D-Abbildung zu sehen, ist eine Virtual-Reality-Brille nötig. Bei der Hologramm-Telefonie – auch „Holographie“ genannt – blickt der Angerufene durch eine VR-Brille und sieht den Oberkörper des Anrufers als digitales Abbild. Dies ist möglich, weil die Selfie-Kamera dessen Körperdaten aufnimmt und dann seine dreidimensionale Digitalversion entworfen wird. Sitzt man beispielsweise daheim im Homeoffice, so könnte ein Kollege anrufen und dann auf der anderen Seite des Schreibtischs als 3D-Abbild erscheinen. Bei so einem Telefonat gibt es nur ein Hologramm, und zwar das des Anrufers. Ein Hologramm des Angerufenen, der die VR-Brille trägt, gibt es nicht.

Die Telekommunikationsbranche tüftelt schon seit längerem an Hologramm-Verbindungen. Der Mobilfunkstandard 5G, der die Echtzeit-Übermittlung von enormen Datenmengen über große Bandbreiten ermöglicht, ist inzwischen ein wichtiges Element für Fortschritte. Mit dem nun erfolgten Schulterschluss der Branche soll ein großer Schritt nach vorne gemacht werden. (ME)



Bild: Vodafone

**Hologramm-Telefonie:** Mithilfe einer VR-Brille den Gesprächspartner dreidimensional sehen – das könnte Telefonate oder gar Videokonferenzen deutlich verbessern.

## EMBEDDED-TOOLS- UND SOFTWARE

## Tasking Germany übernimmt iSystem

Die Tasking Germany GmbH, ein in München ansässiger Anbieter von Entwicklungstools für Embedded-Software, will iSystem kaufen, ein Anbieter von Software Tools für die Entwicklung und das Testen von Embedded-Software. Das bislang im Privatbesitz befindliche Unternehmen iSystem entwickelt und fertigt Tools für das Entwickeln von Embedded-Software. Das Portfolio reicht von einfachen Debuggern bis zu fortschrittlichen Software-Analyse-Tools. iSystem wurde 1986 gegründet und ist mit über 80 Mitarbeitern an fünf Standorten in Europa und den Vereinigten Staaten vertreten. Mit der Übernahme will Tasking sein sicherheitsorientiertes Software-Ökosystem ausbauen und seine Aktivitäten hin zu einem One-Stop-Shop für Tools und Services zur Entwicklung von Embedded-Software erweitern. (ME)

## LOGISTIKZENTRUM IN SACHSEN ANHALT

## Baustart für Avnet Distributionszentrum

Im September startet der Bau des hochmodernen Avnet-Distributionszentrum für Halbleiterelektronik und elektronische Bauteile in Bernburg an der Saale. Bis 2031 sollen hier insgesamt rund 700 Arbeitsplätze entstehen.

Dank seiner verkehrsgünstigen Lage bietet Bernburg (Saale) eine schnelle und effektive Anbindung zum Frachtflughafen Leipzig/Halle. Mit einem erfolgreichen Baustart im September 2022 ist eine schrittweise Inbetriebnahme für das Jahr 2024 geplant.

Dann sollen von Bernburg aus täglich bis zu 19.000 Pakete an über 30.000 Kunden weltweit ausgeliefert werden. Mit dem Standort in Bernburg (Saale) ergänzt das Unternehmen seine zwei bisherigen europäischen Distributionszentren im belgischen Tongeren und in Poing bei München. (MBF)

## STECKVERBINDER

## Werk für Automotive-Komponenten in China

Anfang August hat Rosenberger in einem neuen Werk im chinesischen Changzhou die Produktion aufgenommen, um die steigenden Bedarfe der lokalen Automobilindustrie nach High-End-Steckverbindern zu decken. Im Werk werden Steckverbinder für New-Energy-Fahrzeuge, Kabelbäume sowie High-Speed-Steckverbinder-systeme für die Automobilindustrie gefertigt.

Die Phase I der Produktion startet mit hochmodernen Produktions-, Test- und Prüfanlagen made in China und Europa auf einer Produktionsfläche von 10.500 m². Die Phase II mit weiteren 30.000 m² Produktionsfläche befindet sich derzeit im Bau.

Das neue Werk sei ein wichtiger Schritt, um die rasch steigenden Bedarfe des lokalen Automobilmarktes erfüllen zu können, so Rosenberger. (KR)



# Sie designen. Wir liefern.

## Die neuesten Produkte für Ihre neuesten Designs.™



[mouser.de/new](https://www.mouser.de/new)

## TECH-WEBINARE

[www.elektronikpraxis.de/webinare](http://www.elektronikpraxis.de/webinare)

### Funktionsfehler prozessübergreifend sicher detektieren

Fehlererkennung durch Funktionstests sind in allen Produktlebensphasen unabdingbar. Moderne Teststrategien erfordern mittlerweile mehr als das Prüfen von Boardverbindungen. Neben der einwandfreien Kontaktierung muss vor allem auch die fehlerfreie Board- und Bauteilfunktion sichergestellt werden. GÖPEL electronic hat Test-Technologien entwickelt, welche die notwendige Testinstrumentierung als Teil des nativen Designs implementiert und über den gesamten Produktlebenszyklus nutzbar sind.

Im **kostenfreien Ondemand-Webinar** erwarten Sie folgende Inhalte:

- Nutzung von funktionalen Testverfahren auf Basis von eingebetteten Instrumenten,
- Einblick in die vielfältigen Applikationsmöglichkeiten,
- Fallstudien: Erläuterung der hervorragenden Effizienz der Methoden bei der Validierung von Prototypen sowie deren Überführung in die Produktionspraxis.

**Referenten:** Alexander Labrada Diaz, Thomas Wenzel und Martin Borowski, Göpel electronic GmbH

## WHITEPAPER

[www.elektronikpraxis.de/whitepaper-elektronik](http://www.elektronikpraxis.de/whitepaper-elektronik)

**Ist Kryptografie in Hardware oder Software besser?**  
[www.elektronikpraxis.de/wp-6316/](http://www.elektronikpraxis.de/wp-6316/)

**Leitfaden für den Einsatz von Superkondensatoren**  
[www.elektronikpraxis.de/wp-6310/](http://www.elektronikpraxis.de/wp-6310/)

**Schritt-für-Schritt-Anleitung zur Rauschanalyse**  
[www.elektronikpraxis.de/wp-630d/](http://www.elektronikpraxis.de/wp-630d/)

**Wie Treiber und MOSFET das Design verbessern**  
[www.elektronikpraxis.de/wp-62f2/](http://www.elektronikpraxis.de/wp-62f2/)

**Brennstoffzellen verstehen und verbessern**  
[www.elektronikpraxis.de/wp-62e9/](http://www.elektronikpraxis.de/wp-62e9/)

**Effizientes Design komplexer Kabelgeometrien**  
[www.elektronikpraxis.de/wp-62b9/](http://www.elektronikpraxis.de/wp-62b9/)

## VERANSTALTUNGEN

[www.elektronikpraxis.de/event](http://www.elektronikpraxis.de/event)

### Embedded Software Engineering Kongress

05. - 09. Dezember 2022, Sindelfingen  
[www.esk-kongress.de](http://www.esk-kongress.de)

### Technologietage Leiterplatte & Baugruppe

24. - 25. Mai 2023, Würzburg  
[www.leiterplattentag.de](http://www.leiterplattentag.de)

### Anwenderkongress Steckverbinder

12. - 14. Juni 2023, Würzburg  
[www.steckverbinderkongress.de](http://www.steckverbinderkongress.de)

### FPGA Conference Europe

04. - 06. Juli 2023, München  
[www.fpga-conference.eu](http://www.fpga-conference.eu)

### EMS-Tag

07. September 2023, Würzburg/Veitshöchheim  
[www.ems-tag.de](http://www.ems-tag.de)

### Power of Electronics

17. - 18. Oktober 2023, Würzburg  
[www.power-of-electronics.de](http://www.power-of-electronics.de)

## SEMINARE

<https://akademie.vogel.de>

### Sicherheitsgerichtete Auslegung von Batterie-fertigungsanlagen

29. November 2022, online  
[akademie.vogel.de/1212](https://akademie.vogel.de/1212)

### Optimale Batterieauswahl für Ihre Anwendungen

30. November 2022, online  
[akademie.vogel.de/132](https://akademie.vogel.de/132)

### Lithium-Batterien: Transport und Zertifizierung

1. Dezember 2022, online  
[akademie.vogel.de/1173](https://akademie.vogel.de/1173)

### Lithium-Batteriepacks: Design und Anwendung

1. Dezember 2022, online  
[akademie.vogel.de/1171](https://akademie.vogel.de/1171)

Partner und Veranstalter:





RIGOL

## Neue HDO-Serien: 12 Bit Auflösung, 9 Versionen, 2 neue ASICs.

### HDO4000-Serie

Digitale hochauflösende Speicheroszilloskope



Sofort lieferbar → ab € 2.699,-

- 200, 400, 800 MHz analoge Bandbreite (per Software-Upgrade)
- 4 analoge Kanäle mit 12 Bit vertikaler Auflösung (1 M $\Omega$  / 50  $\Omega$ )
- Sehr niedriges Rauschverhalten von 18  $\mu$ Vrms
- Bis zu 4 GSa/sek. Echtzeit-Abtastrate
- Bis zu 500 Mpts Speichertiefe\*
- 50.000 wfms/sek., bzw. 1.500.000 wfms/sek. im Ultra-Acquire-Modus
- FFT mit bis zu 1 Mio. Abtastwerten
- 10,1-Zoll (1024 x 800) HD-Farb-Touchscreen
- Schnittstellen: USB 3.0, LAN, HDMI
- Integration einer 18650-Standardbatterie möglich
- Web Control

\*Option / Preise netto plus MwSt.

### HDO1000-Serie

Digitale hochauflösende Speicheroszilloskope

- 70, 100, 200 MHz analoge Bandbreite (per Software-Upgrade)
- 2 oder 4 analoge Kanäle mit 12 Bit vertikaler Auflösung
- High-Resolution-Modus mit 16 Bit vertikaler Auflösung
- Bis zu 2 GSa/sek. Echtzeit-Abtastrate
- Bis zu 100 Mpts Speichertiefe\*
- 50.000 wfms/sek., bzw. 1.500.000 wfms/sek. im Ultra-Acquire-Modus
- FFT mit bis zu 1 Mio. Abtastwerten
- 10,1-Zoll 1024 x 800 HD-Farb-Touchscreen
- Schnittstellen: USB 3.0, LAN, HDMI
- Web Control

\*Option / Preise netto plus MwSt.



Erweiterter  
12 Bit  
Chipset



Sofort lieferbar → ab € 699,-



RIGOL Technologies EU GmbH  
 Telefon +49 8105 27292-0  
 info-europe@rigol.com  
<https://rigolshop.eu>

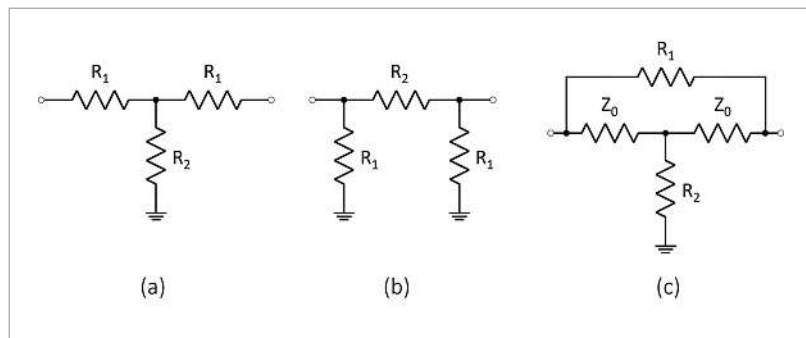
[www.rigol.eu](http://www.rigol.eu)



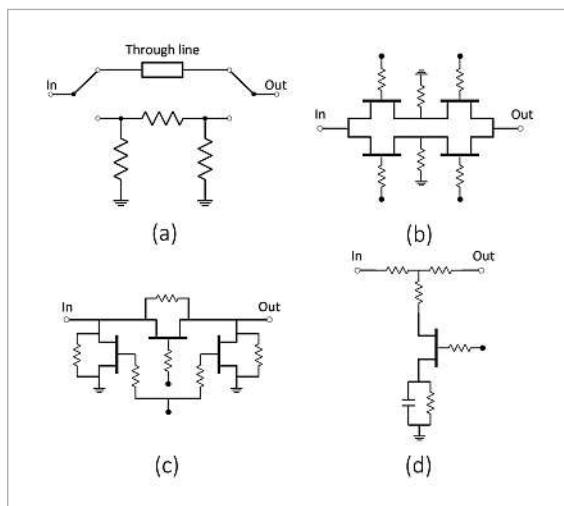
A3.231

HF-TECHNIK

# Schaltungstopologien für integrierte HF-Dämpfungsglieder



**Bild 1:** Basis-Dämpfungstopologien: (a) T-, (b)  $\pi$ -, (c) überbrücktes T-Netzwerk.

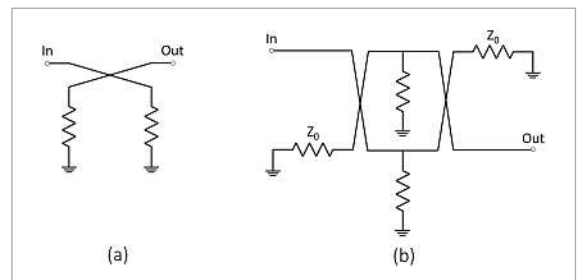


**Bild 2:** Konfigurationsbeispiele für einen DSA: (a)  $\pi$ -Konfiguration mit integrierten Schaltern, (b) Switched-Scaled FET-Konfiguration, (c) Switched-Resistor-Konfiguration, (d) FET-Embedded-Konfiguration.

Es gibt drei wichtige Schaltungen, die ein HF-Entwickler kennen muss: Diese Grundtopologien, die T-Schaltung,  $\pi$ -Schaltung und überbrückte T-Schaltung für Dämpfungsglieder mit festem Wert, sind in Bild 1 skizziert. Dabei werden Widerstände in Dünn- und Dickschicht-Hybridtechnologie verwendet.

## Spannungsgesteuerte Dämpfungsglieder

Spannungsgesteuerte Dämpfungsglieder basieren auf einer T- oder  $\pi$ -Konfiguration mit Dioden- oder Transistoren, die in einem nichtlinearen Widerstandsbereich betrieben werden. Die Widerstandskennzahlen der Basiselemente werden dazu genutzt, um den gewünschten Dämpfungsgrad über die Steuerspannung einzustellen.



**Bild 3:** Reflexionskonfiguration (a) und symmetrische Dämpfungstopologie (b).

Digitale Stufenabschwächer (DSAs) bestehen aus mehreren kaskadierten Einheiten, die einzelne Bits darstellen. Die Bits können ein- oder ausgeschaltet werden, um den gewünschten Abschwächungsgrad binär gestuft einzustellen.

## Digitale Stufenabschwächer

Bild 2 zeigt vier Konfigurationsbeispiele für digitale Stufenabschwächer: Integrierte SPDT-Schalter, die Eingang und Ausgang mit dem Dämpfungsglied und einer Durchgangsleitung umschalten (a). Switched-Scaled-Design mit Transistoren oder Dioden als schaltbare Widerstände (b). Schaltbare Widerstände, bei der die Widerstände in oder außerhalb der Schaltung geschaltet werden (c). FET-Embedded-Design mit einem Transistor oder einer Diode als integrelem Bestandteil der Schaltung (d).

Dämpfungstopologien können als Reflexions- oder als symmetrische Ausführungen aufgebaut werden (Bild 3). Reflexionsbauteile verwenden gleiche Dämpfungsglieder, die mit dem Ausgang eines 3-dB-Quadraturkopplers verbunden sind. Sie bieten einen großen Dynamikbereich.

Symmetrische Konfigurationen enthalten ein Paar identischer Dämpfungsglieder mit zwei 3-dB-Quadraturkopplern. Sie bieten ein gutes Stehwellenverhältnis (VSWR) und sind hoch belastbar.

Zusätzlich zu den hier beschriebenen Grundschaltungen gibt es noch andere Konfigurationen, mit denen sich IC-Dämpfungsglieder realisieren lassen; deren Betrachtung würde jedoch den Rahmen dieses kurzen Artikels sprengen [1], [2]. (KR)

## Literatur

- [1] Bahl, I. J.: Control Components Using Si, GaAs, and GaN Technologies, Artech House, 2014.
- [2] Robertson, I.; Lucyszyn, S.: RFIC and MMIC Design and Technology, London: The Institution of Engineering and Technology, 2001.
- [3] „RF, Microwave, and Millimeter Wave Products Selection Guide 2021“, Analog Devices, 2021.



Bild: ADI

VERFASST VON  
**Anton Patyuchenko**

HF-Applikationsingenieur  
Analog Devices



# RV-3032-C7

## The Cold Chain Solution

Die neue RTC RV-3032-C7 mit innovativem hochauflösendem (12-Bit) Temperatursensor ist die perfekte Lösung für Kühlketten. Diese RTC bietet eine Echtzeit-Temperaturüberwachung mit einer Aktualisierungsperiode von 1 Sekunde und kann den RF-Transceiver und die MCU aufwecken, um einen Alarm auszulösen, wenn die Temperatur nicht innerhalb des für das Produkt spezifizierten Bereichs liegt. So kann sichergestellt werden, dass während des Transports, der Verwendung oder der Lagerung geeignete Maßnahmen ergriffen werden.

Neben dem integrierten Temperatursensor bietet sie mit  $\pm 2.5\text{ppm}$  ( $\pm 0.22\text{s/Tag}$ ) über den industriellen Temperaturbereich von  $-40$  bis  $+85^\circ\text{C}$  die beste Genauigkeit aller temperaturkompensierten RTCs und hat außerdem einen extrem niedrigen Stromverbrauch von nur  $160\text{nA}$ .

Dank des niedrigen Stromverbrauchs, Energiemanagementfunktionen, automatischer Backup-Umschaltung, flexibler "Charge Pump" und programmierbarer Ladefunktion, kann das Modul mit einem kleinen Kondensator, einem wiederaufladbaren Akku oder mit einer kostengünstigen Knopfzellenbatterie betrieben werden. Die RTC ist in ein hermetisch versiegeltes Keramikgehäuse verbaut, RoHS / bleifrei und AEC-Q200 qualifiziert. Dies alles macht das Design-In sehr einfach und bewirkt eine Reduktion der Gesamtabmessungen und der Herstellungskosten des Endproduktes, während die Lebensdauer der Batterie optimiert wird.



**Höchste Präzision**



**Temperaturüberwachung**



**Niedriger Stromverbrauch**



**Kompakte Baugröße**



**Werkskalibriert - Ready to Go**



**I<sup>2</sup>C-Bus**



**Kostengünstig**

► **Höchste Präzision über den gesamten Temperaturbereich**  
 $\pm 2.5\text{ppm}$  über  $-40^\circ$  bis  $85^\circ\text{C}$  ( $0.22\text{ Sek./Tag}$ )

► **Verlängerte Akkulaufzeit**  
Nur  $160\text{nA}$  Stromverbrauch bei  $3\text{V}$  und  $25^\circ\text{C}$  im Batterie-Backup-Modus ermöglicht die Verwendung einer Lithium-Knopfzelle bei einer Lebensdauer von über 10 Jahren.

► **Smart Power Management**  
Wenn die Hauptstromversorgung unterbrochen wird, verbindet die automatische Backup-Umschaltung automatisch mit der Stützbatterie oder dem Akku.

► **Temperaturüberwachung**  
Der präzise, hochauflösende Temperatursensor, kombiniert mit programmierbarem Temperaturfenster-Erkennungs-Interrupt, ermöglicht Zeitstempel für unerwartete Temperaturereignisse.

► **Manipulationserkennung und Betrugsschutz**  
Externer Ereigniserkennungs-Interrupt mit Zeitstempel kombiniert mit programmierbarem Passwort bietet Sicherheitslösungen gegen Betrug und Hacking.

► **Kompakte Baugröße**  
 $3.2 \times 1.5 \times 0.8\text{ mm}$  kleines hermetisch verschlossenes Keramikgehäuse bietet alle Vorteile eines voll integrierten und leicht implementierbaren SMD-Bauteils.



**electronica**

Weltleitmesse und Konferenz der Elektronik  
15.-18. November 2022 | Messe München  
Halle C2 · Stand 361

**Auf dem Stand unseres offiziellen Distributors, der WDI AG (Halle C2, Stand 361), erhalten Sie weitere Informationen zu allen Produkten von Micro Crystal, ebenso wie Beratung, Muster und Angebote.**

# The Design-In Company.



Das Angebot an elektronischen Komponenten ist heute größer und unüberschaubarer denn je. Die besondere Herausforderung eines professionellen Design-In-Supports ist und bleibt es, Stärken und Schwächen der einzelnen Hersteller und Produkte zu (er)kennen, Kernkompetenzen zu kombinieren und im Sinne des Kunden und deren Anwendung optimal aufeinander abzustimmen.

In unserer Tätigkeit als Produkt- und Technologiepartner unterstützen wir Sie bei der üblicherweise zeitaufwendigen Produktsuche, bündeln herstellerübergreifend Informationen und machen Produktvorschläge, welche den Anforderungen Ihrer Applikation entsprechen. Wir helfen Ihnen bei der Auswahl des für Sie richtigen Produktes und begleiten Ihr Projekt vom Erstmuster bis zur Serienfertigung.

Gleichzeitig ermöglicht unser hochspezialisiertes und umfassendes Produktangebot auch anspruchsvollen Kundenanforderungen mit beson-

derem technologischen Anspruch nachzukommen, d.h. etwa auch kundenspezifische Sonderlösungen für Anwendungen in Luft- und Raumfahrt, der Medizintechnik oder Automobil-Industrie kreativ und ergebnisorientiert umzusetzen.

Dazu stehen Ihnen bei der WDI AG erfahrene Spezialisten zur Verfügung, die Sie schnell, herstellerunabhängig und vor allem technisch kompetent beraten. Dabei denken wir stets technologieorientiert als auch kaufmännisch und können somit unseren Kunden messbaren Mehrwert aufzeigen.



**Besuchen Sie uns auf der electronica.**  
**Halle C2, Stand 361**

Messe München, 15. - 18. November 2022

## Ihr Direktkontakt

Sprechen Sie doch einmal mit uns persönlich und überzeugen Sie sich.



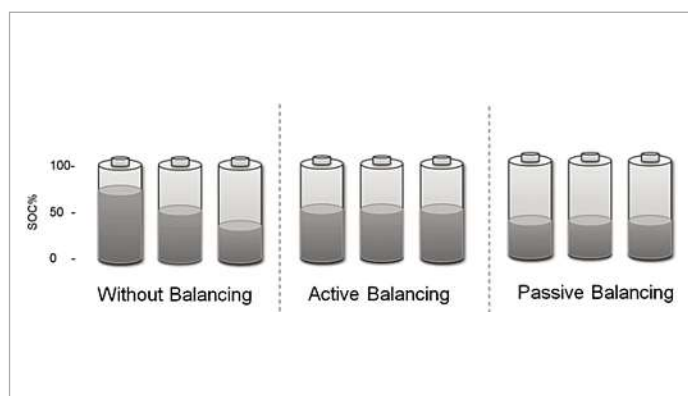
**Niels Hagen**  
**04103 1800-142**  
Teamleader FCP  
(Frequency Control Products)



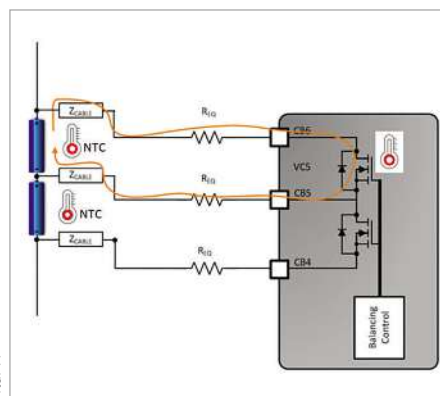
**Falko Ladiges**  
**04103 1800-152**  
Teamleader PEMCO  
(Passive and Electromechanical Components)

## ELEKTROAUTO-AKKUS

# Autonomes Cell Balancing für besseres Wärmemanagement



**Bild 1:** Ladestände der Batteriezellen ohne Ladungsausgleich und mit den beiden Balancing-Methoden.



**Bild 2:** Temperaturüberwachungs-Punkte des BQ79616-Q1 auf der Leiterplatte.

Fertigungsbedingte Unterschiede oder uneinheitliche Betriebsbedingungen führen bei allen mehrzelligen Akkus zu einem ungleichen Altern der einzelnen Zellen. Eine Akku aber kann nur so lange Ladung liefern, bis die schwächste Zelle vollständig entladen ist – auch wenn in den anderen noch genügend Kapazität vorhanden ist. Man sorgt deshalb für einen Ladungsausgleich (engl. Cell Balancing) zwischen den Zellen, damit sich die Kapazität der Batterie maximal ausschöpfen lässt. Dies steigert die Reichweite bei einem Elektrofahrzeug (EV). Zudem verhindert Cell Balancing das Tiefentladen und Überladen – beides wirkt sich nachteilig für die Lebensdauer der Batterie aus.

Man unterscheidet zwischen aktivem und passivem Cell Balancing. Ersteres sorgt mithilfe von DC/DC-Wandlern für die Umverteilung der Ladung zwischen den Zellen. Durch verbesserte Fertigungsverfahren und Klassifizierung sind die Unterschiede zwischen den Zellen innerhalb eines Akkus nur noch gering, sodass man die sich langsam aufbauenden Abweichungen durch regelmäßiges Cell Balancing mit niedrigen Strömen im Griff hat.

Beim passiven Cell Balancing wird die Ladung aus kapazitätsstärkeren Zellen abgeführt und mithilfe eines Widerstands in Wärme umgesetzt, bis das Ladungsniveau in allen Zellen gleich ist. Vorteile dieser Technik liegen in der Einfachheit und niedrigeren Kosten. Eine Gegenüberstellung beider Verfahren zeigt Bild 1.

Ein Problem stellt die beim passiven Cell Balancing entstehende Wärme dar, denn Lithium-Ionen-Zellen altern mit zunehmender Temperatur schneller. Auch wenn ein thermisches Durchgehen verhindert wird, werden die zum Cell Balancing notwendigen Schalter und Widerstände durch eine übermäßige Erwärmung beschädigt. Es ist deshalb absolut notwendig, beim passiven Cell Balancing den Anstieg der Temperatur sowohl des Akkus selbst als auch des Batteriemanagement-Systems genau zu über-

wachen. Der BQ79616-Q1 steuert das passive Cell Balancing mithilfe eingebauter Schalter, die sich während des Balancings erwärmen. Der Baustein und die zugehörigen Widerstände bilden Hotspots auf der Leiterplatte. Um Überhitzungen zu vermeiden, werden die Chip-Temperatur und die Thermistor-Temperatur überwacht. Bei hoher Chip-Temperatur wird eine Fehlermeldung an den Mikrocontroller gesendet, der das Cell Balancing daraufhin unterbrechen kann, bis die Fehlermeldung aufgehoben wird.

Im Verbund mit einem Thermistor unterbricht der Baustein das Balancing automatisch, sobald die Temperatur einen entsprechenden Grenzwert überschreitet. Nachdem die Temperatur gesunken ist, startet das Cell Balancing erneut. Die entsprechende Beschaltung ist in Bild 2 zu sehen.

Wenn das Cell Balancing pausiert, werden auch sämtliche Balancing-Timer und -Einstellungen angehalten, damit diese nach Ende der Pause wieder zur Verfügung stehen. Um Temperaturanstiege durch externe Balancing-Widerstände zu berücksichtigen, kann der Chip das Balancing auf allen Kanälen unterbrechen, sobald einer der an die GPIO-Pins angeschlossenen Thermistoren eine Grenzwertüberschreitung meldet.

Wird eine Übertemperatur detektiert, erfolgt das Cell Balancing auf sämtlichen freigegebenen Kanälen erst dann wieder, wenn alle aktiven Thermistoren eine Temperatur unterhalb des gesetzten Grenzwerts registrieren.

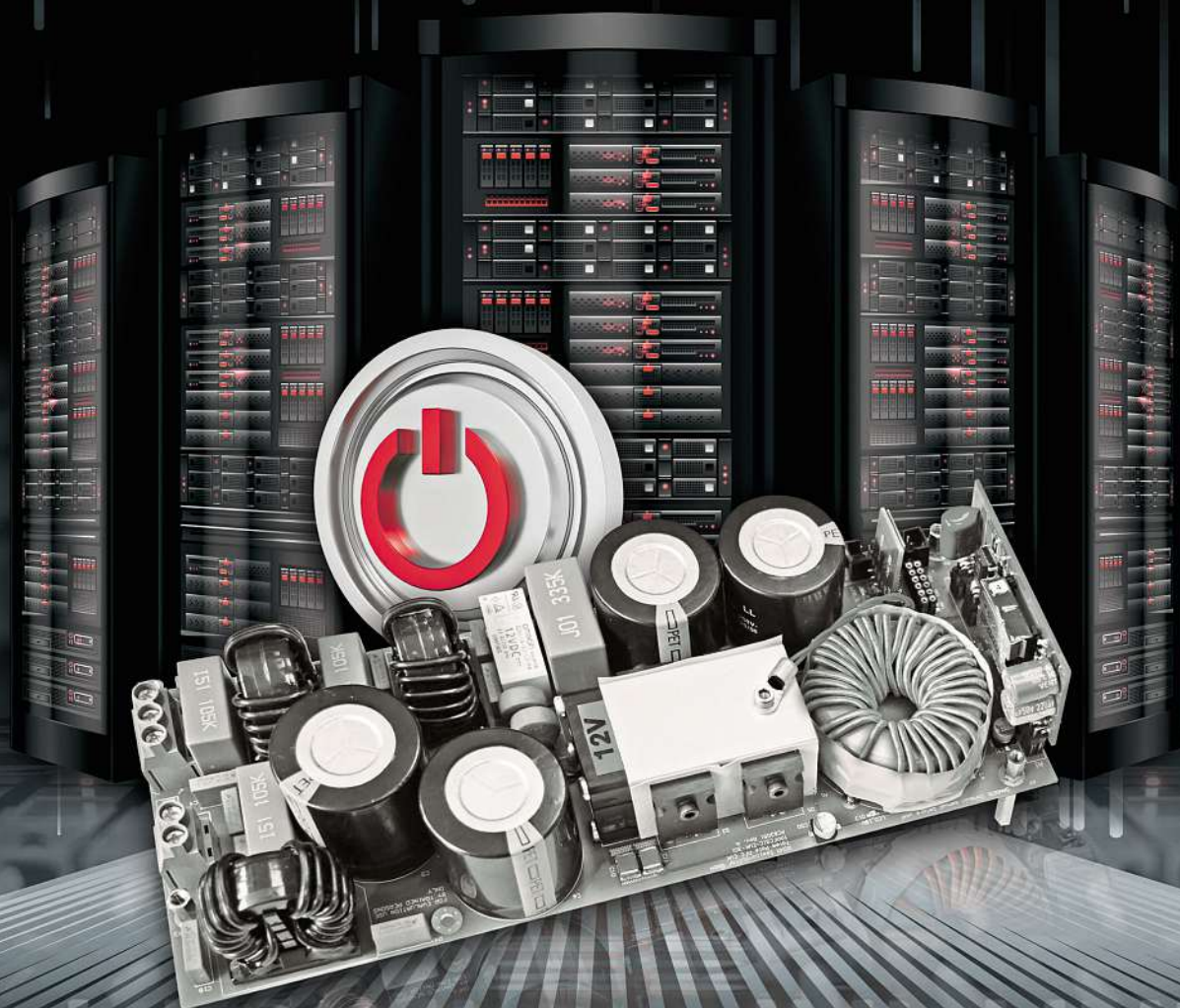
Das autonome Cell Balancing trägt zur Maximierung der Batterielebensdauer bei und stellt damit einen wichtigen Pluspunkt für EV-Batterien dar.

Wenn die Lösung zusätzlich ein Wärmemanagement für den IC und eine Fehlermeldungs-Funktion für den Mikrocontroller mitbringt, sind alle Voraussetzungen für einen schnellen und sicheren, kostenoptimierten Ladungsausgleich gegeben. (KR)



VERFASST VON  
**Sudhir Nagaraj**

**Systems and Functional  
Safety Manager**  
Texas Instruments



## TITELSTORY

Das Totem-Pole-PFC-Evaluierungskit für die neue MOSFET-Generation zeigt ungewöhnlich gute Ergebnisse der MOSFETs in den wichtigsten Design-Strategien, einschließlich ihrer Regelungsfunktionen und ihres hohen Wirkungsgrades bis 98,5 %. Hierbei wird die gesamte Leistungsaufnahme der Hilfsnetzteile und des Kühlgebläses berücksichtigt. Sowohl der niedrige Durchlasswiderstand als auch die geringen Schaltverluste der SiC-MOSFETs der vierten Generation trugen zum Erreichen dieser Leistung bei. Die Ergebnisse zeigen, wie gut sich diese neuen Leistungshalbleiter für viele Anwendungen der Energiekonvertierung eignen; etwa in Stromversorgungen für Server und Rechenzentren, für die Telekommunikation, für industrielle Stromversorgungen (SMPS, Schaltnetzteile), für Energiespeichersysteme sowie für z.B. On Board Charger in Elektrofahrzeugen. Überall dort also, wo hohe Leistungsdichte, Effizienz, einfache Gate-Schaltung und Kurzschlussfestigkeit gefordert sind.

## SIC-MOSFET

# Bis zu 98,5 % Wirkungsgrad durch vierte MOSFET-Generation

Der Artikel stellt ein Evaluierungskit für die vierte SiC-MOSFET-Generation vor und beschreibt deren besondere Merkmale in einer modernen Totem-Pole-PFC-Schaltung für Schaltnetzteile.

Neben den wichtigsten Leistungskennzahlen, einschließlich Wirkungsgrad, erläutert der Beitrag einige Design-Herausforderungen der vorliegenden Topologie und wie diesen begegnet wurde, um eine Leistungsfaktor-Korrektur (PFC, Power Factor Correction) mit universellem Eingang zu erhalten. Durch die Verfügbarkeit von Wide-Bandgap-Halbleitern mit hochleistungsstarken Body-Dioden wird die Totem-Pole-PFC-Topologie (TP-PFC) immer bedeutender. Ihr Hauptvorteil gegenüber der herkömmlichen Boost-PFC lässt sich folgendermaßen beschreiben: Sie eliminiert die Niederfrequenz-Gleichrichtung und den mit dem Durchlassverlust eines 50-Hz-Gleichrichters verbundenen Leistungsverlust. Auf diese Weise können Wirkungsgrade von über 98 % erreicht werden. Bei Verwendung einer geeigneten Sekundärstufe mit ähnlichem Wirkungsgrad, lässt sich sogar der angestrebte Wirkungsgrad von 80+Titanium erreichen.

Bild 1 zeigt das Evaluierungskit (EVK). Es implementiert die TP-PFC mit einem Nenneingangsstrom von 16 A sowie die in der Tabelle gezeigten Design-Spezifikationen. Die wichtigsten Bauteile sind im Bild hervorgehoben. Zusätzlich zu den SiC-MOSFETs der vierten Generation enthält das Design auch Silizium-SJ-MOSFETs sowie die Gate-Treiber BM61S41/BM61M41 und andere Komponenten von ROHM, wie den Shunt-Widerstand und Flyback-Schaltregler-IC in der Hilfsstromversorgung.

## Hoher Wirkungsgrad erfüllt die Effizienzanforderungen

Die Leistung des Evaluierungskits wird in den nachfolgenden Diagrammen (Bild 3) veranschaulicht. Sie zeigen den gemessenen Wirkungsgrad und den erreichten Eingangsfaktor – sowohl bei einer Wechselspannung von 230 V als auch bei 115 V. Zum Wirkungsgrad ist anzumerken, dass dieser die gesamte Leistungsaufnahme der Hilfsstromversorgungen für die Gate-Treiber, die Mess- und Regelungselektronik und den Kühl Lüfter umfasst. Es ist zu erkennen, dass der erforderliche Leistungsfaktor  $>0,95$  bei 20 % Last ist. Wird die PFC-Schaltung mit einer DC/DC-Stufe mit entsprechend hohem Wirkungsgrad kombiniert, kann das Design auch die Effizienzanforderungen von 80+Titanium erfüllen.

Die folgenden Abschnitte erörtern, wie dieses Design entwickelt und bestimmte schwierige Hürden dieser Topologie bewältigt wurden. Zu diesen Herausforderungen



| Parameter                           | Spezifikation                           |
|-------------------------------------|-----------------------------------------|
| Eingangsspannung (Freq.)            | 85 – 265 VAC (50±3 Hz oder 60±3 Hz)     |
| Ausgangsspannung                    | 400 V (+/- 5% Brummspannung)            |
| Ausgangsleistung                    | 3,6 kW @ 230 VAC                        |
| Schaltfrequenz                      | 100 kHz                                 |
| Wirkungsgrad @ 50% Last, VAC = 230V | ≥ 98,5%                                 |
| Kühlung                             | Gebälse, kleiner Lüfter                 |
| Topologie                           | Totem Pole                              |
| HF-Schalter (Q2, Q4)                | 4. Gen SiC MOSFET SCT4045DR (TO-247-4L) |
| LF-Schalter (Q1, Q3)                | Si-SJ-MOSFET R6076ENZ4                  |
| Flyback-Schaltregler                | BM2P101FK-LBZ                           |
| Formfaktor                          | 233 x 89 x ca. 40/45 mm                 |

**Bild 1:**  
Das Totem-Pole-PFC-Evaluierungskit nebst Spezifikationen.

gehören: Ermittlung der richtigen Einstellungen für Länge von Sperrzeiten und Totzeit, sicheres automatisches Hochfahren mit der Netzeingangsspannung, sanfter Start rund um den AC-Nulldurchgang zur Minimierung von Stromspitzen. Vorab werden die wesentlichen Merkmale der vierten SiC-MOSFET-Generation skizziert.

## Das Besondere an den SiC-MOSFETs der vierten Generation

Diese neuen SiC-MOSFETs haben im Vergleich zu den SiC-MOSFETs der dritten Generation einen reduzierten Durchlasswiderstand pro Flächeneinheit um 40 %. Diese Reduzierung wird ohne Einbußen bei der Kurzschlussfestigkeit erreicht. Das macht die neuen Bauelemente sehr leistungsfähig und robust. Darüber hinaus sind die Schaltverluste in den SiC-MOSFETs der vierten Generation aufgrund einer drastisch reduzierten parasitären Gate-Drain-Kapazität  $C_{GD}$  um 50 % geringer als in der dritten Halbleiter-Generation. Diese Verbesserung führt zu einem höheren Umwandlungswirkungsgrad.

Im Gegensatz zur 18-V-Gate-Source-Spannung  $V_{GS}$ , die bei den SiC-MOSFETs der dritten Generation und früheren Versionen erforderlich war, unterstützen die neuen Produkte für die Ansteuerung des Gates einen flexibleren

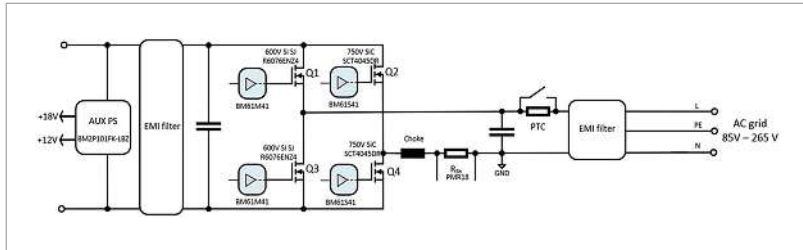


Bild 2: Schaltbild der Totem-Pole-PFC.

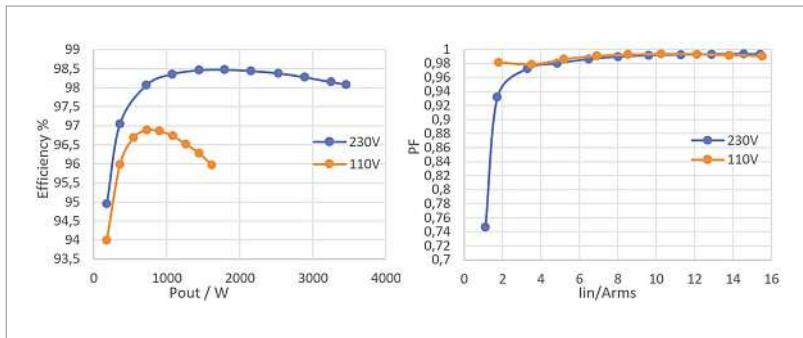


Bild 3: Gemessener Wirkungsgrad (links) und Leistungsfaktor (rechts).

