

E&E EXPLORE

NEXT TECH ELECTRONICS

SEPTEMBER | 2025



FLEXIBILITÄT & PRÄZISION VEREINT

Für jedes Problem das passende Messsystem finden ab S. 8

E-MOBILITY

Elektronikkomponenten mit „Drive-Lizenz“ entwickeln S. 16

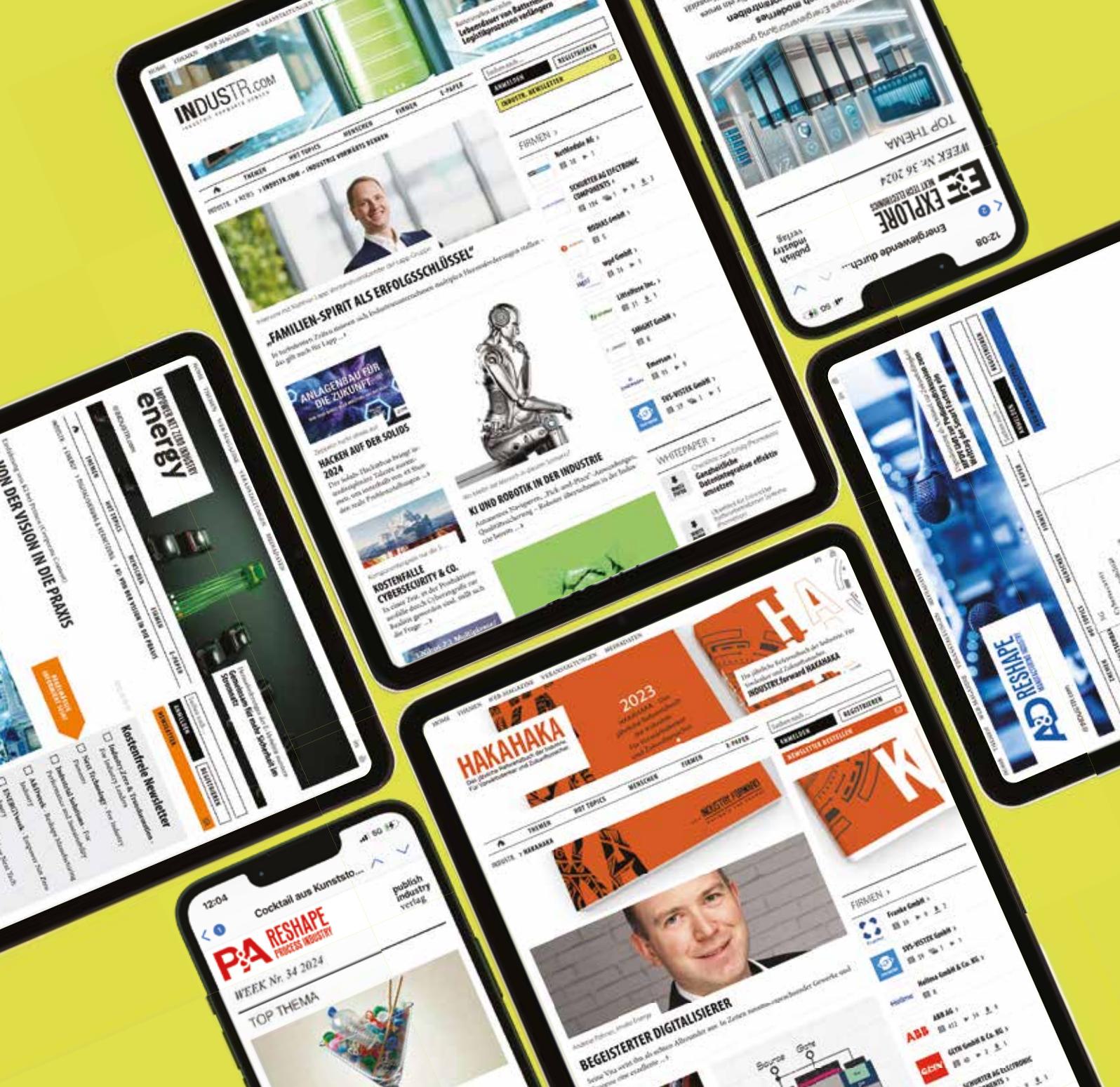
DISPLAY-TECHNOLOGIEN

EMV-sichere HMI-Lösungen für die Industrie S. 40

WIRELESS SOLUTIONS

Mehr Wettbewerbsvorteile durch 5G-Technologie ab S. 58

TITELBILD-SPONSOR: SIGLENT



NETZWERK WISSEN BUSINESS

INDUSTR.com – INDUSTRIE VORWÄRTS DENKEN

INDUSTR.com unterstützt nachhaltig Ihre Informations- und Kaufprozesse. Mit hoher Industrie- und Technikexpertise fokussiert INDUSTR.com die Märkte Energie & Energietechnik, Maschinen- & Anlagenbau, Industrieautomation, Elektronik & Elektrotechnik, Chemie & Pharma, Kunststoffindustrie, Food & Beverage, Bio- & Umwelttechnik – die gesamte produzierende Industrie. www.industr.com

Auch die nächste Ausgabe der E&E kostenfrei lesen?



Jetzt Leser werden!





Bernhard Haluschak, Chefredakteur E&E: Die Elektromobilität ist zweifellos eine der wichtigsten Zukunftstechnologien unserer Zeit. Sie gilt als entscheidender Hebel, um die Klimaziele im Verkehrssektor zu erreichen und die Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen zu verringern. Dennoch bleibt die Frage bestehen, warum der große Durchbruch trotz wachsender Modellvielfalt und steigender gesellschaftlicher Akzeptanz bisher ausgeblieben ist. Die Ursachen sind vielschichtig und reichen von technologischen Grenzen bis hin zu sozialen Fragen, die häufig im Schatten der Euphorie um das Thema E-Mobilität stehen.

WANN STARTET DIE E-MOBILITÄT ENDLICH DURCH?

Moderne Elektrofahrzeuge sind wahre Hochleistungsrechner auf Rädern. Elektronische Systeme übernehmen nicht nur den Antrieb, sondern auch Energiemanagement, Fahrerassistenz und die Kommunikation mit Ladeinfrastrukturen. Besonders das Batteriemanagementsystem (BMS) ist entscheidend, da es die Leistungsfähigkeit, Lebensdauer und Sicherheit der Batterie bestimmt. Doch je komplexer diese Systeme, desto anfälliger werden sie für Fehler. Software-Bugs, unerwartete Leistungsverluste oder sogar komplette Ausfälle können gravierende Folgen haben. Hinzu kommt die wachsende Bedrohung durch Cyberangriffe, da vernetzte Fahrzeuge auch neue Angriffsflächen bieten. Ohne robuste Sicherheits- und Qualitätsstandards droht das Vertrauen der Verbraucher ins Wanken zu geraten.

Die Batterie ist das Herzstück der Elektromobilität – und zugleich ihr größter Kritikpunkt. Lithium-Ionen-Technologien dominieren derzeit den Markt, bringen jedoch erhebliche ökologische und soziale Belastungen mit sich. Der Abbau von Lithium, Nickel und Kobalt verursacht nicht nur Umwelterstörung und hohen Wasserverbrauch, sondern wirft auch ethische Fragen auf: Besonders der Kobaltabbau im Kongo steht wegen Kinderarbeit und mangelhafter Arbeitsbedingungen immer wieder in der Kritik. Zudem bleibt das Recycling bislang ein ungelöstes Problem. Zwar gibt es Fortschritte in der Rückgewinnung von Rohstoffen, doch die Verfahren sind energieintensiv und teuer. Erst wenn Kreislaufwirtschaftskonzepte konsequent umgesetzt werden, kann die Elektromobilität wirklich nachhaltig sein.

Neben Batterie- und Elektronikthemen ist die Ladeinfrastruktur der entscheidende Faktor für die Akzeptanz bei Endkunden. Lange Ladezeiten, unzuverlässige Stationen und regionale Unterschiede im Ausbau schrecken viele potenzielle Käufer ab. Solange Elektromobilität nicht denselben Komfort wie herkömmliche Tankvorgänge bietet, bleibt der Durchbruch in der Breite aus.

Die Elektromobilität ist keine Utopie – aber auch kein Selbstläufer. Ihr Erfolg hängt nicht nur von der Technologie im Fahrzeug ab, sondern ebenso von verantwortungsbewusster Rohstoffgewinnung, robusten Elektroniksystemen und einer flächendeckenden Infrastruktur. Erst wenn diese Baustellen entschlossen angegangen werden, kann die E-Mobilität ihr Versprechen einlösen und endgültig durchstarten.

fischer
elektronik

kühlen schützen verbinden

Elektromechanik für Ihre E-Mobilität

- umfangreiches Produktportfolio rund um das Thema Wärmemanagement, Gehäusetechnik und Steckverbinder
- thermische Simulationen gemäß Ihrer Vorgaben
- kompetente Beratung durch Applikationsingenieure
- kundenspezifische Modifikationen und Sonderanfertigungen



Mehr erfahren Sie hier:
www.fischerelektronik.de/emo

Fischer Elektronik GmbH & Co. KG

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



INHALT

AUFTAKT

- 06 Im Rampenlicht
- 12 Highlights der Branche
- 14 „Places to be“ auf der IAA Mobility 2025

TITELREPORTAGE

- 08 Titelstory: Multifunktionale Oszilloskop-Messtechnik – vom Labor bis zum automatisierten Testsystem
- 11 Titelinterview mit Thomas Rottach, Siglent: „Mehr Präzision, mehr Kanäle, mehr KI!“

FOKUS: E-MOBILITY

- 16 Elektronik: Elektromobilität als Innovationstreiber
- 18 Umfrage: Herausforderungen bei der Integration elektronischer Komponenten in E-Fahrzeugen
- 20 Energie intelligent kontrollieren: Anforderungen an Inverter in Elektrofahrzeugen
- 24 Bahn frei für SPE-Lösungen zur IoT-Vernetzung
- 28 Automobildisplays-Grundlagen: TFT-LCD-, OLED- und Micro-LED-Displays