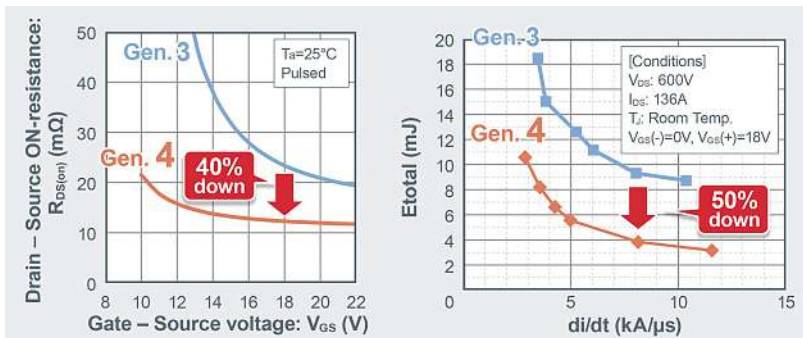


Bild 4:  
Verringerung des Durchlasswiderstands und der Schaltverluste in den SiC-MOSFETs der vierten Generation im Vergleich zur dritten Generation.

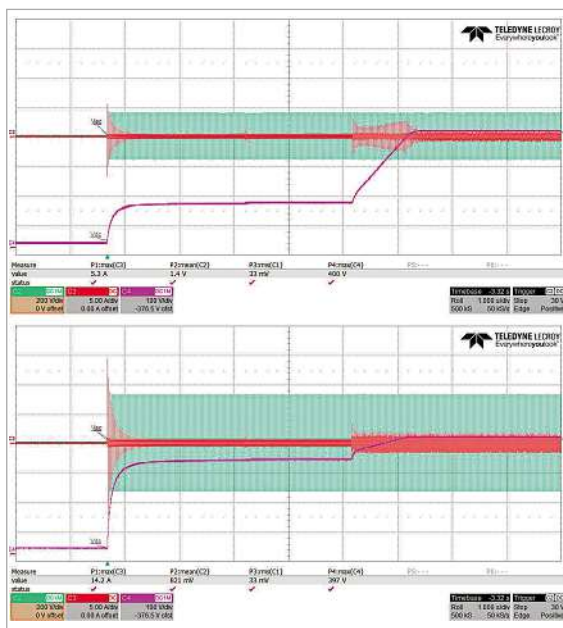


Bild 5: Automatischer PFC-Start in Abhängigkeit von der Wechselspannung am Eingang (oben: bei 110 VAC, 400 VDC und unten bei 230 VAC, 400 VDC).

Gate-Spannungsbereich von 15 bis 18 V. Darüber hinaus können die SiC-MOSFETs der vierten Generation aufgrund der geringeren parasitären Kapazität  $C_{GD}$  und damit des kleineren Verhältnisses von  $C_{GS}$  zu  $C_{GD}$  mit nur 0 V sicher ausgeschaltet werden. Dabei kommt es nicht zu parasitärem Einschalten, das durch ein hohes  $dV_{DS}/dt$  verursacht werden kann. Die Gate-Treiberschaltung kann somit vereinfacht werden, da die Notwendigkeit einer negativen Vorspannung für das Ausschalten entfällt.

Die Tabelle auf der letzten Seite dieses Technologiebereichs zeigt die 750-V- und 1200-V-SiC-MOSFETs der vierten Generation. Diese Bauelemente sind in den Gehäusevarianten TO-247N und TO-247-4L zur Durchsteck-Montage sowie in der SMD-Version TO-263-7L erhältlich. Die Automotive-Qualifizierung ist für alle mit einem Stern (\*) gekennzeichneten Bauelemente geplant.

### Das Einstellen der Austastungs- und Totzeit

Bei der Einstellung der PWM-Steuerung müssen die mit der AC-Nulldurchgangserkennung verbundenen Ungenauigkeiten sowie die parasitären Elemente der MOSFETs berücksichtigt werden. Im TP-PFC-EVK wurde um den AC-Nulldurchgang eine Sperrzeit von 50  $\mu s$  eingefügt. Um ein Durchschießen zu verhindern, werden die vier Schalter kurz vor dem Nulldurchgang ausgeschaltet, entweder von positiv nach negativ oder von negativ nach positiv. Während dieser Zeit ist der Regelkreis „eingefroren“. Auf diese Weise wird verhindert, dass der Integrator-Aufbau eine unerwünschte hohe Stromspitze verursacht, indem er beim nächsten Einschalten einen großen PWM-Impuls anlegt. Eine kurze Sperrzeit ermöglicht eine bessere Kontrollierbarkeit der Stromkurve, einen geringeren Klirrfaktor und einen relativ höheren Wirkungsgrad. Die minimale Sperrzeit wird jedoch durch die Abtastrate des Reglers und die Netzfrequenz begrenzt.

Zusätzlich zur Sperrzeit um den AC-Nulldurchgang muss eine geeignete Totzeit zwischen den Steuerbefehlen der komplementären SiC-MOSFETs eingestellt werden. Laut Datenblatt des Gate-Treibers BM61S41 beträgt die Laufzeitverzögerung maximal 65 ns. Addiert man weitere 10 ns für die PWM-Ausbreitungsfehlanspassung hinzu, ergibt sich eine absolute Mindesttotzeit von 75 ns. Um die Aus- und Einschaltverzögerungen der SiC-MOSFETs zu berücksichtigen und einen gewissen Spielraum zu haben, wurde die Totzeit für diese Baugruppe auf 150 ns festgelegt. Natürlich muss sie für jedes Design bewertet werden. Sie wird auch durch die Auswahl der Ein- und Ausschalt-Gate-Widerstände beeinflusst.

### Automatischer Start an einem universellen Netzeingang

Das TP-PFC-Evaluierungskit ist mit einem PTC-Widerstand für die Vorladung in Kombination mit einem Bypass-Relais ausgestattet. Beim Einschalten werden das Relais ausgeschaltet und die Kondensatoren durch den PTC bis zu einem sicheren Schwellenwert vorgeladen, bevor das Relais eingeschaltet und der Umrichter in Betrieb genommen wird. Dadurch wird eine Beschädigung des Stromkreises durch hohe Einschaltströme verhindert. Das Evaluierungskit wurde über den gesamten Eingangsbereich (85 bis 265  $V_{AC}$ ) getestet und hat sich für einen automatischen Start selbst bei 265  $V_{AC}$  als geeignet erwiesen. Durch den implementierten Second Order Generalized

Bild: ROHM

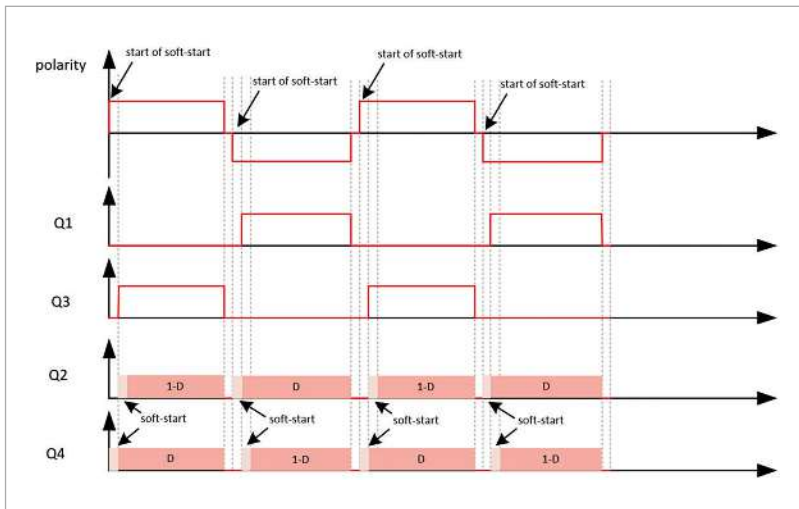


Bild 6: MOSFET-Soft-Start in der Totem Pole PFC.

Bild: ROHM

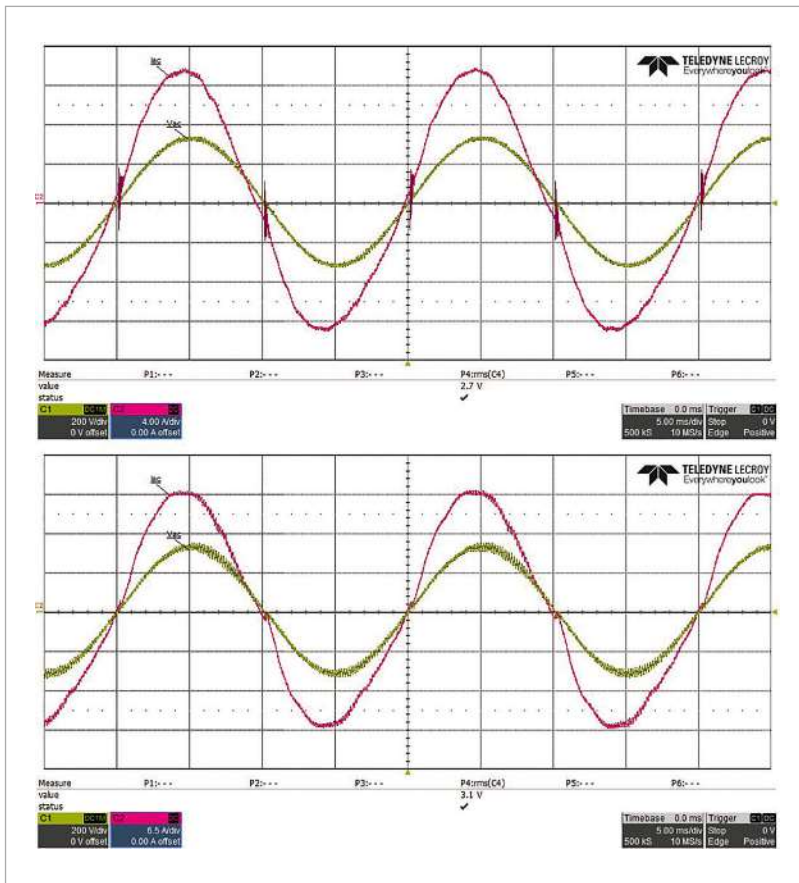


Bild 7: Eingangsstromspitzen beim AC-Nulldurchgang ohne Soft-Start-Verfahren (links) mit und Soft-Start-Verfahren (rot: IAC und grün VAC).

Integrator - Frequency Locked Loop (SOGI-FLL) kann dieses EVK auch Drifts in der Netzfrequenz von  $50 \pm 3$  Hz oder  $60 \pm 3$  Hz verfolgen und erkennen.

### Maßnahmen zur Minimierung von Stromspitzen nach AC-Nulldurchgang

Bei der TP-PFC-Topologie ist die Schaltfolge der MOSFETs von entscheidender Bedeutung. Werden die Herausforde-

# DESTINATION IOT



## Intelligente Lösungen für das Design der Zukunft

- Sensorik
- Konnektivität
- Sicherheit

[de.rs-online.com](https://de.rs-online.com)



Mehr erfahren

| Part No.       | RDS(on)_typ<br>(mΩ) | ID<br>(A) | Package                                                                                        | Part No.       | RDS(on)_typ<br>(mΩ) | ID<br>(A) | Package                                                                                          |
|----------------|---------------------|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|---------------------|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| SCT4045DE (*)  | 45                  | 34        | <br>TO-247N   | SCT4062KE (*)  | 62                  | 26        | <br>TO-247N   |
| SCT4026DE (*)  | 26                  | 56        |                                                                                                | SCT4036KE (*)  | 36                  | 43        |                                                                                                  |
| SCT4013DE      | 13                  | 105       |                                                                                                | SCT4018KE      | 18                  | 81        |                                                                                                  |
| SCT4045DR (*)  | 45                  | 34        | <br>TO-247-4L | SCT4062KR (*)  | 62                  | 26        | <br>TO-247-4L |
| SCT4026DR (*)  | 26                  | 56        |                                                                                                | SCT4036KR (*)  | 36                  | 43        |                                                                                                  |
| SCT4013DR      | 13                  | 105       |                                                                                                | SCT4018KR      | 18                  | 81        |                                                                                                  |
| SCT4045DW7 (*) | 45                  | 31        | <br>TO-263-7L | SCT4062KW7 (*) | 62                  | 24        | <br>TO-263-7L |
| SCT4026DW7 (*) | 26                  | 51        |                                                                                                | SCT4036KW7     | 36                  | 40        |                                                                                                  |
| SCT4013DW7     | 13                  | 98        |                                                                                                | SCT4018KW7     | 18                  | 75        |                                                                                                  |

Tabelle: Charakteristika der SiC-MOSFETs der 4. Generation (links 750-V-MOSFET, rechts 1.200-V-MOSFET), (x)=AEC-Q101 (Automotive Grade)



Bild: ROHM

VERFASST VON  
**Abdelmouneim Charkaoui**

Application Engineer  
ROHM

rungen bei der Steuerung eines TP-PFC nicht verstanden und beachtet, kann dies zu unsachgemäßem Betrieb, unerwarteten EMI-Problemen oder sogar zum Ausfall der Leistungskomponenten führen. Das häufigste Problem bei dieser Topologie ist das Auftreten von Stromspitzen im AC-Nulldurchgang. Diese werden hauptsächlich durch den parasitären Ausgangskondensator  $C_{oss}$  und die damit verbundene Sperrverzögerungsladung  $Q_r$  der netzfrequenzgeschalteten MOSFETs verursacht, die nur beim AC-Nulldurchgang ihren Zustand ändern.

### Funktionsweise und Nutzen des Soft-Starts der MOSFETs

Im TP-PFC-Evaluierungskit von ROHM wird nach jedem AC-Nulldurchgang eine Soft-Start-Sequenz implementiert. Diese beinhaltet eine rampenförmige Erhöhung des Tastverhältnisses der Hochfrequenz-SiC-MOSFETs (Q2, Q4) und eine Feinsteuerung für das Einschalten der Niederfrequenz-Si-SJ-MOSFETs. Durch die Implementierung des Soft-Starts wurden die Stromspitzen deutlich reduziert. Die Schaltsequenz des implementierten MOSFET zeigt Bild 6.

Die MOSFETs Q2 und Q4 sind komplementär geschaltet. Während des negativen Halbzyklus ist MOSFET Q2 der aktive Schalter, der durch das berechnete Tastverhältnis D gesteuert wird. Während dieser Zeit arbeitet MOSFET Q4 im synchronen Gleichrichtungsmodus mit einem Tastverhältnis von 1-D. Zu beachten ist, dass MOSFET Q1 nur mit der Netzfrequenz geschaltet wird und während des gesamten negativen Halbzyklus eingeschaltet bleibt, um einen niederohmigen Rückkanal zum Netz zu schaffen. Während des positiven Halbzyklus kehrt sich der Betrieb wieder um, und die High-Side- sowie Low-Side-MOSFETs der einzelnen Zweige tauschen ihre Funktion.

Wenn die Eingangsspannung unmittelbar nach dem Nulldurchgang des Wechselstroms ihre Polarität von einem negativen zu einem positiven Halbzyklus ändert, setzt die Soft-Start-Sequenz von MOSFET Q4 ein. Diese Sequenz besteht darin, dass die Impulsbreite um einen definierten Faktor erhöht wird, sodass die Einschaltzeit dieses MOSFETs schrittweise von 0 % auf 100 % des berechneten D-Zyklus steigt. Dabei erholt sich MOSFET Q1

vollständig in umgekehrter Richtung und die  $V_{DS}$  von Q3 sinkt auf Masse. Auf diese Weise wird die positive Stromspitze eliminiert, die durch die langsame Erholung von Q1 und die hohe  $V_{DS}$ -Spannung am MOSFET Q3 verursacht wird.

Da die Wechsellspannung direkt nach dem Nulldurchgang sehr niedrig und die Induktivität bereits auf die DC-Busspannung aufgeladen ist, fließt ein großer negativer Rückstrom durch die Induktivität zurück zum Netz. Dies führt zu einer hohen negativen Stromspitze beim Einschalten des Synchron-MOSFETs Q2, selbst bei einem Tastverhältnis von 1-D. Um diese negative Spitze auf nahezu Null zu reduzieren, wird der Soft-Start auch auf den Synchron-MOSFET Q2 angewandt, sobald Q4 den vollen D-Zyklus erreicht. Gleichzeitig mit dem Soft-Start von Q2 muss Q3 eingeschaltet werden, um den Strompfad zurück zum Netz bereitzustellen. Eine hohe negative Stromspitze tritt auch beim AC-Nulldurchgang auf, wenn MOSFET Q3 zu spät eingeschaltet wird, nachdem der Soft-Start von Q2 abgeschlossen ist.

### Interessante Ergebnisse der Evaluierung

Bild 7 zeigt den Verlauf des Eingangsstroms um den AC-Nulldurchgang mit und ohne Soft-Start. Der Term 1-D ist beim ersten Einschalten von Q2 sehr klein. Er wird noch kleiner und tendiert gegen Null, wenn er mit den Soft-Start-Faktoren multipliziert wird. Je nach verwendetem Gate-Treiber kann Q2 einige PWM-Zyklen lang ausgeschaltet bleiben, bis der Term 1-D größer wird als die minimale PWM-Einschaltzeit des Gate-Treibers (Bild 6). Dies führt bei jedem AC-Nulldurchgang zu einer verbleibenden, aber sehr kleinen positiven und negativen Stromspitze.

Die im vorigen Abschnitt erläuterte Steuerungssequenz der MOSFETs wurde im 3,6-kW-TP-PFC-EVK implementiert und getestet. Die Testergebnisse zeigen, dass ohne diese Steuerungsmethode sowohl negative als auch positive Stromspitzen vorhanden sind. Die Anwendung des Soft-Starts auf aktive als auch auf synchrone MOSFETs sowie das Einschalten der Niederfrequenz-MOSFETs zum richtigen Zeitpunkt hat zu besseren Stromkurven und einem wesentlich geringeren Klirrfaktor geführt. (KU)



Bild: ROHM

VERFASST VON  
**Christian Felgemacher**

Department Manager  
Power Systems  
ROHM



Bild: ROHM

VERFASST VON  
**Felipe Filsecker**

Application Engineer  
ROHM



Bild: ROHM

VERFASST VON  
**Jochen Hüskens**

Senior Application  
Marketing Manager  
ROHM

## DC/DC-WANDLER

## Drei Watt in einem SMD-Gehäuse

Der DC/DC-Wandler RSH3 von Recom ergänzt die Baureihe RSH2 mit vollständig geregelten, störungsarmen und isolierten 3-W-Ausgängen in einem SMD-Gehäuse. Die Baureihe verfügt über Eingänge mit nominal 12 V (9 bis 18 V) und 24 V (18 bis 36 V), die für batterie- oder busbetriebene Systeme nützlich sind. Ausgänge gibt es mit 5, 12, 15, 24,  $\pm 12$  sowie  $\pm 15$  V. Die Bauelemente haben einen Kurzschluss- und Überstromschutz

und erfüllen mit einem einfachen externen Filter die Grenzwerte der Klasse A oder B bezüglich Eingangsstörungen. Es ist keine Mindestlast erforderlich und standardmäßig die Ein-/Aus-Steuerung vorhanden.

Die RSH3 Serie arbeitet von  $-40$  bis über  $80^\circ\text{C}$  ohne Leistungsminderung. Daher sind die Produkte für anspruchsvolle Anwendungen in Industrie, Mess- und Prüftechnik sowie dem Transportwesen geeignet.

Die Isolationsklassifizierung beträgt  $2\text{ kV}_{\text{DC}}/60\text{ s}$  (optional  $3\text{ kV}_{\text{DC}}/60\text{ s}$ ) mit Zertifizierung UL/IEC/EN 62368-1. Die Bauteile sind RoHS-2-konform.

Die DC/DC-Wandler sind in Tube- oder Tape-and-Reel-Verpackungen erhältlich und können unter Verwendung von branchenüblichen JEDEC-Profilen im IR-Ofen oder im Dampfphasen-Reflow gelötet werden.

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

## DIN-SCHIENEN-NETZTEILE

## Mit minimalem Platzbedarf



Bild: Block

Die Stromversorgungen der Baureihe PowerCompactChamp (PCC) von Block vereinen ein kompaktes Design bei zugleich überdurchschnittlicher elektrischer und mechanischer Robustheit. Bei hohen Anlauf- oder Einschaltströmen stehen bis zu 150 % für 5 s und zusätzlich eine statische Leistungsreserve von dauerhaft 110 % zur Verfügung. Durch ihren hohen Wirkungsgrad trägt PCC in jeder Anwendung unmittelbar zur Senkung der Energiekosten und des  $\text{CO}_2$ -Ausstoßes bei.

Die kompakte Bauform spart Platz auf der DIN-Schiene und die reduzierte Gerätetiefe ermöglicht die Verwendung in raumoptimierten Schaltschränken. Die 240-W-Geräte sind nur 40 mm breit. Ausgelegt um den Herausforderungen der unterschiedlichen Netze und widrigsten Umweltbedingungen gerecht zu werden, sind der weltweiten Einsetzbarkeit nahezu keine Grenzen gesetzt.

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



# YES. YES. YES. YES. YES. YES.

**Serie EA-10000: Noch besser bei Funktionalität, Genauigkeit und Leistungsspezifikationen**

- **Ja zu mehr Auswahl** mit mehr als 180 Stromversorgungen und elektronischen Lasten: programmierbar, bidirektional, regenerativ
- **Ja zu sicherer Parallelschaltung** von bis zu 64 Geräten in den EA-Power Racks
- **Ja zu erweiterten Leistungsbereichen:** Vergrößerter Leistungsbereich von 600 W bis 30 kW, Ausgangsströme von 6 A bis 1000 A und Ausgangsspannung von 10 V bis 2000 V
- **Ja zu effizienten Anwendungen** mit Autoranging und eingebautem Funktionsgenerator
- **Ja zu Energierückspeisung** bis über 96 % Wirkungsgrad
- **Ja zu einfacher Handhabung** mit einheitlichen Geräten und vielen Schnittstellen zu PCs und PLCs



**Bild 1:** Vom Austausch technischer Informationen und Daten profitieren alle – die Anlagenbetreiber, die Service Provider und die Hersteller von Maschinen und Komponenten für die Industrie.



Bild: Phoenix Contact

## ERFAHRUNGSBERICHT

# Ergebnisse zum digitalen Zwilling aus dem Umsetzungsprojekt

Wie setzen wir Industrie 4.0 schnell und effizient um? Mit dieser Frage beschäftigen sich derzeit viele Industrieunternehmen. Statt allein vor sich hin zu tüfteln, ist heute mehr denn je die Zusammenarbeit gefragt.

**D**as Projekt „Technische Infrastruktur für digitale Zwillinge (TeDZ)“ des Spitzenclusters it's OWL hat gezeigt, dass virtuelle Nachbildungen von Prozessen und Anlagen (digitaler Zwilling) die geeignete Technologie-Grundlage legt und der sich daraus ergebende Nutzen erreichbar ist. Die Bezeichnung it's OWL steht für Intelligente Technische Systeme OstWestfalenLippe und kennzeichnet eine Kooperation von über 200 Unternehmen, Hochschulen, wissenschaftlichen Kompetenzzentren und wirtschaftsnahen Organisationen in der Region OstWestfalen-Lippe (OWL), die im Jahr 2012 gegründet wurde. Träger ist das Unternehmen it's OWL Clustermanagement GmbH mit Sitz in Paderborn.

Im Umfeld von Industrie 4.0 wird der digitale Zwilling auch als Asset Administration Shell (ASS) bezeichnet. Das Umsetzungsprojekt „Asset Life“ der am TeDZ-Projekt beteiligten Unternehmen Bosch Rexroth und Phoenix Contact hat die wesentlichen Use Cases für die Interaktion zwischen den beteiligten Akteuren betrachtet. Zudem ist eine Infrastruktur für digitale Zwillinge exemplarisch im-

plementiert worden, die den Aufbau digitaler Geschäftsmodelle zur Realisierung des Industrie-4.0-Ansatzes ermöglicht. Nachfolgend werden die gewonnenen Erkenntnisse aus dem Asset-Life-Projekt sowie deren Übertragung auf industrielle Datenräume – beispielsweise „Manufacturing X“ – beschrieben. Ferner gibt der Artikel einen Ausblick auf den Wertbeitrag, den digitale Zwillinge hinsichtlich der Herausforderungen in puncto Wettbewerbsfähigkeit und industrieller Resilienz sowie Klimaneutralität und Nachhaltigkeit leisten können.

### Stetige Anreicherung um zusätzliche Informationen

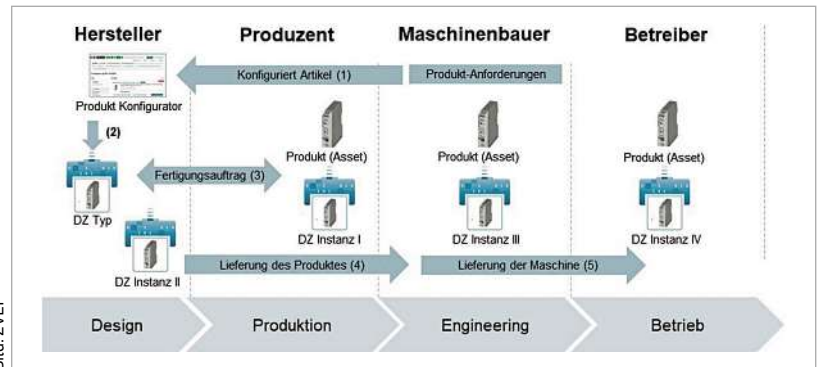
Um den Use Case eines konfigurierbaren Produkts zu erläutern, verwendet das Projekt Asset Life ein intelligentes Netzgerät als Use Case. Dieses Beispiel unterstreicht die Notwendigkeit eines interoperablen Datenaustausches zwischen den Beteiligten über digitale Zwillinge. Im Use Case werden die Anforderungen des Maschinenbauers

VERFASST VON  
**Johannes Kalhoff**  
Master Specialist  
Corporate Technology  
and Value Chain  
Phoenix Contact

(Kunde) im Produktkonfigurator des Herstellers des intelligenten Hutschienen-Netzteil berücksichtigt. Als Ergebnis erhält der Maschinenbauer das Angebot des Herstellers bezüglich der Fertigung eines kundenspezifischen Artikels und damit den ersten digitalen Zwilling (nachfolgend DZ genannt) des gewünschten Produkttyps (DZ-Typ). Ein solcher Produkttyp entspricht dem angebotenen Artikel, der zum Beispiel unter einer Artikelnummer gelistet ist (Bild 2).

Mit dem Produktionsauftrag wird das Produkt vom Produzenten hergestellt. So entsteht der DZ des real gefertigten Assets (DZ-Instanz I), der beispielsweise die tatsächlichen Produktionsdaten wie Seriennummer, Hard- und Software-Revision oder Prüfergebnisse umfasst. Die Instanz korrespondiert mit dem real gefertigten Produkt mit etwa der Seriennummer eines Artikels. Der Hersteller liefert das vom Maschinenbauer konfigurierte Produkt, den zugehörige DZ-Typ des Artikels sowie die DZ-Instanz II als digitales Typenschild. Die DZ-Instanz II beinhaltet unter anderem das Asset sowie die Anreicherung der DZ-Instanz I des Produkt-Herstellers um zum Beispiel den Wert des CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks sowie Material- oder Ressourcen-Informationen.

Nachfolgend bildet sich beim Maschinenbauer die DZ-Instanz III und beim Betreiber die DZ-Instanz IV, die jeweils spezielle Informationen enthalten können, etwa maschinenspezifische Installationshinweise des Maschi-



**Bild 2:** Der Anwendungsfall „Konfigurierbares Produkt“ des it's OWL-Umsetzungsprojekts Asset Life.

nenbauers oder Betriebsmittelkennzeichen des Betreibers (Bild 2).

### Einfache, interoperable und sichere Bereitstellung der Daten

Wie das Beispiel belegt, ist der digitale Zwilling ein Teil der Wertschöpfungskette, auf die sich die beteiligten Unternehmen verlassen müssen. Das gilt auch für die inhaltlichen Daten und ihre Historie. Produkte werden immer intelligenter und können sich aufgrund von Software in

# Lüfterlose Netzteile >>

## Gestalten Sie Ihre Stromversorgungslösungen mit den Vorteilen einer Bodenplattenkühlung

- Erhöhung der Systemzuverlässigkeit
- Reduzierte Systemwartungen und Ausfallzeiten

- Erhöhung der Systemzuverlässigkeit
- Robuste Systemanwendungen für raue und stark vibrierende Umgebungen

## Vox Power's einzigartige konduktionsgekühlte Lösungen

**300W VCCS300**



4" x 2"

Die ultimative Netzteil-Lösung für Anwendungen der Klassen I & II, bei denen robuste Zuverlässigkeit, hohe Effizienz, leiser Betrieb und BF-Klassifikation wichtige Faktoren sind. Das VCCS300 liefert geräuschlose 300W kontinuierlicher Ausgangsleistung, die auf 600W, 900W und mehr skalierbar sind.

**600W VCCM600**



7" x 4"

Kombiniert die Vorteile einer benutzerkonfigurierbaren Stromversorgung mit der hohen Zuverlässigkeit einer lüfterlosen Netzteilarchitektur. Perfekt für anspruchsvolle Anwendungen, die mit herkömmlichen AC/DC-Produkten nicht einfach zu lösen sind.



**VOX-POWER.COM**

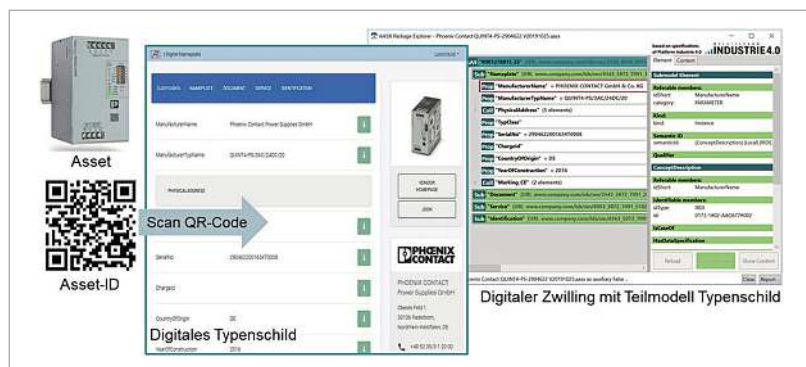
unsere Broschüre





**electronica 2022**

Besuchen Sie uns! Halle A4 Stand 242



**Bild 3:** Digitaler Zwilling und papierlose Datenwirtschaft in der Industrie am Beispiel Netzteil. Als Asset fungiert das Netzteil. Die Identifizierung erfolgt über einen QR-Code auf der Front des Produkts. Das Scannen leitet den Nutzer direkt zu dem digitalen Zwilling.

ihren Fähigkeiten ändern. Vor diesem Hintergrund hängt der Erfolg eines wertschöpfenden Geschäftsmodells von der Kompetenz ab, Daten einfach, kostengünstig und interoperabel austauschen zu können.

Deshalb hat die digitale Infrastruktur für digitale Zwillinge die folgenden zentralen Anforderungen zu erfüllen:

- **Verfügbarkeit:** DZ müssen den jeweiligen Nutzern einfach und bezahlbar zur Verfügung stehen – jederzeit und auch im Fall eines Offline-Betriebs.
- **Nachvollziehbarkeit:** Die Integrität der Informationen muss gegeben sein, was eine transparente Historie und Publikation bedingt.
- **Sicherheit:** Im Sinne von Security ist für eine hohe Zugriffssicherheit zu sorgen.
- **Vertraulichkeit:** Informationen sollen pro Partei separat und durch die Quelle zugänglich gemacht werden. Das unterstützt die Souveränität im Handeln der Beteiligten.
- **Interoperabilität:** Standardisierte Schnittstellen und Definitionen für die Syntax und Semantik stellen weltweit eine einfache Kommunikation und Interpretation der Inhalte sicher.

Die Infrastruktur muss dafür sorgen, dass der digitale Zwilling die für die entsprechende Phase der zirkulären Wirtschaft (beispielsweise Konfiguration, Produktion, Betrieb oder Wiederverwendung) erforderlichen Informationen anbietet und sich diese anpassen lassen.

### | ZVEI-Projekt Digitales Typenschild

Ein auf den Industrie-4.0-Mechanismen basierendes digitales Ökosystem, das neben der AAS ebenfalls Security, Integrität und den sicheren Datenzugriff auf der Objekt-ebene unterstützt, weist beste Voraussetzungen für die zuvor beschriebenen Anforderungen auf. Nachfolgend sollen drei wesentliche Use Cases (mögliche Anwendungen) dies verdeutlichen (dazu Bild 3):

Das ZVEI-Projekt „Digitales Typenschild“ macht den direkten Nutzen einer Punkt-zu-Punkt-Verknüpfung des physischen Assets und des digitalen Zwillings – der Asset Administration Shell (AAS) – sofort sichtbar: Der Hersteller kann dem Anwender die derzeit analogen Produktinformationen nun vollständig digitalisiert bereitstellen. Dies ist eine wesentliche Voraussetzung für Effizienzgewinne durch digitalisierte Planungs- und Betriebsprozesse oder Nachhaltigkeitsanforderungen wie den durch die EU angestrebten Batterie-Pass. Der Verzicht auf Papier für die produktbegleitende Dokumentation spart zusätzlich Ressourcen für die Bedruckung und den Transport sowie Entsorgungsaufwände. Die DIN SPEC 91406 definiert den Ankerpunkt für den digitalen Zwilling. Diese eindeutige Kennung (zum Beispiel in Form eines QR-Codes) erlaubt den Zugriff auf die AAS als für den Menschen lesbare Webseite ebenso wie für die Maschinen. Der herstellerübergreifende Standard reduziert somit Zeit und Kosten, ist weltweit verfügbar (IEC 61406 in Erstellung) sowie stets aktuell und nachhaltig (Bild 3).

Bild: Phoenix Contact

### | Darstellung des Product Carbon Footprint

Die Informationsweitergabe über Unternehmensgrenzen und Zulieferer hinweg erweist sich sowohl für Lieferketten als auch die Identifikation von Materialien sowie des CO<sub>2</sub>-Footprints von Bedeutung. Zu diesem Zweck wird die AAS im ZVEI-Projekt „Product Carbon Footprint (PCF)“ zur CO<sub>2</sub>-Kalkulation eines Schaltschranks inklusive der in ihm installierten Zulieferprodukte genutzt. Die Fähigkeit der Asset Administration Shell, die Merkmale mit verschiedenen Standards zu verbinden, ermöglicht die automatisierte Verarbeitung unterschiedlicher Quellen. Dabei werden die Verkettung und Integrität der transferierten Informationen methodisch sichergestellt, da in der Zulieferkette nicht alle Partner zwingend bekannt respektive vertragsrechtlich gebunden sind. Wie das digitale Typenschild kann das ZVEI-Projekt PCF als Blaupause für den „EU Product Passport“ dienen.

### | Die Optimierung von Fertigungsprozessen

Für den Anwender ergibt sich ein weiterer Vorteil, wenn die Daten hersteller- und gewerkeübergreifend zugänglich sind. Als Beispiel sei die datentechnische Verknüpfung von Gerätehersteller, Maschinenbauer und Betreiber genannt. Mit dem gemeinsamen Ziel der Einsparung von Energie sowie des Hebens von Effizienzvorteilen sind sie jetzt in der Lage, mit den vereinbarten Nutzdaten über die AAS kundenspezifische Maschinenoptimierungen oder Funktions-Updates bei intelligenten Produkten umzusetzen sowie die entsprechenden Fertigungsprozesse gemeinsam mit dem Anwender zu verbessern. Das Errei-



### SMD Reed Sensoren

- Kein Stromverbrauch
- Lange Lebensdauer
- Kompaktes Design



Besuchen Sie uns  
Halle B3 Stand 331

standexelectronics.com

chen von Produktions- oder Ressourcenzielen durch gemeinschaftliches Arbeiten verschafft sowohl dem Anwender ebenso wie dem Hersteller von Produkten und Produktionsmitteln Vorteile. Das multilaterale Teilen von Daten in einer verfügbaren Dateninfrastruktur ist hier Voraussetzung. Denn durch die Bildung industrieller Datenräume, etwa Catena-X für die Automobilindustrie oder Manufacturing-X für die Industrie, entstehen durchgängige, kollaborative und offene Datenökosysteme, in denen bestehende Geschäftsmodelle effizienter ermöglicht und neue Geschäftsmodelle zusätzlich befähigt werden.

## Standardisierte Schnittstellen

Das it's OWL-Projekt hat gezeigt, dass die hierzu notwendigen Daten tatsächlich in verschiedenen Produkktivsystemen sowie unterschiedlichen Formaten und Strukturen vorliegen. Diese sind vielfach hersteller-/anwenderspezifisch und entsprechen folglich keiner standardisierten Form. Selbst wenn sich die Kommunikationsinfrastruktur durch den Einsatz von Ethernet, Internet und Funktechnologien zunehmend optimiert hat, hängt der automatisierte Datenaustausch zwischen den Unternehmen von der Verfügbarkeit interoperabler Software-Schnittstellen ab. Weil sie nicht überall vorhanden sind, müssen die Schnittstellen aufwändig und kostenintensiv integriert werden.

Insbesondere im Hinblick auf die globalen wirtschaftlichen und ökologischen Herausforderungen erweist sich eine niederschwellige, funktionierende Datenlogistik als dringend erforderlich. Als Analogie sei die E-Mail genannt. Erst durch ihre Einbindung in Produkktivsysteme sowie die geringeren Transportkosten aufgrund der standardisierten Internetanschlüsse wurde sie immer häufiger verwendet. Das Existieren interoperabler Kommunikationsschnittstellen in den Software-Lösungen der Anwender sowie die Nutzung der jeweiligen Dateninhalte stellen also erfolgsrelevante Faktoren dar.

## Wettbewerbsfähigkeit und Nachhaltigkeit

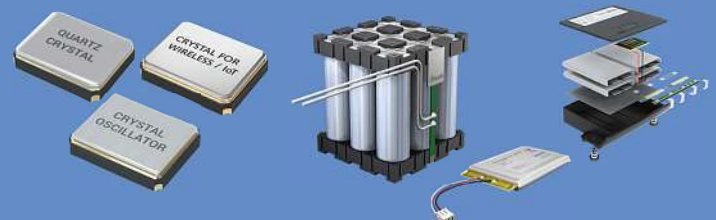
Der Geschwindigkeit beim Aufbau digitaler Datenökosysteme sowie deren europaweiter und internationaler Ausweitung kommt eine wesentliche Bedeutung zu. Die Asset Administration Shell bietet hier mit der zugrunde liegenden Security, Integrität und dem sicheren Datenzugriff auf der Objektebene beste Voraussetzungen. Die AAS wird als Open Source durch die Industrial Digital Twin Association e.V. (IDTA) gestaltet und zugänglich gemacht. Als Taktegeber der digitalen Datenökosysteme fungiert eine verfügbare niederschwellige Datenlogistik, mit der sich durch standardisierte Schnittstellen in den Softwareprodukktivsystemen Datenräume schaffen und skalieren lassen. Das gilt gleichermaßen für die Förderung der Wettbewerbsfähigkeit und industrielle Resilienz, ebenso wie die Erlangung von Klimaneutralität und Nachhaltigkeit.

Schlussanmerkung: In der Industrial Digital Twin Association (kurz IDTA) ist Phoenix Contact eines der Gründungsmitglieder. Die IDTA hat das Ziel, die Verwaltungsschale (Asset Administration Shell, AAS) als Umsetzung des digitalen Zwillings für das Konzept Industrie 4.0 weltweit zu etablieren. Die internationale Standardisierung der AAS als IEC 63278 wurde bereits gestartet. Zudem unterstützt Phoenix Contact die Aktivitäten zu der entsprechenden internationalen Norm IEC 61406 für das digitale Typenschild. (KU)



➤ Besuchen Sie uns auf der  
**electronica**  
 in München:  
**Halle 5, Stand 506**

## ZUVERLÄSSIG UND SICHER: FREQUENZBAUTEILE UND BATTERIE- LÖSUNGEN VON JAUCH



- Quarze
- Quarz-Oszillatoren
- Schaltungsanalysen
- Batteriepacks
- Lithium-Batterien
- Transport- und Zertifizierungs-Know-how (UN, UL, IEC, ATEX)

Frequenzgebende Bauteile von Jauch werden nach höchsten Qualitätsmaßstäben produziert und konfiguriert. So geben sie selbst unter extremen Bedingungen zuverlässig den Takt vor. Zudem bietet Jauch Komplettlösungen für Ihr Batteriesystem – von der einfachen Standardzelle bis zum intelligenten Lithium-Akkupack.