ELECTRONICS SOLUTIONS

- 32 Revolution bei bewährten Display-Technologien
- 36 So erfüllen spezifische Steckverbinder Miniaturisierungsanforderungen
- 40 EMV-sichere HMI-Lösungen entwickeln
- 44 Stromversorgung neu gedacht: Energieeffiziente Industrieelektronik
- 46 Smart Manufacturing simulieren

RUBRIKEN

- 03 Editorial
- 55 Impressum & Firmenverzeichnis
- 66 Die Zahl



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

FOKUS

E-MOBILITY



08

AB SEITE

TITELREPORTAGE

Multifunktionale Oszilloskop-
Messtechnik in der Praxis



AB SEITE

58

WIRELESS-LÖSUNGEN

Was die IoT-Welt in 2025
antreibt





16

AB SEITE

FOKUSTHEMA

Anforderungen der Elektronik
in der E-Mobilität



40

HMI-DESIGN

Der Weg zur EMV-sicheren
Industriellösung



NEXT ELECTRONICS

- 49 Revolution in der Produktfertigung:
Additive Fertigung als Treiber industrieller Innovation

NET ZERO ELECTRONICS

- 52 Interview mit Fraunhofer ILT:
Trends, Strategien und Laserverfahren in der
Mikroelektronik
- 56 Interview mit ICT SUEDWERK:
„Neue Trends und neue Märkte erfordern
Umdenken!“

SPEZIAL: WIRELESS SOLUTIONS

- 58 KI und 5G im Fokus:
Was die IoT-Welt in 2025 antreibt
- 62 Kritische 5G-Komponenten zertifizieren:
Sicherheitsstandard NESAS für den Mobilfunk

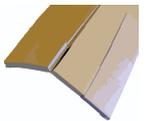


Wärmeleitfolien
-60 bis +200°C



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

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



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

Verarbeitungsmethoden: Plotten, Stanzen, Wasserstrahlschnitt

DETAKTA

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

Tel: +49 40 529547 0
eMail: info@detakta.de
Web: www.detakta.de

PHOTONISCHE SCHALTKREISE BESCHLEUNIGEN DATENNETZE

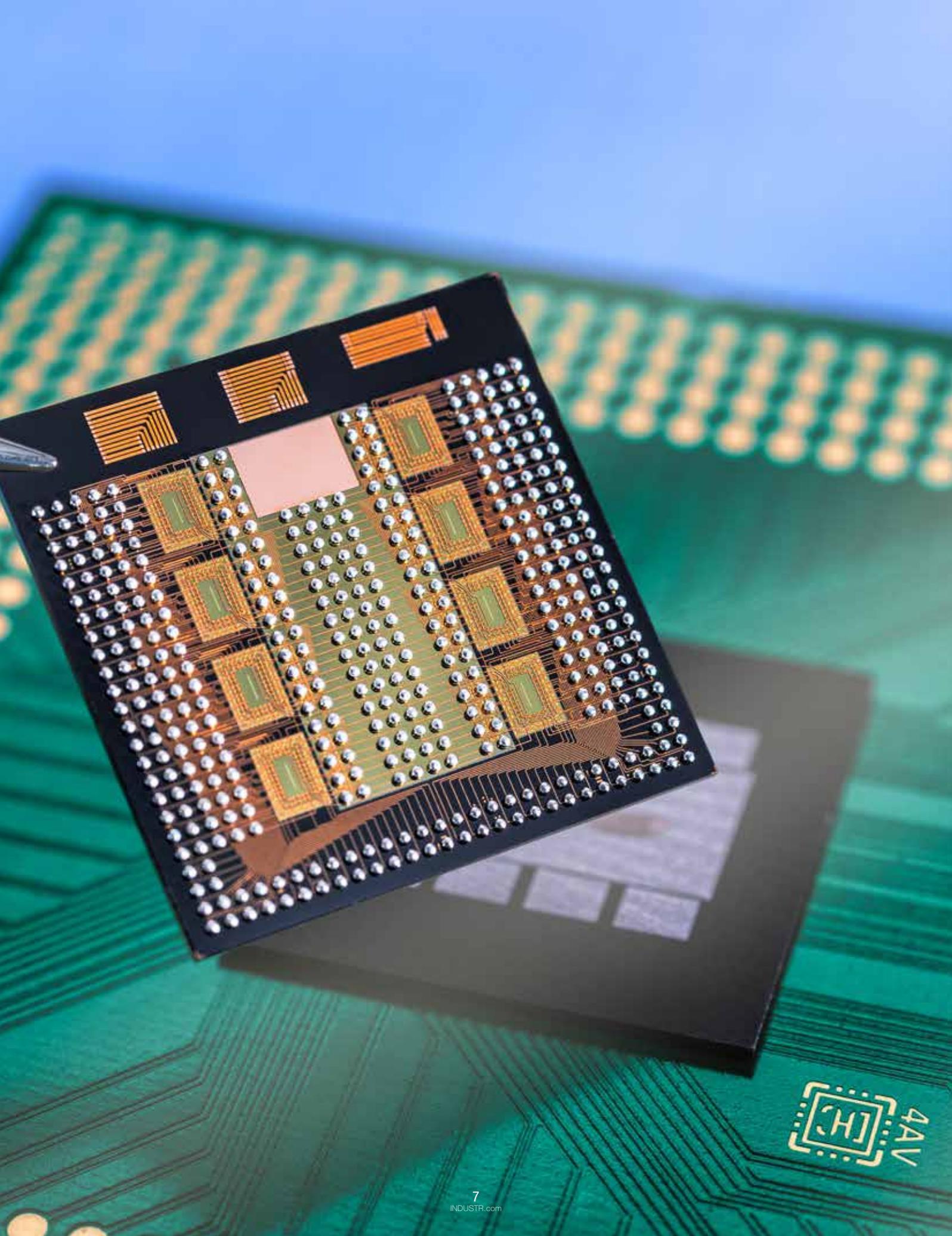
ZUKUNFT DER DATENKOMMUNIKATION

Im EU-Projekt PUNCH entsteht eine hochskalierbare Lösung, die photonische und elektronische Schaltkreise vereint – für Datenraten bis 1,6 Tb/s, geringere Latenzen und maximale Energieeffizienz. Ein technologischer Schlüssel für die Anforderungen von morgen.

TEXT: Bernhard Haluschak, E&E; mit Material von Fraunhofer IZM BILD: Fraunhofer IZM

Das Fraunhofer IZM entwickelt gemeinsam mit internationalen Partnern im EU-Projekt PUNCH eine neuartige Packaging-Lösung, die photonische und elektronische integrierte Schaltungen in einem Fan-Out-Wafer-Level-Package (FOWLP) vereint. Diese enge Integration ermöglicht Datenübertragungsraten von bis zu 1,6 Terabit pro Sekunde bei gleichzeitig reduzierter Latenz, geringerem Energieverbrauch und hoher Integrationsdichte.

Durch den Einsatz etablierter Wafer-Level-Prozesse ist die Technologie hochgradig skalierbar und kosteneffizient in der Serienfertigung. Der Nutzwert liegt in einer deutlich leistungsfähigeren, stabileren und energieeffizienteren Datenkommunikation – ideal für Rechenzentren, KI-gestützte Systeme, vernetzte Fahrzeuge und andere datenintensive Anwendungen.



QAV
[Logo]



MULTIFUNKTIONALE MESSTECHNIK – VOM LABOR BIS ZUM AUTOMATISIERTEN TESTSYSTEM

Flexibel, leistungsstark und bereit für jede Testumgebung

Embedded-Systeme und Sensorik in E-Mobilität, Industrie- und Energiebereichen stellen höchste Anforderungen an die präzise Erfassung selbst kleinster Signalverläufe. Schnelle Schaltvorgänge, empfindliche Signale und komplexe Topologien verlangen nach Oszilloskopen mit hoher Auflösung, exzellenter Signalintegrität und hoher Kanaldichte. Erfahren Sie, welche Kriterien entscheidend sind.

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

Die Entwicklung moderner Leistungselektronik und Embedded-Systeme erlebt einen tiefgreifenden Wandel. Anwendungen in der Elektromobilität, bei erneuerbaren Energien oder in der industriellen Automatisierung setzen heute auf leistungsfähige, kompakte Systeme mit maximaler Energieeffizienz. Treiber dieser Entwicklung sind Wide-Bandgap-Halbleiter (SiC/GaN), hochintegrierte Regelkreise und zunehmend komplexe Stromversorgungskonzepte. Für Entwickler bedeutet das: Schaltvorgänge werden schneller, Signale empfindlicher und die Zahl der relevanten Messpunkte steigt. Klassische Oszilloskope stoßen hier schnell an ihre Grenzen. Daraus ergibt sich eine steigende Nachfrage nach mehrkanaligen Oszilloskopen mit 12-Bit-Analog-Digital-Wandlung und sehr guter Signalintegrität.

Mit den neuen Serien SDS5000X HD und SDS5000L liefert Siglent eine Plattform, die gezielt für diese Herausforderungen konzipiert wurde. Die Serie bietet Modelle mit vier, sechs oder acht vollständig synchronen Analogkanälen und kann um

16 digitale Kanäle erweitert werden. Die verfügbaren Bandbreiten sind 350 MHz, 500 MHz und 1 GHz mit einer Abtastrate von bis zu 5 GSa/s. Eine sehr gute ENOB (Effective Number of Bits) von bis zu 8,2 Bit (1-GHz-Modell) sowie ein äußerst niedriges Grundrauschen von 140 μ Vrms (1-GHz-Modell) sorgen für detailgetreue Signalerfassung. Dies bringt einen entscheidenden Vorteil beim Debugging empfindlicher Analog- und Mixed-Signal-Anwendungen.

Mehrkanal-Analyse für komplexe Systeme

Ein mögliches Einsatzgebiet der neuen Oszilloskope sind Power-Up-Sequenztests in Embedded-Systemen. Hier muss sichergestellt werden, dass Versorgungsspannungen, Reset- und Taktsignale in exakt definierter Reihenfolge aktiviert werden. Ist das nicht gewährleistet, kann der Start von Mikrocontrollern und Peripherie nicht fehlerfrei erfolgen. Schon kleine Timing-Abweichungen können instabile Systemzustände oder Kommunikationsfehler hervorrufen. Die hohe Abtastrate und

Die Systeme SDS5000X HD und SDS5000L von Siglent sind für die aktuellen messtechnischen Herausforderungen rund um Leistungselektronik und Embedded-Systeme bestens geeignet.



der standardmäßig große Erfassungsspeicher (insgesamt 2,5 Gpts) der SDS5000X-HD-Serie ermöglichen über alle Kanäle hinweg eine zeitlich akkurate Erfassung von kompletten Einschaltvorgängen in einem einzigen Messdurchlauf. Die vielen Messfunktionen unterstützen bei der Analyse und Dokumentation. Mehrfache Wiederholungen und die Gefahr, kritische Details zu verpassen, entfallen - ein erheblicher Effizienzgewinn für Entwicklungs- und Validierungsaufgaben.

Ein weiteres Beispiel, das die Vorteile der achtkanaligen Version der neuen Serie aufzeigt, ist die Analyse von dreiphasigen Motorantrieben und Wechselrichtern. Hier müssen die Spannungen und Ströme der drei Phasen gleichzeitig erfasst werden, damit Phasenbeziehungen, Schaltverhalten und eventuelle Störungen zuverlässig beurteilt werden können.

Die achtkanalige Oszilloskopkonfiguration in Verbindung mit dem optionalen 16-Kanal-Digitalmodul ermöglicht die zeitsynchrone Erfassung analoger und digitaler Signale, einschließlich Sensor- und Steuerschnittstellen. Durch die direkte Korrelation der Kanäle können Frequenzanteile mittels FFT, Phasenverschiebungen zwischen Signalen sowie die Leistungsflüsse in dreiphasigen Systemen präzise analysiert werden. So lassen sich Wirkungsgrad, Netzqualität und dynamisches Verhalten auch unter transienten Betriebsbedingungen detailliert bewerten.

Vertieft man die Analyse des Gesamtsystems eines modernen Wechselrichters, stößt man auf weitere messtechnische Herausforderungen. Die stetige Optimierung von Wirkungsgrad und Effizienz erfordert, die Verluste im System konsequent zu minimieren. Dies treibt den Technologiewechsel von klassischen Halbleiterschaltern hin zu modernen Wide-Bandgap-Bauelementen (WBG) wie Siliziumkarbid (SiC) und Galliumnitrid (GaN) voran. Leistungselektronik auf Basis dieser Materialien ermöglicht hochdynamische, kompakte

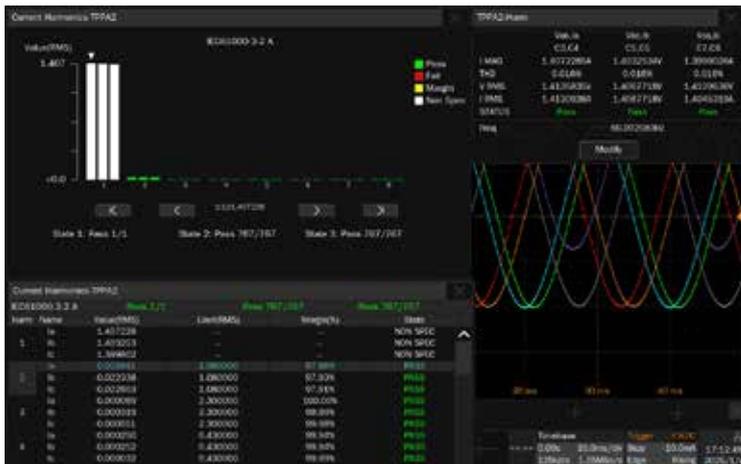
und deutlich verlustärmere Systeme, bringt jedoch neue Anforderungen an die Messtechnik mit sich.

Wie entstehen diese Herausforderungen, worin liegen die kritischen Punkte, und wie können Oszilloskope wie das SDS5000X HD mit hochauflösenden AD-Wandlern Entwicklerteams bei der sicheren und präzisen Analyse unterstützen?

Um diese Herausforderungen zu verstehen, muss man sich zunächst mit den Eigenschaften von WBG-Komponenten auseinandersetzen. Ihre speziellen Materialeigenschaften ermöglichen einen deutlich schnelleren Wechsel zwischen den Zuständen „offen“ und „geschlossen“. Das bedeutet, dass Anstiegs- und Abfallzeiten wesentlich kürzer ausfallen. Damit lassen sich höhere Schaltfrequenzen realisieren. Höhere Schaltfrequenzen ermöglichen wiederum den Einsatz kleinerer Induktivitäten und Kondensatoren, was zu kompakteren und potenziell kostengünstigeren Designs führen kann. Ein weiterer Vorteil ist die höhere Spannungsfestigkeit. Dadurch eignen sich WBG-Bauelemente bei gleicher Baugröße auch für Anwendungen mit höheren Spannungen. Bleiben die Spannungen hingegen gleich, kann der Schalter selbst deutlich kleiner dimensioniert werden.

Was bedeutet das nun für die Messtechnik?

Zur genauen Vermessung von steileren Flanken benötigt man Oszilloskope – einschließlich der Tastköpfe – mit höherer Bandbreite. Mit einer maximalen Bandbreite von 1 GHz ist die SDS5000X-HD-Serie hierfür gut vorbereitet. Problematisch wird es bei der Auswahl der Tastköpfe: Aus den oben dargestellten veränderten Anforderungen ergibt sich die Notwendigkeit einer höheren Spannungsfestigkeit und einer höheren Bandbreite. Einfache passive Tastköpfe sind bis 1 GHz oder sogar darüber hinaus verfügbar, allerdings reduziert sich die spezifizierte Maximalspannung jenseits der 10 MHz schnell



Mit einem geeigneten Oszilloskop lassen sich Stromüberschwingungen detailliert erfassen und sofort analysieren.

auf wenige Volt. Für Messungen an höheren Spannungen, auch ohne Massebezug, gibt es Hochspannungs-Differential-Tastköpfe. Diese sind für Spannungen bis in den Kilovoltbereich und mit Bandbreiten bis 400 MHz erhältlich. Damit scheint man gut ausgerüstet zu sein. Allerdings haben diese Tastköpfe einen großen Nachteil, wenn es um floatende Messungen am Mittelpunkt einer Halbbrücke aus schnell schaltenden WBG-Halbleitern geht. Der Parameter Gleichtaktunterdrückungsverhältnis (CMRR – Common Mode Rejection Ratio) ist hier sehr stark frequenzabhängig: Bei DC liegt das CMRR zum Beispiel bei 80 dB, bei 100 MHz jedoch nur noch bei 25 dB. Damit ist eine Messung der Source-Gate-Spannung am High-Side-Schalter (floatend) kaum mehr möglich – die relativ kleine Spannung (VGS) wird von nicht ausreichend unterdrückten hochfrequenten Gleichtaktspannungskomponenten deutlich überlagert.

Die Lösung ist ein Differenzastkopf mit optischer Isolation. Die Tastköpfe von Siglent bieten Bandbreiten von 500 MHz und 1 GHz sowie ein exzellentes CMRR von 160 dB bei DC und niedrigen Frequenzen. Selbst bei 800 MHz wird noch ein CMRR von 80 dB erreicht. Damit werden auch hochfrequente Gleichtaktspannungskomponenten ausreichend unterdrückt, sodass aussagekräftige Messungen möglich werden. Die Kombination aus SDS5000X HD und einem optisch isolierten Differenzastkopf der Serie ODP6000B ermöglicht die präzise Charakterisierung von WBG-Halbleiterschaltungen. Mit der hohen Bandbreite und Abtastrate, dem niedrigen Rauschen und dem hervorragenden ENOB lassen sich kleinste Signaldetails aufdecken sowie hochdynamische Schaltvorgänge zuverlässig erfassen und analysieren.

Flexibel vom Labor bis zu automatisierten Tests

Ob bei der detaillierten Analyse komplexer Schaltnetzwerke im Labor oder bei der automatisierten Serienprüfung von

diverser Leistungselektronik im Teststand, die Oszilloskope der SDS5000-Serie bieten für jeden Einsatz die passende Form. Für den Laborbetrieb steht das Tischgerät SDS5000X HD mit großem Touchdisplay, intuitiver Benutzeroberfläche und kompakter Bauform bereit, sodass Ingenieure Transienten, Störanteile und Effizienzverläufe direkt erfassen und bewerten können. Für den Dauerbetrieb in automatisierten Testsystemen hingegen ist das Rackmount-Gerät SDS5000L optimiert. Es verzichtet auf ein integriertes Display und ermöglicht die vollständig fernsteuerbare, langzeitstabile Erfassung und Dokumentation von Messdaten im 19-Zoll-Rack. Beide Serien teilen sich dieselbe leistungsfähige Architektur – so kann ein einmal entwickelter Testaufbau von der Laborphase nahtlos in die automatisierte Validierung übertragen werden.

Effizienz und Präzision in jeder Entwicklungsphase

Mit den neuen SDS5000X-HD- und SDS5000L-Oszilloskopen sowie den ODP6000B-Tastköpfen bietet Siglent ein durchgängiges Messsystem, das den steigenden Anforderungen in Leistungselektronik und Embedded-Design gerecht wird. Die Mehrkanaloszilloskope erlauben eine ganzheitliche Analyse komplexer Systeme, während die hohe Auflösung in Verbindung mit geringem Rauschen präzise Signale für ein zuverlässiges Debugging liefert.

Die große Speichertiefe ermöglicht es, lange Sequenzen in einem einzigen Messlauf zu erfassen. Gleichzeitig lässt sich die skalierbare Plattform flexibel in manuelle Laborumgebungen oder in automatisierte Testabläufe integrieren. Für Ingenieure bedeutet dies schnellere Entwicklungszyklen, zuverlässigere Validierungen und ein tiefes Verständnis selbst hochdynamischer Systeme.

Test efficiently, qualify precisely – Siglent macht die Komplexität moderner Leistungselektronik beherrschbar.