#wearejauch

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

## SAFETY INDUSTRIAL NETWORKING

# Schnelles Ethernet-APL bis in die Feldebene

Die Ethernet-APL ist eine exzellente digitale Autobahn bis in die Feldebene, um individuelle Lösungen für Ende-zu-Ende-Safety zu realisieren. Eigenschaften, Vorteile und Herausforderungen der Technik erklärt der Autor in diesem Artikel.



Bild: HIMA

VERFASST VON  
**Stefan Ditting**

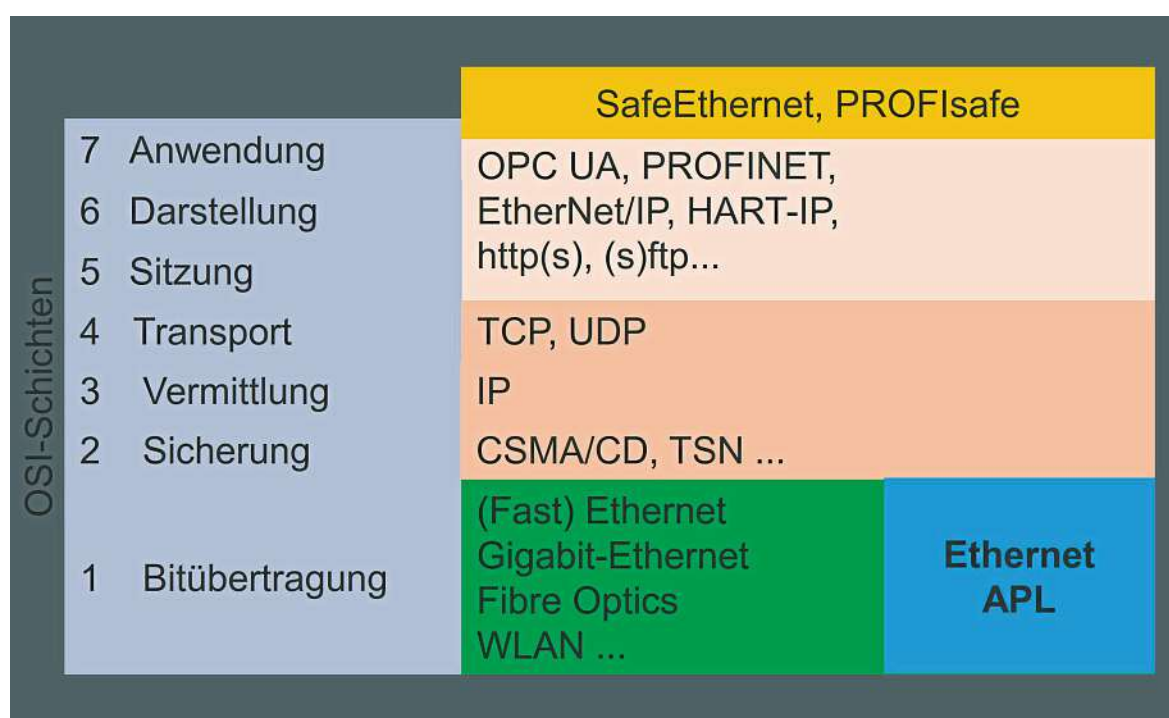
**Produktmanager**  
HIMA Paul Hildebrandt

**E**thernet-APL bringt die Vorteile der digitalen Kommunikation in die rauen Umgebungsbedingungen der Feldebene der Prozessindustrie. Der universelle Einsatz von Ethernet-APL ermöglicht es, die Infrastruktur für sichere und nicht sichere Kommunikation zu vereinheitlichen. Die vollständige Trennung bleibt jedoch beibehalten und die maximale Verfügbarkeit und Sicherheit wird gewährleistet. Die mit dem Einsatz von Ethernet-APL verbundene Digitalisierung ermöglicht volle Transparenz der Informationen vom Sensor bis in die Cloud. Diese Informationen stehen zur Auswertung über alle Automatisierungsebenen hinweg über den vollen Lebenszyklus der Anlage zur Verfügung.

Der Aspekt des Time-to-Market entscheidet immer häufiger über den Erfolg eines Anlagenbetreibers. Dabei stehen bei neuen Anlagen die Phasen Planung, Konstruktion und Bau im Vordergrund. Bei bestehenden Anlagen hingegen geht es vor allem um ein effizientes Änderungs-

management, denn Anlagen müssen heute mehr denn je flexibel auf Marktanforderungen reagieren können. Hinzu kommt, dass Wartung und Instandhaltung einen wesentlichen Teil der Kosten im Betrieb der Anlagen verursachen. Sie übersteigen in der Regel bei weitem die Anschaffungskosten. Daher sollte der gesamte Lebenszyklus aller Komponenten und ihr Zusammenwirken betrachtet werden, um verfahrenstechnische Anlagen wirtschaftlich zu betreiben.

Das Streben nach mehr Flexibilität ist demzufolge so alt wie die Automatisierung selbst. Ein wesentlicher Schritt in diese Richtung war die Dezentralisierung mit Remote I/O. Hier können Daten unterschiedlicher I/O-Typen vor Ort eingesammelt bzw. verteilt werden. Die Anbindung an übergeordnete Stellen zur Verarbeitung erfolgt über digitale Netzwerke. Dieses Konzept wurde im Laufe der Jahre weiter verfeinert. So gibt es Remote-I/O-Konzepte für Betriebsfunktionen, sichere Automation, flexibel konfigu-



**Bild 1:**  
Das ISO/OSI-7-Schichtenmodell. Jede Schicht stellt unterschiedliche Fähigkeiten bereit und kann gegen andere Technologien auf der gleichen Schicht ausgetauscht werden.

Bild: HIMA

rierbare I/O sowie für den Zugang zum Ex-Bereich. Diese Konzepte sind jedoch oftmals überdimensioniert und tauschen lediglich Prozesswerte mit der Feldebene aus.

Mit HART wird ein anderer Weg eingeschlagen. Das Kommunikationsprotokoll nutzt die bestehenden analogen Signale und kommuniziert zusätzlich aufmodulierte Daten mit den direkt angeschlossenen Geräten der Feldebene. Dies hat wiederum Nachteile wie die reduzierte Genauigkeit der Analogwerte, einen immer noch hohen Verdrahtungsaufwand und das Fehlen von Eigenschaften für die funktionale Sicherheit.

Eine gute Kombination aus den beiden vorgestellten Konzepten, also eine vollständige digitale Kommunikation mit direktem Netzwerkanschluss der Sensoren und Aktoren in der Feldebene, wäre demzufolge die ideale Lösung. Genau mit dieser Zielsetzung wurde Ethernet-APL entwickelt und ermöglicht eine vollständig durchgängige digitale Kommunikation bis in die Feldebene der Prozessautomation.

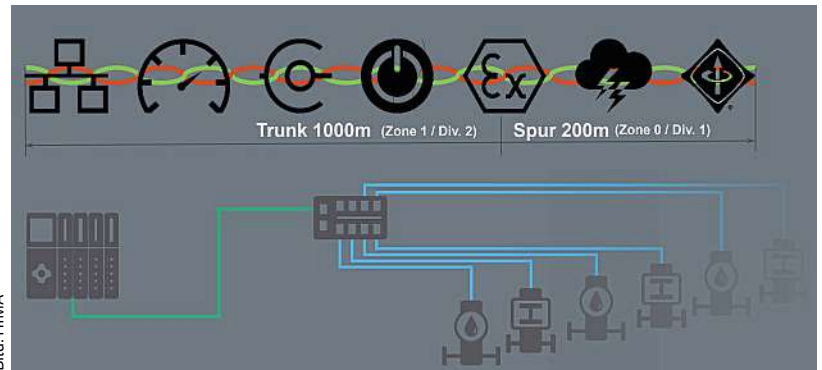
## Die Aufgaben von Ethernet-APL

Moderne Kommunikationssysteme sind in mehrere Schichten aufgeteilt. Bild 1 zeigt ISO/OSI-7-Schichtenmodell. Dabei stellt jede Schicht unterschiedliche Fähigkeiten bereit und kann gegen andere Technologien auf der gleichen Schicht ausgetauscht werden. Die unterste Schicht ist die Bit-Übertragungsschicht, im englischen Physical Layer. APL steht für Advanced Physical Layer und beschreibt, wie Fast-Ethernet, WLAN und Lichtwellenleiter die physikalische Übertragung von Daten ausführen. Jede dieser Anbindungen ist für einen speziellen Einsatzbereich konzipiert. Ethernet-APL vereint einige sehr wichtige Eigenschaften für die Prozessautomation wie u.a.:

- verpolungssicherer 2-Drahtanschluss (SPE, Single Pair Ethernet),
- mit 10 Mbit/s pro Verbindung mehr als 300x schneller als bestehende Feldbuslösungen,
- Voll-Duplex geschaltetes Ethernet ermöglicht verfügbare Topologien wie Stern oder Ring,
- Entfernungen bis 1.000 m bei vollem Erhalt der Qualität der Daten,
- Punkt-zu-Punkt-Verbindungen ermöglichen eine einfache Netzwerkstruktur und eine einfache Netzwerkwartung,
- Daten und Energieübertragung auf der gleichen Leitung,
- Kommunikation in den explosionsgeschützten Bereich (bis Ex-Zone 0 Div.1),
- robustes Design für industrielle Umgebung,
- standardisiert und damit zukunftssicher.

Die Austauschbarkeit der ISO/OSI-Schichten ermöglicht die einfache Konvertierung von Fast-Ethernet auf Ethernet-APL. Das demonstriert zum Beispiel Pepperl + Fuchs mit einem Ethernet-APL-Switch, der als Medienkonverter von Fast-Ethernet nach Ethernet-APL eingesetzt wird.

Für die Bit-Übertragungsschicht spielt es keine Rolle, welche übergeordneten Schichten in der Kommunikation involviert sind und welche Daten ausgetauscht werden. Bekannte übergeordnete Schichten sind zum Beispiel IP und TCP/UDP. Auch diese übergeordneten Protokolle sind austauschbar, wenn sie sich auf der gleichen Schicht befinden. Erst in der Anwendungsschicht bekommen die Daten dann auch eine Bedeutung. Ein weit verbreitetes



**Bild 2:**  
Die Summe der technischen Eigenschaften und die einfache Handhabung qualifizieren Ethernet-APL für den universellen Einsatz von Kommunikationssystemen in der Feldebene.

Protokoll einer höheren Schicht in der Automation ist Modbus, das TCP oder UDP sowie Fast-Ethernet oder Ethernet-APL nutzen kann. Modbus ist ein sehr einfaches Beispiel. Für universelle Automatisierungslösungen sind jedoch modernere, universellere Protokolle mit einem weiteren Einsatzbereich deutlich interessanter.

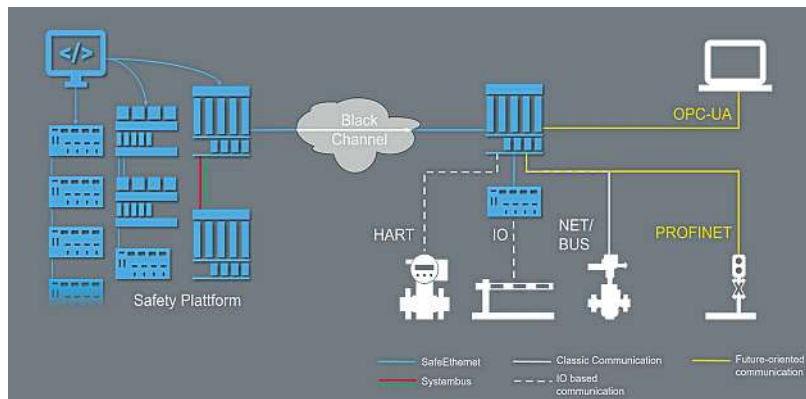
Ein Beispiel für ein weit verbreitetes, praxiserprobtes und offenes Industrieprotokoll ist PROFINET. Dieses bietet neben vielen weiteren Vorteilen mit PROFINET auch ein offenes Protokoll für die funktionale Sicherheit an, das einen Black-Channel zwischen einem Host und einem Device aufbaut. Potentielle Fehler dazwischen liegender Kommunikationsschichten können erkannt werden. Somit ist es möglich, PROFINET und PROFINET durch die Austauschbarkeit der unterlagerten Schichten sowohl über Fast-Ethernet als auch Ethernet-APL zu übertragen.

Technologisch tritt Ethernet-APL an, um bestehende Lösungen mit 4 bis 20 mA sowie Remote I/O zu ersetzen. Dies ist ein großes Versprechen und erfordert bei Herstellern und Anwendern ein Umdenken in der Anwendung. Wie bei allen Technologie- bzw. Paradigmenwechseln sollte auch die Digitalisierung keinem Selbstzweck dienen. Sie sollte echten Mehrwert in realen Anlagen schaffen.

## Ein Testaufbau im Werk von BASF

BASF in Ludwigshafen hat ein voll funktionsfähiges Netzwerk mit Ethernet-APL-Komponenten aufgebaut, um praktische Erfahrungen zu sammeln. In diesem Testaufbau kommt auch ein Prototyp mit Ethernet-APL, PROFINET und PROFINET zum Einsatz. Dies ist weltweit die erste voll funktionsfähige SIL-3-Kommunikation via Ethernet-APL. Wie oben beschrieben soll die konkrete Anbindung hier auf zwei Schichten betrachtet werden:

- Die physikalische Anbindung erfolgt mittels Fast-Ethernet von der HIMA-Sicherheitssteuerung zum Ethernet-APL-Switch von Pepperl + Fuchs. Dies wird in gewohnter Weise über ein Ethernet-Kabel mit RJ45-Stecker ausgeführt. Von dort geht es weiter mit Ethernet-APL. Die Verbindung ist mit einer 2-Draht-Leitung ausgeführt, die an beiden Seiten mit Schraubklemmen aufgelegt ist. Der Sensor von Endress + Hauser kann nun mit Energie und Daten versorgt werden.
- Die logische Anbindung, also wie die Daten ausgetauscht werden und welche Bedeutung sie haben, findet über PROFINET und PROFINET statt. In diesem Fall tauscht die HIMA-Sicherheitssteuerung direkt mit dem Sensor von Endress + Hauser Daten



**Bild 3:**  
Das Konzept Independent Open Integration von HIMA ermöglicht die Integration in jedes Automatisierungsumfeld.

Bild: HIMA

in digitaler Qualität über PROFINET und PROFIsafe aus. Somit ist sichergestellt, dass die Daten korrekt, unverfälscht und mit maximaler Genauigkeit aus dem Sensor in die verarbeitende Einheit übertragen werden.

## Der Vergleich zu bisherigen Technologien

Im Folgenden werden die einzelnen Vorteile der Kombination Ethernet-APL mit PROFINET und PROFIsafe gegenüber bisherigen Technologien (4 bis 20 mA, HART, Remote I/O, Feldbusse) betrachtet:

**4 bis 20-mA-Verkabelung:** Vor allem bei der Übertragung sicherheitsrelevanter Daten ist derzeit die 4 bis 20-mA-Schnittstelle in der Prozessautomation dominant. Bezüglich der Anschlusstechnik hat Ethernet-APL gegenüber der 4 bis 20-mA-Technik den Vorteil, dass mit einem einzelnen Kabel sehr einfach eine Verbindung über nahezu beliebige Distanzen ins Feld aufgebaut werden kann. Wird eine erhöhte Verfügbarkeit benötigt, kann diese mittels eines Rings bereitgestellt werden. Der Verdrahtungsaufwand ist mit Ethernet-APL deutlich geringer als bei 4 bis 20 mA. Des Weiteren entfällt eine Rangierebene und bei Anlagen im Ex-Bereich werden die Ex-Trenner durch den APL-Switch ersetzt. Damit wird zusätzlich Schaltschrankraum eingespart.

**4 bis 20-mA-Genauigkeit:** Ein Nachteil einer 4 bis 20-mA-Schnittstelle ist, dass Signale vom Sensor zur Sicherheitssteuerung mehrfach zwischen analog und digital gewandelt werden müssen und ein störanfälliger Analogwert übertragen wird. Diese Ungenauigkeit kann durch eine höher auflösende Analog-Digitalwandlung in der Steuerung nicht kompensiert werden. Aus diesem Grund sind Sicherheitsreserven einzuplanen.

In modernen Messumformern werden die intern zur Verfügung stehenden Daten jedoch ohnehin digital bearbeitet. Diese lassen sich bei digitaler Kommunikation unverfälscht und mit höherer Genauigkeit zur Verfügung stellen. Die Sicherheitsreserven können somit reduziert und die Anlage kann näher am Limit betrieben werden. Je nach Prozess kann sich das zum Beispiel in höherem Output, geringerem Energiebedarf oder besserer Qualität des zu produzierenden Gutes bemerkbar machen.

**4 bis 20-mA-Informationsgehalt:** Der Informationsgehalt von 4 bis 20 mA ist eher gering und der Wert muss immer in der verarbeitenden Einheit interpretiert werden. Des Weiteren liegt der gültige Bereich für Prozesswerte zwischen 4 mA und 20 mA. Daraus resultiert, dass ein

Wert über 20 mA kein gültiger Prozesswert ist und einen Fehlerzustand anzeigt. Das bedeutet jedoch auch, dass entweder ein Prozesswert oder ein Fehler angezeigt wird.

Bei digitaler Übertragung lassen sich mehrere Werte wie Prozesswert und Gesundheitszustand des Feldgerätes übertragen. Wird ein Wartungsbedarf vom Feldgerät festgestellt, kann dies in dem digitalen Datensatz mitgeteilt werden. Die Anlage bleibt bis zur Durchführung einer präventiven Wartung weiter betriebsbereit. So wird die erhöhte Anlagenverfügbarkeit garantiert.

**4 bis 20 mA mit HART:** Wie geschildert, werden bei HART auf das analoge Signal digitale Daten moduliert und neben dem Prozesswert Zusatzinformationen wie der Gesundheitszustand eines Feldgerätes übertragen. Diese Übertragung mittels HART ist sehr langsam und stellt zudem wenig Daten bereit. Weiterhin beeinträchtigt sie die Genauigkeit des Prozesswertes. Die zusätzlichen Daten lassen sich auch nicht für sicherheitstechnische Anwendungen verwenden.

Bei einer digitalen Anbindung mit Ethernet-APL und PROFINET hingegen, stehen sehr schnell große Datenmengen bereit. Mit PROFIsafe sind diese Informationen direkt für die Sicherheitstechnik verwendbar. So sind beispielsweise bei Differenzdruckmessungen sogar zusätzliche Prozesswerte (beide Drücke) sicherheitstechnisch auswertbar. Auch die Übertragung von Einheiten der Messwerte ist möglich, was eine Interpretation der Daten in der Sicherheitssteuerung nicht mehr notwendig macht, denn sie erhält die Informationen direkt aus dem Feld.

Eine zentrale Konfiguration und Inbetriebnahme ist mit der HART- und Ethernet-APL/PROFINET-Lösung möglich. Ethernet-APL hat jedoch aufgrund der schnelleren Übertragung deutlich umfangreichere Möglichkeiten.

## Remote I/O mit oder ohne flexible I/O nebst Feldbus

Remote I/O, egal ob mit oder ohne flexible I/O, haben gegenüber der 4 bis 20-mA-Lösung den Vorteil der vereinfachten Verkabelung und damit meist auch einer flexibleren und einfacheren Planung. Am Ende verlegen sie aber nur die I/O in das Feld und sind immer noch 4 bis 20-mA-Schnittstellen. Der geringere Informationsgehalt der Prozesswerte entsprechen daher (fast) der direkten 4 bis 20-mA-Lösung. Je nach Ausführung sind auch der Hardware-Overhead und der Platzbedarf bei Ethernet-APL deutlich geringer als bei Remote I/O.

Feldbussysteme wie Profibus stellen einen ersten Ansatz dar, die digitale Kommunikation in der Feldebene zu etablieren. Zur Verwendung kommen hier meist serielle Verbindungen. Feldbusse haben den Nachteil, im Vergleich zu Ethernet-APL sehr langsam (Faktor 300) und recht fehleranfällig zu sein (nichts ist ärgerlicher als ein vergessener Abschlusswiderstand).

## Ethernet-APL: Zukunftsfähigkeit und Herausforderungen

Moderne Ansätze der Prozessautomatisierung profitieren von der Erweiterung von leistungsfähigen Netzwerken ins Feld mit Ethernet-APL. Konzepte wie NOA (Namur Open Architecture), MTP (Modular Type Packages), moderne AMS (Asset Management System) oder auch visionäre Ansätze wie 'Control in the field' können ihr Potential allerdings erst entfalten, wenn Leistungsfähigkeit und Informationsgehalt aus dem Feld deutlich erhöht werden.

Neue Technologien bringen neue Herausforderungen. Für minimale Komplexität bei maximaler Kosteneffizienz sind möglichst alle Feldgeräte einer Anlage durchgängig über Ethernet-APL zu integrieren. Demnach sollte das gesamte Sensorik- und Aktuatoren-Portfolio für die Betriebs- und die Sicherheitsfunktionen in der Feldebene zur Verfügung stehen.

Die Anbindung eines einzelnen digitalen Ein- oder Ausgangs macht derzeit aus wirtschaftlicher Sicht noch keinen Sinn. Daher haben Remote I/O ihre Berechtigung. Denn sie lassen sich im gleichen Netzwerk einbinden, auch wenn andere Protokolle auf höheren Schichten verwendet werden. Der Grundsatz sollte dabei sein: Verdrahtung wo nötig, Vernetzung wo möglich.

Auch das Thema Security sollte von Anfang an mit betrachtet werden. Ethernet-APL ist lediglich ein Physical Layer, somit greifen auch die Security-Konzepte, die sowohl in der Normung (IEC 62443) als auch in den Nutzerorganisationen (z.B. PI) erarbeitet werden.

### Der Mehrwert mit der Ethernet-APL-Lösung

Ethernet-APL qualifiziert sich sowohl für neue (Greenfield) als auch für bestehende Anlagen (Brownfield). Die bereits genannten Vorteile beziehen sich auf technische Eigenschaften. Diese Vorteile lassen sich je nach Anwendung jedoch noch deutlich weiter fassen.

Erfahrungsgemäß sind Anforderungen je nach Anlage individuell unterschiedlich. Unterschiedliche Feldgeräte eignen sich für unterschiedliche Anwendungen. Durch die Offenheit der Schnittstellen und die damit gewährleistete Kompatibilität und Interoperabilität wird es möglich, die jeweils besten Feldgeräte ihrer Klasse zu verwenden (Best of Breed). Die Definition für „beste“ wird von Anlage zu Anlage unterschiedlich sein. So kann für die eine Anlage hohe Genauigkeit, für eine andere hohe Geschwindigkeit oder lediglich die Kosten entscheidend sein.

Durch die Offenheit von Ethernet-APL in Kombination mit PROFINET/PROFIsafe wird auch die Ersatzteilsituation verbessert, da Alternativgeräte oder Nachfolgeprodukte einfacher eingesetzt werden können. Die bereits digital zur Verfügung stehenden Informationen sind perfekt via OPC UA an höhere Ebenen weiterleitbar.

### Der HIMA-Ansatz: die Independent Open Integration

Die flexible HIMA-Safety-Plattform bietet ein vollständiges Portfolio für Lösungen mit höchstem Anspruch an die funktionale Sicherheit und Verfügbarkeit. Sie ermöglicht sowohl zentrale also auch hocheffiziente dezentrale Lösungen. Die sicherheitsgerichtete Kommunikation zwischen den Sicherheitssteuerungen und zu den Remote I/O erfolgt bei dezentralen Lösungen über das proprietäre Safe-Ethernet-Protokoll von HIMA.

Die Sicherheitssysteme unterstützen alle gängigen Kommunikationsmöglichkeiten, u.a. PROFINET und OPC UA. So kann diese Safety Plattform flexibel mit den führenden Prozessleitsystemen kombiniert werden. Mit Ethernet-APL wird nun erstmals die effiziente, digitale Anbindung sicherer Feldgeräten ermöglicht. HIMA nennt dieses Konzept ‚Independent Open Integration‘. Es ermöglicht Anlagenbetreibern, ihre individuelle Lösung zu realisieren. Mit Ethernet-APL bieten sich jetzt noch mehr Möglichkeiten für die Kommunikation bis ins Feld. (KU)

# STROM und LAST

*Wenn dies Ihr Aufgabenbereich ist ...*

- Laden und Entladen von Batterien
- Testen von DC/DC-Wandlern
- Testen von DC/AC-Wechselrichtern
- Testen von Sicherungen  
(Alterung, Schäden, Spezifikation)

**Flexible Leistungskombinationen,  
hohe Geschwindigkeit und  
umfassende Lastsimulationen**

**Serie PEL-2000A** Programmierbare DC-Lasten



**Umfassende Möglichkeiten dank  
Mehrbereichstechnik**

**Serie PSW** Mehrbereichs-DC-Netzgeräte



**Höhere Leistungsdichte,  
weniger Platzbedarf**

**Serie PSU** Programmierbare DC-Schaltnetzgeräte



**GW INSTEK**

Good Will Instrument Euro B.V.

<https://www.gwinstek.com/en-GB>

## SENSOR-FRONTEND FÜR IOT-SYSTEME

# Sensordaten mit weniger Energie auswerten

Sensoren wandeln Umweltparameter in messbare elektrische Signale um. Ein neuartiges Sensor-Frontend für vernetzte IoT-Systeme wandelt und verarbeitet eine große Bandbreite an Kenngrößen mit wenig Energieeinsatz in computerlesbare Daten.

Das Internet der Dinge (IoT) soll dabei helfen, unser Leben einfacher und effizienter zu gestalten. Die Anzahl von internetfähigen IoT-Geräten steigt mit der Digitalisierung seit Jahren kontinuierlich. Damit einher geht ein hoher Energiebedarf der IoT-Hardware. Fraunhofer-Forscher haben im Rahmen des Leitprojekts „Towards Zero Power Electronics“ (Zepowel) eine modulare Plattform für vernetzte Geräte entwickelt, die mit weniger Energie wesentlich langlebiger ist als bisherige Produkte.

## Umweltdaten aus unterschiedlichen Quellen in digitale Daten gleichen Formats

Damit werden nicht nur die Kosten für Wartung, sondern auch Batterie- und Elektronikmüll gesenkt. Dank des modularen Ansatzes lässt sich die Plattform für unterschiedliche Anwendungen einsetzen. Ein Beispiel ist unter anderem ein mobiles System zur Messung von verschiedenen Umweltdaten wie der Luftqualität. Es soll bei der Automatisierung von Städten millionenfach zum Einsatz kommen, sowie ein stationäres System zur Überwachung von Werkzeugmaschinen.

Die Versorgung der autarken Sensorknoten erfolgt zum Beispiel durch Solar- und Vibrationsenergie. Die Ausgangsleistung dieser er-

neuerbaren Quellen ist jedoch beschränkt auf wenige Hundert Mikrowatt. So ist es auf Seiten der elektronischen Verbraucher von enormer Wichtigkeit, den Energieverbrauch bis aufs Äußerste zu reduzieren.

Eine der im Projekt entwickelten Kernkomponenten ist das Analog-Sensor-Frontend, das die analogen Sensoren mit der digitalen Welt koppelt. Im mobilen IoT-Knoten eingebaut, wandelt es die unterschiedlichen elektrischen Sensorsignale in digitale Daten gleichen Formats. Sie werden entweder von der Recheneinheit direkt oder via drahtloser Übermittlung online weiterverarbeitet. Ziel ist es, mit dem mobilen Knoten Daten von möglichst vielen unterschiedlichen analogen Sensoren zu sammeln.

Allerdings benötigen unterschiedliche Sensortypen verschiedene Messprinzipien. Darüber hinaus weisen die elektrischen Ausgangssignale typischer verfügbarer Umwelt-Sensoren sehr unterschiedliche Charakteristiken auf. So ändern sich Umwelt-Signale sehr langsam und sind ein Ziel für niederfrequentes Rauschen. Akustische Signale enthalten beispielsweise mehrere Tausend Schwingungen pro Sekunde über einen großen Dynamikbereich. Für die Entwicklung des Sensor-Frontends war die Bandbreite an Möglichkeiten ein Problem. Denn es muss eine Vielzahl von Messvarianten abdecken und entsprechend viele Modi bereitstellen.

## Intrigiertere Schaltung mit weniger Leistung von einem Milliwatt

Die Standardlösung für eine solche Problemstellung wäre nicht umsetzbar. Denn es müssten viele verschiedene Frontend-Schaltungen platziert werden, die auf eine Teilmenge der Sensoren optimiert sind. Das benötigt zu viel Platz und Energie. Eine andere Möglichkeit wäre es, ein einzelnes, mehrkanaliges Hochleistungs-Frontends zu verwenden, welches die maximal benötigten Kenngrößen liefern kann. Allerdings benötigen die besten kommerziell erhältlichen Frontend-Komponenten im Betrieb noch immer eine Leistung von ungefähr 1 mW. Damit sind sie ungeeignet für langlebige autarke Sensorknoten. Das Fraunhofer IIS/EAS entwickelte deshalb eine auf einem Mikrochip integrierte Schaltung (Integrated Circuit, IC), die nur ein Hunderts-

**Sensordaten auswerten:** Das flexible IoT-Sensor-Frontend als hocheffizienter IC (Bildmitte) in einem transparenten Test-package.



Bild: Fraunhofer IIS/EAS

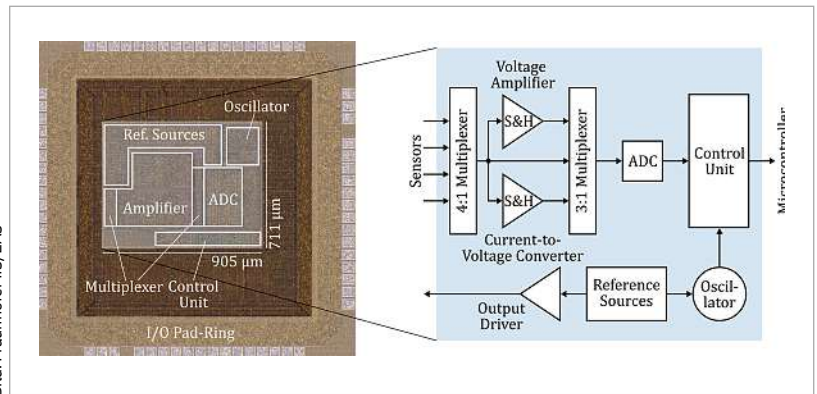
tel der im Stand der Technik üblichen Leistung benötigt und damit nahezu verlustfrei arbeitet.

Ein IC bietet die Möglichkeit, sensible Schaltungsteile auf Silizium zu integrieren und damit auf Grund kurzer Signalwege rauschärmer mit höherer Signalqualität und effizienter zu operieren als ein diskreter Aufbau. Jedes analoge Sensorsignal muss zunächst auf verschiedene Arten elektrisch konditioniert werden, bevor es zur Weiterverarbeitung digitalisiert zur Verfügung steht. Das integrierte Sensor-Frontend kombiniert und optimiert Effizienz, Präzision und Flexibilität.

### Kontinuierlichen Datenstrom in zeitdiskretes Signal umwandeln

Im Bild 2 sind ein Blockdiagramm und eine Fotografie des Frontend-Chips abgebildet, der in 180-nm-CMOS-Technologie gefertigt wurde. Bis zu vier Eingangskanäle werden von einem 4-zu-1-Multiplexer zu einem einzelnen seriellen analogen Signalstrom kombiniert. Im zweiten Schritt wandeln Abtast- und Halteglieder (Sample and Hold) den kontinuierlichen Datenstrom in ein zeitdiskretes Signal um. Mit jeder Taktflanke wird ein neuer Amplitudenwert gespeichert und bis zur nächsten Periode gehalten. Bis zu 10.000 Samples pro Sekunde sind möglich. Zwei unabhängige S&H-Glieder realisieren neben der Abtastung

Bild: Fraunhofer IIS/EAS



**Bild 1:** Ein Test-Chip mit dem flexiblen Vier-Kanal-Frontend wurde in CMOS-Technologie mit 180 nm gefertigt. Die aktive Schaltungsfläche beträgt 0,6 mm<sup>2</sup>. Zur Integration in IoT-Geräte ist der Chip auch im QFN48-Gehäuse mit 7 mm x 7 mm verfügbar.

eine Spannungsverstärkung sowie Strom-Spannungswandlung. Abhängig vom Sensortyp kann je einer der Pfade mit dem 3-zu-1-Multiplexer aktiviert werden, während der andere sich im abgeschalteten Zustand befindet.

Eine direkte Speisung des nachfolgenden A/D-Wandlers ist auch möglich. Trotz unterschiedlicher Eingangsleistungen lassen sich die Sensorsignale mit einstellbaren Verstärkungs- und Dämpfungsfaktoren so konditionieren, dass der A/D-Wandler unabhängig von der Quelle optimal



>>> [www.datatec.eu/ni-fruchtfliege](http://www.datatec.eu/ni-fruchtfliege)

**dataTec**

Mess- und Prüftechnik. Die Experten.

**Den Balzgesang von Fruchtfliegen misst man am besten mit modularer Messtechnik von NI.**



Authorized  
Distributor

National Instruments ist jetzt NI.

**Bild 2:** Durch ein innovatives Schalt-schema, das die Aktivitäten von Messverstärkern und Analog-Digital-Wandler präzise synchronisiert, lässt sich die Energieaufnahme auf nahe Null senken. Das Schaltbild ist vereinfacht.

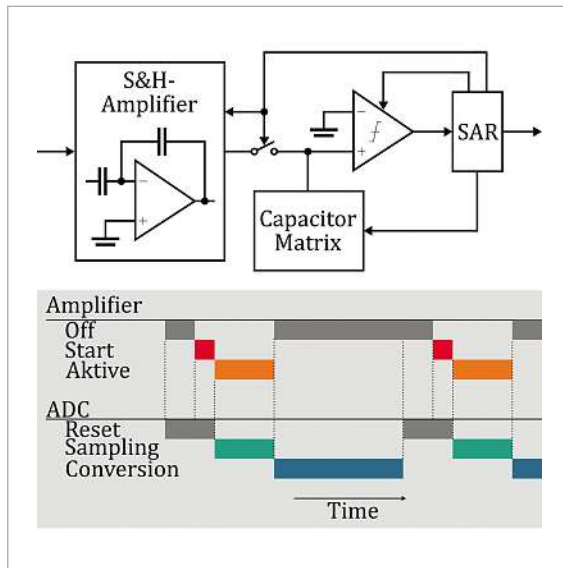


Bild: Fraunhofer IIS/EAS

ausgesteuert wird. Das ist wichtig für ein großes Verhältnis zwischen Signalpegel und Quantisierungsrauschen. Der A/D-Wandler übernimmt die konditionierten Signale und wandelt deren kontinuierliche Wertebereiche in binäre Worte um. Sie lassen sich von digitalen Systemen verarbeiten und speichern. Abtastrate und Auflösung des Wandlers bestimmen seine Energieaufnahme. Verschiedene Sensoranwendungen benötigen unterschiedliche Geschwindigkeiten und Genauigkeiten. Deshalb können die Parameter des A/D-Wandlers im Betrieb konfiguriert werden. Für jede Sensor-Anwendung lässt sich effizient die passende Funktionalität bereitstellen.

#### IC mit einer Leistungsaufnahme von 8,8 $\mu\text{W}$ bei einer Spannung von 1,8 V

Eine digitale Steuereinheit koordiniert zeitlich präzise Abtastung, Konditionierung und Wandlung. Am Endpunkt der Strecke speichert die Steuereinheit die digitalen Daten jedes Sensorkanals bis zum nächsten Lesezugriff der Re-

cheneinheit. Diese befindet sich im Kern des autarken Knotens, dem sogenannten „IoT-Core“. Darüber hinaus enthält der IC präzise analoge Referenzstrom- und Spannungsquellen, einen temperaturkompensierten Taktgenerator und einen Treiber. Letzterer liefert Referenzspannungen für die Anregung von bestimmten Sensortypen, wie elektrochemische Gassensoren. Während des Betriebes erreicht der IC eine geringe Leistungsaufnahme von 8,8  $\mu\text{W}$  bei einer Spannungsversorgung von 1,8 V. Zur besseren Handhabung wurde der Chip in ein Standard-QFN48-Gehäuse verpackt und in den IoT-Knoten integriert.

Wichtig war es, die analoge Leistungsaufnahme zu senken. So benötigt der IC einen sehr geringen statischen Strom für den Betrieb der integrierten Referenzquellen, während die anderen Komponenten rein dynamisch arbeiten. Der entwickelte 13-Bit-A/D-Wandler ist nach dem Prinzip der sukzessiven Approximation aus Transistor-Schaltern, einer Kondensator-Matrix, einem dynamischen Komparator und einem Register (SAR) aufgebaut. Im Betrieb wechselt der Wandler zwischen Resetphase, Samplingphase und Konversionsphase. Bei letzterer bewirken das Schalten der Kondensatoren, das Aufladen von parasitären Kapazitäten, sowie digitale Kurzschluss- und Leckströme eine dynamische Energieaufnahme, jedoch keinen statischen Verbrauch.

Die Messverstärker im Signalkonditionierungs-Pfad arbeiten mit geschalteten Kondensatoren und geschalteten Operationsverstärkern. Sie lassen sich abhängig von der Taktphase des A/D-Wandlers adaptiv hinzu- oder abschalten. Während der Wandler-Konversionsphase befinden sie sich im ausgeschalteten Zustand. Die analoge Eingangsspannung wird kontinuierlich auf Kondensatoren gespeichert. Zum Ende der Resetphase werden sie vorzeitig gestartet, um einen stabilen Arbeitspunkt zu generieren. Mit dem Zeitpunkt des A/D-Wandler-Samplings, werden die Verstärker aktiv und stellen für die gesamte Phase das konditionierte abgetastete Signal bereit. Danach werden sie nicht mehr benötigt und können ausgeschaltet werden. Analoger Stromverbrauch findet nur während der Start- und Samplingphase statt. Alle Maßnahmen bewirken im Ruhezustand ohne Messungen einen Energieverbrauch des Frontends nahe Null. Mit kon-

#### EP-INFO

### Fraunhofer-Leitprojekt für Elektronik mit geringem Energiebedarf

In einem gemeinsamen Forschungsprojekt haben sich neun Fraunhofer-Institute mit ihren Kompetenzen zusammenge-  
tan, um zu zeigen, wie Sensorsysteme mit geringem Energiebedarf oder komplett autonom funktionieren und somit bundesweit bis zu 20 Prozent der Kohlendioxid-Emissionen einsparen können.

Die Forschungsarbeiten des Fraunhofer-Konsortiums umfassten integrierte Sensorik und Signalverarbeitung, Energiegewinnung aus der Umgebung, verbesserte Speichertechnologien sowie effiziente, drahtlose Kommunikation in vernetzten IoT-Systemen. Entstanden ist ein breit aufgestellter Technologiebaukasten, mit dem eine Vielzahl von verschiedenartigen Sensorsystemen für unterschiedliche Anwendungen gefertigt werden können, die von der ferti-

genden Industrie, über die Landwirtschaft und die Logistik bis hin zu ganzheitlichen Systemen für ein effektives und nachhaltiges Internet der Dinge reichen.

An zwei Beispielen haben die Forscher die Funktionsweise des Baukastens demonstriert. Der „Smart-City-Demonstrator“ besteht aus einem Partikelsensor, um den Feinstaubgehalt in der Umgebungsluft zu bestimmen. Der Sensor funkt seine Daten über den IoT-Core, einem Funkmodul, und einer Energieversorgung zu einem mobilen energieautarken Sensorsystem. Im „Smart-Fabrication-Szenario“ entstand ein System, um Gleichspannungswandler aus der Ferne zu überwachen und zu konfigurieren. Damit ist eine nahezu verlustfreie Ankopplung dezentraler Energiespeicher an Energienetze möglich.

ventioneller Schaltungstechnik würde der Verbrauch des ICs durch die erhöhte statische Stromaufnahme der Verstärker auf etwa  $40 \mu\text{W}$  steigen. Die entwickelte Methode spart im Durchschnitt 77 Prozent an Energie.