Interview mit Siglent über Trends in der Oszilloskop-Technik

„Mehr Präzision, mehr Kanäle, mehr KI!“

Die Anforderungen an Messtechnik und speziell Oszilloskope steigen: Höhere Auflösung, intelligente Softwarefunktionen und sichere Cloud-Integration rücken in den Fokus. Gleichzeitig wird die Signalintegrität zur zentralen Grundlage für valide, automatisierte Analysen. Wie sich der Messtechnikspezialist Siglent in diesem Bereich strategisch positioniert und wie Anwender davon Nutzen ziehen können, erörtert Thomas Rottach, Sales & Marketing Director Europa bei Siglent, in unserem Interview.



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

Welche technologischen Entwicklungen sehen Sie aktuell im Bereich Oszilloskope als besonders relevant, und wie positioniert sich Siglent dazu?

Oszilloskope entwickeln sich zunehmend von reinen Messgeräten zu intelligenten Analysewerkzeugen. Aktuell sind höhere vertikale Auflösungen, rauscharme Signalerfassung mit hoher Signalintegrität und flexibel einsetzbare, mehrkanalige Geräte besonders relevant. Hinzu kommt der Trend zu immer mehr integrierten Analysefunktionen, die komplexe Signalformen oder Leistungsparameter direkt im Gerät auswerten können. Ich erwarte, dass in Zukunft auch erste KI-basierte Analysen im High-End-Bereich Einzug halten werden.

Siglent begegnet diesen Entwicklungen mit 12-Bit-Technologie und dem Fokus auf ein gut designtes Frontend für beste Signalintegrität, sowie Mehrkanal-Oszilloskope mit leistungsfähigen Softwarefunktionen. Damit ermöglichen wir Entwicklern, auch bei hohen Abtastraten präzise und saubere Messungen durchzuführen und selbst anspruchsvolle Signalanalysen effizient umzusetzen.

Wie fügt sich die Einführung des SDS7000AP und der SDS5000X HD-Serie in Ihre Strategie für den europäischen Markt ein?

Mit der Erweiterung des Portfolios mit der SDS7000A-Serie um zwei noch leistungsstärkere Modelle und der Einführung der Mehrkanal-Oszilloskope der SDS5000X HD-Serie stärken wir gezielt unsere Position im europäischen Markt für Performance-Oszilloskope. Seit der Vorstellung unseres ersten Performance-Geräts vor rund zweieinhalb Jahren konnten wir erfolgreich neue Märkte erschließen und kontinuierliches Wachstum erzielen. Mit den neuen Serien erweitern wir nun unsere adressierbaren Märkte konsequent weiter und setzen damit unseren Plan um, Siglent als umfassenden Messtechnik-Partner im High-End-Segment zu etablieren.

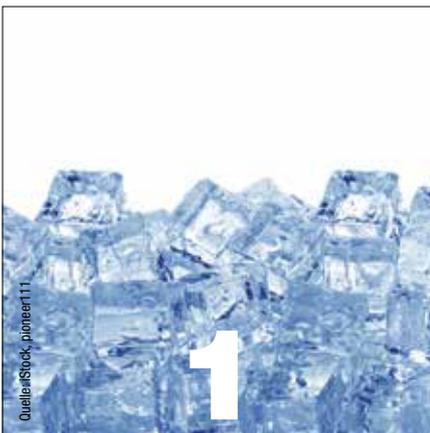
Auf welche technologischen Schwerpunkte und Funktionen wird Siglent künftig verstärkt setzen?

Unsere zukünftigen technischen Schwerpunkte und Funktionen werden auch weiterhin auf unsere Positionierung, als Hersteller leistungsfähiger Messtechnik für den täglichen Einsatz ausgerichtet sein. Wir wollen Messtechnik bereitstellen, die Ingenieuren an jedem Arbeitsplatz präzise und zuverlässige Ergebnisse liefert – von der täglichen Entwicklungsarbeit bis hin zu hochkomplexen High-End Projekten. Daher wird der Fokus weiter auf Signalintegrität und die Erweiterung unserer Analysefunktionen legen. Dies gilt im Übrigen auch für unser Angebot an Hochfrequenztechnik.

6

HIGHLIGHTS

Fakten, Trends und Neues: Was hat sich in der Branche getan? Avnet Abacus kündigt einen Führungswechsel an, dSpace erweitert seine HIL-Plattform und Rosenberger Hochfrequenztechnik bietet neue Steckverbinderlösungen an. Forschende finden heraus, dass Kälte die Effizienz von Computerchips steigern könnte und Spectra setzt seine Wachstumsstrategie mit der Übernahme von ICP Deutschland fort.



Kälte als Energiequelle

Energieeffiziente Chips

Moderne Computerchips erzeugen enorme Mengen an Wärme und haben entsprechend einen hohen Energiebedarf. Eine Lösung für dieses Problem könnte paradoxerweise in der Kälte liegen, denn Kühlung könnte den Stromverbrauch deutlich senken. Laut einer Analyse eines internationalen Teams vom **Forschungszentrum Jülich** sind Einsparungen von bis zu 80 Prozent realistisch.

Erfahren Sie mehr: industr.com/2872425

Übergang an der Spitze

Führungswechsel

Avnet Abacus gibt einen Führungswechsel bekannt: **Mario Merino** wird neuer Präsident des Distributors und folgt auf **Rudy Van Parijs**, der nach über 30 Jahren bei Avnet in den Ruhestand tritt. Van Parijs hat die Entwicklung des Unternehmens seit 2018 maßgeblich geprägt und dessen Wachstum verdoppelt. Mit Merino übernimmt ein Branchenkenner mit technischem Hintergrund.

Erfahren Sie mehr: industr.com/2857838

Mehr Sicherheit im Akkupack

Wärmemanagement

Die TTape-Plattformen von **Littelfuse** ergänzen das Thermistoren-Portfolio von **Rutronik** um leistungsfähige Lösungen für die Temperaturüberwachung. Entwickelt für mehrzellige Lithium-Ionen-Batterien sowie großflächige Anwendungen in sicherheitskritischen Bereichen, benötigen die Sensoren nur einen einzigen **MCU**-Eingang. Sie bieten zudem eine sehr hohe Messgenauigkeit.

Erfahren Sie mehr: industr.com/2879736

Testmöglichkeiten für Echtzeitsysteme

HIL-Plattform

Mit der neuen Produktlinie „**Scalexio FSX**“ erweitert **dSpace** seine HIL-Plattform um skalierbare Echtzeitsysteme. Die Lösung ermöglicht eine verbesserte Fehlereinspeisung und Signalkonditionierung. Durch die modulare Hard- und Softwarearchitektur lassen sich individuelle Testszenarien effizient umsetzen – von der Automobilentwicklung bis hin zur Luft- und Raumfahrt.

Erfahren Sie mehr: industr.com/2847702

Automotive-Kamerasysteme

Steckverbinderlösung

Rosenberger Hochfrequenztechnik präsentiert neue modulare Verbindungslösungen für Automotive-Kamerasysteme. Die kompakten Steckverbinder basieren auf koaxialen Schnittstellen wie **FAKRA**, **HFM** und **RMC**. Sie wurden speziell für **ADAS**, Fahrerüberwachung und autonomes Fahren entwickelt und bieten eine zukunftssichere Lösung für komplexe Fahrzeugarchitekturen.

Erfahren Sie mehr: industr.com/2883472

Spectra übernimmt ICP Deutschland

IT-Fusion

Mit der Übernahme des Industrie-PC-Anbieters **ICP Deutschland** setzt **Spectra** ihre Wachstumsstrategie konsequent fort. Nach der Integration von **Compmall** ist dies ein weiterer wichtiger Schritt zur Stärkung des Portfolios des Unternehmens im Bereich der industriellen Automatisierung. Durch das erfahrene **ICP-Team** stärkt **Spectra** seine Expertise und Präsenz im europäischen Markt.

Erfahren Sie mehr: industr.com/2883904

MES THE CONNECTOR

40
JAHRE

The cable kitchen

Frische Ideen, beste Zutaten und viel Liebe:
So einfach ist unser Erfolgsrezept.
JETZT KOSTEN!

mes-electronic.de



01



02



03



04

IAA Mobility 2025

Die IAA Mobility öffnet vom 9. bis 14. September in München ihre Tore. Fachbesucher und interessierte Automobilfans sollten folgende „Places to be“ auf keinen Fall verpassen.

TEXT: Michaela Sandner, E&E; mit Material des Verbands der Automobilindustrie

01 IAA Summit

Als zentrales B2B- und B2ESG-Event bietet der IAA Summit die Gelegenheit, die Zukunft der Mobilität hautnah zu erleben. Hier treffen sich Vordenker der Branche, um die neuesten Technologien und Lösungen zu präsentieren. Mit



Keynotes, Networking-Formaten und Weltneuheiten ist der IAA Summit ein Muss für alle Branchenexperten.

02 IAA Experience

Die IAA Experience ist das Erlebnisformat der IAA Mobility. Hier testen die Fachwelt auf dem Summit und die Öffentlichkeit im Open Space selbst, wie sich die klimaneutrale Mobilität der Zukunft anfühlt. Vom E-Bike bis zum autonomen Fahrzeug, von Assistenzsystemen bis zur Ladeinfrastruktur – erleben Sie Technologien hautnah.



03 IAA Conference

Die IAA Conference, die Entscheidungskonferenz für Mobilitäts-, Nachhaltigkeits- und Tech-Themen, findet von Dienstag, dem 9. September, bis Freitag, den 12. September statt. Besucher erwarten aufschlussreiche Keynotes, Fireside Chats und spannende Diskussionen über die neuesten Entwicklungen in der Mobilität der Zukunft.



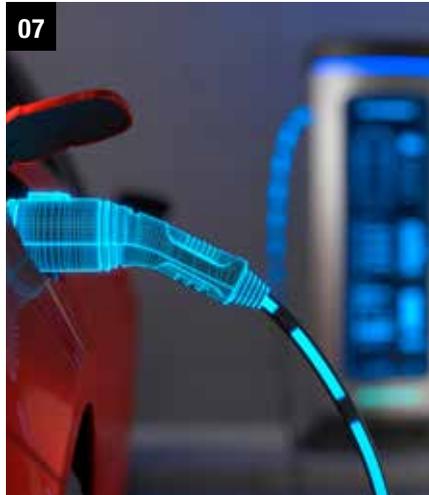
Quellen: 01 | Frommel, 02 | Nicolaj Korauz, Team Frommel, 03 | IStock, Tetiana Lazunova, 04 | Anja Wechsell, Team Frommel, 05 | IStock, Suchat Longthara, 06 | Lars Hübner, 07 | IStock, sarawuth, 08 | Jan Schmitzke



05



06



07



08

04 IAA Africa Day

Der Africa Day am 10. September bietet Austausch zwischen Vertretern der afrikanischen und der deutschen Automobilindustrie. Besucher lernen, welche Möglichkeiten der Diversifizierung von Wertschöpfungsketten und der Verar-



beitung von Rohstoffen auf dem Kontinent bestehen und wie die Autoindustrie davon extrem profitieren kann.

06 Test Drives

Die IAA Experience Test Drives lädt Besucher ein, neue klimaneutrale Mobilitätslösungen hautnah zu erleben.



Besucher können emissionsfreie Fahrzeuge, Assistenzsysteme oder den neuesten Stand der Ladeinfrastruktur testen.

08 IAA Open Space

Wie wollen wir uns heute und in Zukunft fortbewegen – mit dem Auto, dem Rad, dem ÖPNV oder ganz anders? Der IAA Open Space bringt aktuelle und zukünftige Entwicklungen der Mobilität direkt in die Innenstadt von München – und das alles erlebbar, interaktiv und kostenlos. Über die ganze Münchner Innenstadt verteilt – vom Marienplatz bis hin zum Geschwister-Scholl-Platz – können Besucher entdecken, was heute schon möglich ist und wie die Mobilität von morgen aussehen kann. Geboten sind nachhaltige Fahrzeuge, clevere Technik und jede Menge Möglich-



keiten, E-Autos, E-Bikes, E-Scooter und weitere Mobilitätsangebote vom 9. bis 14. September selbst auszuprobieren.

05 IAA Startup Areas

70 ausgewählte Startups werden sich in diesem Jahr in den Startup Areas auf dem IAA Summit präsentieren. Durch die Kombination aus Innovation, Net-



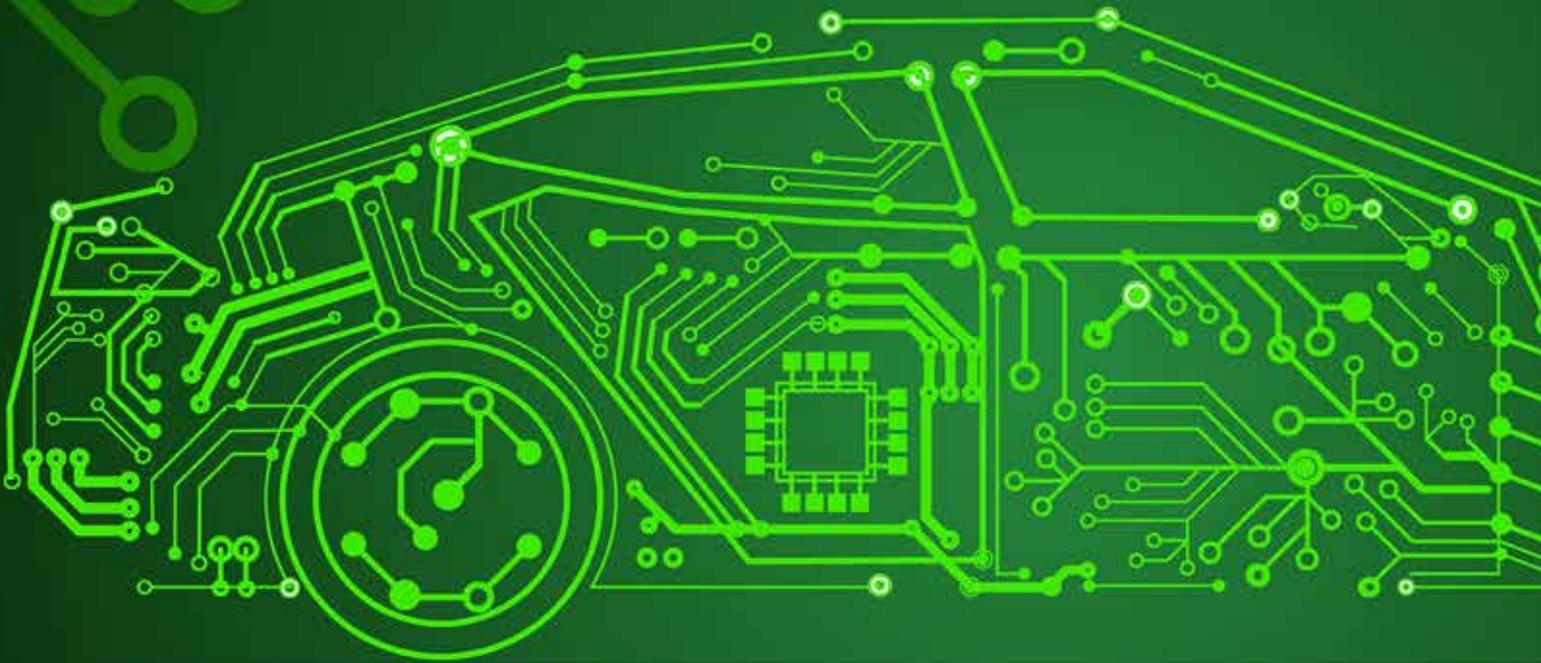
working und exklusiven Events sind die Startup Areas ein unverzichtbarer Bestandteil für den Summit-Besuch.

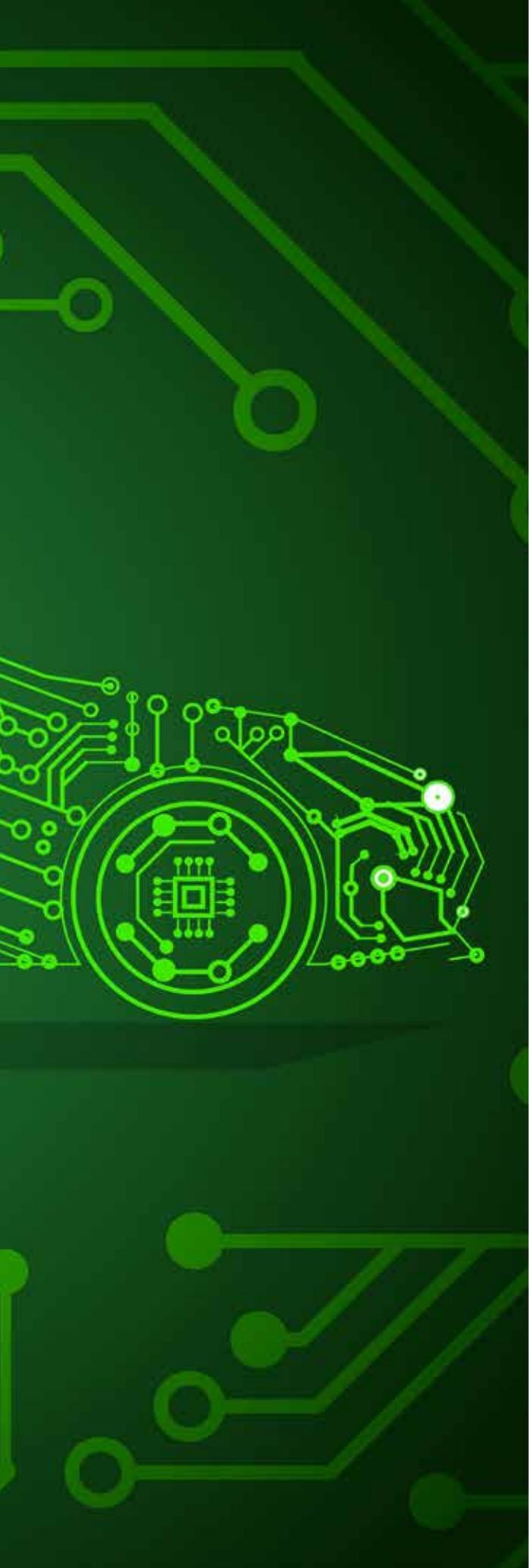
07 WNEVC

Der jährliche World New Energy Vehicle Congress (WNEVC) wird 2025 zum zweiten Mal stattfinden. In diesem Jahr steht die sich wandelnde Partner-



schaft zwischen China und Deutschland im Kontext von Elektromobilität und industrieller Innovation im Fokus.





Elektromobilität als Innovationstreiber

ELEKTRONIK NEU GEDACHT

Neue Anforderungen an Leistung, Effizienz und Sicherheit eröffnen für Entwickler viele Möglichkeiten, moderne Technologien zu gestalten und nachhaltige E-Mobilitätslösungen voranzutreiben. Dabei sind sehr intelligente Steuerungssysteme, leistungsfähige Batteriemanagementsysteme und innovative Sensorik unverzichtbar.

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

Die Elektronikentwicklung steht im Zentrum der Elektromobilität und ist maßgeblich verantwortlich für den Erfolg der Energiewende im Verkehr. Moderne Elektrofahrzeuge sind hochkomplexe Systeme, bei denen Leistungselektronik für den effizienten und zuverlässigen Betrieb des Antriebs sorgt. Entwickler müssen Komponenten entwerfen, die nicht nur hohen elektrischen Strömen standhalten, sondern auch thermisch belastbar und langlebig sind. Batteriesysteme und deren Management erfordern präzise Steuerungen, um Ladezyklen optimal zu nutzen und die Sicherheit der Systeme zu gewährleisten.

Darüber hinaus gewinnt die Integration intelligenter Sensoren und Steuergeräte zunehmend an Bedeutung. Sie ermöglichen nicht nur eine präzise Regelung des Antriebs, sondern auch die Vernetzung des Fahrzeugs mit der Ladeinfrastruktur und anderen Verkehrsteilnehmern. Themen wie bidirektionales Laden oder Vehicle-to-Grid sind dabei nur einige Beispiele, wie die Elektronik die Mobilität von morgen flexibler und nachhaltiger macht. Elektronikentwickler sind somit gefordert, nicht nur robuste Hardware zu schaffen, sondern auch innovative Softwarelösungen, die komplexe Funktionen in Echtzeit steuern.