### Ein Sensormodul mit Umweltsensoren für die smarte Stadt

Für den im Rahmen des Projektes entstandenen Smart-City-Sensorknoten haben die Fraunhofer-Forscher spezielle Sensor-Module für die Luftgüteüberwachung in urbanen Umgebungen entwickelt. Die Platine mit einer Grundfläche von  $34 \text{ mm} \times 16 \text{ mm}$  trägt Sensoren für Umgebungslicht, Umgebungstemperatur und CO-Gaskonzentration. Mit ihnen lässt sich die Luftqualität bewerten. Es kann direkt auf passende Kontakte am mobilen IoT-Knoten gesteckt und vom Sensor-Frontend ausgelesen werden. Die Anordnung ist als beispielhafte Plattform zu verstehen. Bei Bedarf können einzelne Sensoren ausgetauscht werden.

Typische kommerziell verfügbare Umweltsensoren benötigen oft mehr Leistung als das Frontend-IC mit  $8,8 \mu\text{W}$ . Bei einem autarken IoT-Knoten würde viel Energie dann verbraucht, wenn Umweltdaten überhaupt nicht ausgelesen werden. So muss eine Quelle mehr als  $100 \mu\text{W}$  leisten, wenn sich alle drei Sensoren des entworfenen Moduls

VERFASST VON

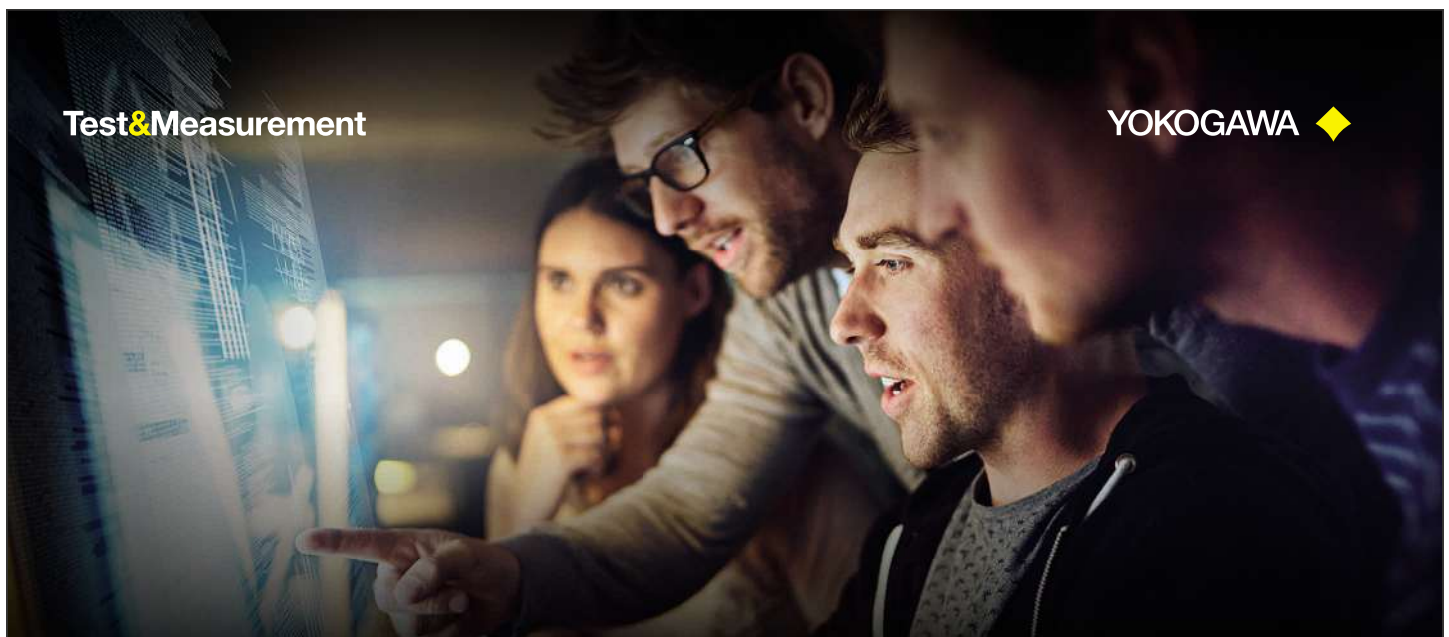
**Marcel Jotschke**

**Wissenschaftlicher Mitarbeiter**

am Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS, Institutsteil Entwurf Adaptiver Systeme EAS. Er forscht an neuen elektronischen Schaltungen.

im dauerhaft angeschalteten Zustand befinden. Das Analog-Frontend versorgt die Sensoren nur dann mit Energie, wenn ihre Daten benötigt werden. Die Steuereinheit des Frontends liefert aus diesem Grund zusätzliche digitale Signale  $V_{sp1}$  bis  $V_{sp4}$ , mit denen die Spannungsversorgungen einzeln gesteuert werden können. Anfangs befinden sich alle Sensoren und das Frontend im ausgeschalteten oder ruhenden Zustand. Fragt der IoT-Core das Auslesen einzelner oder aller Umweltparameter an, werden die Sensoren entweder direkt von  $V_{sp1}$  bis  $V_{sp4}$  versorgt oder über Leistungsschalter von der Batteriespannung  $V_{cc}$  gespeist.

Nach einer einstellbaren Wartezeit zum Einschwingen der Analogspannungen, startet der Messzyklus des Frontends. Ist die Aufnahme aller Werte abgeschlossen, werden die Daten an der digitalen Schnittstelle bereitgestellt, die Sensoren abgeschaltet und das Frontend in den Ruhezustand versetzt. Im Smart-City-Szenario spart diese Methode etwa 50 Prozent Energie im Sensormodul ein. Auch die Leistungsaufnahmen anderer Sensortypen lassen sich mit diesem Prinzip senken. Das von Fraunhofer entwickelte flexible Sensor-Frontend übertrifft bei der Leistungsaufnahme den Stand der Technik um Faktor 100. Es hat das Potenzial, die Auswertung von Sensordaten im IoT-Kontext energieeffizienter und für Anwender einfacher zu gestalten. Damit lassen sich langlebige und nachhaltige IoT-Geräte entwickeln. (heh)



Test&Measurement

YOKOGAWA ◆

**We share  
the same passion!**

Seit 107 Jahren begleiten wir weltweit Ingenieure bei der Entwicklung moderner Technologien – unsere Zusammenarbeit legt den Grundstein für neue Horizonte und nachhaltige Produkte.

Wir haben Freude an der Komplexität von Innovation:  
Ihre Herausforderung ist auch unsere, lassen Sie uns austauschen!



Finden Sie Ihren Ansprechpartner:  
[tmi.yokogawa.com/de/ansprechpartner](http://tmi.yokogawa.com/de/ansprechpartner)

Precision Making

[tmi.yokogawa.com/de](http://tmi.yokogawa.com/de)

Hightech-Logistikzentrum von Conrad in Wernberg-Köblitz: Das Familienunternehmen existiert bereits seit 1923.



## SUPPLY CHAIN

# Skalierbare Datenplattform für optimale Produktverfügbarkeit

Ein Online-Auftritt ist für Unternehmen unerlässlich. Doch die Wartung kostet viel Zeit, die bei der Produktentwicklung und der Kundenbetreuung verloren geht. Das lässt sich ändern.

**A**ls der europäische Einzelhändler Conrad Electronic seinen eigenen Online-B2B-Marketplace für eigene Produkte und Drittprodukte erstellen wollte, wandte sich das Unternehmen an MongoDB aufgrund der Einfachheit der Technologie. Mit dem zunehmenden Wachstum des Marketplace migrierte Conrad Electronic zur Datenplattform MongoDB Atlas, um weitere Skalierbarkeit zu erreichen und den Verwaltungsaufwand zu reduzieren. Jetzt hostet die Datenbankplattform mehr als sieben Millionen Artikel.

### Einen pulsierenden Online-Marketplace aufbauen

Die 1923 in Berlin gegründete Conrad Electronic ist ein bekanntes deutsches Familienunternehmen im Elektronik-Versandhandel, das elektronische Bauteile, Elektrogeräte, Komponenten und komplette IT-Lösungen auf

dem deutschen Markt und weltweit vertreibt. Die Conrad Group hat 21 Millionen Kunden in aller Welt und beschäftigt mehr als 2.500 Mitarbeiter in 17 Ländern. 2020 versendete Conrad Electronic mehr als 10 Millionen Pakete in über 150 Länder.

Der Kern des Geschäftsmodells der Conrad Electronic ist ihre Online-Plattform. Diese wurde 2017 um einen neuen B2B-Marketplace erweitert, der Verkäufe durch Dritte ermöglicht. Derzeit umfasst er 650 Anbieter.

„Wir hatten unseren Schwerpunkt auf B2B verlagert und mussten eine neue Quelle von Echtzeit-Produktdaten erstellen, um den Kaufprozess für unsere Kunden zu verbessern“, erklärt Tobias Baumgart, ehemaliger Technology and Architecture Director bei Conrad Electronic. „Unsere neue Funktion als Plattform für andere Anbieter brachte unterschiedliche Anforderungen mit sich. So benötigten wir etwa mehr Flexibilität, um dieser Herausforderung gerecht werden zu können.“



Bild: MCG Studios GmbH/ Conrad Electronic

Dieser neue Marketplace dient außerdem als Plattform für mehr als 800.000 eigene Produkte der Conrad Electronic und agiert somit als „One-Stop-Shop“, d. h. als einzige Anlaufstelle für deutsche Käufer von Elektronikartikeln.

### Die Herausforderungen des neuen B2B-Marketplace

Angesichts der ständig zunehmenden Anzahl von zu verwaltenden Datenpunkten benötigte Conrad Electronic eine stabile, skalierbare und flexible Datenplattform, um optimale Verfügbarkeit und kurze Reaktionszeiten für das bestmögliche Kundenerlebnis zu gewährleisten. Das ist mit relationalen Datenbanken schwer zu erreichen, weil Einzelhändler und E-Commerce-Anbieter unbeschränkte, komplexe und unflexible Tabellen erstellen müssen, in denen das einfache Hinzufügen von drei Feldern zum Datenmodell bereits mehrere Stunden dauern könnte.

„Wir sahen uns der Herausforderung gegenüber, den neuen Marketplace äußerst schnell implementieren zu müssen, und entschieden uns für den Einsatz der MongoDB Community Edition im Backend, weil wir signifikante Entwicklererfahrung mit der Lösung haben und ihre Einfachheit schätzen“, sagt Baumgart. „Nach 18 Monaten war klar, dass wir zu MongoDB Atlas migrieren mussten, um die Leistungsfähigkeit zu steigern und unseren übergreifenden Wartungsaufwand zu verringern.“

### Cloud-Datenbank-Service: skalierbar, sicher und leistungsfähig

MongoDB Atlas bietet einen umfangreichen Cloud-Datenbank-Service, der die Datenverteilung, eingebaute Automatisierung zur Ressourcenoptimierung, automatische

Kombinieren  
und sparen!

2 Tage – 3 Seminare

## Das komplette Batterie-Know-how zum Vorteilspreis



powered by

ELEKTRONIK  
PRAXIS

**2 oder 3 Seminare im Paket buchen  
und 10 % bzw. 15 % pro Kurs sparen.**

Umfassendes Wissen zu Aufbau und Eigenschaften moderner Batterielösungen, zur optimalen Produktauswahl und Betriebsweise sowie zu Sicherheitsrisiken und Regularien für Lagerung und Transport.

Seminardetails und Termine finden Sie online.

[akademie.vogel.de/batterien](https://akademie.vogel.de/batterien)



Blick in Conrads Logistikzentrum in Wernberg-Köblitz: das Logistikzentrum gilt als eine der modernsten Distributionsanlagen in Europa.

Bild: fotografie thomas knüppel/Conrad Electronic

Skalierung, auf die spezifischen Workloads von Conrad Electronic zugeschnittene Handlungen sowie Datensicherheitskontrollen unterstützt. Das gibt Conrad Electronic die skalierbare, sichere und leistungsfähige Datenplattform, die das Unternehmen benötigt, und eliminiert gleichzeitig unnötigen Verwaltungsaufwand. Zudem erweist sich das Datenmodell von MongoDB als besonders nützlich für Conrad Electronic, um hierarchische Produktdaten abzubilden, die mittlerweile auf über 300 GB gewachsen sind.

Das Unternehmen verwendet weiterhin MongoDB Charts, welches ein klares Verständnis von Daten bietet, Korrelationen zwischen Variablen hervorhebt und es für Conrad Electronic einfach macht, Muster und Trends zu erkennen.

Diese Visualisierung gestattet dem Unternehmen, Ausgaben für Projekte effektiv zu analysieren und effizienter zu arbeiten. Zusätzlich nutzt Conrad Electronic die Vorteile der Echtzeit-Metriken von MongoDB, die Einblicke in Cluster-CPU und Speicherauslastung bieten und außerdem langsame Abfragen sofort hervorheben, was besonders für Lasttests hilfreich ist.

### MongoDB Atlas setzt auf Google Cloud, um alle Marketplace-Daten zu speichern

Heute verwendet das Unternehmen MongoDB Atlas auf Google Cloud, um alle Marketplace-Daten sowohl für Conrad Electronic als auch ihre Partner zu speichern, einschließlich Microservices für verschiedene Aufgaben wie Produkt, Anwender, Einkaufswagen, Suche und Rechnungsstellung. Jetzt können F&E-Ingenieure, Konstrukteure, Einrichtungen des Erziehungs- und Bildungswesens, Einkäufer der Elektronikbranche und Reparaturtechniker alle möglichen Elektronikartikel kaufen und austauschen.

„Es ist eine einfache, schnelle und umfassende Datenumgebung, auf der unsere Kaufs- und Beschaffungsplattform als Kern unseres Geschäfts basiert“, fügt Baumgart hinzu. „Sie bietet ein reibungsloses Käuferlebnis und gestattet uns den Fokus auf unsere Kunden. Außerdem ha-

ben wir 100 interne Entwickler, die dies als Sandbox für neue Entwicklungen nutzen können.“

„MongoDB ermöglicht es, Prototypen unglaublich schnell zu entwickeln. Dadurch können wir neue Services schnell ausprobieren“, stimmt Janek Wonner zu, Head of SRE & Cloud Technology bei Conrad Electronic. „Das liegt am Datenmodell: MongoDB spricht JSON, was alles weniger kompliziert macht. Bei einem relationalen Setup müssten wir zuerst ein Schema erstellen.“

### Täglich kommen Tausende neuer Produkte hinzu, die sofort verfügbar sind

Jetzt hostet MongoDB mehr als sieben Millionen aktive Artikelpositionen (SKUs), sowie Kundeninformationen und Zahlungsdetails. Die Performance ist im Vergleich zum on-premise-Betrieb merklich gestiegen, wodurch das interne Entwicklungsteam produktiver arbeiten kann, während das Kundenerlebnis ebenfalls besser geworden ist. Die Umgebung ist in der Lage, zu skalieren, um den erwarteten exponentiellen Bedarf zu decken, wobei „Sharding“ die horizontale Skalierung zu niedrigen Kosten ermöglicht.

„Wir rechnen mit einem astronomischen Wachstum und können die Menge neuer Produkte auf dem Markt nicht beschränken. Es kommen täglich Tausende hinzu, die sofort verfügbar sein müssen“, bemerkt Baumgart. „MongoDB Atlas ist ohne Probleme in der Lage, mit solchen Zahlen klarzukommen.“

Gleichzeitig lässt sich der MongoDB Atlas leicht verwalten und warten und benötigt keine speziellen MongoDB-Ingenieure. Das bedeutet, dass sich das Entwicklungsteam von Conrad Electronic auf strategischere, wertschöpfende Aufgaben konzentrieren kann, beispielsweise die Entwicklung neuer Funktionen, anstatt sich um die Datenpflege zu sorgen. Auf diese Weise stellt das Unternehmen ein besseres Kundenerlebnis sicher. Die Reduzierung der Verwaltungslast, zum Beispiel für Aufgaben wie Cluster Patching, liefert Conrad Electronic eine Einsparung von 240 Arbeitstagen, die einem Vollzeitmitarbeiter entspricht.

### Konzentration auf die Kunden, statt auf die Wartung des Systems

„Wir wollen uns auf die Entwicklung und auf unsere Kunden konzentrieren, nicht auf Wartung und Infrastruktur“, sagt Alexander Kaiser, Head of Platform Architecture bei Conrad Electronic. „Insbesondere aufgrund der begrenzten Zahl von Entwicklern müssen wir uns auf das Wesentliche konzentrieren.“

Weiterhin sind die Cluster von MongoDB Atlas hochgradig verfügbar und haben eine branchenführende Uptime-SLA von 99,995 Prozent sowie besten Support über alle Cloud-Anbieter hinweg, sodass die Produktdaten immer verfügbar sind: „Der Support von MongoDB ist erstklassig. Bis heute haben wir vom MongoDB-Team ausschließlich hervorragenden Service erhalten“, bemerkt Kaiser.

„MongoDB ermöglicht schnelle, sofortige Apps für Kunden und E-Procurement mit Echtzeit-Datenabruf ohne Ausfallzeit“, folgert Baumgart. „Das bedeutet, dass wir unseren Kunden, Mitarbeitern und Partnern das bestmögliche Erlebnis bieten können, was wir zudem kontinuierlich verbessern, ohne große Ressourcen für die Datenbankverwaltung aufzuwenden.“ (MK)

15.–18. November 2022  
Driving sustainable progress.

# Die Zukunft braucht Embedded Systems.

Vernetzte Lösungen auf der electronica 2022.

**Jetzt Ticket sichern!**

[electronica.de/ticket](https://electronica.de/ticket)



**Lieferkettenmanagement:**  
Die Märkte sind zu komplex,  
um sie allein der Automa-  
tisierung und KI zu  
überlassen. Gefor-  
dert ist die mensch-  
liche Intelligenz.

Bild: gemeinfrei

## AUTOMATISIERUNG

# Automatisierung der Lieferkette und die Rückkehr des Menschen

Wollen Unternehmen ihre Lieferkette optimieren, konzentrieren sie sich auf die Automatisierung samt Künstlicher Intelligenz – und vergessen dabei die menschliche Intelligenz.

VERFASST VON  
**Mathew Ransom**  
Director Supply Chain  
Programs,  
Avnet EMEA

Jahrelang haben wir uns auf Wirksamkeit, MRP und Kosteneffizienz konzentriert. Auch ist es selbstverständlich, dass alle Unternehmen ein ERP haben, das Aufgaben automatisiert und Bestellungen erstellt. In Anbetracht der Komplexität des Marktes ist es jedoch ein Risiko, sich ausschließlich auf die Automatisierung zu verlassen. Selbst mit der neuesten und besten Technologie sind Automatisierung und Künstliche Intelligenz noch nicht genug ausgereift.

Auch wenn es ungewöhnlich klingen mag, fügen wir bei Avnet Silica über die Konsensplanung immer menschliche Intelligenz in den Mix zurück. Angenommen, ein OEM ändert seine Bestellung, damit ändert sich der Bedarf und unser System nutzt MRP-Parameter (Vorlaufzeit, Bestandsziel, Transportzeiten, usw.), um Änderungen in der Bestellkette vorzuschlagen. Auf der Grundlage dieses automatisierten Systems könnten wir z. B. den Lieferanten informieren, dass wir diese 10.000 Stück nicht diese Woche, sondern erst nächste Woche benötigen.

### Unvorhergesehenes überfordert selbst die ausgeklügeltsten Systeme

Für unsere Kunden können die automatischen Prognosen jedoch von Woche zu Woche stark schwanken. Und selbst die ausgeklügeltsten Systeme sind nicht fortschrittlich genug, um zu berücksichtigen, wie die Lieferanten reagieren werden.

Sie können jedoch die Disposition so konfigurieren, dass sie auch Dinge wie die historische Prognosegenauigkeit berücksichtigt. Wenn wir z. B. wissen, dass ein Kunde in der Regel nur etwa 80 Prozent der prognostizierten Menge verbraucht, können wir dies bei unseren Anfragen an den Lieferanten berücksichtigen.

Die Herausforderung ist, dass der Markt im Moment sehr unbeständig ist. Aktuell ist es schwierig, Annahmen und Aussagen für die Zukunft basierend auf die Vergangenheit zu treffen.

Wir müssen andere Faktoren berücksichtigen, bevor wir die Aufträge an die Lieferanten weitergeben. Bevor wir

Bestellungen weiterleiten, werden diese entsprechend geprüft, analysiert und gegebenenfalls angepasst und begrenzt.

Es kann erhebliche Auswirkungen haben, besonders in der gegenwärtigen Situation, wenn Aufträge storniert werden. Möchte man diese dann später doch wieder platzieren, kann es sein, dass man sich am Ende der Warteschlange wiederfindet. Unser automatisiertes System könnte zwar das Gros dieser Aufgaben selbstständig erledigen, dennoch setzen wir hier auf den menschlichen Faktor, unsere Mitarbeiter:innen, und bringen so den Kontext in den Sachverhalt.

### Bedarfsermittlung: ein unverbindlicher Blick in die Zukunft

Die Bedarfsermittlung ist umfassender als ein Bedarfs-signal, und lässt sich daher nicht so schnell ausführen, wie ein Kaufauftrag.

Bei einer Bedarfsermittlung gilt es den breiteren Kontext des Kunden in Betracht zu ziehen und Entscheidungen zu treffen, um Vorausplanen zu können. Zum Beispiel die Entwicklung eines neuen Produkts: Wenn wir wissen, dass ein Kunde an einem neuen Projekt arbeitet, werden sicherlich auch neue Bauteile notwendig und es wird auch sicherlich einige Prototypenerstellungen geben. Das heißt es gibt eine Sampling-Phase, also eine Erstellung von Prototyp A, dann B, etc.

Das Produkt muss qualifiziert werden. Im Anschluss wird der Kunde eine Vorserienproduktion starten, welche in der Regel mit sehr geringen Stückzahlen läuft. Nehmen wir an, ein Autohersteller möchte nur ein paar Infotainment-Systeme, um sie vor der Serienproduktion ausgiebig zu testen. Wenn alles nach Plan läuft, wird die Produktion dann in der Regel über einen Zeitraum von fünf bis sieben Jahren hochgefahren.

Ein Beispiel für die Bedarfsermittlung wäre, dass wir, wenn wir wissen, dass sich der Kunde in der Prototypenphase befindet, evaluieren, wann er von der Vorserie zur Serienproduktion übergehen könnte. Systematisch gesehen wird das über Nacht geschehen. Das bedeutet, dass der Kunde in kürzester Zeit von einer kleinen Anzahl von Teilen auf Hunderttausende umsteigen kann.

### Die Nachfragesensierung generiert einen Mehrwert in der Zukunft

Bei der Nachfragesensierung geht es darum, über die üblichen Signale hinaus zu schauen. Wo können wir noch einen Mehrwert schaffen? Wenn wir wissen, dass die Serienproduktion in sechs Monaten ansteht und wir die aktuellen Vorlaufzeiten kennen, können wir damit beginnen, das Angebot vorzubereiten, um auf diese Weise sicherzustellen, dass unsere Kunden die benötigten Teile erhalten.



Von den Unternehmen, die Sie kennen und denen Sie vertrauen.



- ✓ Bester Schutz gegen gefälschte Bauelemente
- ✓ Ordnungsgemäße Verpackung und Abwicklung
- ✓ Vollständige Garantie und Unterstützung durch den Hersteller

MIT  
WERKSGARANTIE

Suchen Sie autorisierte Distributoren auf  TrustedParts.com



**Blick in Avnets Warenlager:** Jede Änderung, die ein Unternehmen an seiner Lieferkette vornimmt, ist mit Risiken verbunden.

Einer der Gründe, warum es 'Sensing' genannt wird, ist, dass es ein riskantes Spiel ist. Denn der Kunde könnte den Prototyp C fertigstellen und ein Qualitätsproblem haben, was das Projekt zum Scheitern bringen könnte. Hier können beispielsweise Gespräche mit den Ingenieurteams beim Kunden und Hersteller helfen, um entsprechende Erfolgchancen zu messen.

Und in manchen Fällen braucht der Zulieferer uns, um eine Pipeline zu füllen, damit er sich die Kapazitäten seiner Zulieferer für diese Projekte sichern kann. Wir können als Distributor auftreten und entsprechende Bedarfe vormerken..

### Eine erfolgreiche Lieferkette eint automatisierte Systeme und den Menschen

Natürlich ist die Automatisierung in unserer Welt wichtig. Aber leider ist das derzeitige Umfeld instabil. Es ist nicht



**Avnets Logistikzentrum in Tongeren, Belgien:** Bildet mit dem Warenlager in Poing bei München eine 2-Warehouse-Lösung für über 200.000 verschiedene elektronische Bauteile.

ungewöhnlich, dass ein plötzlicher und starker Anstieg oder Rückgang der Aufträge zu verzeichnen ist, nur um in der darauf folgenden Woche wieder zu steigen. Und wenn Kunden ihre Aufträge zurückgehen lassen, möchten sie sich nicht am Ende einer langen Warteschlange wiederfinden. Es gilt daher: Wenn man sich nur auf automatisierte Prozesse verlässt, kann es gegebenenfalls die Sicherstellung, dass die Ware verfügbar ist, beeinträchtigen. Die Automatisierungstechnologie ist noch nicht so weit. Bis dahin empfehlen wir Kunden dringend, ihre automatisierten Systeme durch menschliche Intelligenz zu ergänzen, um ihre Lieferkette zu optimieren.

Wir wissen, dass jede Änderung, die ein Unternehmen an seiner Lieferkette vornimmt, mit Risiken verbunden ist. Und wir wissen, dass es keine Einheitslösung für alle gibt. Sollten Sie jedoch fachkundige Unterstützung bei Ihren Herausforderungen rund um die Lieferkette benötigen, hilft Ihnen Avnet Silica gerne weiter. (MK)

## Die Fitmacher für sicheres Messen & Testen



Kurt Reim  
**LabVIEW-Kurs**  
Grundlagen,  
Aufgaben,  
Lösungen  
3. Auflage, 280 Seiten  
ISBN 978-3-8343-3455-8  
34,80 EUR



Walter Müller  
**Messdaten-Analyse**  
mit LabVIEW  
2. Auflage, 356 Seiten  
ISBN 978-3-8343-3377-3  
39,80 EUR



Edmund Schiessle  
**Industriesensorik**  
Sensortechnik und  
Messwertaufnahme  
2. Auflage, 632 Seiten  
ISBN 978-3-8343-3341-4  
49,80 EUR



Manfred Schmidt  
**Signalintegrität**  
1. Auflage 2013, 230 Seiten  
ISBN 978-3-8343-3256-1  
29,80 EUR

Auch als  
Firmenlizenz  
erhältlich!

**Jetzt bestellen!**

Weitere Informationen und versandkostenfreie Lieferung unter

[www.vogel-fachbuch.de](http://www.vogel-fachbuch.de)



## ELEKTROLYTKONDENSATOREN

## Snap-In-Kondensatoren von Rubycon in Miniaturgröße für Anwendungen, die hohe Spannung, Kapazität und Strom verlangen

Rubycon stellt vier neue Serien seiner Snap-In-Elektrolytkondensatoren vor: MXT, VXT, HXH und HXK, die sich für zahlreiche Anwendungen eignen. Mit dieser Aktualisierung seiner Produktpalette kann Rubycon seinen technischen Vorsprung in diesem Segment verteidigen.

„Bis dato“, so Distributor Codico, „konnte kein anderer Hersteller Produkte mit vergleichbaren Spezifikationen auf den Markt bringen“.

Bis dato stand der letzte Buchstabe der Bezeichnung der Snap-In-Serie von Rubycon: »K« (z. B. MXK oder VXK) für die kleinste und leistungsfähigste Serie auf dem Markt. Rubycon kündigte nun einen neuen Endbuchstaben »T« an und stellte damit gleich

zwei neue Serien vor: den MXT (105°C, 3.000h) und den VXT (105°C, 5.000h).

Gleichzeitig gab Rubycon die Einführung der neuen HX-, HXH- und HXK-Serie bekannt, die einen optionalen Ripplestrom für eine Lebensdauer von jeweils 3.000 bzw. 5.000 h bieten soll. Diese Serien zielen überwiegend auf Anwendungen im Automobilbereich ab, insbesondere für On-Board Charger die sehr hohen Rippleströmen ausgesetzt sind. Zusätzlich wurde der Temperaturbereich als Standard auf -40 bis 105°C festgelegt.

Rubycon fertigt auch Produkte speziell nach den Wünschen der Kunden. Codico empfiehlt Kunden diesbezüglich, die Diagramme mit den genauen Größen-, Kapazi-

täts- und Ripplestromangaben in den Katalogen von Rubycon sowie auf dessen Webseite zu überprüfen. Kunden finden in den Detaildiagrammen eventuell einige Größen bzw. Werte, die identisch mit anderen Serien größerer (wie Kašaketa HXH oder VXK) oder kleinerer Baugröße (wie HXK oder VXT) sind. Zwar sind jene Werte korrekt, diese Spezifikationen stellen jedoch nicht die maximale Belastbarkeit dar.

Da Rubycon Standardvorschriften folgt, enthalten die Diagramme jene Normwerte, die der japanischer Industriestandard (JIS) verwendet. So sind etwa die Wertsprünge für Kapazität 270 µF, 330 µF, 470 µF, 560 µF, usw... Aus diesem Grund sind auch in den Diagrammen keine Zwischenwerte für diese Normen enthalten.

Dies bedeutet, dass Rubycon noch Spielraum für höhere Spezifikationen hat. Wenn die Serien größerer Baugröße und jene kleinerer Baugröße die gleiche Bauform, Kapazität und Ripplestrom aufweisen, so haben die Serien kleinerer Baugröße stets mehr Spielraum für Individualisierung bzw. Verbesserungen der Spezifikation.

Sämtliche Serien sind sowohl als Muster als auch für die Massenfertigung erhältlich. Zielformen sind etwa Photovoltaik-Umrichter für Solarenergie, Zelle für 5G-Mobilfunk, EVSE (Ladestationen für Elektrofahrzeuge, On-Board Charger, usw.), lüfterlose Netzteile. Die Serien sind zudem geeignet für Anwendungen, die hohe Spannung, Kapazität und Strom verlangen, etwa für Anwendungen in der Industrie und Automotive.

[www.codico.com/de](http://www.codico.com/de)

Bild: Codico

| Vergleichsbeispiele aller 4 Serien                                                |                        |                            |                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------|----------------------------|-----------------------|
| <b>Beispiel 1: Nennspannung: 450V, Lebensdauer 3.000h, Kapazität 330µF, ø25mm</b> |                        |                            |                       |
| SERIE                                                                             | GRÖSSE                 | RIPPELSTROM (120Hz, 105°C) | RUBYCON-TEILENUMMER   |
| MXK                                                                               | ø25x45mm               | 1,85Arms                   | 400MXK330MEFCSN25x45  |
| MXT (neu)                                                                         | ø25x35mm (22% kleiner) | 1,49Arms                   | 400MXT330MEFCSN25x35  |
| HXH (neu)                                                                         | ø25x45mm               | 2,56Arms (38% höher)       | 400HXH330MSPASN25x45  |
| <b>Beispiel 2: Nennspannung 450V, Lebensdauer 5.000h, ø35x45mm</b>                |                        |                            |                       |
| SERIE                                                                             | KAPAZITÄT              | RIPPELSTROM (120Hz, 105°C) | RUBYCON-TEILENUMMER   |
| VXK                                                                               | 820µF                  | 2,37Arms                   | 450VXK820MEFCSN35x45  |
| VXT (neu)                                                                         | 1.000µF (22% höher)    | 2,51Arms (6% höher)        | 450VXT1000MEFCSN35x45 |
| HXH (neu)                                                                         | 680µF                  | 2,63Arms (11% höher)       | 450HXH680MSPASN35x45  |
| HXK (neu)                                                                         | 820µF                  | 2,75Arms (16% höher)       | 450HXK820MSPASN35x45  |
| <b>Beispiel 3: Nennspannung 450V, Lebensdauer 5.000h, Kapazität 330µF, ø30mm</b>  |                        |                            |                       |
| SERIE                                                                             | GRÖSSE                 | RIPPELSTROM (120Hz, 105°C) | RUBYCON-TEILENUMMER   |
| VXK                                                                               | ø35x35mm               | 1,84Arms                   | 450VXK470MEFCSN35x35  |
| VXT (neu)                                                                         | ø35x30mm (14% kleiner) | 1,64Arms                   | 450VXT470MEFCSN35x30  |
| HXH (neu)                                                                         | ø35x35mm               | 2,09Arms (14% höher)       | 450HXH470MEFCSN35x35  |

## PODCAST

## Wie Techniktrends die Zukunft formen

Mouser Electronics bietet Hörern und Followern eine große Auswahl an technischen und professionellen Ressourcen, zu denen auch eine Website mit interessanten Podcasts zählt. Die Website enthält alle Folgen der Empowering-Innovation-Together-Reihe, genannt The Tech Between Us. Als Teil des Empowering-Innovation-Together-Programms wurde 2021 die Podcast-Reihe The Tech Between Us aufgelegt. In der neuesten Episode empfängt Raymond Yin, Director of Technical Content von Mouser, Modar Alaoui, den Gründer und CEO von Eyeris, zu einem Gespräch über Fahrerüberwachungssysteme, die Gesetzeslage hinsichtlich dieser Technologie und die hinter den Systemen steckende Hard- und Software. Die

erste Episode von The Tech Between Us aus dem Jahr 2021 befasste sich mit der 5G-Technologie. Es diskutierten Raymond Yin, Director of Technical Content von Mouser, und Dr. Matthieu Bloch, Associate Professor der School of Electrical and Computer Engineering an der Georgia Tech University. Das Ge-



Bild: Mouser

sprach drehte sich um Möglichkeiten und Auswirkungen der 5G-Technologie hinsichtlich verschiedener Applikationen wie Kommunikation, Robotik, Fertigung und Automation. Neben der Mouser-Podcast-Seite bieten auch Alexa, Apple Podcasts, Google Podcasts, iHeartRadio, Pandora, Spotify und der Mouser-YouTube-Kanal Zugriff auf die Folgen.

Um Designprojekte seiner Kunden zu beschleunigen, stellt Mouser zudem eine umfangreiche Bibliothek an technischen Ressourcen bereit, darunter Produktdatenblätter, Referenzdesigns von Herstellern, Applikationshinweise, Engineeringtools und Designinformationen.

<https://resources.mouser.com/podcasts>

## SPEKTRALRADIOMETRIE MIT CIE 250:2022

# Grundlegende Messprinzipien und praktische Hinweise

Nach 38 Jahren schickt CIE 250:2022 seinen Vorgänger CIE 063:1984 in den wohlverdienten Ruhestand. Eine komplette Neufassung für die Spektralradiometrie war längst überfällig.

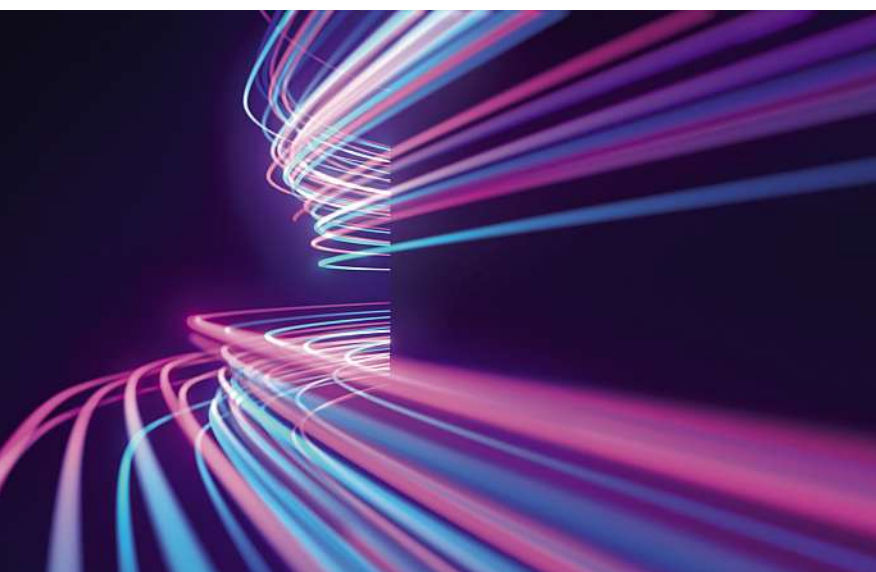


Bild: © davstudio - stock.adobe.com

**Neues Grundlagen-dokument:** Der Technical Report CIE250:2022 „Spectroradiometric Measurements of Optical Radiation Sources“ beschreibt unter anderem spektralradiometrische Messungen.

Im Laufe der knapp vier Jahrzehnte seit der „Technical Report CIE 063:1984 The Spectroradiometric Measurements of Light Sources“ erschien, haben sich die Anforderungen und Anwendungen der Spektralradiometrie stark verändert: Sie sind nicht nur grundlegend anders, sondern vor allem komplexer geworden. Halbleiterbasierte Lichtquellen (LED) dominieren sowohl den Markt für Beleuchtung als auch für Informationsanzeigen, während Glüh- und Leuchtstofflampen an Bedeutung verlieren.

Auch in Bezug auf den abzudeckenden Wellenlängenbereich hat sich das Spektrum der Anwendungen verbreitert. In der CIE 063:1984 lag der Fokus hauptsächlich auf photometrischen Messungen im sichtbaren Licht. Heute sind es zunehmend auch das nahe Infrarot (NIR), wie für die Gesichtserkennung, Eye-Tracking und Lidar, sowie Ultraviolett für Sterilisation von Wasser und Oberflächen oder Lithographie. Auch die in der Spektralradiometrie verwendete Technik hat sich weiterentwickelt. Die Technikauswahl für das Spektralradiometer-Design ist größer. Zudem hat die Digitalisierung die Möglichkeiten der Datenaufnahme, -verarbeitung und -analyse stark erweitert. Schließlich hat sich die Messtechnik selbst weiterentwickelt. Für die Anwender stehen mehr Informationen bereit, die leichter zugänglich sind.

## Kein Update, sondern eine Neufassung

Als die CIE im Rahmen des technischen Komitees TC2-80 mit der Arbeit für den Technical Report Spectroradiometric Measurements of Optical Radiation Sources begann, war das Dokument nicht nur ein Update. Es musste vielmehr eine Neufassung der CIE 063:1984 werden. Das Dokument sollte in Aufbau und Inhalt den Anforderungen der Zeit und einer nahen Zukunft gerecht werden. Weil das neue Dokument die CIE 063:1984 ablöst, musste das technische Komitee eine größtmögliche Kontinuität zur CIE 063:1984 herstellen. Vieles aus dem Dokument ist heute noch relevant wie damals. Deshalb etablierte sich die CIE 063:1984 über Jahrzehnte als ein de facto Standard in der Spektralradiometrie. Viele Anwender stützen bis heute ihre Arbeit auf das Dokument.

Die Autoren der CIE 063:1984 hatten ihrem Dokument diese grundlegende Rolle nicht unbedingt zugedacht. Motiviert wurde die CIE 063:1984 durch teils große Differenzen in den Messergebnissen internationaler radiometrischer Laborvergleiche vor allem bei Leuchtstofflampen. Es erschien ratsam, im Rahmen eines internationalen technischen Komitees der CIE eine geeignete, gemeinsame Messmethodik für die Laborvergleiche festzulegen. Erst in zweiter Linie war die CIE 063:1984 als Grundlagen-dokument für einen allgemeinen Anwenderkreis bestimmt. In der Zusammenfassung heißt es „Diese Methoden könnten auch als Leitfaden für jeden dienen, der beabsichtigt, neue spektralradiometrische Laboratorien zu errichten. [...] Der Bericht ist in erster Linie dazu bestimmt, den in industriellen Messlaboratorien Tätigen zu nützen, obwohl er nicht als Lehrbuch gedacht ist“.

Die CIE 250:2022 ist von Beginn als Grundlagendokument der CIE zur Spektralradiometrie und für einen potentiell größeren Kreis von Anwendern konzipiert worden. Der veränderte Anspruch zeigt sich in der Zusammenfassung: „Dieser technische Bericht enthält grundlegende Messprinzipien und praktische Hinweise zur Spektralradiometrie optischer Strahlungsquellen im Wellenlängenbereich von 200 nm bis 2.500 nm sowie einen detaillierten Überblick über physikalische Effekte, die für die Abschätzung der Messunsicherheit relevant sind. Weitere Einzelheiten zu Messprinzipien, die in diesem Dokument nicht behandelt werden, sind in CIE 214:2014 zu finden [...]“. Entsprechend dem erweiterten Anspruch ist die CIE 250:2022 deutlich umfangreicher als die CIE 063:1984. Auf knapp 100 Seiten in modernem Schriftsatz, mit 61 Gleichungen und 41 Abbildungen bietet sie deutlich mehr

Inhalt als der Vorgänger auf seinen 66 Schreibmaschinen-Seiten. Wie CIE 063:1984 ist CIE 250:2022 ein Technical Report und ein technischer Leitfaden, der physikalische Zusammenhänge und messtechnische Methoden beschreibt und gegebenenfalls empfiehlt. Sie sind nicht normativ fest. Wie beim Vorgänger ist davon auszugehen, dass CIE 250:2022 in vieler Hinsicht einen normähnlichen Status erlangen wird. Künftig werden sich viele Dokumente der CIE und anderer Organisationen auf das Dokument beziehen.

## Ein Blick in die CIE 250:2022

CIE 250:2022 gliedert sich in drei Abschnitte. Zu Beginn werden unter „Measurement of spectroradiometric quantities“ (14 Seiten) grundlegende Messprinzipien, Messgrößen, dazugehörige Messgeometrien sowie Grundsätzliches zu Referenzquellen für die Spektralradiometerkalibrierung beschrieben. Daran schließt sich der längste Abschnitt des Dokuments zu „Measurement uncertainty contributions“ an (54 Seiten). Hier werden 20 grundlegende physikalische und technische Aspekte spektralradiometrischer Messungen in unterschiedlicher Detailtiefe diskutiert.

Die Diskussion soll Anwendern dabei helfen, ein tieferes physikalisch-technisches Verständnis ihrer eigenen spektralradiometrischen Messanwendungen zu erlangen, und sie so auch in die Lage versetzen, verlässlich die zunehmend auch normativ geforderten Messunsicherheiten für ihre Anwendung zu bestimmen. Abschließend folgen ein kurzer Abschnitt zur allgemeinen Struktur spektraler Verteilungen (2 Seiten), ein Anhang mit Kapiteln zum grundsätzlichen Aufbau von Spektralradiometern (1 Seite), einer Diskussion der spektralen Eigenschaften gängiger Strahlungsquellen (7 Seiten), sowie typischen Defekten von Beugungsgittern (1 Seite). Für viele Anwender wird ein kurzer Satz am Ende der Zusammenfassung der CIE 250:2022 der wichtigste sein: „Dieses Dokument annul-

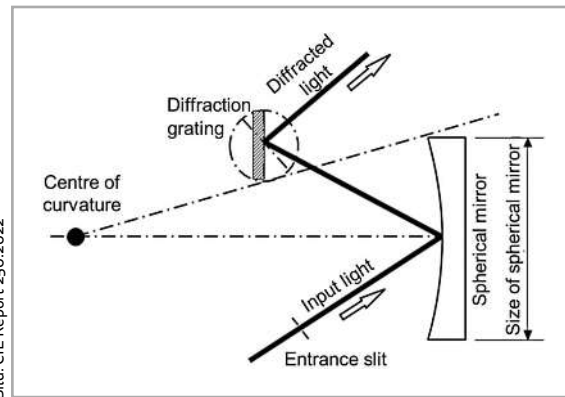


Bild: CIE Report 250:2022

**Bild 1:** Das Bild veranschaulicht den geometrischen Aufbau, um Doppelbeugungen in einem gitterbasierten Spektralradiometer zu vermeiden.

liert und ersetzt CIE 063:1984.“ Mit diesem Satz schickt die CIE 063:1984 in den Ruhestand.

Seit Erscheinen von CIE 250:2022 ist das alte Dokument nicht mehr offiziell verfügbar. Die CIE hat deshalb großes Augenmerk darauf gelegt, negative Konsequenzen für Anwender durch die Abkündigung zu minimieren. Im Sinne der Kontinuität finden sich in CIE 250:2022 alle relevanten Inhalte der CIE 063:1984 wieder. Das erfolgt im Text des Dokuments selbst und nur in Ausnahmefällen in Form von Referenzen auf andere Dokumente. Beziehen sich Anwender beispielsweise im Rahmen einer Akkreditierung als Prüflabor explizit auf bestimmte Abschnitte oder Textstellen der CIE 063:1984, finden sie in Einzelfällen möglicherweise nicht immer eine direkte Entsprechung in der CIE 250:2022. Sie müssen gegebenenfalls geeignete Referenzen in CIE 250:2022 oder seinen Referenzen neu finden. Die Chancen stehen sehr gut, denn die CIE hat mit CIE 250:2022 nicht nur einen würdigen Nachfolger für die CIE 063:1984, sondern ein umfassendes und zeitgemäßes Grundlagendokument zur Spektralradiometrie vorgelegt. (heh)

VERFASST VON

**Dr. Tobias Schneider**

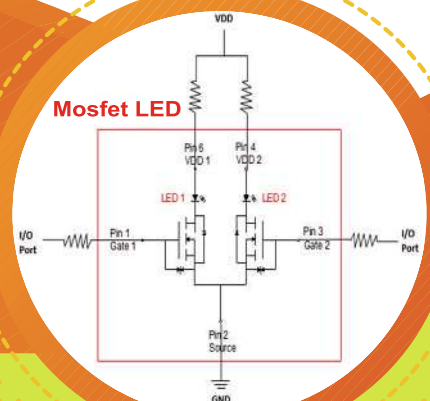
**Scientist Metrology**  
bei Instrument Systems  
in München.

**LIGITEK**

# MOSFET LED

## Erweiterte Funktionen

- Integrierter MOSFET und LED in einem Gehäuse
- Minimierte Bauteile: 3,2mm x 1,0mm x 1,5mm
- 8,0mm Trägerband auf Reel mit 7" Durchmesser
- Kompatibel mit automatischen Bestückungsanlagen
- Kompatibel mit "Reflow" - Prozessen



**Vertical Farming:** Auf engstem Raum und mit speziellem LED-Licht lässt sich das Pflanzenwachstum optimieren. An der Forschung zur hochtechnisierten Pflanzenproduktion in geschlossenen Räumen ist das Tech-Unternehmen Würth Elektronik beteiligt.



Bild: Würth Elektronik

## VERTICAL FARMING

# Horticulture-LEDs optimieren das Pflanzenwachstum

In vielen Regionen auf der Welt herrscht Knappheit an Anbaufläche und Wasser. Vertical Farming ist eine zukunftsweisende, alternative Anbauform. An der hochtechnisierten Pflanzenproduktion ist Elektronik ein wichtiger Helfer.

**P**flanzenproduktion ohne Boden und Sonne, frei hängende Wurzeln im Nährlösungsnebel: Eher ein Bild von einem Raumfahrtprojekt. Doch solche Pflanzenfabriken entstehen nicht auf dem Mars, sondern vor allem in Asien und den USA. Zum Beispiel in New Jersey mit einer Anbaufläche von rund 6.500 m<sup>2</sup> und damit eine der größten PFAL (Plant Factory with Artificial Lighting) weltweit. Der Betreiber gibt an, bis heute mehr als 550 verschiedene Obst- und Gemüsesorten angebaut zu haben, dabei 95 Prozent weniger Wasser und 40 Prozent weniger Dünger als im landwirtschaftlichen Anbau zu benötigen und völlig ohne Pestizide auszukommen. Produziert werden vor allem sogenannte „Microgreens“, also essbare Sprossen und Jungpflanzen wie Grünkohl, Rucola, Baby Pak Choi oder Baby Brokkoli.

Die Pflanzenproduktion im Innenraum mit erdlosen Methoden wie Hydroponik, Aeroponik und Aquaponik ist Hightech. Neben den Fragen der Hydrokultur und der

Steuerung der Umweltbedingungen bis hin zur „Controlled Environment Agriculture“ (CEA) ist die Beleuchtung ein wesentlicher Aspekt. „Vertical Farming mit Horticulture-LEDs leistet einen wichtigen Beitrag, um Lebensmittel nachhaltig und vor Ort zu produzieren. Sie ist als Teil der Lösung zu sehen, um zukünftig die wachsende Weltbevölkerung zu ernähren. Es ergänzt die traditionelle Landwirtschaft und sorgt für mehr Ertrag und eine sichere Lebensmittelversorgung“, erklärt Alexander Gerfer, CTO der Würth Elektronik eiSos Gruppe und Evangelist for LED-Horticulture.

### Grundlagen: Wellenlängen und Photorezeptoren

Licht verschiedener Wellenlängen wirkt unterschiedlich auf Pflanzen. Nur bestimmte Lichtfrequenzen können von den Pflanzen für die Photosynthese genutzt werden. Die-

VERFASST VON  
**Johann Waldherr**  
Business Development  
Manager  
für Horticulture LEDs  
bei Würth Elektronik  
eiSos in Waldenburg.

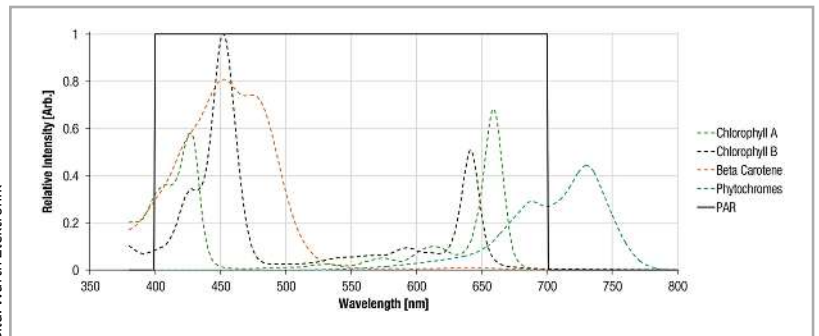
se Frequenzen stehen im Zusammenhang mit den Absorptionseigenschaften verschiedener Photorezeptoren, die in den Chloroplasten genannten Zellorganellen eingebunden sind. Die meisten der Photorezeptoren absorbieren Licht in den Wellenlängen, die den Farben Blau und Rot entsprechen. Deshalb erscheinen die meisten Blätter grün, da diese Wellenlängen zu einem geringen Teil absorbiert werden.

Die wichtigsten Photorezeptoren sind Chlorophyll A, Chlorophyll B und die Carotinoide. Interessanterweise kommt den einzelnen Photorezeptoren in verschiedenen Phasen der Pflanzenentwicklung eine unterschiedliche Bedeutung zu. Ein wichtiger Begriff ist in diesem Zusammenhang PAR (Photosynthetically Active Radiation). Als photosynthetisch aktive Strahlung werden die vorwiegend absorbierten Wellenlängen bezeichnet. Die PAR umfasst ein Spektrum von 400 bis 700 nm (Bild 1).

Darüber hinaus gibt es die Phytochrome: Das sind Photorezeptoren, die in den Pflanzen Prozesse wie die Wachstumsrichtung oder die Blütenöffnung steuern. Die Phytochrome absorbieren Licht der Wellenlängen 660 und 730 nm. Hier arbeitet die Forschung noch an einer weitergehenden, spezifischen Optimierung. Der Grund: Welche Wellenlänge was steuert, hängt von der Pflanzengattung ab. Sogar von Sorte zu Sorte gibt es Unterschiede, die man nutzen kann.

### Gezielte Beleuchtung mit LED und die Wirkung

Auch wenn sich einzelne Sorten optimieren lassen, muss man die grundsätzlichen Zusammenhänge verstehen. Das interdisziplinäre Team für Horticulture-LEDs von Würth Elektronik hat deshalb allgemeingültige Zusammenhänge erforscht, um bestimmte Qualitätsparameter durch die gezielte Beleuchtung zu beeinflussen. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse teilt Würth Elektronik mit der Vertical-Farming-Szene: Licht bestimmter Wellenlänge wirkt sich unterschiedlich auf die Pflanzen aus. Das dunkelrote



**Bild 1:** Charakteristische Absorptionsspektren verschiedener Photorezeptoren für die Photosynthese.

Licht oder Far Red Light mit Spektren von 720 bis 740 nm, das sich im Infrarotspektrum befindet, beeinflusst zum Beispiel die Keimung und kann die Blütezeit von Pflanzen verkürzen. Zugleich fördert es im Zusammenhang mit der Schattenflucht das Längenwachstum.

Das Horticulture-LED-Team konnte feststellen, dass sich mit rotem Licht bei 660 nm (Bild 2) zunächst die Vorstufen (Precursor) von Flavonolen erzeugen lassen. Anschließend kann man mit blauem Licht bei 450 nm daraus Flavonole generieren und innerhalb von acht Tagen verdoppeln, im Vergleich zu Sonnenlicht. Bei Flavonolen handelt es sich um einen Sekundärstoff der Pflanze, der für den Menschen eine antioxidative Wirkung besitzt. Das nennt sich dynamische Beleuchtung. Mit den richtigen Lichtrezeptoren ist es also möglich, die Bildung sekundärer Pflanzenstoffe zu verstärken.

Derzeit setzen Kunden von Würth Elektronik auf Beleuchtungen mit den Horticulture-LEDs des Bauelementherstellers. Die Firma Engel Lighting hat zusammen mit Würth Elektronik Pflanzenleuchten für die Beleuchtung von Gewächshäusern und für die Beleuchtung in Vertical Farms entwickelt (Bild 3). Man kann die Spektren für spezielle Qualitätsparameter auswählen. Die ausgewählten Spektren wurden mit Hilfe der Pflanzenforschung von

# Kingbright

Kingbright Electronic Europe GmbH

■ Quality ■ Efficiency ■ Innovation ■ First-class service

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

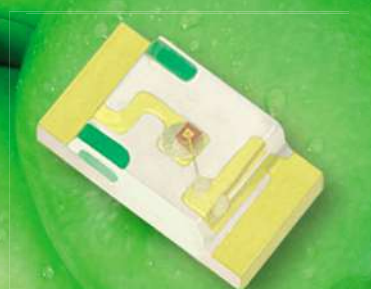
### Eigenschaften:

Dominante Wellenlänge: 525 nm

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

Lichtstärke nach CIE 127-2007:

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



Kingbright Electronic Europe GmbH • Lindenau 7 / Gewerbegebiet • D-47661 Issum • ☎ +49 (28 35) 44 46-0 • [www.kingbright-europe.de](http://www.kingbright-europe.de)



**Bild 2:** Mit rotem Licht bei 660 nm lassen sich zunächst die Vorstufen (Pre-cursor) von Flavonolen erzeugen.

Würth Elektronik entwickelt. Bei der Berechnung der Spektren und der Auswahl der LEDs wurde der „Horticultor“, ein Modul der Online-Design-Plattform „REDEXPERT“ unter <https://redexpert.we-online.com>, verwendet. Erste Projekte mit den Leuchten waren erfolgreich. So hängt die Leuchte „Optimus“ im neu gestalteten Gewächshaus im Holland Park in Berlin.

Das Start-up simplePlant baut mit den Horticulture-LEDs ein Hightech-Minigewächshaus für die Küche mit der Bezeichnung „smartGarten“. Damit ist eine schnelle wasser- und düngersparsame Zucht von Kräutern möglich. Der nächste Schritt wird zwangsläufig die Nutzung einer dynamischen, an Wachstumsphasen angepassten Beleuchtung sein. Insbesondere für den gezielten Anbau wirkstoffreicher Heilpflanzen bietet die Lichtsteuerung großes Potenzial. Würth Elektronik hat das nicht nur durch Forschung zu den Qualitätsparametern vorbereitet, sondern die Möglichkeit, die LEDs individuell anzusteuern

und dabei auch einzelne LEDs zu dimmen. Wichtig ist, dass sich die emittierte Wellenlänge beim Dimmen nicht verändert.

### Ein Development-Kit in der zweiten Generation

Für die Entwicklung von LED-Treibern mit mehreren dimmbaren Kanälen stellt Würth Elektronik ein Referenzdesign für einen LED-Treiber mit 86 W zur Verfügung, mittlerweile in der zweiten Generation (siehe Kasten). Mit dem Lighting Development-Kit lassen sich RGBW-Farben für verschiedene Beleuchtungssituationen mischen. Damit wird das Pflanzenwachstum mit dem Horticulture-Panel verstärkt. Hinzu kommt mit dem „Sunshine Panel“ eine Lösung für die Innenraumbeleuchtung auf Basis von Human Centric Lighting (HCL).

Das Design des Development-Kit erfüllt die EMV-Normen (EN55015) und kann um zusätzliche Kanäle erweitert werden, die sich unabhängig voneinander oder mit anderen Kanälen über den PWM-Ausgang ansteuern lassen. Das System lässt sich vom Entwickler problemlos neu konfigurieren oder an die Kundenanforderungen anpassen. Der Weg geht weg von traditionellen, entladungs-basierten Beleuchtungstechniken hin zu Horticulture-LEDs. Harun Özgür von Würth Elektronik eiSos ist als Division Manager Optoelectronics zuversichtlich, dass die von Würth Elektronik untersuchte Nutzung von Lichtrezepten die Pflanzenzucht optimieren wird und früher oder später auch in kommerziellen Anwendungen Eingang finden wird.

„Derzeit haben wir es noch mit Einzelprojekten zu tun. Das Thema wird Fahrt aufnehmen, sobald Komplettlösungen für das Vertical Farming auf den Markt kommen, die alle Aspekte der Umgebungskontrolle, Bewirtschaftung, Bewässerungs- und Lichtsteuerung umfassen. Sie müssen einfach in der Anwendung sein. Doch um solche Systeme zu entwickeln, muss das notwendige Know-how gesammelt und ausgetauscht werden. Als Mitglied der Associa-

Bild: Würth Elektronik

# ELEKTRONIK. LICHT. WASSER. DICHT.

## IP68 Lichtlösungen

Starre oder flexible Lichtleiter und Signalleuchten in vielen Varianten.

Für wasserdichte IP68-Anwendungen.

Als kostengünstiges Standardprodukt oder als individuelle Lösung.

[www.mentor.de.com/IP68/](http://www.mentor.de.com/IP68/)





**Bild 3:** Das Beleuchtungssystem „Optimus“ von Engel mit dem Spektrum „Thallo“ hängt im Gewächshaus des Holland Parks in Berlin.

tion for Vertical Farming sind wir daran beteiligt“. Die Förderer des Vertical Farmings organisieren sich. Denn die Hindernisse liegen nicht in der technischen Machbarkeit, wie die außereuropäischen Beispiele zeigen, sondern in den politischen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen.

„Wer Nahrungsmittel mit den Methoden des Vertical Farmings erzeugt, hat ein Vermarktungsproblem: Die Produktion erreicht durch Effizienz ein hohes Maß an Nachhaltigkeit und die Produkte sind nährstoffreich und weitestgehend schadstofffrei. Aber sie sind nicht Bio. Laut EU-Öko-Verordnung 889/2008 dürfen in Hydrokultur erzeugte Pflanzen nicht so bezeichnet werden“, ergänzt Özgür. Bei Würth Elektronik selbst hat der Salat aus dem Schrank kein Imageproblem, denn wenn der Vertical-Farming-Demonstrator nicht gerade auf einer Messe unterwegs ist, steht er in der Kantine des Unternehmenshauptsitzes in Waldenburg und ergänzt das Angebot – frischer und lokaler geht es nicht.

Vertical Farming ist eine vielversprechende Ergänzung der Landwirtschaft, wassersparend und nachhaltig – vorausgesetzt die Energie stammt aus regenerativen Quellen. Würth Elektronik liefert als Hersteller von Horticulture-LEDs wichtige Beiträge durch die Erforschung der Möglichkeit der lichtgesteuerten Pflanzenzucht einerseits und durch die Unterstützung der Entwickler von Beleuchtungssystemen andererseits. Die Arbeit mit „Lichtrezepten“ wird die Effizienz im Vertical Farming zukünftig weiter steigern. (heh)

### Der „Horticultor“

ermöglicht die Gestaltung individueller Lichtrezepte für Horticulture-LEDs. Aus Angaben zur Anzahl der verwendeten LEDs, des Eingangsstroms und der Eingangsverbindungstemperatur lassen sich Vollspektren, photosynthetischer Photonenfluss (PPF) und Wellenlängen-Farbverhältnisse berechnen.

### EP-INFO

## Entwickler-Kit für Horticulture-LEDs



Das Entwickler-Kit mit den speziellen Horticulture-LEDs soll dabei unterstützen, Systeme für die gezielte Pflanzenbeleuchtung zu entwickeln. Es lassen sich Lichtspektren, Beleuchtungsintensität und -intervalle für verschiedene Pflanzen und Qualitätsparameter optimieren. Mit

dem Kit lassen sich RGBW-Farben für verschiedene Beleuchtungsstrategien mischen. Die enthaltenen LEDs decken ein Spektrum von 450, 660 und 730 nm sowie RGBW-LEDs ab. Die Steuerung erfolgt mit der kostenlosen iOS-App „WEilluminate“ über Bluetooth LE. Eine Version für Android soll folgen.

# Zielsicher.

Infrarotkameras. Pyrometer. Zubehör. Software.  
Wir messen berührungslos Temperaturen  
von  $-50^{\circ}\text{C}$  bis  $+3000^{\circ}\text{C}$ . Besuchen Sie uns:  
[www.optris.de](http://www.optris.de)

Unsere kostengünstigen langwelligen  
und kurzwelligen Infrarotkameras mit  
Analog-/Digitalausgang sind ideal für  
industrielle Temperaturmessungen.



when temperature matters

# BEYOND ILLUMINATION

We provide the comprehensive LED manufacturing service and the most reliable quality of LED lighting solutions.

## All in your hand, make it simple

### DOB III Series

Trendy interior design & more flexible  
in suppliers and in designers

- Power range 4W ~ 40W
- OTP Function, TRIAC DIM +Flicker<10% (typ. 5%)
- Comprehensive Holder Solution
- Suitable Dimmer
- NEW ERP Standard
- CE Certification



### LAMINIERVERFAHREN

## Flexible LED-Module schützen



Bild: Lumitronix

Bei LED-Modulen auf flexiblen Trägern führen konventionelle Schutzmethoden zu Einbußen bei der Flexibilität und zu einer starken Verschiebung der Farbtemperatur. Das beeinflusst die Beleuchtung. Für einen sicheren Schutz von LED-Streifen und flexiblen LED-Flächenmodulen wurde in der Fertigung von Lumitronix mit LumProtect ein neuer Produktionsprozess der Laminierung etabliert. Da beim Laminierungsprozess nur sehr dünne Kunststoffschichten verwendet werden, bleiben die Module flexibel und die mechanische Widerstandskraft steigt. Dank der Transparenz und geringer Farbverschiebungen der verwendeten Materialien ergänzt die Technik Licht- oder Sensoranwendungen. Durch Hitze und hohen Druck werden mehrere Schichten auf die flexible LED-Platine aufgebracht. Die bestückten LEDs werden eingekapselt, wobei Luftreste im Materialverbund weitgehend verdrängt werden. Individuelle Kundenwünsche sind mit optionalen Textil-Layern und unterschiedlichen Farben möglich.

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

### HIGH-POWER-LED

## UVC-LED mit 265 Nanometer

Die Oslon UV 6060 ist eine High-Power-UVC-LED mit einer optischen Leistung von 100 mW und einem Strom von 250 mA. Hier Peak liegt bei  $\lambda_{\text{peak}} = 265$  nm und damit im ultravioletten Spektrum. Der Abstrahlwinkel laut Datenblatt beträgt 150°.

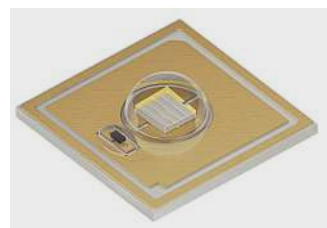


Bild: AMS Osram

Verbaut ist die LED in einem 6060-Keramikgehäuse mit einer UVC-stabilen Linse. Zudem ist das Modul UL-zertifiziert und hat einen dedizierten Ozon-Erkennungstest bestanden. Die UVC LEDs auf Basis der Aluminium-Gallium-Nitrid-Technik (AlGaIn) ist im Vergleich zu herkömmlichen Lichtquellen robuster. Ihre Abmessung beträgt 6 mm x 6 mm. Damit lassen sich sie für flexible Designs verwenden.

Die High Power Oslon UV-C-LED eignet sich für jegliche UVC Anwendungen: von der Entkeimung von Oberflächen bis hin zu der Aufbereitung von Luft in öffentlichen Räumen.

[www.ams-osram.com](http://www.ams-osram.com)

## LASERQUELLE

Durchstimmbar für  
das O- und C-Band

Bild: Lasercomponents



Bei den Laserquellen der Serie 2000 von Quantifi Photonics für das O-Band oder C-Band lassen sich die Wellenlängen stufenweise oder als Sweep durchstimmen. Sie sind für Wellenlängen von 1.250 bis 1.350 nm, 1.350 bis 1.450 nm und 1.520 bis 1.620 nm verfügbar und können in PXie- oder Benchtop-Gehäusen geliefert werden. Die Laser der Serie 2000 verwenden ein hochwertiges Gitter. Ein mikro-elektromechanischer Abstimmmechanismus sorgt für eine schnelle und zuverlässige spannungsgesteuerte Wellenlängenabstimmung. So wird eine Leistungsstabilität von 0,01 dB und eine Scanrate von 400 nm/s erreicht. Damit eignet sich die Serie als zeitsparendes Werkzeug in Forschung und Entwicklung sowie im Produktionstests. Die Laserquellen wurden speziell für Charakterisierung und Überprüfung der wellenlängenabhängigen Leistung von Bauelementen, Wellenleitern und integrierten photonischen Schaltkreisen (PIC) entwickelt.

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

## LASERTREIBER

Ultrakurze Laser mit  
Pulsbreite von 100 ps bis 5 ns

Wie lassen sich mit integrierten Lasertreibern die Nachteile diskreter Treiberschaltungen überwinden und dabei TOF-Systeme verkleinern? Die Lasertreiber der Serie iC-HS bieten eine Pulsbreite von 100 ps bis 5 ns, die sich in Schritten von 250 ps und einem Finetuning der Pulsbreite mit einer Auflösung von 1 ps einstellen lässt. Die Lasertreiber liefern wahlweise Ausgangsströme bis 200 mA (iC-HS02) oder bis 500 mA (iC-HS05).

Die temperaturstabilisierte On-Chip-Pulsgenerierung und Kompensationen on-Chip sorgen für eine stabile und sehr zuverlässige Ansteuerung von Laserdioden. Dabei lässt sich die Amplitude des Impulsstroms über einen 10-Bit-D/A-Wandler konfigurieren. Für die Synchronisation mit der Sensorik liefert der Baustein wahlweise ein LVDS- oder TTL-Signal. Kleinste Pulsbreiten und klar definierte Pulsformen sind essenziell für eine präzise Lichtlaufzeit- und Abstandsmessung. Der iC-HS05 bis 200 mA findet Platz in QFN16-Chipgehäuse mit 3 mm x 3 mm und der iC-HS05 kommt im QFN24-Gehäuse bis 500 mA.

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

LED  
LCD  
TOUCH  
LED  
TFT

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

TOUCH  
OLED  
TFT  
KEYPADS

**COLOUR UP**

**YOUR LIFE**

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

Display Elektronik GmbH · Am Rauner Graben 15 · D-63667 Nidda  
 Tel. 0 60 43 - 9 88 88 - 0 · Fax 0 60 43 - 9 88 88 - 11

Expertenwissen für  
Embedded Software Professionals

[www.embedded-software-engineering.de](http://www.embedded-software-engineering.de)

ist eine Marke der

**VOGEL** COMMUNICATIONS GROUP

## Beilagenhinweis

Einem Teil dieser Auflage liegt ein Prospekt  
der **Messe München GmbH** bei.

Wir bitten unsere Leser  
freundlichst um Beachtung.

**Lieferketten am Limit:** Auslöser für Produktverknappungen sind vielschichtig. Es gilt, ihnen rechtzeitig entgegenzuwirken.

## FREQUENZGEBENDE BAUELEMENTE

# Lieferketten unter Spannung

Quarze und Oszillatoren unterliegen ebenso wie andere elektronische Komponenten einem Lebenszyklus. Neue Technologien und Weiterentwicklungen führen zu Produktänderungen und – im schlimmsten Fall – zu Produktabkündigungen.

**E**ntscheidend für den Lebenszyklus eines Produktes ist in erster Linie die Art der Anwendung. Consumer-Produkte beispielsweise, haben in der Regel eine vergleichsweise kurze Lebenserwartung, da der Fokus der Verbraucher hier häufig auf innovativen Features, einem neuen Design, immer mehr und besseren Funktionen und oftmals modischen Aspekten liegt, was zu immer kurzfristigeren Neuheiten führt. Dem gegenüber stehen langlebige Systeme und Geräte, beispielsweise in der Medizin- oder Bahntechnik, bei denen von der ersten Entwicklungsphase bis zum Ende des Produktlebenszyklus teilweise mehrere Jahrzehnte vergehen können. Eine langfristige Verfügbarkeit von Komponenten ist in diesen und vielen anderen industriellen Anwendungen essenziell. Doch in der momentan angespannten Situation scheint die Auswahl von geeigneten und wirklich langfristig verfügbaren Bauteilen wie das ominöse Lesen in der Glaskugel.

Auch elektronische Bauelemente, wie die für viele Systeme lebenswichtigen Quarze und Oszillatoren, unterlie-

gen selbstverständlich einem Lebenszyklus. Neue Technologien, Weiterentwicklungen und die Verwendung neuer Materialien und Rohstoffe, aber auch nachlassender Bedarf bei älteren meist größeren Bauformen, führen zu Produktänderungen und – im schlimmsten Fall – zu Produktabkündigungen. Zudem ist die Verknappung von Bauteilen durch gestiegene Bedarfe ein häufiges Problem. Engpässe sind beispielsweise zu beobachten, wenn neue Generationen von Spielekonsolen auf den Markt kommen. Aktuell sorgt der globale Digitalisierungstrend für eine beispiellos wachsende und nicht vorhergesehene Nachfrage nach elektronischen Komponenten. Insbesondere in der Automobilindustrie, der Elektromobilität oder für den Ausbau der 5G-Infrastruktur werden mehr und mehr Komponenten benötigt. Auch die notwendige Ausstattung der zahlreichen Homeoffice-Arbeitsplätze zu Coronazeiten und ein erhöhter Bedarf an Unterhaltungselektronik, haben für einen globalen Nachfrage-Boom gesorgt, wobei die Prognosen ursprünglich ganz anders aussahen. In den letzten Jahren war das Wachstum der Weltwirt-

Bild: Pixabay

schaft eher schleppend und viele asiatische Fabriken, ebenso wie ihre Lieferketten, liefen teilweise mit geringerer Kapazität. Zusätzlich hatten viele Unternehmen infolge von Covid 19 ihre Produktionsprognosen für 2020 und darüber hinaus gesenkt, was natürlich einen Dominoeffekt in den globalen Lieferketten auslöste, infolgedessen Produktionskapazitäten nochmals reduziert wurden. Diese nun wieder aufzubauen und an die widererwartend hohe Nachfrage anzupassen, stellt die Hersteller von elektronischen Bauelementen und ihre Lieferketten, gerade in Anbetracht der momentan schwierigen weltweiten Situation, vor massive Herausforderungen, die es zu bewältigen gilt.

### Hintergründe verstehen lernen und Trends erkennen

Bei den frequenzgebenden Bauteilen waren und sind die Probleme sehr deutlich im Bereich der sogenannten Uhrquarze mit 32,768 kHz, speziell bei der am häufigsten verwendeten SMD-Bauform 3,2 mm x 1,5 mm zu beobachten. Lange Zeit waren sie auf Allokation, da die Gehäuse (Keramikkboden und Metalldeckel) von den wenigen Produzenten am Markt nicht in ausreichender Menge produziert werden konnten. Teilweise werden sie immer noch mit Vorlaufzeiten von mehr als einem Jahr angeboten. Die Situation verbessert sich aktuell eher schleppend und eine deutliche Verbesserung wird immer wieder ausgebremst.

Schlimmer noch sieht es auch bei den Quarzen und Oszillatoren in den mittlerweile in die Jahre gekommenen größeren SMD-Bauformen 7,0 mm x 5,0 mm, 6,0 mm x 3,5 mm und 5,0 mm x 3,2 mm aus. Teilweise sind sie komplett auf Allokation oder haben Lieferzeiten von mehr als einem Jahr. Einige Hersteller haben alle Quarze und Oszillatoren in großen Bauformen gleich ganz abgekündigt. Hauptursache hierfür sind auch wieder die Gehäusezulieferer, die natürlich eine nicht zu unterschätzende Rolle in der Lieferkette spielen und derzeit bei maximaler Auslastung arbeiten, um die aus oben genannten Gründen entstandenen Produktionsausfälle der letzten Jahre wieder aufzuholen. Dabei sind sie aber vor allem daran interessiert, der starken Nachfrage aus dem Bereich der Consumer-Produkte nachzukommen, bei denen überwiegend kleinere und mittlerweile gängigere SMD-Bauformen, z. B.

3,2 mm x 2,5 mm, aber gerade im Zuge der fortwährenden Miniaturisierung und dem Boom von Wearables auch noch kleinere Bauformen, eingesetzt werden. Mit den kleineren Gehäusen lässt sich mehr Output generieren und die großen Bauformen sind schlichtweg nicht mehr gewinnbringend genug und „blockieren“ die Produktionslinien. Es ist seit einiger Zeit schon absehbar, dass die größeren Gehäuse so langsam vom Markt verschwinden, oder besser gesagt verdrängt werden und es zu einer wahren Abkündigungswelle dieser Produktlinien kommen wird, da sie nicht mehr in ausreichender Stückzahl produziert und geliefert werden können. Dieser Trend zu immer kleineren Bauformen in allen Bereichen wird nicht abreißen, weswegen viele Quarz- und Oszillatorenhersteller, und vor allem diejenigen ohne wirklich eigene Fertigung (sog. Private Label), diese Serien bereits abgekündigt haben, oder sogar von heute auf morgen nicht mehr liefern konnten. Oftmals kann dann noch nicht einmal mehr eine Last-Time-Buy-Option gewährt werden.

Zusätzlich sorgen schlecht verfügbare ICs zu erheblichen Problemen bei den Oszillatoren. Die Produzenten der erforderlichen ICs haben die Produktion der Varianten mit 5 V heruntergefahren, bzw. schon komplett aufgegeben. Auch hier ist die sinkende Nachfrage des Marktes ausschlaggebend. Die Oszillatorenhersteller, die überhaupt noch passende ICs von ihren Vorlieferanten geliefert bekommen, sind gegenwärtig schon dabei, prognostizierte Bedarfszahlen für ein Last-Time-Buy anzufordern, um ihre Kunden noch eine gewisse Zeit mit 5-V-Oszillatoren versorgen zu können, zumindest so lange, bis diese auf eine andere Spannungsversorgung umgestellt haben.

### Zu häufig wird nur reagiert und nicht präventiv gehandelt

Änderungen und im ungünstigsten Fall Abkündigungen gehören zu den häufigsten Störfällen in der Elektronikbranche und in Anbetracht der derzeitigen Situation muss und sollte vermehrt genau damit gerechnet werden. Viele Industrieunternehmen stehen momentan immer wieder vor dem Problem, dass dringend benötigte Komponenten von heute auf morgen nicht mehr lieferbar sind oder nur mit extrem langer Lieferzeit, verbunden mit hohen, meist nicht eingeplanten, Kosten zu beschaffen sind. Natürlich



Bild: WDI

VERFASST VON  
**Hendrik Nielsen**

Technical Sales  
Specialist FCP  
WDI AG

**LAYHER**

**LEISTUNGSRELAIS:**

**MONOSTABIL BISTABIL ELEKTRONISCH**

**HILFSKONTAKT ZWEISPULIG**

**HOCHLEISTUNGSRELAIS**



**MEHR: [www.layher-ag.de](http://www.layher-ag.de)**



## Präzise Spektralradiometrie von UV bis IR

**Wiederholgenauigkeit,  
Stabilität und rückführbare  
Messergebnisse mit der  
CAS 140D-Serie**

- ▲ Kalibrierte & maßgeschneiderte radiometrische Mess-Systeme für jede Applikation
- ▲ Exzellente spektrale Auflösung über weiten Wellenlängenbereich (200 – 2150 nm)
- ▲ Umfassendes Portfolio aus Spektralradiometern, Photodioden, Farbmesskameras, Goniometern, Ulbricht-Kugeln, Software und Kalibrierlichtquellen
- ▲ Perfekt für die Qualitätssicherung bei Displays, Automotive, IR-Sensing oder UV-LEDs



// 15.–18. November 2022  
in München, Stand B5.418

**We bring quality to light.**

### Die Obsoleszenz-Strategie von WDI

WDIs Obsoleszenz-Strategie unterstützt Kunden beim Reduzieren der Risiken, die durch abgekündigte Bauteile eintreten können. Dabei begleitet und unterstützt WDI seine Kunden insbesondere im Entwicklungsumfeld bei der Auswahl des für sie „richtigen“ Produktes, zeigt baugleiche Alternativen und „Second Sources“ auf und empfiehlt besonders gängige Spezifikationen und Bauformen. Von der Erstbemusterung und eventuell notwendigen Schaltungsanalyse, über die Prototypen- und Vorserienbelieferung bis hin zur klassischen Distributionsdienstleistung während der Serienfertigung können Kunden auf WDI zählen.

spielt hier auch die Corona-Pandemie, die die Welt nun seit Anfang 2020 in Atem hält, eine große Rolle. Wochenlang und wiederkehrende Lockdowns in Asien haben dazu geführt, dass Produktionen immer wieder stillstehen. Und als wenn die Pandemie und ihre teils dramatischen Folgen nicht ausreicht, sorgen Stromzuteilungen, bedingt durch stark gestiegene Energiekosten in China oder Wasserzuteilungen, notwendig durch anhaltende Dürre in Taiwan, ein quergestellter Containerfrachter im Suezkanal oder aber der russische Angriffskrieg in Europa für weitere teils existenzbedrohende Zustände in der gesamten Branche. Wer in Anbetracht dieser Situation das Obsoleszenz-Risiko immer noch vernachlässigt, dem werden immer schwierigere Zeiten bevorstehen.

Obwohl das Risiko der Obsoleszenz auch schon vor der Pandemie eigentlich jedem bekannt gewesen sein sollte, wurde das Thema viel zu häufig vernachlässigt. Obsoleszenzen verursachen jährlich Kosten in Höhe von mehreren Millionen Euro für ungeplante Re-Designs und dem damit verbundenen Rattenschwanz an Neuzertifizierungen, usw. gehen in den Entwicklungsabteilungen unzählige Stunden dadurch verloren, die dringend für die Entwicklung neuer Produkte notwendig wären. Sonderbeschaffungen aus fragwürdigen Quellen zu enormen Sonderkosten gehören zur Tagesordnung. Diese reaktiven Maßnahmen stellen die Unternehmen vor große Herausforderungen und können zu enormen Problemen und letztendlich zu einem Stillstand der Produktion führen, wenn dann doch keine passende Lösung mehr gefunden werden kann.

### Mit proaktivem Obsoleszenz-Management mögliche Risiken minimieren

Glücklicherweise sind viele Unternehmen bereits zu der Erkenntnis gekommen, dass ein proaktives Obsoleszenz-Management mit der richtigen Strategie ein Mittel ist, die Materialverfügbarkeit über den gesamten Produktlebenszyklus sicherzustellen. Die präventive Handhabung von Obsoleszenzen ist heutzutage ein unabdingbares Instrument, um vorausschauend Auswirkungen auf die Produktion und damit die Kosten zu minimieren. Es ist unabdingbar, dass das Obsoleszenz-Management fest in die Unternehmensorganisation eingebunden und fester Bestandteil sämtlicher Unternehmensprozesse, von der Entwicklung über die Beschaffung, die Fertigung und den Kundendienst, wird. Bereits ab der ersten Produktidee bzw. zu Beginn der Entwicklungsphase eines Produktes besteht das Risiko, dass die verwendeten Bauteile obsolet gehen. Im Laufe des Produktlebenszyklus erhöht sich dieses Risiko immer weiter. Kernaufgabe des Obsoleszenz-Managements ist daher, die Verfügbarkeit der Bauteile über den gesamten Produktlebenszyklus zu gewährleisten und Produktionsausfälle zu vermeiden oder mindestens zu reduzieren.