Neben den technischen Herausforderungen gilt es, auch die Aspekte der Miniaturisierung und Kosteneffizienz zu berücksichtigen, um Elektromobilität für eine breite Masse zugänglich zu machen. Die enge Verzahnung von Hardware und Softwareentwicklung sowie die enge Zusammenarbeit mit anderen Disziplinen sind Schlüssel zum Erfolg. Wer sich in diesem dynamischen Umfeld bewegt, trägt entscheidend dazu bei, die Mobilität nachhaltig zu transformieren und neue Maßstäbe in der Elektronikentwicklung zu setzen.

Elektronik als Game-Changer bei der Mobilität

DIE PERSPEKTIVE WECHSELN – NEUE WEGE ENTDECKEN

Elektromobilität bedeutet weit mehr als den Wechsel vom Verbrennungsmotor zum E-Antrieb. Mit ihr wächst der Anspruch an elektronische Komponenten und Systeme: Sie sollen leistungsstark, zuverlässig und effizient sein. Doch wie gelingt es, diese Bausteine nahtlos in Elektrofahrzeuge zu integrieren – und welche Hürden müssen Entwickler dabei überwinden?

UMFRAGE: Bernhard Haluschak, E&E BILDER: teilnehmende Unternehmen; iStock, zhangyang135769





**CYRIL
CLOCHER**

Die größte Herausforderung beim Betrieb leistungsstarker elektronischer Steuergeräte (ECUs) in Fahrzeugen besteht in der Energieeffizienz. Renesas verfolgt das Ziel, die Energieeffizienz und Reichweite von EVs zu verbessern, indem der Energieverbrauch der Chips selbst optimiert sowie ein Beitrag zur Gewichtsreduktion des Fahrzeugs geleistet wird. Der neueste Renesas SoC, R-Car Gen5, nutzt den 3-nm-Technologie-knoten für Automotive und ist 30 Prozent effizienter als Bausteine, die in einem 5-nm-Prozess gefertigt werden. Wir erreichen damit ein branchenführendes Verhältnis von Leistung zu Energieverbrauch. Als domänenübergreifende Lösung, die mehrere Funktionsbereiche in einem SoC unterstützt, reduziert R-Car Gen5 auch die Anzahl benötigter ECUs und Kabelbäume. Dies verringert Gewicht und verbessert die Reichweite.

Senior Director der HPC SoC Business Division bei Renesas



**FRANCESCO
VAIANI**

Eine zentrale Herausforderung besteht darin, eine Software- und Hardware-Integration zu erreichen, die Zuverlässigkeit, Cybersicherheit und langfristige Wartbarkeit gewährleistet – insbesondere in verteilten, vernetzten EV-Systemen. Die zunehmende Komplexität der Elektronik erfordert skalierbare Architekturen, die sichere Over-the-Air-Updates, Diagnosen und die Einhaltung neuer Vorschriften wie dem Cyber Resilience Act unterstützen. Modularität, Edge-Verarbeitungsfähigkeiten und Interoperabilität zwischen Hardwareplattformen sind ebenfalls unerlässlich, um die Markteinführungszeit und die Lebenszykluskosten zu reduzieren und gleichzeitig Innovationen in dem vom E-Mobilitätsmarkt geforderten Tempo zu ermöglichen.

Software Product Manager bei SECO



**ANSGAR
HEIN**

Die Integration elektronischer Komponenten in Elektrofahrzeuge ist ein Balanceakt: Bauraum ist knapp, jedes Gramm Gewicht zählt, thermische Konzepte müssen von Anfang an mitgedacht werden, und die Systeme sollen Vibrationen, Feuchtigkeit und extremen Temperaturschwankungen über viele Jahre hinweg standhalten. Gleichzeitig verlangt die Modellvielfalt nach skalierbaren Architekturen, die sich einfach anpassen lassen, ohne jedes Mal in ein komplett neues Design zu führen. Offene Schnittstellen sind entscheidend, um proprietäre Sackgassen zu vermeiden. Zudem treibt die wachsenden Anforderungen an Sensorik, Kommunikation und intensiver Datenverarbeitung den Bedarf an standardisierten High-Speed-Verbindungen extrem voran.

Chairman bei SGET

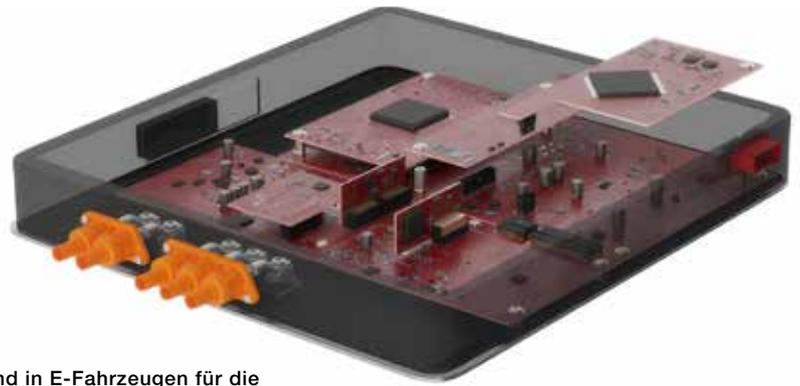


Inverter in der Elektromobilität und die Anforderungen

Energie intelligent kontrollieren

Batteriemanagementsysteme und die Leistungselektronik spielen für die Elektromobilität eine Schlüsselrolle, denn sie verbinden unterschiedliche Komponenten im E-Automobil miteinander. Die Verbindungsfunktion innerhalb der Inverter kommt den Steckverbindern zu. Diese sind gefordert, die Signale, Daten und die hohen Ströme trotz der anspruchsvollen Bedingungen zuverlässig, sicher, schnell und ohne Verluste zu steuern und zu übertragen. Hierzu müssen die Steckverbinder in puncto Temperaturbeständigkeit, Kompaktheit und Flexibilität sowie Leistungsfähigkeit und Robustheit einige Anforderungen erfüllen.

TEXT: Franziska Lill, ept BILDER: ept; iStock, urbazon



Inverter sind in E-Fahrzeugen für die intelligente Stromversorgung und das Energiemanagement verantwortlich.

Inverter sind in E-Fahrzeugen für die intelligente Stromversorgung und das Energiemanagement verantwortlich. Sie verbinden die Batterie des Elektrofahrzeugs mit den elektrischen Verbrauchern im Fahrzeug und beim Ladevorgang auch mit dem öffentlichen Stromnetz. Hierbei werden unterschiedliche Spannungsebenen benötigt.

Es werden hauptsächlich zwei Arten von Invertern in Elektroautos eingesetzt: DC/DC-Inverter und AC/DC-Inverter. DC/DC-Inverter ändern die Spannung eines Gleichstroms. AC/DC-Inverter (Gleich- oder Wechselrichter) ändern Gleich- in Wechselstrom oder umgekehrt. Inverter wandeln also die elektrische Energie in die jeweils für den Verbraucher nötige Spannungsebene und -form, um eine optimale Leistung sicherzustellen.

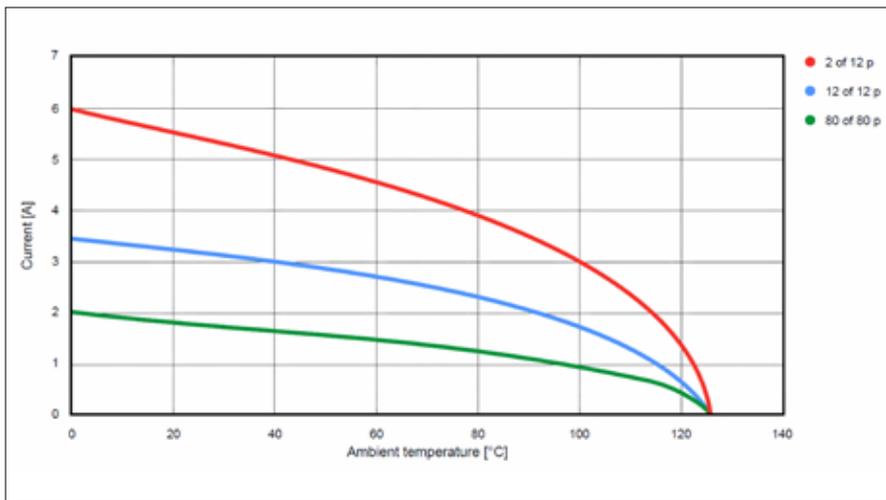
Anforderungen an Inverter

Inverter müssen vielerlei Anforderungen erfüllen. Hierzu gehört mitunter die Kompatibilität, Integrierbarkeit sowie die Effizienz. Das bedeutet, die Inverter müssen kompatibel mit anderen Systemen im Elektroauto, wie Batterie, Elektromotor und Steuerungseinheit sein. Außerdem müssen Inverter einfach integrierbar sein, um den Aufbau des Elektroautos zu vereinfachen und Zeit und Kosten zu sparen. Zudem ist eine hohe Effizienz unerlässlich, um große Reichweiten zu ermöglichen.

Auch Zuverlässigkeit, Kosteneffektivität und der Überlastungsschutz müssen gegeben sein. Eine zuverlässige Funktionsweise ist erforderlich, um eine stabile Funktion für sicheres und unterbrechungsfreies Fahren garantieren zu können. Inverter müssen erschwinglich für die wirtschaftlichen Anforderungen des Elektroautos sein. Ebenfalls müssen Inverter mit Überlastungsschutz ausgestattet sein, um Überlastung und Überspannung zu vermeiden und das Elektroauto und seine Komponenten zu schützen.