Die möglichen Auslöser für Obsoleszenzen können, wie oben bereits beschrieben, vielschichtig sein und die Risiken, die davon ausgehen, sind nicht minder vielfältig. Um für den Fall der Fälle richtig vorbereitet zu sein und auch in diesen kuriosen Zeiten sicher durch die Krise zu kommen, heißt es für den Anwender mehr denn je, frühzeitig und vorausschauend zu planen und Trends zu erkennen. Es gilt, Bedarfe für laufende Projekte so früh und vor allem so weit im Voraus wie möglich zu kalkulieren bzw. zu disponieren. Anders können wertvolle Produktionskapazitäten und, noch wichtiger, die benötigten Rohmaterialien

nicht gesichert werden und mögliche Materialengpässe sowie, im schlimmsten Falle, Produktionsstillstände, nicht mehr vermieden werden. Zukünftig gilt es, beim Ausarbeiten globaler Lieferketten auch unvorhersehbare Ereignisse – wie wir sie seit Monaten immer wieder erleben – zu berücksichtigen. Um Produktion und Lieferungen sicherer zu machen, muss mehr Sorgfalt schon auf den Aufbau breit aufgestellter Lieferantennetzwerke und die Auswahl zuverlässiger Handelspartner und Bezugsquellen gelegt werden. Lieferketten müssen solide, durchdacht und krisensicher aufgebaut werden und nicht nur nach ihrem Einsparpotenzial bewertet werden. Dabei ist es unabdingbar, so früh wie möglich mindestens eine „Second Source“ für ein Bauteil zu testen und freizugeben. Im Ernstfall kann dann bestenfalls auf eine oder mehrere unabhängig voneinander agierende und lokal voneinander getrennte, also „echte“ Second Sources, zurückgegriffen und ein möglicher Bandstillstand verhindert werden.

Bild: WDI

### Unterstützung der Kunden beim Reduzieren von Risiken

Leider nicht so selten wie man sich wünschen würde, erhalten wir von Kunden Stücklisten mit veralteten oder nicht mehr aktuellen Bauteilen, die für neue Produktentwicklungen angefragt werden. Im Dialog mit den Kunden stellen wir dann fest, dass das Design der Schaltung aus früheren Gerätegenerationen übernommen wurde, frei nach dem Motto „never change a running system“. Mit unserer Expertise sind wir in der Lage, die Kunden darauf aufmerksam zu machen und Bauteile der neuesten Generation mit größerer Effizienz und besserer Performance, womöglich in kleinerer Bauform, kostengünstiger und mit besserer Verfügbarkeit in der Zukunft anzubieten.

Die Anzahl unserer Vertragslieferanten hilft uns dabei, denn nur so können wir uns auf die echten Kernkompetenzen der von uns angebotenen Hersteller konzentrieren und „Cherry-Picking“ im Sinne des Kunden betreiben.

### Obsoleszenz-Management

| STRATEGISCH                                                                                                                                                                                                                                                                                               | PROAKTIV                                                                                                                                                                                                                                           | REAKTIV                                                                                                                                                                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Langfristige Lösungen</b>                                                                                                                                                                                                                                                                              | <b>Mittelfristige Lösungen</b>                                                                                                                                                                                                                     | <b>Kurzfristige Lösungen</b>                                                                                                                                                                                                                |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Strategische Auswahl der Bauteile zu Beginn der Entwicklung</li> <li>Alternative Bauteile (2nd und 3rd Source Produkte) bestimmen</li> <li>Maßnahmenkatalog entwickeln</li> <li>Neudesign mit Bauteilen neuester Generation</li> <li>Prozessüberwachung</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Verfügbarkeitsstatus bereits zu Beginn der Entwicklung prüfen</li> <li>Verfolgung des Verfügbarkeitsstatus über die Produktlebenszeit</li> <li>2nd und 3rd Source Produkte frühzeitig definieren</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Last-Time-Buy</li> <li>Langzeitlagerung</li> <li>Kostenintensive Sonderbeschaffung</li> <li>Alternativsuche für Ersatz</li> <li>Nachentwicklung</li> <li>Neuzulassung / Neuzertifizierung</li> </ul> |

Tabelle:  
Obsoleszenz-  
Management-  
Strategien.

Schließlich ist nicht jeder Hersteller mit all seinen Produkten gleich stark. Meist hat jeder eine klare Kernkompetenz, die oft nur einen kleinen Teil seines Gesamtportfolios ausmacht. Entscheidend für die Aufnahme eines Herstellers in unser Portfolio ist grundsätzlich die Frage, ob dies einen erkennbaren Mehrwert für unser Produktangebot und folglich auch für unsere Kunden mit sich bringt. Eine gewisse kontrollierte „Überschneidung“ im Produktportfolio ist gewünscht, oft hilfreich und technisch sowie kommerziell vernünftig – reduziert es so mögliche Abhängigkeiten zu einzelnen Herstellern für uns und unsere Kunden. Die Herausforderung ist und bleibt es, Trends zu erkennen sowie Stärken und Schwächen der einzelnen Hersteller auszumachen, ihre Kernkompetenzen zu kombinieren und aufeinander abzustimmen. Dem Anwender bieten wir damit ein technisch stimmiges und kommerziell wettbewerbsfähiges Gesamtportfolio sowie echte Unterstützung bei der Minimierung von Beschaffungsrisiken. (TK)



## Serie XGL6020

Leistungsinduktivitäten mit sehr geringen Verlusten

Coilcraft



- Derzeit niedrigster DC-Widerstand auf dem Markt – bis zu 50% niedriger als andere
- Nennstromstärken bis 33,0 Ampere mit weicher Sättigung
- Für Hochfrequenz-DC-DC-Wandler bis über 5 MHz
- Zwanzig Induktivitätswerte von 0,18 bis 10 µH



Spezialisierte Hersteller von  
MELF-Widerstände  
Hergestellt in Taiwan seit 1969

#### Partnerschaften fürs Leben



## SRM-Serie – impulsfeste MELF-Widerstände

### Eigenschaften:

- Nach AEC-Q200 qualifiziert
- Entspricht IEC60065 & UL1676
- Erfolgreich geprüft im Anti-Schwefeltest
- Spezieller Leitfilm für verbesserte Stoßspannungsfestigkeit
- SMD-fähige Alternative zum Kohlemassewiderstand
- Zulässige Stoßspannung: 2KV ~ 10KV maximal
- Typische 10µs-Impulsbelastbarkeit: 70W ~ 8000W maximal
- Erfüllt die Sicherheitsanforderungen nach VDE0860 unter Lizenznr. 40043961



Besuchen Sie uns auf der Messe  
München in Halle **A5**, Stand **129**

[WWW.FIRSTOHM.COM.TW](http://WWW.FIRSTOHM.COM.TW)



FIRST RESISTOR & CONDENSER CO., LTD.

9F., NO.233, Sec. 4, Xinyi RD., Da-an District, Taipei 10681, Taiwan.  
<http://www.firstohm.com.tw>  
TEL: +886 2 2705 1878 FAX: +886 2 2703 6701  
E-mail: [qrc@firstohm.com.tw](mailto:qrc@firstohm.com.tw)

## TAKTGEBER AKTUELLES

### HOCHFREQUENZ-VCXO

## Mit extrem niedrigem Jitter

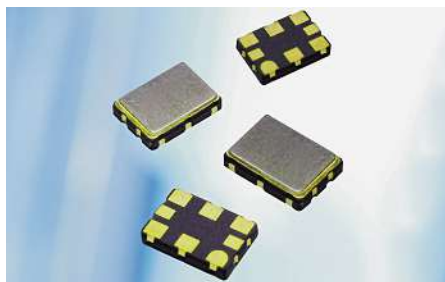


Bild: WDI

Die VCXOs der EG\_JF-Serie von Euroquartz (Vertrieb WDI) eignen sich für den Einsatz in Anwendungen, bei denen ein extrem niedriger Phasenjitter notwendig ist. Die EG\_JF-Serie bietet Frequenzen von 15 bis 2.100 MHz für CMOS-, LVPECL-, LVDS- und

CML-Differenzgänge oder 15 bis 700 MHz für HCSL-Differenzgänge. Die typische RMS-Phasenjitterleistung reicht von 151 fs bei 644,530 MHz bis zu 163 fs bei 2.000 MHz. Verbaut sind die VCXOs in einem hermetisch versiegeltem SMD-Keramikgehäuse mit Metalldeckel in der Standardbauform 7,0 mm x 5,0 mm.

Als Versorgungsspannung stehen 1,8 V  $\pm 5\%$  (außer LVPECL-Typen), 2,5 V  $\pm 10\%$  und 3,5 V  $\pm 10\%$  zur Auswahl, wobei die Stromaufnahme je nach Frequenz und Ausgangssignaltyp zwischen 70 und maximal 120 mA liegt. Die Alterung der Oszillatoren beträgt im ersten Jahr maximal  $\pm 3$  ppm, danach maximal  $\pm 2$  ppm.

[www.wdi.ag](http://www.wdi.ag)

### ONLINE-SHOP

## Präzisions-Timing-Lösungen in 48 Stunden

SiTime hat seinen Online-Shop „SiTime-Direct“ eröffnet, der vollständig kundenspezifische Präzisions-Timing-Lösungen liefert; die meisten davon sind innerhalb von 48 Stunden lieferbar. Es stehen über 150 Milliarden Konfigurationen zur Verfügung.

SiTimeDirect ermöglicht einen 24x7x365-Zugang zur vollständigen programmierbaren Architektur der SiTime-Bauteile auf [www.sitime.com](http://www.sitime.com). Ein Tool zum Generieren von Teilenummern ermöglicht die Konfiguration von bis zu zehn Timing-Spezifikationen, z. B. die Frequenz mit einer Genauigkeit von bis zu sechs Dezimalstellen, die Frequenzstabilität von  $\pm 0,1$  ppm bis  $\pm 50$  ppm, eine Vielzahl von Betriebsspannungen und die Stärke der Ausgangsansteuerung,



Bild: SiTime

die es ermöglicht, EMI zu minimieren. Nach der Konfiguration stehen verschiedene Versand- und Zahlungsoptionen zur Verfügung, und kundenspezifische Teile werden innerhalb von nur 48 Stunden ausgeliefert.

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

### SILIZIUM-OSZILLATOREN

## Oszillatoren ohne Taktgeber



Bild: CompoTEK

Im Gegensatz zu traditionell aufgebauten Oszillatoren funktioniert die Oszillator-Serie SSO32 von Suntsu (Vertrieb CompoTEK) ohne Taktgeber wie MEMS oder Quarze. Sie generieren Ausgangsfrequenzen und erzielen eine zuverlässige Taktung – auch bei

starker Umgebungsvibration, ohne Hilfe von Quarzen und MEMS.

Die integrierte Frequenzsynthese und der Temperatursensor können Frequenzspannen von 10 kHz bis zu 350 MHz erzeugen und halten dabei eine Frequenzstabilität von  $\pm 50$  ppm über  $-40$  bis zu  $85^\circ\text{C}$ . Dabei steigert der LDO und die Filterschaltung die Rauschunterdrückung der Stromquellen, um damit eine niedrige Jitter-Performance zu erzielen.

Die Oszillatoren eignen sich bestens für den Einsatz in Automotive- und Consumer-Elektronik-Anwendungen. Darüber hinaus lässt sich die Reihe auch in smarten Terminals, in Kommunikationsequipment sowie in Ethernet-Applikationen verwenden.

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

## OSZILLATOR

**Synchronisierter OCXO mit längerem Holdover**

IQD hat den synchronisierten OCXO IQCM-200 vorgestellt. Er ist auf einen Eingang von 1 PPS (Impulse pro Sekunde) und 1 PPS Ausgang synchronisiert. Infolge seiner außergewöhnlichen Holdover-Stabilität und Genauigkeit zählt dieses Produkt zu den synchronisierten OCXO der Superlative.

Der synchronisierte OCXO IQCM-200 ist Teil einer Reihe synchronisierter OCXOs, die von IQD erhältlich sind. Dieses spezielle Modell bietet die beste Holdover-Stabilität für die kleinste verfügbare Größe: Man kann also sicher sein, dass Geräte während einer Holdover-Periode weiterhin mit höchster Genauigkeit funktionieren.

Die erstklassige Holdover-Stabilität von bis zu  $1,5 \mu\text{s}$  über 24 Stunden bei  $0$  bis  $60^\circ\text{C}$  und typischerweise  $25 \mu\text{s}$  in 10 Tagen bei  $25^\circ\text{C} \pm 2\text{K}$  wird durch einen adaptiven Algorithmus erreicht. Die internen Parameter des Algorithmus, einschließlich der Wartungsalarme und Meldefunktionen, stehen dem Benutzer über eine serielle Schnittstelle zur Verfügung. Es wird eine Frequenzstabilität erreicht, die besser ist als  $\pm 0,02$  ppb.

Der IQCM-200 wurde von den Ingenieuren im IQD-Labor in Großbritannien ausgiebig getestet. In diesen kontrollierten Tests erreichte der IQCM-200 nach 10 Tagen eine sehr beeindruckende Holdover-Zeit von  $25,5 \mu\text{s}$ , was ideal ist, wenn eine Anwendung eine längere Holdover-Zeit als 24 Stunden erfordert. Die Tests ergaben zudem ADEV-Werte von 2,2 bis  $12 @ \tau = 1\text{s}$ .

Aufgrund seiner außergewöhnlichen Holdover-Zeiten ist dieses Produkt ideal für

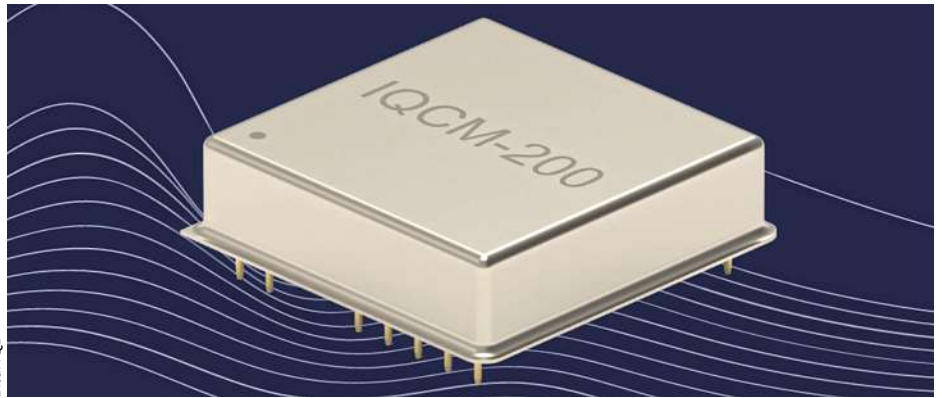


Bild: IQD

Anwendungen geeignet, die eine genaue Zeitreferenz, LTE- und 5G-Timing für die Telekommunikation und PTP-GM-Uhren mit der erforderlichen IEEE 1588-Holdover-Unterstützung benötigen, sowie außerdem für White-Rabbit-Anwendungen. Das Modell eignet sich hervorragend für Erzeugnisse im Energiesektor, die aufgrund der sich abzeichnenden Veränderungen und Anforderungen in diesem Bereich längere Holdover-Zeiten benötigen. Der IQCM-200 ist MiFID II-konform.

Der IQCM-200 ist Teil einer Serie, zu der auch die Modelle IQCM-140, IQCM-310, IQCM-112 und IQCM-100 gehören. Der IQCM-200 ist zwar größer als einige der anderen Modelle, weist dafür aber eine beispiellose Genauigkeit auf.

Darüber hinaus ist für diese Familie auch ein IQCM Evaluation Board erhältlich. Einzelheiten zu allen durchgeführten Tests, ein-

schließlich der 10-tägigen Holdover-Zeit, sind im IQCM-200-Handbuch zu finden, das man beim Vertriebs- und Support-Team unter [www.iqdfrequencyproducts.com](http://www.iqdfrequencyproducts.com) anfordern kann.

IQD ist seit nahezu 50 Jahren im Markt für Frequenzprodukte tätig. Das Unternehmen hat in seine Entwicklungs- und messtechnischen Fähigkeiten an seinem Hauptsitz in Großbritannien investiert, der auch als Kompetenzzentrum für Frequenzprodukte innerhalb der Würth Elektronik eiSos Gruppe fungiert.

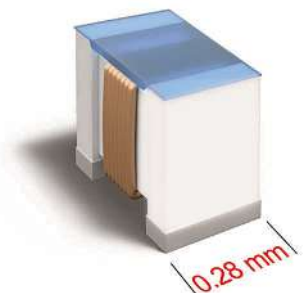
Damit wird sichergestellt, dass Kunden und Interessenten der bestmögliche Service geboten werden kann, für den IQD und Würth Elektronik weithin bekannt sind. Dieser Service, kombiniert mit hervorragender Qualität und Zuverlässigkeit, macht IQD zur besten Wahl bei synchronisierten OCXO.

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

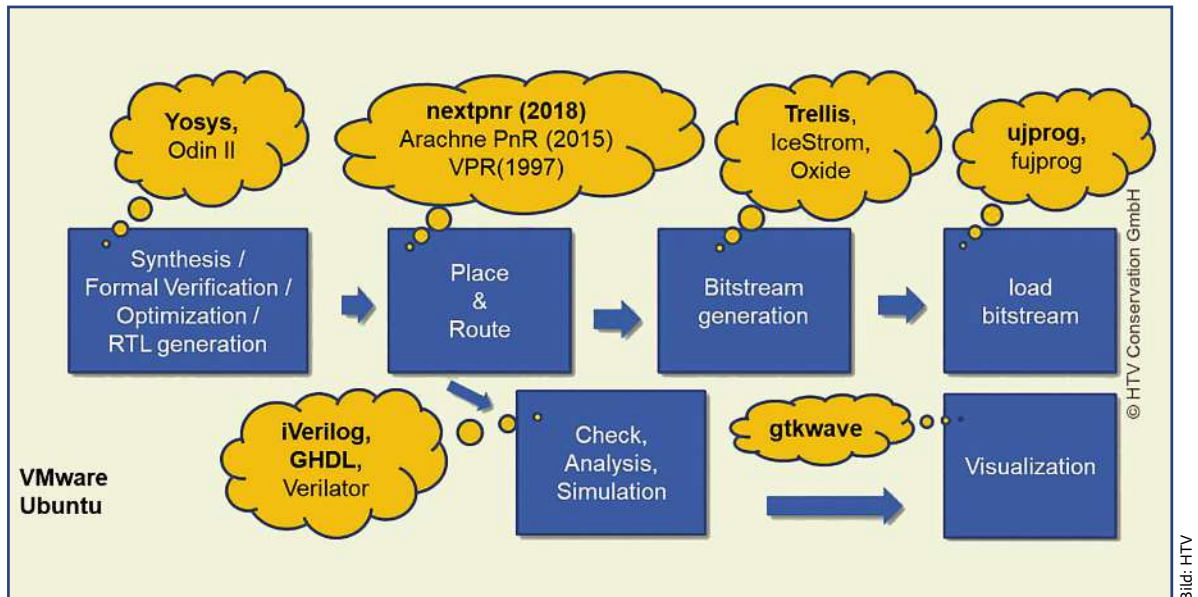
# Baureihe 016008C

Die weltweit kleinste gewickelte Chip-Induktivität!

- Nur  $0,47 \times 0,28$  mm Kantenlänge bei einer Höhe von  $0,35$  mm
- Wählen Sie aus 36 präzise gestaffelten L-Werten von  $0,45$  bis  $24$  nH
- Besserer Q-Faktor als alle Dünnschichttypen: Bis zu 62 bei  $2,4$  GHz
- Ideal geeignet für Hochfrequenzanwendungen, wie z. B. Mobilfunktelefone, Wearables und LTE/5G-IoT-Netze



**Bild 1:**  
Open-Source-Tools  
zum Erzeugen eines  
FPGA-Designs für die  
ECP5-Architektur  
von Lattice.



## QUELLOFFENE SOFTWAREWERKZEUGE

# Open-Source-Toolchain für FPGA-Entwicklung nutzen

Für das Programmieren von Field Programmable Gate Arrays, kurz FPGAs, sind immer mehr quelloffene Softwarewerkzeuge erhältlich. Diese können eine Alternative sein zu den proprietären Tools der Bausteinhersteller.

**F**PGAs (Field Programmable Gate Arrays) sind integrierte Schaltkreise der Digitaltechnik und kommen in vielen Gebieten der digitalen Elektronik zum Einsatz. Im Gegensatz etwa zu Mikrocontrollern ist die Schaltung eines FPGAs nicht fest in Silizium gegossen, sondern lässt sich in weiten Teilen frei konfigurieren und für spezifische Einsatzzwecke optimieren. Realisiert wird dies mit so genannten Look Up Tables (LUTs). Diese LUTs sind neben Flip-Flop-Logikgattern die fundamentalen Building-Blocks beziehungsweise Grundelemente eines FPGAs. Durch diesen Aufbau sind FPGAs sehr flexibel einsetzbar und können die ihnen zugedachten Aufgaben sehr schnell abarbeiten. Die Konfiguration, die sich auch im Nachhinein – eben im Feld – noch ändern lässt, wird als sogenannter Bitstrom in den Baustein geladen.

Die zum Programmieren von FPGAs notwendigen Tools sind zum überwiegenden Teil proprietär und auf bestimmte Bausteine des jeweiligen Herstellers abgestimmt. In den letzten Jahren sind jedoch immer mehr kostenlose Softwareprogramme veröffentlicht worden, die die FPGA-Entwicklung bei allen Entwicklungsschritten – Design

Entry, Synthesis, Simulation, Mapping, Place & Route und Programming – als Open-Source-Toolchain unterstützen. Die Entwickler von Open-Source-Tools verfolgen dabei mehrere Ziele: Sie wollen etwa eine Plattform- beziehungsweise FPGA-Architektur-unabhängige Softwareentwicklung ermöglichen, die Entwicklungszeit verkürzen und die Entwicklungskosten senken.

Wie in der Open-Source-Welt üblich, arbeiten an der Neuschöpfung und Optimierung erforderlicher Tools nicht nur einzelne Entwickler. Vielmehr schließen sich einzelne Experten mit Firmen zu Gruppen zusammen, die gemeinsam definierte Arbeitspakete abarbeiten. Mit dabei sind auch führende FPGA-Hersteller wie Xilinx (seit Anfang 2022 Teil von AMD) und Altera (seit 2015 Teil von Intel). Beispiele für solche Zusammenschlüsse sind die CHIPS Allianz (Common Hardware for Interfaces, Processors and Systems) und die F4PGA Gemeinschaft (vgl. [1] und [3]).

Dieser Artikel zeigt am Beispiel der FPGA-Architektur ECP5 der Firma Lattice Semiconductor (Lattice) eine mögliche Open-Source-Toolchain für die Schaltungsentwick-



Bild: HTV

VERFASST VON  
**Thomas Kuhn**

Assistent der Geschäftsleitung, Leitung Forschungs- und Entwicklungsprojekte und HTV Akademie  
HTV Halbleiter-Test & Vertriebs-GmbH

lung (Bild 1). Zum Einsatz kommt das FPGA-Board CS-ULX3S-01, für das bereits viele Programmbeispiele sowohl in den Hardware-Beschreibungssprachen (engl. Hardware Description Language, HDL) VHDL als auch Verilog veröffentlicht wurden ([2] und [8]). Dieses ist mit einem LFE5U-12F-6BG381I-FPGA mit 12k (12.000) LUTs ausgestattet und ist für etwa 140 Euro erhältlich.

Nach erfolgreicher Installation der Open-Source-Softwarewerkzeuge (vgl. Abschnitt 2) muss lediglich bei den Make-Dateien der Beispiele darauf geachtet werden, als verfügbare Anzahl an LUTs den Wert „12k“ dem RTL-Synthese-Werkzeug Yosys bekannt zu machen.

### Open-Source-Toolchain für die ECP5 FPGA-Architektur

Für die Ausführung der im Folgenden vorgestellten Open-Source-Tools wird eine Linux-Umgebung benötigt. Dafür eignet sich zum Beispiel eine virtuelle Maschine mit Ubuntu 20.04.4 LTS. Diese kann in der VMware Workstation 16 Player betrieben werden. Für die virtuelle Maschine wird ein Festplattenspeicher von 20 GB und ein Arbeitsspeicher von 8 GB für die fehlerfreie Installation der Open-Source-Tools empfohlen.

Eine FPGA-Hardware kann zum Beispiel mit den Hardwarebeschreibungssprachen VHDL oder Verilog model-

liert werden. Hier kommt zunächst eine Abstraktionsebene in der Hardware-Modellierung von integrierten Schaltkreisen zum Einsatz, die Registertransferebene (englisch Register Transfer Level, RTL). Beim Entwurf auf dieser Ebene wird das System durch den Signalfluss zwischen Registern spezifiziert. VHDL und Verilog erzeugen daraus High-Level-Darstellungen der Schaltkreise. Von diesen lassen sich Darstellungen auf niedrigeren Ebenen und schließlich die konkrete Hardware synthetisieren.

Für die RTL-Synthese von Verilog-Dateien eignet sich zum Beispiel die Open-Source-Software Yosys. Entwickler, die mit VHDL arbeiten, müssen dem Software-Tool noch ein spezielles GHDL-Plugin voranstellen (vgl. [5]). Yosys liefert als Ergebnis der Synthese eine vollständige Netzliste in unterschiedlichen Dateiformaten (zum Beispiel \*.json, \*.ebif, \*.bif und \*.edif) (vgl. Bild 3).

Das Tool Nextpnr ist anschließend in der Lage, die von Yosys gelieferte Netzliste zu verarbeiten. Die enthaltenen Elemente werden unter Berücksichtigung der gewählten FPGA-Architektur – im vorliegenden Fall ist die ECP5 – gepackt, platziert und miteinander verbunden. Nextpnr ist in der Lage, die Ergebnisse der einzelnen Schritte über ein GUI (Graphical User Interface) zu visualisieren (vgl. Bild 4). Das Tool erzeugt schließlich eine Konfigurationsdatei, aus der das Tool Trellis den finalen Bitstrom für das Gate-Array generiert. Das Übertragen dieses Bitstroms auf das

# Profitieren Sie vom Fachwissen hochkarätiger FPGA-Experten!

 **FPGA Conference**  
Europe

4. - 6. Juli 2023 | München

**JETZT  
TICKET  
SICHERN**

## FPGA-basierte Embedded-Systeme entwickeln

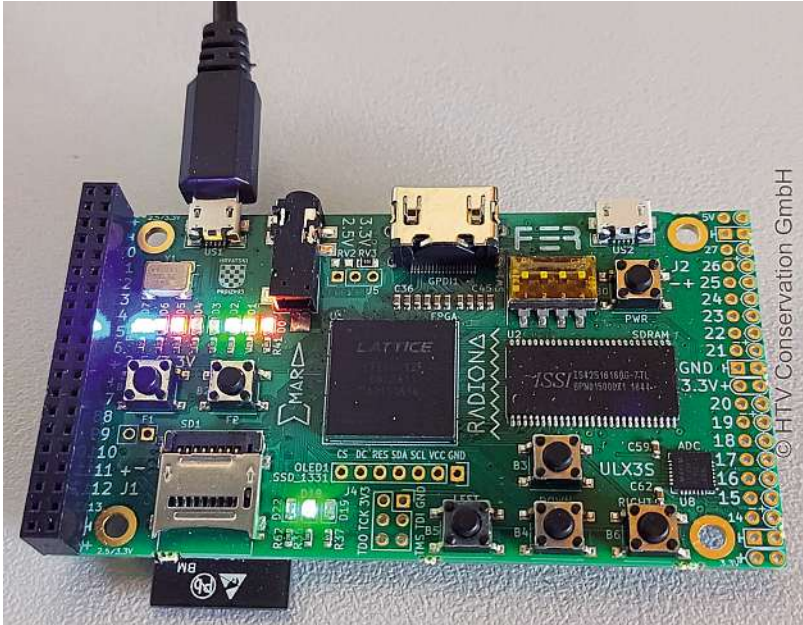
Im Mittelpunkt der Fachkonferenz stehen anwenderorientierte, praxistaugliche Lösungen, die Entwickler schnell in ihren eigenen Arbeitsalltag integrieren können.

[www.fpga-conference.eu](http://www.fpga-conference.eu)

Eine Veranstaltung von Marken und Partnern der  **VOGEL** COMMUNICATIONS GROUP

**ELEKTRONIK  
PRAXIS**

**PLC2**



**Bild 2:**  
FPGA-Board CS-  
ULX3S-01 mit ECP5  
FPGA-Technologie  
der Firma Lattice.

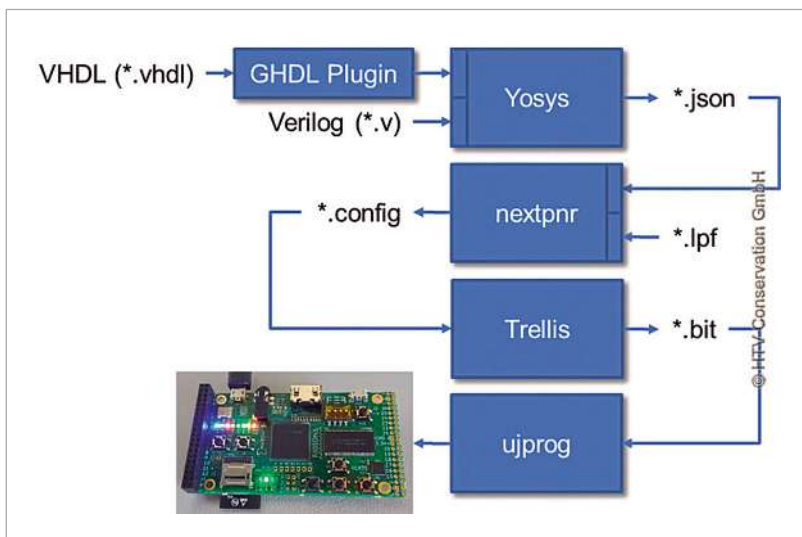
FPGA können dann Softwarewerkzeuge wie `ujprog` und `fujprog` übernehmen. Soll das FPGA-Design näher untersucht und zudem visualisiert werden, steht für die grafische Ausgabe der Signale die Software `GTKWave` zur Verfügung (vgl. Bild 5). Für das Erzeugen der Signalverläufe können abhängig von der eingesetzten Hardwarebeschreibungssprache die Simulatoren `GHDL`, `iVERILOG` oder `VERILATOR` eingesetzt werden.

Praktisch: Die Open-Source-Tools liefern darüber hinaus passende Datenformate für die gängigen Softwarewerkzeuge der FPGA-Hersteller, um somit auch bei Zwischenschritten als externe Tools beim FPGA-Entwicklungsprozess eingebunden werden zu können.

**Bild 3:**  
Mit der Kombination  
von Yosys und GHDL  
kann aus Verilog oder  
VHDL Beschreibungen  
eine RTL Synthese  
durchgeführt  
werden.

### Yosys – RTL-Synthese

Zum Erzeugen der benötigten Netzliste mit der Bezeichnung `design.json` wird dem Programm Yosys die Verilog-Datei (`design.v`) unter Angabe der gewünschten FPGA-



Architektur – hier Lattice ECP5 – (`synth_ecp5`) und der erforderlichen Parameter übergeben (vgl. [10]):

```
yosys -p 'read_verilog design.v; synth_ecp5 -noccu2 -nomux -nodram -json design.json'
```

Liegen die Quelldateien für die FPGA-Entwicklung in VHDL vor, wird ein zusätzliches Plugin benötigt (vgl. [6]), das diese im Zusammenhang mit dem VHDL Simulator GHDL für Yosys passend konvertiert (vgl. [4]). Im Befehl zum Ausführen von Yosys muss das Plugin als Modul mit dem Befehlszusatz „-m ghdl“ hinzugefügt werden:

```
yosys -m ghdl -p 'read_verilog design.vhdl; synth_ecp5 -noccu2 -nomux -nodram -json design.json'
```

### Nextpnr – Mapping und Place & Route

Die von Yosys erzeugte Netzliste (`design.json`) wird `nextpnr` mit der Angabe der Architektur (`-ecp5`), der Anzahl der LUTs des verwendeten FPGAs (`--12k`) und einer Datei mit die Architektur betreffenden Einschränkungen (`constraints.lpf`) übergeben. `Nextpnr` führt anschließend das Packen, Platzieren und Verbinden der Elemente aus der Netzliste unter Berücksichtigung der gewünschten FPGA-Architektur durch:

```
nextpnr-ecp5 --12k --json design.json --lpf constraints.lpf --textcfg out.config
```

Ist es gewünscht, dass die Schritte für Place & Route auch grafisch ausgegeben werden, muss dem Befehl zum Aufruf von `nextpnr` noch der Zusatz „-gui“ hinzugefügt werden (vgl. Bild 4):

```
nextpnr-ecp5 --12k --json design.json --lpf constraints.lpf --textcfg out.config --gui
```

### Trellis – Erzeugung des Bitstroms

`libtrellis` ist eine C++-Bibliothek für ECP5-FPGAs. Die Dienstprogramme von `libtrellis` und zugehörige Datenbanken ermöglichen die Erzeugung und Bearbeitung von ECP5-Bitströmen. Aus den Funktionen eines FPGAs (Routing und Konfiguration der programmierbaren Logikblöcke) kann sowohl der zugehörige Bitstrom erzeugt werden, als auch aus einer Bitstromdatei die zugehörigen Funktionen wieder extrahiert werden. Obwohl `libtrellis` als Standardbibliothek verwendet werden kann, wird es im Projekt Trellis hauptsächlich als Python-Modul (`pytrellis`) verwendet. Trellis erzeugt in der OpenSource-Toolchain aus der von `nextpnr` erzeugten Konfigurationsdatei (`out.config`) den gewünschten Bitstrom (`top.bit`):

```
ecppack out.config top.bit
```

### Konfiguration des FPGAs

Der FPGA wird dann mit Hilfe von `ujprog` konfiguriert. Das Linux-Tool überträgt den Bitstrom über die USB-Schnittstelle des CS-ULX3S-01 Boards zum FPGA.

```
ujprog top.bit
```

### GTKWave – graphische Ausgabe der Signalverläufe

Für die graphische Ausgabe von Signalverläufen steht `GTKWave` zur Verfügung. Diese Open-Source-Software erhält die Daten für die Darstellung von Signalverläufen aus Simulatoren. `GHDL` wird für VHDL-Dateien verwendet (vgl. [4]), `iVERILOG` für Verilog-Dateien (vgl. [9]) und der `VERILATOR` für Verilog- und SystemVerilog-Dateien und Testumgebungen in C++ (vgl. [7]).

Nach der Installation von GHDL und GTKWave, werden der VHDL-Quelltext (design.vhdl) und auch die VHDL-Testumgebung (design\_tb.vhdl) auf syntaktische Fehler geprüft:

```
ghdl -s design.vhdl
ghdl -s design_tb.vhdl
```

Anschließend erfolgt die Analyse der Dateien:

```
ghdl -a design.vhdl
ghdl -a design_tb.vhdl
```

Danach wird alles synthetisiert und die simulierten Signalverläufe im VCD-Format abgelegt:

```
ghdl -e design_tb
ghdl -r design_tb --vcd=waveform.vcd
```

Der Aufruf von GTKWave zur Anzeige der simulierten Signale erfolgt dann mit dem Befehl:

```
gtkwave waveform.vcd
```

## Installation der Open-Source-Softwarewerkzeuge

Die folgenden Codezeilen installieren die oben verwendeten Tools Yosys, Nextpnr, Trellis, Ujprog:

```
sudo apt-get install build-essential clang bison flex \
libreadline-dev gawk tcl-dev libffi-dev git \
graphviz xdot pkg-config python3 \
libboost-system-dev \
libboost-python-dev \
libboost-filesystem-dev zlib1g-dev
```

```
git clone https://github.com/YosysHQ/yosys.git
```

```
cd yosys
```

```
make
```

```
sudo make install
```

```
git clone https://github.com/YosysHQ/nextpnr.git
```

```
cd nextpnr
```

```
sudo apt install libeigen3-dev
cmake -DARCH=ecp5 -DBUILD_GUI=ON -DTRELLIS_IN-
STALL_PREFIX=/usr/local -DCMAKE_INSTALL_PREFIX=/
usr/local .
```

```
make -j 4
```

```
sudo make install
```

```
git clone --recursive https://github.com/YosysHQ/prjtrellis
```

```
cd prjtrellis/libtrellis
```

```
sudo apt install libboost-all-dev
```

```
sudo apt install cmake
```

```
cmake -DCMAKE_INSTALL_PREFIX=/usr/local .
```

```
make
```

```
sudo make install
```

```
git clone https://github.com/emard/ulx3s-bin
```

```
sudo cp ulx3s-bin/usb-jtag/linux-amd64/ujprog /usr/local/
bin
```

Für den Zugriff unter Linux auf das FPGA-Board muss noch die Datei „etc/udev/rules.d/80-fpga-ulx3s.rules“ mit folgendem Inhalt erstellt werden:

```
# this is for usb-serial tty device
SUBSYSTEM=="tty", ATTRS{idVendor}=="0403", ATTRS{idProduct}=="6015", \
MODE="664", GROUP="dialout"
# this is for ujprog libusb access
ATTRS{idVendor}=="0403", ATTRS{idProduct}=="6015", \
GROUP="dialout", MODE="666"
```

Dann folgen noch die Installationen von GHDL, des benötigten Yosys-Plugins und von GTKWave:

```
git clone https://github.com/ghdl/ghdl.git
```

```
./configure --enable-synth
```

```
Make
```

```
sudo make install
```

```
git clone https://github.com/ghdl/ghdl-yosys-plugin.git
```

```
make
```

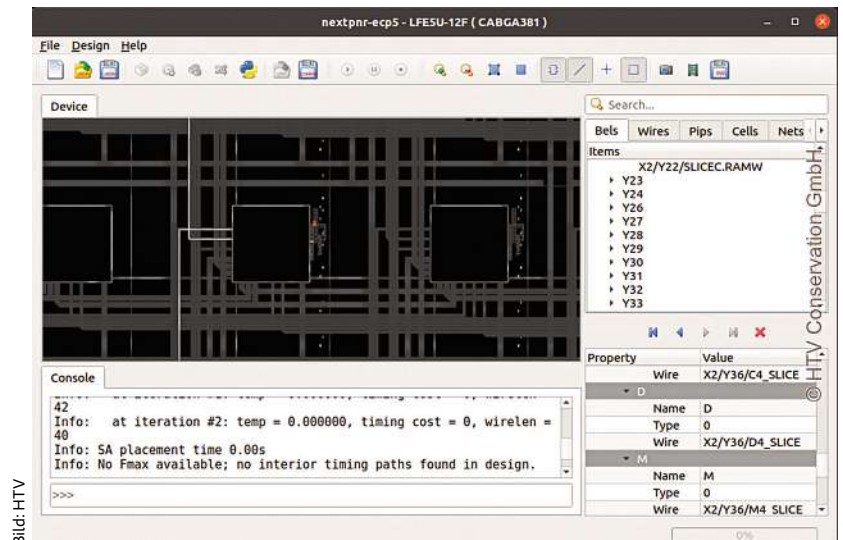


Bild: HTV

**Bild 4:** Grafische Ausgabe der Schritte Place & Rout mit der Open-Source-Software nextpnr.

```
sudo make install
```

```
sudo apt install gtwave
```

## Fazit

Die HTV Halbleiter-Test & Vertriebs-GmbH unterstützt seine Kunden bei der Entwicklung von FPGA-Hardware. Um Entwicklungskosten und -zeit einzusparen, werden dabei gerne Open-Source-Tools eingesetzt. In Zukunft geht HTV von einer weiter steigenden Anzahl unterstützter FPGA-Architekturen und einer vollständigeren Dokumentation bestehender Open-Source-Tools aus, da deren Entwicklung durch die FPGA-Hersteller und Universitäten unterstützt und von einer wachsenden Gemeinschaft von Entwicklern begleitetet wird. (ME)

## Literatur

- [1] CHIPS Alliance. CHIPS (Common Hardware for Interfaces, Processors and Systems) Alliance harnesses the energy of open source collaboration to accelerate hardware development. <https://chipsalliance.org/>, 2022.
- [2] Emard. ULX3S miscellaneous examples. <https://github.com/emard/ulx3s-misc>, 2022.
- [3] F4PGA. Innovate by reaching for the open source FPGA tooling. <https://f4pga.org/>, 2022.
- [4] GHDL. GHDL - the open-source analyzer, compiler, simulator and synthesizer for VHDL. <https://github.com/ghdl/ghdl.git>, 2022.
- [5] GHDL. GHDL-YOSYS-PLUGIN. <https://github.com/ghdl/ghdl-yosys-plugin>, 2022.
- [6] GHDL. GHDL-YOSYS-PLUGIN: VHDL synthesis (based on GHDL and Yosys). <https://github.com/ghdl/ghdl-yosys-plugin.git>, 2022.
- [7] Norbert Kremeris. Why use Verilator? [https://www.itsembedded.com/dhd/verilator\\_1/](https://www.itsembedded.com/dhd/verilator_1/), 2022.
- [8] ULX3S. link ULX3S LED. <https://github.com/ulx3s/blink.git>, 2022.
- [9] Stephen Williams. Icarus Verilog. <http://iverilog.icarus.com/>, 2022.
- [10] YosysHQ. Yosys Open SYnthesis Suite. <https://github.com/YosysHQ/yosys.git>, 2022.

## BAHNTECHNIK

# Steuerungen für moderne Bahnsysteme

Moderne Bahnsteuerungssysteme arbeiten auf Basis des mobilen Bewegungsblockprinzips. Aber welche Anforderungen müssen Hard- und Software eines solchen Steuerungssystems erfüllen?

VERFASST VON  
**Dr. Niklas Duda**  
Produktmanager  
Geschäftsgebiet  
Elektronik  
Heitec AG

Der Einsatz elektronischer Systeme ist mittlerweile auch in der Bahntechnik unverzichtbar. Dies beginnt bei der Steuerung und Kommunikation zwischen Fahrzeugen und Infrastruktur, den Zügen untereinander, zwischen Komponenten eines Zuges bei Diagnosefunktionen, Ortung, Sensorik, Informations- und Entertainmentsystemen u. v. m. und geht bis zu führerlosen Systemen. Die Verbindungen werden immer schneller und die Technik muss zuverlässig und kontinuierlich funktionieren sowie schnell reagieren. Ist dies der Fall, trägt dies entscheidend zur Betriebssicherheit, effizientem Datenmanagement, Entlastung der Mitarbeitenden und letztendlich auch zur Fahrgastzufriedenheit bei.

## Systeme auf Basis des mobilen Bewegungsblockprinzips

Im Unterschied zum herkömmlichen Bahnbetrieb, der auf dem statischen Blockprinzip aufgebaut ist, basieren neue CBTC (Communication-Based Train Control)-Systeme auf dem mobilen Bewegungsblockprinzip. Bisher durfte kein weiterer Zug einen durch einen anderen Zug belegten Streckenabschnitt befahren, was einen koordinierten und dichteren Bahnverkehrsfluss verhinderte. Eine Forderung modernen Verkehrswesens ist daher, die Schieneninfra-

struktur besser zu nutzen bzw. die Verteilung besser zu koordinieren, ohne Sicherheitsaspekte zu vernachlässigen. Bei dem mobilen Bewegungsblockprinzip bewegen sich die für einen Zug reservierten Streckenabschnitte mit dem Zug mit und haben eine minimale Länge, um noch einen sicheren Halt zu gewährleisten.

Dieser Ansatz erfordert eine genaue Standortbestimmung der Züge sowie einen hochleistungsfähigen, unterbrechungsfreien, bidirektionalen Zug-zu-Land-Datenstrom zwischen dem jeweiligen Zug und den (Wayside-) Anlagen an der Strecke – und darüber hinaus die entsprechende digitale Infrastruktur, welche die Vernetzung ermöglicht. Die übermittelten Daten umfassen z. B. Position, Richtung, Tempo und Bremsweg, wodurch der Platzbedarf des Zuges auf dem Gleis errechnet wird, andere Züge auf dem Gleisabschnitt blockiert und die Sicherheitsanforderungen festgelegt werden. Die genaue Berechnung, die mit moderner Technik erreicht wird, ermöglicht einen dichteren Zugbetrieb und höhere Beförderungskapazitäten mit dem Ziel optimaler Auslastung.

CBTC-Systeme sind dabei nach IEC 62290-1 in unterschiedliche Automatisierungsgrade, als Grades of Automation (GoA) bezeichnet, eingeteilt. Die Normen dieser Reihe definieren die System- und Schnittstellenanforderungen für Betriebsleit- und Zugsicherungssysteme, die

Die Plattform Hei-Sys ist dank ihrer modularen Struktur mit standardisierten Schnittstellen wie geschaffen für moderne Zugsysteme.



Bild: Heitec

für den Einsatz in schienenengebundenen Personennahverkehrsstrecken und -Netzen bestimmt sind. Je höher die Einteilung, desto höher sind auch die Anforderungen an Leistung, Funktionalität und Sicherheit. Die Einteilung geht dabei von GoA 0, was der Fahrt ohne Unterstützung entspricht, bis zu GoA 4, was dem vollständig autonomen Betrieb entspricht.

Geräte und andere Betriebsmittel im mobilen Einsatz sind kontinuierlich rauen Umgebungsbedingungen wie Feuchtigkeit, Staub oder elektromagnetischen Störungen ausgesetzt. Dazu sind in der Norm DIN EN 50155 Parameter festgelegt, die von in Schienenfahrzeugen eingebauten elektronischen Betriebsmitteln (u. a. im Hinblick auf die erforderliche Betriebstemperaturspanne, Feuchte, Schock, Vibration) erfüllt werden müssen. Zudem werden damit auch die Umwelt- sowie die elektrischen Bedingungen vorgegeben. Weitere Normen und zahlreiche Sicherheitsvorgaben setzen den Rahmen für sehr hohe Anforderungen. Deshalb müssen eingesetzte Systeme alle erdenklichen Störfälle bewältigen können.

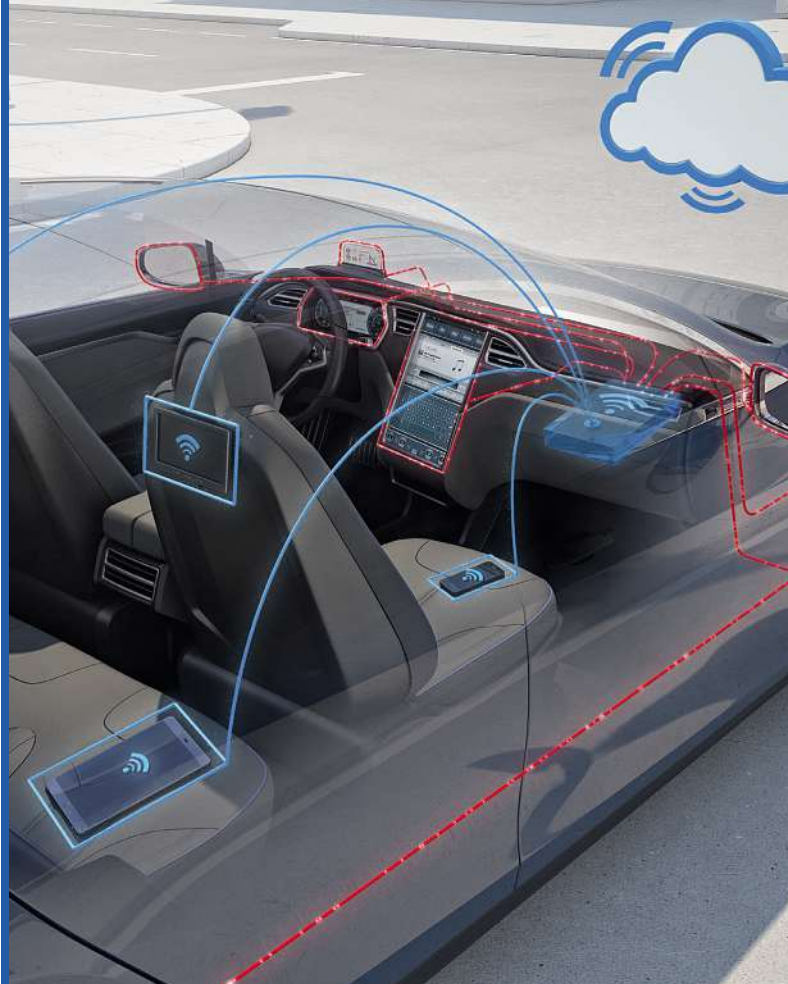
### Kostspielige und ärgerliche Störungen und Ausfälle

Störungen und Ausfälle sind nicht nur kostspielig und ärgerlich, sondern schlimmstenfalls gefährlich. Bei einem Ausfall der Kommunikation, etwa durch Interferenzen, Engpässen bei der Datenrate oder Signalschwächen, muss gewährleistet sein, dass entsprechende Maßnahmen wie eine Reduktion der Geschwindigkeit oder sogar das Stoppen des Zuges eingeleitet werden.

Für einen möglichst störungsfreien Betrieb ist Hochverfügbarkeit enorm wichtig. Je kompakter das System, desto weniger störungsanfällig und langlebig ist es normalerweise: So wird beispielsweise durch den Verzicht auf bewegliche Lüfter der mechanische Verschleiß verhindert. Dennoch muss es widerstandsfähig gegen Hitzeentwicklung – und, falls im Außenbereich angebracht, zusätzlich gegen Wettereinflüsse sein und trotzdem leistungstark genug, um alle Aufgaben verlässlich zu verrichten. Instandhaltung und -setzung müssen einfach durchzuführen sein und, da die technische Entwicklung nicht stehen bleibt, sollten auch potenzielle Updates möglichst einfach vorgenommen werden können.

Für die verschiedenen Funktionen ist uneingeschränkte Kommunikationsfähigkeit der Schlüssel. Services wie die Übertragung großer Datenmengen, schnell verfügbare Diagnose-Informationen, die Echtzeitübertragung von Steuer- und Statusinformationen oder Wi-Fi für die Passagiere erfordern moderne Wireless-Technik mit teils gegensätzlichen Anforderungen. Während für Passagier-Wi-Fi-Systeme die Datenrate wichtig ist, ist für Echtzeitübertragung kritischer Daten die Latenz und die Verfügbarkeit elementar.

Für die bidirektionale Kommunikation zwischen Gleisanlagen und Zügen nutzt ein CBTC-Kommunikationssystem meist Frequenzen der ISM-Bänder im 2,4- und 5-GHz-Bereich und den Wi-Fi-Standard. Mit Diensten über offene ISM-Bänder und sich daraus ergebenden potenziellen Störungen sowie je nach Anwendung zu hohen Latenzen wächst der Druck des Zuweisens spezieller Frequenzbänder. Zu beachten ist auch, dass bei globaler Nutzung die jeweilige Verbreitung von Funkstandards, freigegebenen Bändern oder die Nutzung vorhandener Anbieter-Netze variiert. GSM-R nutzt zwar eigene Frequenzen, erfüllt aufgrund seines Alters allerdings eine Vielzahl von anderen



AUTOMOTIVE

## Steckverbinder

Rosenberger steht für innovative Steckverbinder-Systeme, die in modernen Fahrzeugen unverzichtbar sind – heute und in Zukunft:

Ob FAKRA- oder High-Speed-FAKRA-Mini-Steckverbinder, High-Power- oder High-Speed-Daten-Steckverbinder, Hochvolt- oder Magnetsteckverbinder – Qualität und Zuverlässigkeit unserer Automotive-Systeme sind konzipiert für vielfältige Anwendungen:

- Fahrerassistenzsysteme
- Autonomes Fahren
- Navigation und Telematik
- Infotainment und Fond-Entertainment
- Internet und Mobilkommunikation
- Batterielade-Applikationen und Stromversorgung in Elektro- und Hybridfahrzeugen.

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

**Rosenberger**



## Taiwans führender Hersteller von konfektionierten Kabeln

Ihr bester Partner für hochwertig gefertigte, innovative Module

### Spezialisten für Design & Fertigung:

- Konfektionierte Mikro-Koaxialkabel
- Kabelbäume
- SMT-Baugruppen für OEMs/ODMs
- Smart-Antennen & mmWave-Radar



LVDS Mikrokoaxialkabel

### Für verschiedene Branchen.



Medizintechnik



Automotive



Intelligent Industry



Industrie



Überwachung



Consumer-Geräte

Wanshih Electronic x eelectronica 2022

Besuchen Sie uns auf der **Electronica 2022**

Cable Assemblies  
Wireless Solution

[www.wanshih.com.tw](http://www.wanshih.com.tw)

Termin

2022  
11/15 – 11/18  
TUE – FRI

Veranstaltungsort

Trade Fair Center  
Messe München

Stand  
HALL B5 – 328/1

Anforderungen nicht. Angesichts der erforderlichen Verfügbarkeit und der Bewältigung etwaiger Störungen ist deshalb das Ziel, auf mehr als nur eine Funkübertragungsmethode zu setzen. Jede dieser Methoden hat ihre Vor- und Nachteile. Ideal ist es, den jeweils besten Funkstandard für die jeweilige Situation und Aufgabe einsetzen zu können. Im Hinblick auf den neuesten Funkstandard 5G mit dessen Vorteilen wie höhere Datenraten und geringere Latenzen ergeben sich mehr Möglichkeiten. 5G-Anwendungen lassen sich – zusätzlich zu den höheren Frequenzen zwischen 24 und 52 GHz (aufgrund der nur wenige Millimeter umfassenden Wellenlänge auch als mmWave bezeichnet) – in den Frequenzbereichen existierender Mobilfunkstandards einsetzen, wodurch die schon bestehende Infrastruktur durch verhältnismäßig kleinere Anpassungen weiter genutzt werden kann. Daher bietet sich 5G als Nachfolger von GSM-R an und kann CBTC-Aufgaben, für die aktuell Wi-Fi genutzt wird, übernehmen oder zumindest redundant ergänzen.

Neben einer Vielzahl von Funkstandards muss ein Steuererchner auch je nach Einsatzgebiet mit verschiedensten Bordspannungen zurechtkommen. Die Bordspannung hängt dabei sowohl von lokalen Standards ab als auch von der Art des Zuges und liegt in der Regel zwischen nominell 24 bis 110 V. Anders als in vielen anderen Anwendungsbereichen darf die tatsächliche Spannung, basierend auf den in EN 50155 festgelegten Grenzwerten, relativ weit von der nominellen Spannung abweichen.

### Anforderungen an den Hard- und Software-Baukasten

Der Hard- und Software-Baukasten muss also die unterschiedlichsten Anforderungen erfüllen. Mit all diesen Parametern im Blick muss sowohl eine Neuimplementierung als auch ein Ersetzen existierender Systeme genau konzipiert werden. Robustheit und Wartungsfreundlichkeit sind elementar notwendige Bestandteile bei der Konzeption und -entwicklung. Das System muss möglichst alle gängigen Kommunikationsformen sowie drahtlose und -gebundene Standards sowie eine automatische, konstante Netzabdeckung unterstützen, die im Idealfall auch auf den Support künftiger Technologien ausgerichtet sind. Da sich dadurch einerseits die Systemkomplexität erhöht, andererseits aber im Notfall eine gründliche, einfache und sichere Fehlerdiagnose erforderlich ist und Komponenten bei Upgrades sowie im Servicefall leicht zu handhaben sein müssen, ergibt sich daraus ein Spannungsfeld, das die Systemarchitekten erfolgreich zu bewältigen haben.

Dank ihrer modularen Struktur mit standardisierten Schnittstellen ist die HeiSys-Plattform von Heitec wie geschaffen für moderne Zugsysteme und kann in unterschiedlichen Ausbaubauvarianten in verschiedensten Bereichen eingesetzt werden. Zu diesen Einsatzfeldern zählen u. a. Zentralrechner/Stationskontrolle, Passagierinformationssysteme, Gateways, Datalogger, Diagnose und Kommunikation. Fortschrittlichste Standard-Modultechnik mit COM-Express- und SMARC-Modulen bzw. der Kombination von beiden liefert die gewünschte Rechenleistung und benötigte Konnektivität. Durch die Zulassung nach DIN EN 50155, was optional Conformal Coating beinhaltet, ist das kompakte System für den mobilen Einsatz zertifiziert. Aufgrund des Verzichts auf bewegliche Teile wie Lüfter ist die Ausfallsicherheit signifikant erhöht und die MTBF (Mean Time Between Failures) deutlich vergrößert. Bei Upgrades und im Servicefall sind die Komponenten



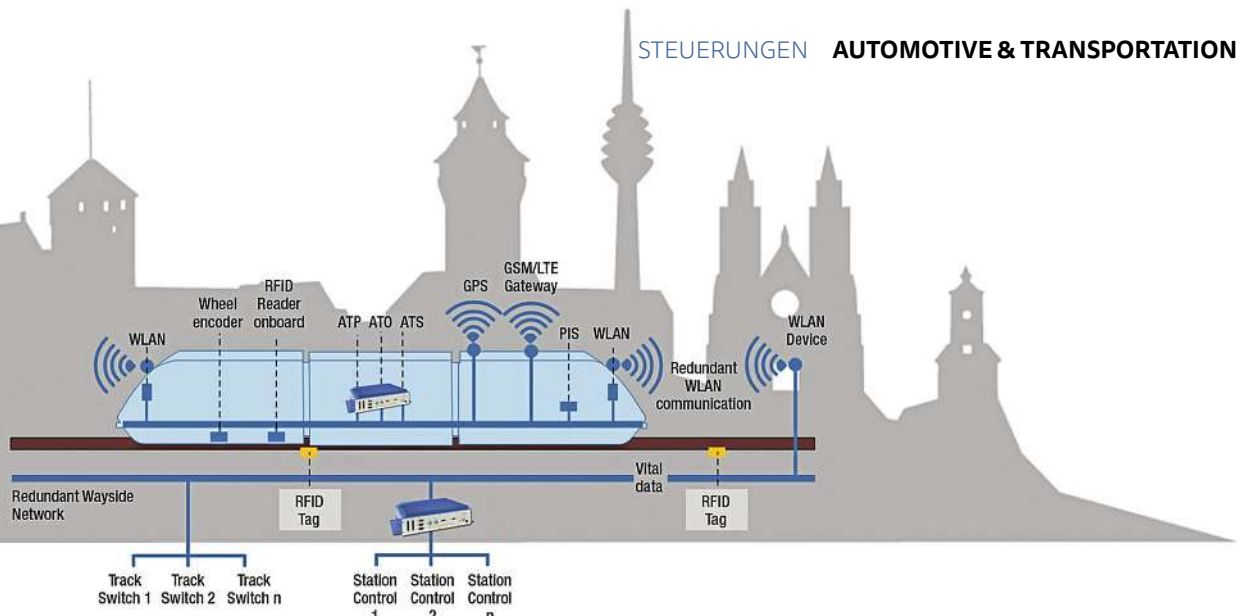
Besuchen Sie uns auf der  
electronica, Halle A1, Stand 159

## Not just EMS but solutions for your ideas

Die Zollner Elektronik AG ist mit über 55 Jahren Expertise im Bereich Electronics Manufacturing Services Ihr verlässlicher Partner für branchen- und technologieübergreifende Zukunftslösungen und gehört zu den Top 15 EMS-Dienstleistern weltweit. Schnell, flexibel, innovativ und mit einem Höchstmaß an persönlicher Betreuung unterstützt Sie ein Team aus 12.000 Menschen an 23 Standorten rund um die Welt dabei, aus Ihren Ideen Erfolge zu machen.

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

Bild: Heitec



**Einsatzbereiche:** die Embedded-System-Plattform HeiSys im Zug und außerhalb.

dennoch dank der modulbasierten Struktur leicht zu handhaben und aufgrund der Standardschnittstellen kann herstellerunabhängig auf eine große Anzahl von Modulen zurückgegriffen werden, wodurch langfristige Bauteilverfügbarkeit und Produktlieferbarkeit sichergestellt werden kann. Das HeiSys zugrundeliegende Konzept erleichtert die Realisierung von Fahrzeug-/Feldbussen wie MVB, Profibus, CAN oder auch EtherCat sowie den dauerhaften Kontakt per Ethernet, Wi-Fi, LTE/5G dank mehrerer Modems mit automatischer Netzabdeckungsanpassung für konstanten Datenempfang.

### Verschiedene Funkstandards gleichzeitig betreiben

Die verschiedenen Funkstandards – LoRaWAN, Wi-Fi, LTE, GPS, Bluetooth – können gleichzeitig verwendet sowie bestehende drahtgebundene Sensoren dank der modularen Schnittstellen weiterverwendet werden. Auch 5G und

mmWave werden unterstützt: Die M.2-Steckplätze können problemlos 5G-Module aufnehmen. Die Option für eSIM ermöglicht einen schnellen und einfachen Provider-Wechsel. Dadurch ergeben sich vielschichtige Verbindungsmöglichkeiten für die Sensorik.

Das Design ist darüber hinaus für Prozessormodule auf 25 W ausgelegt, unterstützt somit alle aktuellen und künftigen Core Designs und ist bereits für leistungsfähigere Module vorbereitet. Das System ermöglicht sowohl den Einsatz einer AC-Stromversorgung als auch einer Weitbereichs-DC-Stromversorgung von 24 bis 110 V plus der in EN 50155 definierten Toleranzen für verschiedenste Bordspannungen und den Betrieb im erweiterten Temperaturbereich zwischen -40 und 85 °C, wie er für viele Anwendungen in Transportation/Rail erforderlich ist. (TK)

## Dunkermotoren for PROFINET

**dunkermotoren**  
AMETEK®

**PROFI**  
INDUSTRIAL ETHERNET  
**NET**  
PROFIDRIVE AC1/AC4

**PI** CERTIFIED  
PROFIBUS + PROFINET



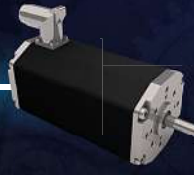
Controller



Supervisor



BGE 5510 **dPro** PN



BG 65 **dCore**



BG 75 **dPro** PN



BG 95 **dPro** PN

## AKKUTECHNOLOGIEN

# Auch bei Hochwasser sicher elektrisch unterwegs



Bild: Konzelmann

VERFASST VON  
**Dr. André Konzelmann**

Head of eMobility  
Konzelmann GmbH



Bild: Konzelmann

VERFASST VON  
**Volker Buchmann**

Business Developer  
eMobility  
Konzelmann GmbH

Zwar wurde frühzeitig bei der Akkuentwicklung für E-Fahrzeuge an Schutz bei Hochwasser gedacht. Überdruckventile bieten jedoch nur einen geringen Schutz. Die Lösung: ein neuartiges Sicherungselement.

**D**ie Bilder aus den Hochwassergebieten 2021 in Rheinland-Pfalz und Nordrhein-Westfalen sind in unseren Köpfen noch immer aktuell. Während man hierzulande vom Jahrhunderthochwasser und Ausnahmesituationen spricht, gehören Starkregen und Überschwemmungen beispielsweise in Monsunregengebieten zum Alltag. Gebäude stehen teilweise bis zum Dachgeschoss im Wasser – und so auch alles, was sich in den Häu-

sern und Garagen befindet. Bei Autos mit Verbrennungsmotor entsteht meist kein großer Schaden. Lediglich Heizung und Akku müssen ausgetauscht werden, dann läuft alles wieder. Doch was passiert mit modernen Akkuzellen, die in Energiespeichern, Elektrofahrzeugen und E-Bikes verbaut sind?

Elektrofahrzeuge nutzen in erster Linie Lithium-Ionen-Akkus als Energiequelle, die an Ladestationen mit Strom



„betankt“ werden. Sicherheit hat bei Lithium-Ionen-Akkus oberste Priorität. Auf den ersten Blick nicht sichtbar gibt es bei den Akkugehäusen eine in die Außenhülle eingebaute Notvorrichtung, die eine, zwei oder mehr Funktionen kombiniert. Doch was passiert, wenn Elektrofahrzeuge längere Zeit extrem hohem Wasserdruck ausgesetzt sind – etwa in einer gefluteten Tiefgarage? Zunächst die gute Nachricht: Die Steuerung der Akkus stoppt jedwede Bewegung von Elektronen, es kommt zum Stillstand. Doch halten die Akkus, besser gesagt das Gehäuse, auch dem Wasserdruck stand?

### Lithium-Ionen-Akkus: normalerweise bis zu einem Meter Wassertiefe sicher

Es ist wichtig zu wissen, dass die Notvorrichtungen nicht verhindern, dass Akkuzellen thermisch angeregt werden. Sie unterbinden jedoch, dass Druckwellen eine plötzliche Verformung des Gehäuses verursachen. Normalerweise sind Elektrofahrzeuge bis zu einem Meter Wassertiefe sicher, mehr ist bei den in der Schutzklasse IPx7 vorgeschriebenen Tests nicht erforderlich. Grundsätzlich ist bei Lithium-Ionen-Akkus ein Notentgasungs- bzw. Berstelement zwingend, das im Notfall bei einem drohenden thermischen Durchgehen für Entspannung sorgt.

Dieses Element deckt eine Vielzahl von Funktionen ab: Druckausgleich zum Ausgleich von Innen- und Außen-

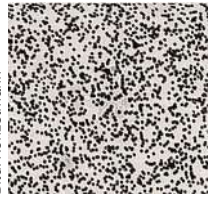


Bild: Konzelmann

**Bild 1:** REM-Aufnahme der Ventikon-Membran: geordnete Struktur, die sich partiell in einem Bereich konzentriert.

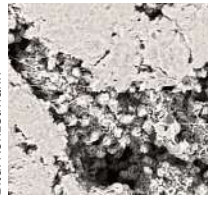


Bild: Konzelmann

**Bild 2:** REM-Aufnahme der PTFE-Membran: ein gepresster Wollknäuel mit unterschiedlich großen Öffnungen.

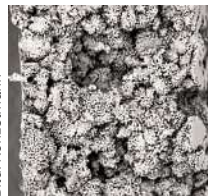


Bild: Konzelmann

**Bild 3:** Die PTFE-Membran im Anschnitt: eine Folie aus zusammengepressten Wollknäulchen.

Ein neuartiges Sicherungselement sorgt dafür, dass Elektroautos auch bei Hochwasser sicher unterwegs sind.

druckunterschieden bei Bergauf- und Bergabfahrten; Schließen der Entgasungsöffnung, damit kein Sauerstoff in die interne Verbrennungsquelle gelangt; Wiederöffnen zur Druckentlastung für weitere Vorkommnisse und Bersten, wenn es beim Öffnen einer Entgasungseinheit zu einem kritischen Zustand kommt.

### Die PTFE- und die Ventikon-Membran im Vergleichstest

Können Wassertiefen von mehr als einem Meter nun kritisch für diese Notvorrichtung werden? Die Hochwasserkatastrophe im letzten Jahr wirft Fragen auf, was etwa passiert, wenn ein Elektrofahrzeug in einer überfluteten Tiefgarage steht – ein WEP (Wassereintrittsdruck) von über zehn Metern ist durchaus möglich, Wassereintauchzeiten von mehreren Tagen sind denkbar. Zugfestigkeit und Kriechverhalten des Materials spielen dabei eine bedeutende Rolle.

In einer Testvorrichtung haben wir untersucht, welche Materialien geeignet sind, um auch Wassersäulen von mehr als einem Meter über einen längeren Zeitraum zu überstehen. Eine Wassersäule von einem Meter entspricht hier einem Luftdruck von 100 mbar. Verglichen wurde eine Standard-PTFE-Membran mit einer neuartigen Ventikon-Membran namens Ventikon von Konzelmann. Beide Membranen sind hydrophob und semipermeabel mit ähnlichen Eigenschaften, was die Luftdurchlässigkeit betrifft. 100 mbar sind für beide Membrantypen kein Problem. Bei 200 mbar zeichnet sich ein anderes Bild: Die PTFE-Membran bildet schnell Wassertropfen und wird ab einem Druck von 200 mbar (zwei Meter Wassersäule) wasserdurchlässig und wenn die Wassersäule weiter steigt zu einem offenen Wasserhahn. Die Ventikon-Membran dagegen zeigt keine Reaktion und erweist sich als geeignet für Wassertiefen von über vier Metern (400 mbar). Und auch Dauertests in zwei Meter Wassertiefe ergaben, dass die Ventikon-Membranen nach Wochen immer noch keine Einbußen in der Funktionsfähigkeit aufwiesen.

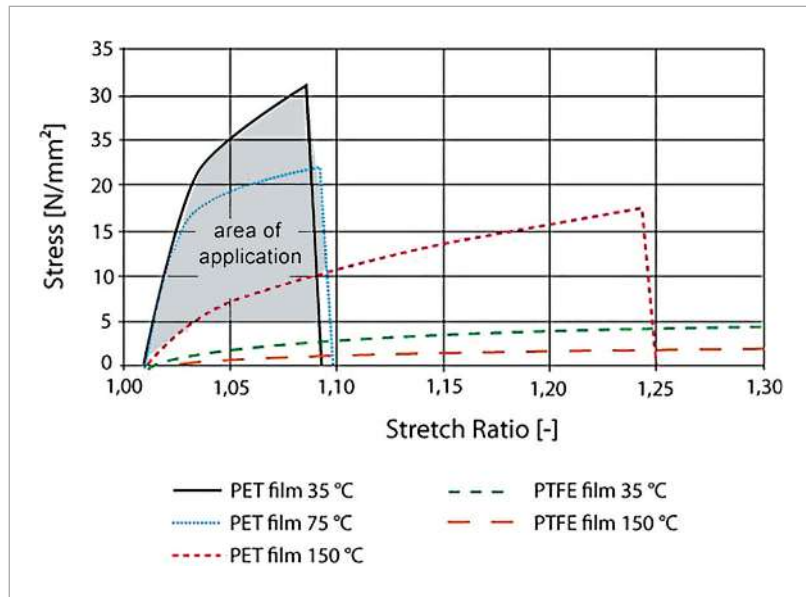
### Unter dem Rasterelektronenmikroskop sind große Unterschiede zu erkennen

Aufschluss über die unterschiedlichen Eigenschaften beider Membrantypen ergeben Rasterelektronenmikroskop-Aufnahmen (REM-Aufnahmen) und eine Analyse der unterschiedlichen Oberflächen: Die PTFE-Membran sieht eher wie ein gepresster Wollknäuel mit unterschiedlich großen Öffnungen aus, die allerdings durch die Struktur nicht durchgängig sind. Bei der Ventikon-Membran haben wir dagegen eine geordnete Struktur. Die REM-Bilder verdeutlichen auch die Materialdicke: PTFE mit ca. 150 µm und Ventikon mit einem Drittel der Dicke unterscheiden sich grundlegend. Während die ungeordnete Struktur der PTFE-Membran dafür Sorge trägt, dass Wassertropfen schon bei niedrigen Drucken einen Weg durch das Labyrinth finden, ergibt sich aus der geordneten Struktur bei der Membran aus Ventikon mit ihrem kleineren Lochdurchmesser (<1 µm) und damit kleiner als ein Wassertropfen (>0,5 mm) eine wesentlich höhere Wasserwiderstandskraft.

Ein Vergleich der Zugfestigkeit zeigt auch, dass die von Ventikon deutlich höher ist als die von PTFE. Ventikon hat bei Raumtemperatur eine Zugfestigkeit von über 20 N/mm<sup>2</sup>, während PTFE bei 3 N/mm<sup>2</sup> dauerhaft verformt wird. Daraus lassen sich ebenfalls Rückschlüsse auf die



Bild: Flood damage (July 2021) in Rathausstrasse, Hagen. / Barwinkel, Klaus / CC BY-SA 4.0 / Wikimedia Commons



**Bild 4:**  
Die Membran aus Ventikon zeigt im Test eine deutlich höhere Zugfestigkeit im Vergleich zur PTFE-Membran.

Toleranzen für Temperaturbereiche ziehen – Ventikon-Membranen haben auch bei Temperaturschwankungen eine viel geringere Toleranz, als vergleichbare Produkte aus PTFE. Diese liegt über dem Temperaturbereich von -40 bis 80 °C bei plus/minus 50 mbar. Dadurch ist sichergestellt, dass eine Notentgasung auch bei grenzwertigen Temperaturen funktioniert und die Fahrzeuginsassen entsprechend sicher sind.

### Speziell geeignet für immersionsgekühlte Lithium-Ionen-Akkus

Besonders vorteilhaft erweist sich die Ventikon-Membran von Konzelmann und das zugehörige Sicherungselement K-Berstring bei den aktuell im Trend liegenden immersionsgekühlten Lithium-Ionen-Akkus. Diese sind mit Unterdruck befüllt und öffnen bei einem geringen Überdruck, wodurch eine Asymmetrie zwischen dem inneren Unterdruck und dem äußeren Berstdruck entsteht. Dafür ist der K-Berstring mit einer gasdichten Membran besser geeignet als mechanische Systeme. Zwar können mechanische Lösungen wie eine Berstscheibe (rupture disc) oder ein beweglicher Zylinder diesen asymmetrischen Druck grundsätzlich abfangen, sie lassen sich allerdings nicht auf einen individuellen Berstdruck einstellen. Dabei wird betrachtet, dass die Öffnungsfläche des Spaltes einer mechanischen Lösung gleich ist zum Querschnitt unserer Lösung.

**„Grundsätzlich ist bei Lithium-Ionen-Akkus ein Notentgasungs- bzw. Berstelement zwingend, das im Notfall bei einem drohenden thermischen Durchgehen für Entspannung sorgt.“**

Dr. André Konzelmann

### Berstdruck und Druckausgleich individuell an die Anforderungen des Akkus anpassen

Mit dem K-Berstring und den verschiedenen Ventikon-Membranen können sowohl Druckausgleich, Druckausgleich und Bersten als auch nur Bersten realisiert werden. So können Berstdruck und Druckausgleich individuell an die Anforderungen des Akkus angepasst werden.

Ein Druckausgleich ist immer notwendig, egal welche Akkuchemie verwendet wird. Allein durch Temperaturunterschiede entstehen Druckunterschiede zwischen innen und außen, etwa, wenn man an heißen Tagen in eine Waschstraße fährt. Gleiches gilt für Steigungen und Gefälle. Ein Extrem stellt aber sicherlich der Transport per Luftfracht dar – insbesondere der Sinkflug hat hier einen signifikanten Einfluss auf den Druckausgleich. Daher sind Druckausgleichselemente immer wichtig, damit die Dichtungen des Akkugehäuses nicht zu stark belastet werden. Der oben beschriebene Berstring mit einem großen Berstbereich löst bereits bei einem niedrigen Druck ab 50 mbar aus, genauso wie bei größeren bis zu 2.000 mbar.

Bild: Konzelmann

### Wie sich Produktentwicklungen schneller realisieren lassen

Die REM-Aufnahmen sind aber auch für eine weitere Betrachtung von Bedeutung, nämlich bei dem sogenannten End-of-Line-Test (EOL). Mit einer wollknäuelartigen Membran sind solche Tests komplizierter: Entweder wird mit einer Wassersäule über einen Zeitraum von 30 Minuten stichprobenartig geprüft, oder man verwendet Flüssigkeiten, die das Produkt kontaminieren, was zu einer Nachbereitung führt, wenn man Korrosion verhindern will. Aber wie testet man nun das Ergebnis nach der Nacharbeit? Materialien, die nicht kontaktfrei geprüft werden können, sind immer kritisch für Sicherheitselemente. Die Ventikon-Membran hingegen kann schnell und einfach mit einer Druckdifferenzmethode geprüft werden. Außerdem ist eine optische Prüfung möglich und das Bild kann einem Datamatrixcode (DMC) zugeordnet werden.

Da das Sicherungselement wie ein Baukastensystem konzipiert ist, lässt sich dasselbe Design mit unterschiedlichen Membranen individuell an verschiedene Produktanforderungen anpassen. Indem Struktur- und Strömungssimulation mit Tests verbunden werden, sind Produktentwicklungen in kürzester Zeit möglich. Für die Vorhersage und Validierung der Funktionen kommen sogenannte ROBB-Prüfkörper (Rupture, Opening, Bursting and Breathing) zum Einsatz und werden getestet. Diese Tests werden mit den Simulationsergebnissen verglichen und an das kundenspezifische Produkt angepasst.

### Sichere E-Mobilität in Hochwasser- und Monsunregengebieten

Dieser Ansatz reduziert die Vorentwicklungszeit auf wenige Tage, indem die Funktion definiert und die Basis für die Produktrealisierung geschaffen wird. Dies ermöglicht eine vereinfachte Produktion und Konstruktion gegenüber herkömmlichen Lösungen bei gleichzeitig reduzierten Kosten. Das Design ist ein extrem sicheres Sicherungselement, das sich durch eine deutlich erhöhte Wasserbeständigkeit auszeichnet und so Elektromobilität in Hochwasser- und Monsunregengebieten sicherer macht und zudem auch für immersionsgekühlte Akkus geeignet ist. (TK)

## IOT GATEWAY

## Für raue Einsatzbereiche konzipiert

Das multifunktionale Automotive-IoT-Gateway NG800 von NetModule ist für den rauen Einsatz in Kommunalfahrzeugen wie Müllabfuhr, Winterdienst, Straßenreinigung, Bewässerung und Landmaschinen konzipiert. Es ermöglicht die drahtlose Kommunikation und die Übertragung der gesammelten On-Board-Daten in ein anderes Netzwerk oder Cloud-Anwendungen. Dazu integriert das Gateway ein LTE-Modem, einen eUICC-fähigen SIM-Chip, WLAN 802.11abgn, GNSS mit Dead Reckoning und Bluetooth Low Energy (BLE). Über einen Molex-CMC-48-Pin-Stecker können kabelgebundene Schnittstellen wie CAN, Fast Ethernet, Automotive Ethernet oder ISOBUS für Agraranwendungen angeschlossen werden.

Die RED-Zertifizierung sowie die E1-Kennzeichnung auf Basis der KBA-Zulassung runden den NG800 ab. Es können anspruchsvolle Telematik-Anwendungen wie Flottenmanagement, vorausschauende Wartung oder Nachverfolgung von Gütern realisiert werden. Der Kabelbaum für die diversen Schnittstellen, die flexiblen Montagemöglichkeiten dank des wasser- und staubgeschützten Gehäuses mit Schutzklasse IP65 sowie die eSIM für die einfache Vertragsverwaltung tragen dabei zur Reduktion der Gesamtkosten bei.

Das modulare Konzept aus Software, Elektronik und mechanischen Komponenten erlaubt die Optimierung für spezifische Anwendungen. Für die äußere Gestaltung des Geräts wurde das Gateway NG800 2019 mit dem begehrten Red Dot Design Award in der Kategorie Product Design ausgezeichnet.

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

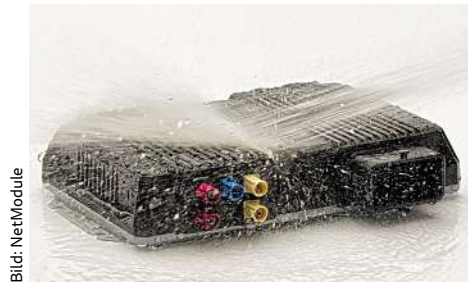


Bild: NetModule

## RAILWAY-COMPUTER

## Fit für künftige Bahnanwendungen



Bild: Syslogic

Der Intel-Atom-basierende Railway-Computer RML-R 82 von Syslogic basiert auf der Prozessorplattform x6000E. Er ergänzt die X86-basierenden Embedded-Systeme für den Bahneinsatz und eignet sich als Vehicle-to-Cloud-Unit, zum Erfassen von Telemetriedaten und als Train Management System.

Die Prozessorplattform x6000E von Intel Atom (Elkhart Lake) bietet gegenüber dem Vorgänger fast die doppelte Rechenleistung bei ähnlichem Stromverbrauch. Damit ist der RML-R 82 fit für künftige Bahnanwendungen. Unterstützt wird zudem Time-Sensitive Networking (TSN), was Echtzeitanwendungen ermöglicht. Der Railway-Computer RML-R 82 wurde konsequent für den Bahneinsatz entwickelt und erfüllt EN50155, OT4. Er bietet eine Netzausfallüberbrückung von mindestens 10 ms nach EN50155, Klasse S2, sowie 50155-Konformität in Hinblick auf Schock und Vibration (EN61373), EMV und Isolationsanforderungen. Zudem erfüllt er die Brandschutznorm für Schienenfahrzeuge nach EN45545-2.

Der RML-R 82 ist über Weitbereichseingänge für Gleichspannung zwischen 16,8 und 137,5 V konfigurierbar. Er bietet serielle COM-Schnittstellen und ist mit Digital-I/O oder Analog-Inputs erweiterbar. Das Mainboard hat einen CAN-Controller, der neben Highspeed-CAN (ISO 11898-2) und Lowspeed-CAN (ISO 11898-3) auch CAN-FD unterstützt. Die CAN-Schnittstellen lassen sich bei Bedarf rückwirkungsfrei konfigurieren. Wahlweise lässt sich der Bahnrechner mit 5G, 4G, LTE (UMTS/GSM Fallback) konfigurieren.

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

Die Guten  
ins Töpfchen

...

Schlechte Teile kommen an  
uns garantiert nicht vorbei!