Bezüglich technischer Anforderungen spielen die Temperaturbeständigkeit, die Kompaktheit, die Leistungsfähigkeit sowie die Robustheit eine zentrale Rolle. So müssen die Inverter:

- in einem weiten Temperaturbereich funktionieren und stabil sein, um in einem Fahrzeug eingesetzt zu werden
- platzsparend und leicht sein, denn jedes zusätzliche Gewicht mindert die Reichweite eines Elektroautos
- eine hohe Leistung bei der Strom- und Datenübertragung nachweisen, um den Bedürfnissen des Elektromotors und anderer Systeme zu entsprechen
- widerstandsfähig gegenüber Umwelteinflüssen, Schock und Vibrationen sowohl im Installations- und Montageprozess sowie für automatisiertes Fügen und im Betrieb sein.



Beispiel Zero8: Stromtragfähigkeit pro Kontakt in Abhängigkeit von Polzahl und Anzahl stromführender Kontakte

Steckverbinder im Fokus

Inverter verbinden die unterschiedlichen Komponenten im Fahrzeug, wie den Batteriespeicher mit dem Elektromotor. Hierbei müssen die Inverter die oben aufgeführten Anforderungen erfüllen, um die Daten und Ströme in Echtzeit und zuverlässig zu übertragen.

Die Verbindungsfunktion zwischen den Leiterplatten innerhalb der Inverter kommt den Steckverbindern zu. Die Steckverbinder sollen die Signale, Daten und Ströme trotz der anspruchsvollen Umweltbedingungen zuverlässig, sicher, schnell und ohne Verluste übermitteln. Für die Steckverbindungen gelten vergleichbare Anforderungen an die Qualität.

Temperaturbeständigkeit

Die Materialien der Steckverbinder sollten hohe Temperaturen aushalten, da die Einsatzbedingungen im Auto dies fordern. Bei der Auswahl des richtigen Steckverbinders stehen für den Isolierkörper eine Vielzahl an Kunststoffmaterialien zur Verfügung. Sehr gute Eigenschaften weist hier jedoch das Material LCP (Liquid Crystal Polymers) auf. Ein LCP-Isolierkörper besteht mit einer außerordentlichen Maß- sowie Wärmestabilität, einer hohen Steifigkeit, auch bei dünnwandigen Bauteilen und einem geringen linearen Wärmeausdehnungskoeffizienten. Aus der

Brennbarkeitsklasse UL 94 V-0 resultieren Betriebstemperaturen bei Steckverbindern mit LCP-Isolierkörpern von -55°C bis $+125^{\circ}\text{C}$.

Kompaktheit und Flexibilität

Steckverbinder mit einem kleinen Rastermaß eignen sich sehr gut für den Einsatz im Inverter, da sie platzsparend sind, nur wenig Bauraum auf der Leiterplatte benötigen und somit dem Anspruch an die Kompaktheit gerecht werden. Eingesetzt werden hierfür beispielsweise Systeme mit einem Rastermaß von 1.27 mm, 0.8 mm oder 0.5 mm. Aber nicht nur klein sollten die Stecker sein, sondern auch anpassungsfähig an die unterschiedlichsten Anforderungen. Dies betrifft beispielsweise die benötigten Bauhöhen, Polzahlen oder Leiterplattenanordnungen.

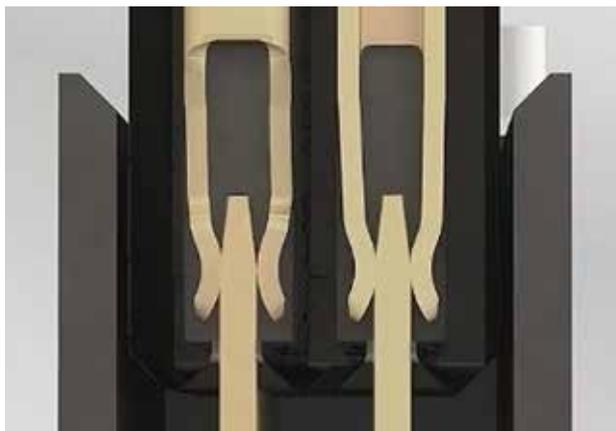
Leistungsfähigkeit

Die Qualität der Datenübertragung hängt von drei Kriterien ab. Das erste Kriterium ist der Impedanzverlauf eines Steckverbinders. Sobald sich im Übertragungsweg die Impedanz verändert, wird das Signal reflektiert, was die Qualität der Datenübertragung verschlechtert. Bereits eine Material- oder Geometrieänderung kann bewirken, dass die Impedanz schwankt. Eine weitere Kennzahl bei der Datenübertragung ist die Einfügedämpfung, auch Insertion Loss genannt. Sie ist

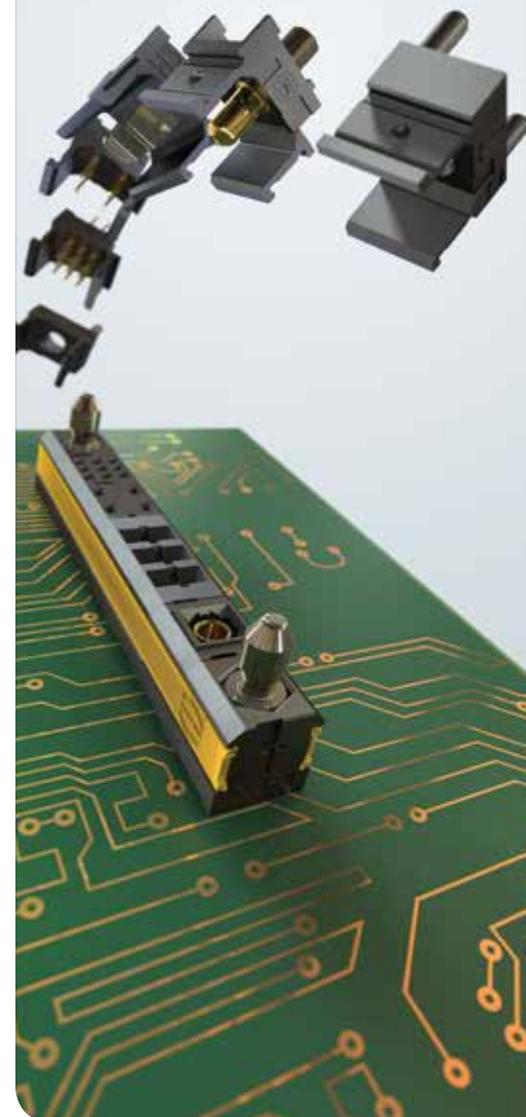
ein Maß dafür, wie stark ein Steckverbinder ein Signal abschwächt. Die Einfügedämpfung berechnet sich als Verhältnis zwischen am Bauteil einfallender und durchgelassener Signalleistung. Dieser Parameter hilft bei der Bewertung, ob der Empfänger ein Signal über den gesamten Übertragungsweg hinweg eindeutig identifizieren kann. Als drittes Kriterium kann das Übersprechen bei der Signalübertragung herangezogen werden. Übersprechen ist die unerwünschte Beeinflussung eines Signals durch ein Signal auf einer anderen Leitung, wobei je nach Art der Beeinflussung in Nah- und Fernübersprechen unterschieden wird. Die Stärke des Übersprechens hängt maßgeblich von der Signal- und Massebelegung ab.

Die Signalintegritätseigenschaften eines Steckverbinders können durch einen EMV-Schutz (Elektromagnetische Verträglichkeit) deutlich verbessert werden. Elektromagnetische Störungen lassen sich bei Steckverbindern durch ein Schirmkonzept reduzieren. Die Koppelinduktivität simuliert den Steckverbinder sowohl als Störquelle oder als Störsenke. Anhand der farblichen Verläufe und den Werten der Koppelinduktivität kann man die Wirkung des Schirmkonzeptes in der folgenden Abbildung deutlich erkennen.

Neben den Signalintegritätseigenschaften stellt auch die Stromtragfähigkeit eines Steckverbinders zur Übertragung



Schematische Details:
doppelseitiger Feder-
kontakt des One27



der Leistung eine wichtige Kernkompetenz dar. Mithilfe von Strombelastbarkeits-Kurven kann man ermitteln, wie viel Strom bei einer gegebenen Umgebungstemperatur durch einen Kontakt geführt werden darf, um die maximal zulässige Grenztemperatur des Bauteils nicht zu überschreiten. So zeigt zum Beispiel eine Derating-Kurve, wie sich beim Steckverbinder Zero8 in Abhängigkeit der Polzahl und Anzahl stromführender Kontakte unterschiedliche Stromangaben pro Kontakt ergeben.

Robustheit

Der Einsatz im Automobil fordert auch die Robustheit eines Steckverbinders heraus, sowohl im Betrieb als auch in der Montage. Die Widerstandfähigkeit von Steckverbindern kann nicht pauschal in einem Wert ausgedrückt werden, sondern sie kann sich auf unterschiedliche Aspekte der Verbindungstechnik beziehen.

Bei SMT-Steckverbindern zeigt sich die Robustheit eines Steckverbinders beispielsweise in der Ausführung des Kontaktprinzips zwischen Messer- und Federleiste mit einer doppelten Kontaktierung, der Qualität der Kontaktbeschichtung für einen geringen Oberflächenabrieb oder den Lötfüßen, welche für eine optimale Meniskusbildung ausgelegt werden müssen. Auch bei der Verarbeitung und Handhabung von SMT-Steckverbindern

kann es darauf ankommen, dass diese möglichst robust sind. Beim Stecken selbst ermöglichen Einführschrägen und ein großzügig ausgelegter Fangbereich einen hohen Toleranzausgleich und dienen dazu, die Handhabung von Steckverbindern möglichst einfach zu gestalten.

Steckverbinder sind in einem Inverter hohen Schock und Vibrationen ausgesetzt, da diese in der Regel motornah angebracht werden. Schock und Vibrationen gefährden den konstanten und störungsfreien Kontakt zwischen Leiterplatte und Steckverbinder sowie auch zwischen Steckverbindungen untereinander. Eine zuverlässige und haltbare Kontaktierung zwischen einem Steckverbinder und der Leiterplatte erreicht man zum Beispiel durch Einpresstechnik. Mit der Einpresstechnik wird das Ziel verfolgt, möglichst hohe Haltekräfte zwischen Steckverbinder und Leiterplatte zu realisieren. Denn die Haltekräfte entscheiden über die mechanische Verbindung, die wiederum Schock und Vibration trotzen muss

Diese Anschlusstechnik ist ein bewährtes Verfahren, bei dem ein Einpressstift in ein Leiterplattenloch gepresst wird. Hierdurch entsteht durch mechanische Verformung des Stiftes eine gasdichte, korrosionsfreie, niederohmige und elektrisch sicher leitende mechanische Verbindung, welche sich auch für den Verguss sehr gut eignet.