Mehr darüber, wie MCD Testsysteme die Qualitätssicherung in Ihrer Produktion revolutionieren können, erfahren Sie unter [mcd-elektronik.de](http://mcd-elektronik.de)

## AUTOMOTIVE SPICE

# Interview mit Andrei Donciuc von Kugler Maag Cie

Um belastbare Arbeitsabläufe zu fördern, hat der VDA Automotive SPICE als Prozessreferenzmodell für die System- und Software-Entwicklung entwickelt. Nun gibt es auch Ergänzungsmodelle dazu.

DAS INTERVIEW FÜHRTE  
**Thomas Kuther**  
ELEKTRONIKPRAXIS

Die Automobilindustrie war lange Jahre intensiv damit beschäftigt, die Qualität der Softwareentwicklung für Steuergeräte sicherzustellen: Um belastbare Arbeitsabläufe zu fördern, hat der VDA Automotive SPICE als Prozessreferenzmodell für die System- und Softwareentwicklung entwickelt. Viele Jahre später gibt es jetzt auch Ergänzungsmodelle zu Automotive SPICE, welche die Besonderheiten bei der Entwicklung von Hardware- und Mechanik-Komponenten in den Blick nehmen. Zu diesem Themenkomplex unterhielten wir uns mit Andrei Donciuc, Managing Consultant bei Kugler Maag Cie.

**Herr Donciuc, wie kommt es, dass es gerade jetzt möglich wird, mit Automotive SPICE abgestimmte Arbeitsabläufe für die gesamte Mechatronikentwicklung aufzusetzen?**

Mechanikentwicklung ist eine alte Disziplin, allerdings hat sich in den letzten 100 Jahren einiges getan. Jedes mechanische Bauteil wird heute mit Software-Tools entwi-

ckelt. So lassen sich sehr komplexe Formen ausrechnen und mit modernen Methoden produzieren. Zudem werden die Schnittstellen immer komplexer, da die Mechanik viel mehr Funktionen erfüllen muss. Daher war es höchste Zeit, für die Industrie ein Best Practice und einen gewissen Standard zu etablieren. Schließlich umfasst ein mechatronisches System alle drei Disziplinen: Embedded-Software (SW) oder -Hardware (HW) sowie die Mechanik (ME). Es ist also wichtig, dass die Komponenten der jeweiligen Disziplin qualitativ hochwertig sind. Ein System ist schließlich höchstens so gut, wie das schwächste Glied.

Alle drei Disziplinen werden immer komplexer. Bei mechanischen Bauteilen ist dies bedingt durch modellbasierte Entwicklung, Rechnerkapazität sowie neue Produktionstechnologien. Es gibt auch eine Vielzahl an hochkomplexen Schnittstellen zur „EE HW“ und von „EE HW“ zu „SW“. Bei ME und HW sind zudem die spät gefundenen Fehler aufwendiger zu korrigieren als in der SW-Entwicklung. Und so ist es die Philosophie von Automotive SPICE und der entsprechenden Plug-Ins, Fehler sehr früh zu identifizieren und diese zu korrigieren. In jüngster Zeit sind zudem Rückrufaktionen bekannt, die den Ursprung in rein mechanischen Komponenten hatten. All diese Punkte waren die Motivatoren, entsprechende Plug-Ins zu Automotive SPICE zu entwickeln.

**Von wem stammen diese SPICE Plug-Ins für die Mechanik- und Hardwareentwicklung?**

„SPICE for Mechanical Engineering“ und „SPICE for Hardware Engineering“ wurden von ehrenamtlichen intacs-Arbeitsgruppen entwickelt, dem International Assessor

## ZUR PERSON

## Andrei Donciuc

Dipl.-Ing. Andrei Donciuc studierte an der Technischen Universität München (TUM) Elektrotechnik und begann seinen Berufsweg als System Engineer bei der Konzept Informationssysteme AG. 2018 wechselte er zu Kugler Maag Cie, wo er zunächst als Senior Process Consultant arbeitete. Seit 2020 ist er dort Managing Consultant.

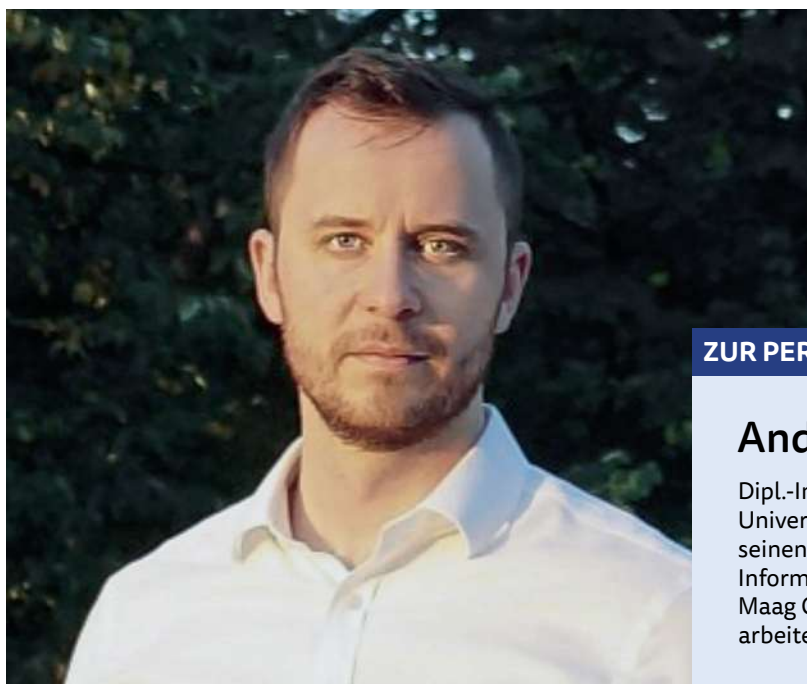


Bild: Kugler Maag Cie

Certification Scheme. Die Arbeitsgruppen setzen sich zusammen aus Experten der entsprechenden Disziplinen sowie aus den Bereichen von Automotive SPICE und dem Automotive Engineering. Dabei wird besonders darauf geachtet, dass jede Arbeitsgruppe aus Vertretern von OEMs, Zulieferern sowie Consulting- und Dienstleister-Unternehmen besteht. So wird sichergestellt, dass ein breites und tiefes Fachwissen vorhanden ist. Dabei ist Ziel der ME-SPICE-Arbeitsgruppe, nicht nur ein Modell zu erstellen, das die Best Practices der Industrie in der Mechanikentwicklung dokumentiert, sondern zugleich dazugehörige Trainings- und Prüfungsunterlagen zur Verfügung stellen kann.

### Das SPICE-Plug-In für die Mechanikentwicklung unterscheidet zwischen der System- und der Komponentenebene. Was war die Absicht, diese beiden Ebenen zu trennen?

In „SPICE for Mechanical Engineering“ ist eine Mechanik-Komponente als Basisstufe definiert. Nach der Definition kann diese Komponente bei der Entwicklung als Black-Box betrachtet werden. Dabei ist ein mechanisches System eine Kombination mehrerer mechanischer Komponenten. Die zwei Ebenen im Modell spiegeln die Entwicklung in der Praxis wider. Denn auf der Mechanik-Systemebene unterscheiden sich die Prozesse, Methoden und Tools von der Entwicklung auf der Mechanik-Komponentenebene.

### Im Gegenzug zum doppelten V der Engineeringprozesse in der Mechanikentwicklung sieht das SPICE-Plug-In zur Hardwareentwicklung ziemlich einfach aus: zwei Zwillingsprozesse auf beiden Seiten des V-Modells. Was unterscheidet das Hardware-Engineering von anderen Bereichen wie Maschinenbau oder Softwareentwicklung?

Die Entwicklung von Elektronik-Hardware ist nicht einfacher als die mechanische Entwicklung. Stärker noch als bei der Softwareentwicklung spielt dabei die Funktionale Sicherheit eine Rolle: Für die Hardware gibt es aus Safety-Sicht besondere Metriken, wie Toleranzzeiten oder die Wirksamkeit von Sicherheitsmechanismen. Diese müssen durch besondere Tests nachgewiesen werden. Um dies sicherzustellen, hat die Hardware-Arbeitsgruppe nicht

nur vier Prozesse definiert, sondern auch Hardware-spezifische Ergänzungen für bestehende Prozesse des Automotive-SPICE-Modells vorgeschlagen.

### Wenn Sie die mechatronische Entwicklung aufeinander abstimmen wollen, stoßen sie schnell auf die Schwierigkeit, dass Software in viel kürzeren Zyklen entwickelt wird als die Hardware. Bei der Mechanikentwicklung kommen noch lange Vorlaufzeiten hinzu. Wie integrieren Sie in der Praxis diese unterschiedlichen Vorgehensweisen miteinander?

Die unterschiedlichen Entwicklungszyklen sind kein großes Problem. Wichtig ist das Timing. Es müssen zeitliche Synchronisationspunkte definiert werden, an denen einzelne Komponenten miteinander integriert werden können. Etwa wenn SW zweiwöchentliche Zyklen, HW monatliche und ME dreimonatliche Entwicklungszyklen durchlaufen. Zu einem bestimmten Zeitpunkt müssen alle Komponenten freigegeben und miteinander integriert werden. Diese zeitlichen Synchronisationspunkte müssen klar definiert sein.

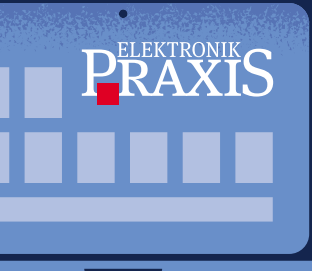
Es kann weiterhin sein, dass nach der Erstfreigabe des Systems (SW + HW + ME), eine neue Systemversion nur durch SW-Änderungen hervorgerufen wird, d. h. eine neue Software wird auf bereits vorhandene Hardware und Mechanik aufgespielt. Die Systemfunktionalität wächst aufgrund von Software-Änderungen. Man wartet also nicht auf die neue Hardware- und Mechanik-Version, sondern entwickelt das System durch SW-Entwicklung weiter.

### Was sagen Anwender, wenn Sie mit ihnen über ihre Entwicklungsprozesse sprechen?

Bisher habe ich ausschließlich positives Feedback bekommen. Typischerweise sind die Anwender dankbar, ein strukturiertes Modell als verlässliche Stütze für die Entwicklung zu verwenden.

### Wie kann ich mich informieren, ob meine Mechatronikprozesse die Anforderungen von Automotive SPICE erfüllen?

Sie können sich das Modell zu Gemüte führen, eine Schulung buchen, den neuen Mechatronik-Pocket Guide von Kugler Maag Cie lesen oder unser neues YouTube-Video ansehen. (TK)



## Alle Ausgaben digital lesen

[www.elektronikpraxis.de/heftarchiv](http://www.elektronikpraxis.de/heftarchiv)

12348



ist eine Marke der



VOGEL COMMUNICATIONS GROUP

DC/DC\_DC/AC\_AC/DC\_AC/AC  
Standard und Kundenspezifisch

Spezialist für Power >1 W bis 6 kW  
Geregelte Kaskadierung bis >40 kW  
Versorgungsströme >1000 A  
Eingang <8 V - >5000 VDC/AC

600/750/1500 VDC Batterielader  
+ 1 Ph/3 Ph HBU Inverter  
Batterie Dreh-/Wechselrichter  
UIC 550-600/750/1500 VDC Notstart





SYKO GmbH Mainhausen  
an Land zu Wasser  
[www.syko.de](http://www.syko.de) [info@syko.de](mailto:info@syko.de)

in der Luft  
0049 6182 9352-0

## GEHÄUSETECHNIK

# Elektronikgehäuse aus Kunststoff oder Metall?

Empfindliche Elektronik muss gut geschützt sein. Welche Gehäusesysteme – aus Kunststoff oder Metall – geeignet sind, hängt von unterschiedlichen Faktoren ab. Auch 3D-Druck ist eine Option.

**D**ie Ansprüche an ein Gehäuse sind groß: Das empfindliche Innenleben eines elektronischen Gerätes will geschützt werden, gleichzeitig ist die äußere Hülle die Visitenkarte des Produktes und das Gehäusedesign ein entscheidender Faktor für den Markterfolg. Bopla Gehäuse Systeme bietet neben vielen Standard-Gehäusen ein großes Spektrum für die Fertigung individueller Gehäuse und Komponenten aus unterschiedlichen Werkstoffen und mit verschiedenen Fertigungsverfahren.

Kunden kommen entweder mit einer vagen Idee, einem konkreten Lastenheft oder aber erst dann auf den Gehäusehersteller zu, wenn sie die Elektronik bereits entwickelt haben und auf der Suche nach einem passenden Gehäuse

sind. Neben Form und Größe müssen die entscheidenden Funktionsparameter für das Elektronikgehäuse auf die Applikation abgestimmt werden. Dies sind zum Beispiel die Beständigkeit gegenüber Temperaturwechsel, UV-Strahlung, Chemikalien, Schock und Vibrationen sowie der Schutz vor dem Eindringen von Festkörpern und Wasser.

Besonders kosteneffiziente und maßgeschneiderte Lösungen lassen sich immer dann realisieren, wenn die Gehäuseexperten gleich zu Beginn in den Entwicklungsprozess eines Elektronikproduktes einbezogen werden. In dieser Phase wird sofort deutlich, ob für die Anwendung ein völlig neues Gehäuse entwickelt werden muss oder ob

VERFASST VON  
**Mathias Bunte**

Applikationsingenieur  
Bopla Gehäuse Systeme



**Individuelle Elektronikgehäuse:** Nicht jede smarte Idee findet Platz in einem Standardgehäuse – für diese Fälle bieten individuelle Gehäuselösungen viele Optionen.

Bild: Bopla



Bild: Bopla

Bild 1: Übersicht zu Gehäusevarianten für individuell gestaltete Gerätegehäuse.

eines der Standardgehäuse aus dem breiten Produktportfolio der Bündler Spezialisten anforderungsgerecht angepasst werden kann.

### Für jeden Bedarf das richtige Gehäuse

Kann auf ein bestehendes Standard-Produkt zurückgegriffen werden und eine kundenspezifische Anpassung ist gefragt, zählen sämtliche erforderlichen Bearbeitungsschritte zum Dienstleistungsangebot des Unternehmens. Das Einfügen von Löchern und Aussparungen für Kabeldurchführungen, Tasten, Steckverbinder oder Kühlmittelleitungen ist ebenso möglich wie die anwendungsspezifische Gestaltung mit individueller Farbgebung und Bedruckung. Selbst wenn ein Kunde erst in letzter Minute an das Gehäuse denkt, lassen sich die Befestigungspunkte für die Elektronik individuell anpassen.

Bei den komplett individuell gefertigten Gehäusen ist zunächst die Frage des Werkstoffs zu klären. Das Unternehmen aus Bünde bietet Gehäuse aus Kunststoff ebenso wie aus Metall an, je nach Anforderung in unterschiedlichen Materialien und Produktionsverfahren.

Kunststoffgehäuse lassen sich präzise auf die Anwendung auslegen, sind leicht und bei großen Stückzahlen



Bild: Bopla

Bild 2: Die äußere Hülle ist die Visitenkarte des Produktes und das Gehäusedesign ein entscheidender Faktor für den Markterfolg.

zu einem attraktiven Preis erhältlich. Sie bieten hohe Funktionalität bei anspruchsvoller Optik und selbst feinste Details lassen sich kundenindividuell realisieren. Beim Einsatz moderner Hochleistungskunststoffe sind selbst aggressive Umwelteinflüsse keine besondere Herausforderung für ein Spritzgussgehäuse.

Zuverlässig auch unter extremen Bedingungen und mit hoher Chemikalien- und Temperaturbeständigkeit präsentieren sich Aluminiumdruckgussgehäuse und Druckgussgehäuse aus Zink oder Magnesium. Sie sind besonders robust und bieten eine hohe Stabilität und Schlagfestigkeit sowie aufgrund des elektrisch leitfähigen Grundmaterials eine gute elektromagnetische Verträglichkeit (EMV).

Die Stückkosten sind aufgrund der bei Druckgussteilen üblichen Nacharbeiten an Oberflächen und Funktionsteilen höher als beim Kunststoffspritzguss, aber die mechanische Schutzwirkung ist umso besser. Zur Auswahl stehen zahlreiche Oberflächenveredelungen wie individuelle Pulverbeschichtungen, Lackierungen, Lasergravuren oder Bedruckungen.

Bei Aluminiumprofilgehäusen bilden Alu-Strangpressprofile den Gehäusekörper. Der zentrale Vorteil liegt in der Variabilität. Die Gehäusegröße lässt sich durch maßge-

# HAMMOND

## 1551W IP68 Miniaturgehäuse

### Mehr erfahren: [hammfg.com/1551W](http://hammfg.com/1551W)

Kontaktieren Sie uns, um ein kostenloses Bewertungsmuster anzufordern.  
[eusales@hammfg.com](mailto:eusales@hammfg.com) + 44 1256 812812



naues Ablängen der Profile exakt auf die zu verbauende Elektronikbaugruppe abstimmen. Flächen für Folientastaturen und Displays, Nuten für die Aufnahme von Leiterkarten oder Montageplatten sowie Wandlaschen zur Befestigung oder kühlende Rippen werden direkt in das Profil eingeformt.

Optik und Oberflächenveredelung wie etwa Pulverbeschichtungen, Lackierungen, Lasergravuren oder Bedruckungen können individuell bestimmt werden. Vorteile der Aluminiumprofilgehäuse sind außerdem die gute EMV-Schirmung und die hohe Wärmeableitung, Schlagfestigkeit sowie Stabilität.

## I Gehäuse aus dem 3D-Drucker

Designfreiheiten und unendliche Möglichkeiten bietet der 3D-Druck – er ist aber aufgrund der vergleichsweise großen Bauvolumina typischer Elektronikgehäuse nicht unbedingt für die Serienproduktion großer Stückzahlen geeignet. Er bietet sich aber stets für die Erstellung von Prototypen, Funktions- und Präsentationsmustern sowie für die Herstellung von Kleinstserien für Feldtests an. Auch für applikationsspezifische Einbauelemente wie z.B. Displayhalterungen sind gedruckte Teile geeignet.

Additiv gefertigte Gehäuse oder Zubehörteile können mit kurzen Vorlaufzeiten und in verschiedenen Drucktechnologien geliefert werden. So lassen sich Änderungen noch vor der Werkzeugherstellung bzw. dem Start der Serienproduktion umsetzen und der Kunde kann sicher sein, dass die individuelle Gehäuselösung genau den Vorstellungen entspricht.

## I Von der Idee zum Serienprodukt

Neben den vielfältigen Optionen für die Erstellung des Gehäuses ist das Unternehmen aus Bünde Experte bei der Entwicklung und Montage von Mensch-Maschine-Schnittstellen wie (Folien-)Tastaturen oder (Touch-)Displays. Als Anbieter von Systemlösungen kann man darü-

|                                 | Kunststoff                                   | Metall                |
|---------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------|
| <b>Teiledesign</b>              | filigran, detailliert                        | robust, funktionell   |
| <b>Gewicht</b>                  | niedrig                                      | mittel bis schwer     |
| <b>Korrosion</b>                | keine                                        | abhängig vom Material |
| <b>EMV-Schirmung</b>            | Beschichtung möglich                         | Standard              |
| <b>Thermische Beständigkeit</b> | gering bis mittel                            | hoch                  |
| <b>Chemische Beständigkeit</b>  | Abhängigkeit vom Material und der Chemikalie | hoch                  |
| <b>Wärmeableitung</b>           | gering                                       | hoch                  |
| <b>Schlagfestigkeit</b>         | gering bis mittel                            | hoch                  |
| <b>UV-Schutz</b>                | abhängig vom Material                        | hoch                  |
| <b>HF-Durchlässigkeit</b>       | hoch                                         | hoch                  |
| <b>Flammschutz</b>              | abhängig vom Material                        | hoch                  |

**Tabelle 1:** Für die spezifische Anwendung kommen unterschiedliche Werkstoffe infrage. Die Tabelle gibt einen Überblick zu wesentlichen Eigenschaften.

ber hinaus nicht nur die Integration, sondern auch die Entwicklung der Elektronik übernehmen. Bei der Realisierung eines elektronischen Geräts greift es auf sämtliches Know-how und Fertigungstechnologien zurück, welche die Phoenix Mecano Gruppe sowie ein umfangreiches Netzwerk externer Partner zu Verfügung stellen können.

**Fazit:** Sinnvoll ist es, schon im Vorfeld der Entwicklung eines Geräts die Zusammenarbeit mit dem Gehäusefertiger zu starten. Die Geräteentwicklung gestaltet sich viel einfacher und auch deutlich kostengünstiger, wenn der Gehäusehersteller bereits einbezogen wird, sobald die Produktidee entwickelt ist.

Auch die Fertigungsexpertise des Gehäuseherstellers fließt so bereits zu einem frühen Zeitpunkt in die Entwicklung mit ein. Dabei entscheidet der Kunde entscheidet, welche Fertigungsschritte von wem übernommen werden. (KR)

# Wir machen Druck.

...und verbinden: Die neuen mobilen Drucker MP100/E und MP300/E steuern Sie einfach via Sprache, App oder Software. Einzigartig ist die riesige Auswahl an Etiketten und Labels mit unseren patentierten TurnTell-Labels.

Mehr unter [www.panduit.de](http://www.panduit.de)



**PANDUIT**<sup>TM</sup>  
infrastructure for a connected world

## ELECTRONICA

## Individuelle Gehäuse und Systemlösungen

Die POLYRACK TECH-GROUP präsentiert sich auf der electronica 2022 (13.-16. November in München) in Halle B3, Stand 141 als technologieübergreifender Partner für individuelle Gehäuse- und Systemlösungen für unterschiedlichste Stückzahlen. Repräsentative Produktentwicklungen mit verschiedenen Lösungsansätzen und Materialien sollen die übergreifende Kompetenz der Gruppe in der Mechanik, Kunststofftechnik, Elektronik, Montage und Assemblierung demonstrieren. Die Lösungen reichen von Klein- bis zu Großbauteilen für vielfältige Branchen, wie den Märkten Maschinen- und Anlagenbau, Energietechnik, Medizintechnik, Mess-, Steuer- und Regeltechnik, Sicherheitstechnik, Transportation sowie Telekommunikation. Highlights aus dem Produkt- und Dienstleistungsangebot umfassen Panel-PC-Lösungen und Compact-PCI-Systeme bei fertigen Systemlösungen. Bei der Elektromechanik/Systemperipherie sind es 19-Zoll-Einschübe und -Gehäuse sowie 19-Zoll-Baugruppenträger und 19-Zoll-Zubehör. Weitere Produkte sind modulare und kundenspezifisch anpassbare Gehäuse der EmbedTEC-Serie sowie die Gehäuseserie FrameTEC, welche auf der Messe erstmalig der Öffentlichkeit vorgestellt wird. Alle Lösungen zeichnen sich durch das Zusammenspiel von Mechanik, Kunststoff, Elektronik und Oberflächenfinish aus.

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



Bild: Polyrack

## DIGITALER GERÄTEWAGEN

## Mobilität in allen Bereichen



Bild: Wöhr

Die Richard Wöhr GmbH erweitert ihr Produktportfolio im Bereich digitale Gerätewagen und mobile Arbeitsplätze mit der Serie W-5000. Dabei handelt es sich um eine Serie robuster 19-Zoll-Gerätewagen aus Aluminium, die mit Schwerlastrollen ausgestattet sind und bis 200 kg belastbar sind.

Optional stehen die Gerätewagen mit antistatischer bzw. ESD-Ausführung zur Verfügung. Der Gerätewagen besteht aus den Typen W-5100, W-5200 und

W-5300. Er dient beispielsweise der Aufnahme von 19-Zoll-Baugruppenträgern oder Schubfächern.

Die Gerätewagenreihe bietet laut Hersteller eine Vielzahl von Einbaumöglichkeiten wie Schubladentastatur, Frontplatten im Deckel- und Gehäuseteil mit Ausschnitten für Monitore, Anschlüsse. Der Deckel ist stufenlos verstellbar und in diversen Größen erhältlich.

Die Serie soll einen leichten Zugang für Bedienung und Wartung durch eine abnehmbare Rückwand sowie optionale Serviceklappen bieten. Aktuell gibt es drei Grundbauformen. Auch metrisch bzw. in kundenspezifischen Abmessungen sind die mobilen Arbeitsplätze lieferbar. Alle Versionen können als mobile Arbeitsplätze, Geräteträger oder in der allgemeinen Mess- und Prüftechnik genutzt werden.

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

**fischer**  
**elektronik**

kühlen schützen verbinden

## Hutschienengehäuse

- für alle 35 mm Tragschienen gemäß DIN EN 60715
- sicherer Halt und einfache Montage durch Aufsnappen auf die Tragschiene
- verfügbar als Strangpressprofil mit integrierter Drahtformfeder oder massives Kunststoffprofil
- Frontplattenprofile mit integrierter Klammerbefestigung für verschiedenartige Gehäuselösungen
- Sonderabmessungen und Bearbeitungen nach Kundenvorgaben



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

**Fischer Elektronik GmbH & Co. KG**

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

Wir stellen aus: Electronica 2022  
in München vom 15.-18.11.22  
Halle B3, Stand 243

## Abonentenservice

**DataM-Services GmbH**  
Max-Planck-Str. 7/9, 97082 Würzburg  
Tel. +49 931 4170-462  
vogel@datam-services.de

## Leser- und Redaktionservice

**Kontakt zur Redaktion:**  
Tel. +49 931 418-2333  
fachmedien@vogel.de

**Chefredakteur:**  
Johann Wiesböck (jw), V.i.S.d.P.

**Redaktion:**  
Maria Beyer-Fistrich (mbf), Michael Eckstein (me),  
Hendrik Härter (heh), Gerd Kucera (ku), Thomas Kuther (tk),  
Margit Kuther (mk), Kristin Rinortner (kr)

**Redaktionsanschrift:**  
München: Neumarker Str. 21, 81673 München  
Würzburg: Max-Planck-Str. 7/9, 97282 Würzburg  
Tel. -2477, Fax -2740

**Freie Mitarbeiter:**  
Anna-Lena Gutberlet (ag), Richard Oed (ro)

**Layout:**  
Alexandra Geißner

**ELEKTRONIKPRAXIS** ist Organ des Fachverbandes  
Elektronik-Design e.V. (FED). FED-Mitglieder erhalten  
ELEKTRONIKPRAXIS im Rahmen ihrer Mitgliedschaft.

**Schreibweisen, Firmen- und Produktnamen:**  
Wir halten uns generell an die Schreibempfehlungen des Duden.

**Haftungsausschluss:**  
Für den Inhalt der einzelnen Artikel sind die jeweils benannten  
Autoren verantwortlich, er spiegelt nicht zwangsläufig  
die Meinung der Redaktion wider. Eine Haftung für die Richtig-  
keit der Veröffentlichungen kann trotz sorgfältiger Prüfung nicht  
übernommen werden. Kein Teil dieser Publikation darf ohne  
ausdrückliche schriftliche Genehmigung in irgendeiner Form  
reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme  
verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

## Verkauf von Medialeistungen

**Chief Sales Officer:**  
Benjamin Wahler  
Tel. +49 931 418-2105  
sales@vogel.de

**Auftragsmanagement:**  
Tel. +49 931 418-2079  
auftragsmanagement@vogel.de

## Abonnement

**Bezugspreis (inklusive Versandkosten):**  
Inland: jährl. 249,00 €  
Ausland: jährl. 280,20 €  
Einzelheft: 19,90 €

**Verbreitete Auflage:**  
Angeschlossen der Informationsgemeinschaft  
zur Feststellung der Verbreitung von  
Werbeträgern – Sicherung der Auflagenwahrheit.  
Aktuelle Zahlen: www.ivw.de

**Datenbank:**  
Die Artikel dieses Heftes sind in elektronischer Form kosten-  
pflichtig über die Wirtschaftsdatenbank GENIOS zu beziehen:  
www.genios.de

ISSN 0344-1733

**Vogel Communications Group GmbH & Co. KG**  
Max-Planck-Str. 7/9, 97082 Würzburg  
Tel. +49 931 418-0  
www.vogel.de

**Beteiligungsverhältnisse:**  
Persönlich haftende Gesellschafterin:  
Vogel Communications Group Verwaltungs GmbH  
Max-Planck-Straße 7/9, 97082 Würzburg  
Kommanditisten:  
Dr. Kurt Eckernkamp GmbH,  
Nina Eckernkamp, Klaus-Ulrich von Wangenheim,  
Heiko Lindner, Axel von Kaphengst

**Geschäftsführung:**  
Matthias Bauer (Vorsitz), Günter Schürger

**Druck:**  
Vogel Druck und Medienservice GmbH  
97204 Höchberg

**Copyright:**  
Vogel Communications Group GmbH & Co. KG

## HOCHWERTIGER GLEICHSTROMANSCHLUSS

### Anschluss für Batteriespeichersysteme

Das MC4-Portfolio der PV-Steckverbinder von Stäubli umfasst jetzt auch eine Verbindungslösung mit Gleichstromanbindung für Batterie-Energiespeichersysteme namens MC4-Evo stor. Die Lösung für den Anschluss von Batterie-Energiespeichersystemen (BESS) komplettiert die MC4-Evo 2 Produkt-



Bild: Stäubli

linie als wichtige Erweiterung des Portfolios für DC 1.500 V.

Die steckbare Verbindung zwischen Wechselrichter und Speichersystem sorgt für eine einfache Montage und gewährleistet eine dauerhafte, robuste, langlife und verlustarme Verbindungsqualität mit Multilam-Kontakttechnik.

Ein um 45° gedrehtes Steckgesicht gewährleistet eine fehlersichere Installation. Es ist nicht möglich, den MC4-Evo stor mit einer MC4 oder MC4-Evo 2 Kabelkupplung zu verbinden, wie er im PV-Strang oder am Batterieausgang auf der DC-Seite des Wechselrichters verwendet wird. Der Steckverbinder erfüllt die Anforderungen der Schutzklasse IP68.

Die Steckverbinderlösung umfasst eine Kabelkupplung und eine Aufbau-dose, die jeweils auf dem Wechselrichter und dem Batteriespeicher montiert sind. Qualität und Leistungsfähigkeit des Produkts sind durch die TÜV- und UL-Zertifikate bestätigt.

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

## SPE-STECKVERBINDER

### Datenraten bis zu 20 GBit/s



Bild: Yamaichi

Yamaichi Electronics bietet mit der Y-HDE Serie (HF116) SPE-Steckverbinder für Automotive-Anwendungen, die Datenraten bis zu 20 GBit/s übertragen. Dabei erfüllt der Steckverbinder alle Anforderungen, die an Automotive Systeme gestellt werden, wie z. B. eine Qualifizierung basierend auf der LV214- und der USCAR-Norm.

Kernstück des Steckverbinders ist das differenzielle Kontaktpaar, welches von einem äußeren Kontakt abgegrenzt wird. In der 90°-Version erfolgt die Weiterführung der Kontakte über ein Druckgussgehäuse, welches die Daten abschirmt. Der Frontisolierkörper, die sogenannte Kodierung, ist in einer Vielzahl von Farben erhältlich. Jeder Farbe ist zudem noch eine mechanische Kodierung zugeordnet. Es gibt also eine doppelte Sicherheit gegen ein versehentlich falsches Stecken der Kabelseite.

Die Serie ist als Single- (also mit einem differenziellen Kontaktpaar), Double- oder Quad-Version verfügbar. Zudem sind alle Varianten in den verschiedenen farblichen und mechanischen Kodierungen erhältlich. Damit kann der Kunde flexibel seine Auswahl entsprechend Applikation und Bedarf an Signalbahnen treffen. Die Serie lässt sich mittels THR-Prozess vollautomatisiert verarbeiten und wird in Tape & Reel Verpackung ausgeliefert.

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

## MEDIZINGERÄTE-SCHNITTSTELLE

## Easy Locking Connector für Medizintechnikgeräte und häusliche Pflege

binder präsentiert mit der Serie 570 den Easy Locking Connector (ELC) für den Einsatz in medizinischen Applikationen. Der Kabelsteckverbinder mit Snap-in-Verriegelung und asymmetrischer Sechskant-Kontur im Steckbereich steht für hohe Sicherheit in der Bedienung sowie für eine lange Lebensdauer. Biokompatibel, hautverträglich und desinfektionsmittelbeständig, ist er für den Einsatz im Patientenumfeld geeignet. Der stoß- und vibrationsfeste ELC der Serie 570 ist als 4-, 8- und 12-polige Variante für Bemessungsströme von 2 A sowie -spannungen von 250 V beziehungsweise 150 V erhältlich.

Das Unternehmen aus Neckarsulm unterstützt Kunden beim Erstellen der MDR-Dokumente indem man die erforderlichen technischen Dokumente bereitstellt. In enger Zusammenarbeit mit den Kunden wird erarbeitet, welche Dokumente dies betrifft. Außerdem ist der Hersteller nach DIN EN ISO 13485 zertifiziert und erfüllt somit die hohen Qualitätsstandards bezüglich Pro-

duktsicherheit und -wirksamkeit, die in der Medizintechnik gefordert sind.

Der ELC ist für mehr als 5.000 Steckzyklen ausgelegt. Das Stecken erfolgt intuitiv. Die Ausrichtung des Steckers zur Buchse ist über eine asymmetrische Sechskant-Kontur im Steckbereich vorgegeben, welche ein Fehlstecken verhindert. Rasthaken gewährleisten eine einfache Verriegelung; letztere ist für den Bediener anhand der eingerasteten Haken leicht zu erkennen. Der Kabelstecker besteht aus zwei Baugruppen, die sich bei

der Montage einfach zusammenstecken lassen und selbsttätig einrasten. Die beiden Teile lassen sich danach nur mithilfe eines speziellen Lösewerkzeugs trennen.

Der Steckverbinder ist gemäß IP54 geschützt. Die Flanschdose ist so ausgelegt, dass sie auch im getrennten Zustand Schutz vor dem Eindringen von Spritzwasser und Flüssigkeiten sowie vor einem versehentlichen elektrischen Kontakt bietet; eine Vertiefung im Gehäuse ist unnötig.

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

Bild: binder



**SINBON**

**IATF**  
16949:2016  
**CERTIFIED**

**DRIVING  
TOWARDS  
THE FUTURE**

**SINBON Electric Vehicle (EV) Charging Solutions  
for Home & Businesses**



**CCS2**  
DC Charging Cable



**CCS1**  
DC Charging Cable

SINBON aims to provide complete customized EV charging solutions to our customers, including AC & DC charging cable, that could be customized with European, American and Chinese standards, CCS1, CCS2, and Mode 2 EV IC-CPD which is a portable EV charging device.

Complete Customized Charging Solutions

- AC/DC Charging Cable
- Portable Charging Cable (Mode 2)
- Socket/Inlet
- High-power Wiring Harness

Know more



*Meet us at*

**electronica 2022**  
November 15-18

**Hall A2  
Booth 241**

## ESE KONGRESS ZURÜCK IN SINDELFINGEN

# Alles, was Sie für Ihre Projekte wissen müssen

In diesem Jahr war ich schon auf fünf Messen und einigen Kongressen. Als Journalist ist das mein Job. Aber ich habe mich wirklich jedes Mal sehr darauf gefreut. Überall sah ich frohe Gesichter und Menschen, die sich freudig begrüßten und intensiv unterhielten.

Die Corona-Krise hat uns eines gelehrt, vieles lässt sich in der Arbeit digitalisieren. Besonders unsere ESE-Teilnehmer können das sehr gut und verstehen auch die Technik dahinter. Aber ein paar Mechanismen, die für eine erfolgreiche Kommunikation unabdingbar sind, können mit Teams und Zoom nicht abgebildet werden.

Menschen tauschen sich erst dann offen aus, wenn sie sich vertrauen. Dieses Vertrauen bauen wir intuitiv und nur im direkten Kontakt auf. Dabei greifen uralte Mechanismen, die uns schon immer geschützt haben.

Unser berühmtes Bauchgefühl gibt nur dann grünes Licht, wenn wir uns in die Augen sehen und die Bewegungen des Gegenübers mit seinen Aussagen korrelieren. Dann fassen wir Vertrauen und synchronisieren uns.

Erst jetzt stellen wir die echten Fragen und geben zu, dass wir etwas nicht verstehen oder die Probleme bei der Implementierung nicht in den Griff bekommen. Die Person gegenüber gibt bereitwillig Auskunft bzw. teilt ihre Erfahrungen und versucht, wirklich zu helfen. Und wenn dann bei der Abendveranstaltung jeder ein Bierchen in der Hand hält, wird der Austausch noch intensiver. Wir bauen die Beziehungsebene weiter aus.

So funktionieren alle Menschen – und Softwareentwicklerinnen und Softwareentwickler erst recht. Sie wollen lernen, gut beraten werden und sich mit Gleichgesinnten vernetzen. Dafür wurde der ESE Kongress geschaffen.

## Embedded Software Engineering pur

Fast alles, was Sie für Ihre Softwareprojekte wissen müssen, erklären die 120 Vorträge und Kompaktseminare des ESE Kongress vom 5. bis 9. Dezember 2022 in der Stadthalle Sindelfingen. Die Kompaktseminare am Montag und Freitag beleuchten viele wichtige Aspekte des Embedded Software Engineering zu folgenden Themen: Neues und Hilfreiches bei C++, Software-Architektur, Linux, Lean Start-up, Zukunftsgestaltung, Riskstorming, Reviews, High-Level-Synthese, Refactoring in großen Projekten, Nutzung von Wiederverwendungspotentialen, Digital Threat, Eye-Tracking, Ransomware.

Das Vortragsprogramm am Dienstag, Mittwoch und Donnerstag liefert Aktuelles und Grundlagenwissen zu Dauerbrennern wie Architektur, Automotive, Echtzeit, Open Source, Management, Implementierung, IoT, Modellierung, Safety, Security, Test & Qualität sowie Software Engineering Management. Vorträge zu Agile Transformation, KI, Machine Learning und Innovation bieten Gelegenheit über den Tellerrand zu blicken.

## Pre-Conference „Tipps, Tricks, Lösungen“

Bitte nutzen Sie auch die kostenfreie Gelegenheit, sich am Freitag vor dem Kongress online in kurzer Zeit einen Einblick und Überblick zu verschaffen, wer und was Ihnen zum Projekterfolg verhelfen könnte. Lernen Sie dabei Personen, Unternehmen, Lösungen und Produkte kennen und knüpfen Sie Kontakte für eine Zusammenarbeit.

Aufgrund der sehr positiven Resonanz aus den beiden „digitalen“ Kongressjahren bieten wir die kostenlose Online-Pre-Conference „Tipps, Tricks, Lösungen“ auch dieses Jahr als Einstieg und Ergänzung zum ESE Kongress an.

Alle Vorträge und Referenten sowie die Anmeldung finden Sie unter [www.ese-kongress.de](http://www.ese-kongress.de).



*„Ich freue mich auf Sie und auf unser ESE-Familientreffen in Sindelfingen.“*

Johann Wiesböck, Chefredakteur

# Deutschlands größter Kongress für Embedded Software Professionals



Embedded Software Engineering Kongress

5. - 9. Dezember 2022, Sindelfingen

**kostenfreie Preconference am 2. Dezember 2022**

## Hören Sie 2022 unter anderem:



### VORTRAG

**ROS2 in Embedded-Systemen**

*Horatiu Pilsan*  
FH Vorarlberg



### VORTRAG

**Ist Embedded-Entwicklung altmodisch?**

*Tobias Kniep*  
Zühlke Engineering



### KOMPAKTSEMINAR

**Die Logik der Pfadabhängigkeit erkennen,  
verstehen und nutzen**

*Dr. Jasmin S. A. Link*  
Universität Hamburg

**Jetzt  
buchen und  
sparen!**  
Frühbucher bis  
31. Oktober

Informieren Sie sich unter:

**[www.es-e-kongress.de](http://www.es-e-kongress.de)**

Weitere Informationen:

Sabine Pagler | +49 (0) 89 4506 1746 | [s.pagler@microconsult.de](mailto:s.pagler@microconsult.de)

VERANSTALTER

ELEKTRONIK  
**PRAXIS**

 **MICROCONSULT**

# Logger Dir einen.



## HIOKI MR6000 – Datenerfassung mit bis zu:

- 24 bit Abtasttiefe
- 32 unterschiedlichen Signalen
- 200 MS/s Abtastrate
- 1000 V DC an isolierten Eingängen

### Kontaktieren Sie uns:

HIOKI EUROPE GmbH  
Helfmann-Park 2  
65760 Eschborn

hioki@hioki.eu  
www.hioki.eu