PCB Anschluss wie gewünscht

CREATE YOUR OWN: Mit har-modular® bauen Sie Ihren eigenen Leiterplatten-Steckverbinder ganz nach Ihren Wünschen. Kinderleicht konfiguriert und ab Stückzahl 1 bestellt.

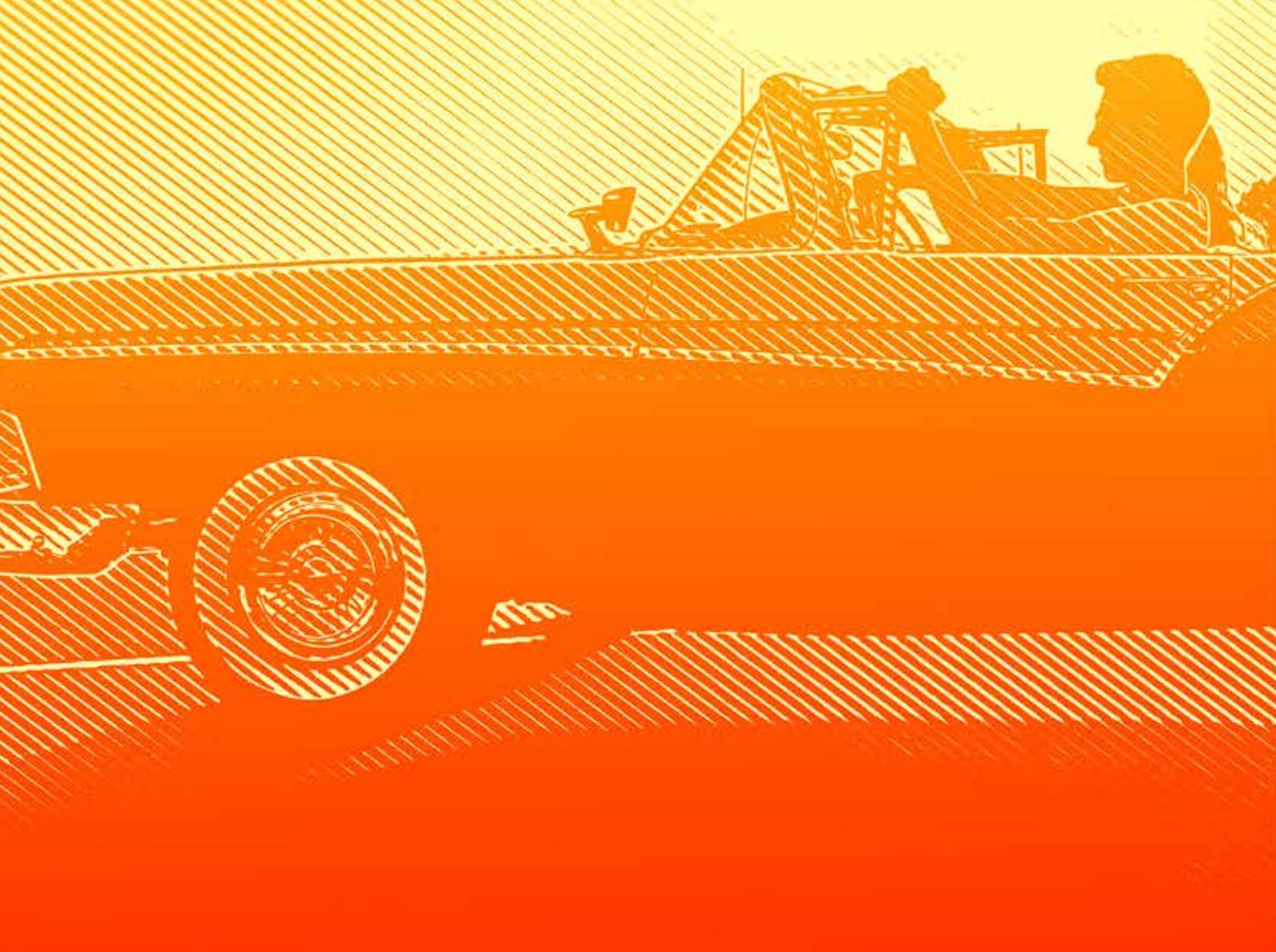
www.HARTING.com/har-modular

LÖSUNGEN FÜR INDUSTRIELLE IoT-VERNETZUNG

Bahn frei für SPE

Die Standardisierung von Single Pair Ethernet steht kurz vor dem Durchbruch. Damit fällt eine entscheidende Hürde: Die unüberschaubare Zahl an Steckergesichtern, die viele Unternehmen bisher zögern ließ. Der neue, universelle Steckerstandard könnte vor allem die industrielle IoT-Vernetzung für digitale KI-Services und die intelligente Fabrik deutlich vereinfachen.

TEXT: Thomas Keller, Rosenberger Hochfrequenztechnik BILDER: Rosenberger Hochfrequenztechnik; iStock, GeorgePeters



Die Norm IEC 63171-7 ED2 definiert ein universelles Steckgesicht für Anwendungen im Schaltschrank und im Feld.



In den letzten Jahren hat sich Single Pair Ethernet (SPE) bereits in der Automobilindustrie durchgesetzt. Die zunehmende Vernetzung im „Software-defined Vehicle“ erfordert eine sichere, kompakte Verkabelung auf engstem Raum im Fahrzeug, die Sensoren und Steuerungen für autonomes Fahren, Batteriemanagement- und Fahrerassistenzsysteme verbindet. Als Partner für die OEMs hat Rosenberger diesen Paradigmenwechsel seit 2012 begleitet und die Protokolle für den Automotive-Stecker mitentwickelt. Diese Erfahrung floss auch in den aktuellen Standardisierungsprozess ein und spiegelt sich im neuen Hybrid-Steckverbinder-Standard IEC 63171-7 (ED2), der bald die Grundlage für die kommende Interoperabilität bildet.

SPE birgt Potenzial für verschiedene Bereiche

Eine Übertragungstechnologie mit großer Reichweite, die Pöwerversorgung und Datenübertragung in einem Kabel kombiniert, gewinnt auch in der industriellen Vernetzung zunehmend an Bedeutung. Die Entwicklung rund um Industrie 4.0, Digitalisierung und Vernetzung wird immer relevanter. Die Basis dafür sind Daten! Zwar wird in der industriellen Vernetzung bereits mit bestehenden Protokollen gearbeitet, doch in der Praxis bleibt es ein Problem, kostengünstig, nachhaltig und effizient an die Daten zu kommen. Indem Sensorik und Aktorik in IoT-Anwendungen die notwendigen Informationen liefern, die von KI-Systemen beispielsweise für vorausschauende Wartung oder Simulationen analysiert werden, steigt der Bedarf an bezahlbarer, intelligenter Vernetzung weiter. SPE stellt hier eine sinnvolle Alternative dar, die zudem Security-Strategien wie Time Sensitive Networking (TSN) für Sicherheits- und Safety-kritische Echtzeitanwendungen ermöglicht.

Zahlreiche Anwendungsszenarien in unterschiedlichsten Branchen können von SPE profitieren: Besonders relevant ist die Technologie in der Automatisierung und der Robotik, wo die

wesentlich schmalere und biegebarere SPE-Kabel zu mehr Bewegungsfreiheit beitragen. Ein weiteres Beispiel sind Fahrzeuge in der Agrarwirtschaft, die zunehmend Daten zu Bodenbeschaffenheit und Wetter einbeziehen. Aber auch in der Elektromobilität entstehen Anwendungsfälle – etwa durch Sensorik in Ladesäulen oder in der Weiterverwendung von Fahrzeugbatterien in großen Energiespeichern, die eine aufwendige Verkabelung erfordern. SPE kann zudem die Vernetzung von Zugabteilen vereinfachen und gehört mittlerweile auch in der Gebäudeautomatisierung zu den Trendthemen.

Protokollvielfalt verteuert die Entwicklung

Überall dort, wo eine leistungsfähige Vernetzung wichtig ist, kann SPE mit Eigenschaften wie Miniaturisierung, Energieversorgung über das Datenkabel (Power over Dataline [PoDL]) und starken Materialeinsparungen glänzen. Mittels Multidrop-Topologie können zudem mehrere Sensoren und Aktoren gleichzeitig über ein Kabel angesteuert werden. Speziell im IoT-Umfeld müssen viele kleine Devices auch gleich mit Strom versorgt werden – Wireless-Ansätze reichen daher in der Regel nicht aus. Sie spielen in der Fabrikautomation weiter eine untergeordnete Rolle: Die Marktanalyse von HMS Networks für das Jahr 2024 stellt fest, dass nur sieben Prozent aller neu installierten Netzwerkknoten auf drahtloser Kommunikation basieren.

In der industriellen Vernetzung gibt es aktuell über 80 verschiedene Protokolle, über die einzelne Komponenten kommunizieren können. Um diese Protokolle zu übersetzen, sind teure Gateways nötig. Vor allem gestaltet sich jedoch die Implementierung kostenintensiv, denn sie erfordert eine hohe Expertise für diese Protokolle: Ein Bereich, in dem die Fachkräfte rar sind. Damit steigen etwa im Maschinen- und Anlagendesign die Entwicklungskosten relativ stark an. Je mehr Sensorik-, Aktorik- und Connector-Hersteller also auf SPE setzen, desto schneller



SPE Steckverbinder basieren auf internationalen Standards (IEC 63171), welche die Kompatibilität fördern und eine zuverlässige Nutzung in verschiedenen Einsatzbereichen gewährleisten.

könnte perspektivisch eine komplette Anlage – ohne Gateways –ausschließlich über Ethernet-Protokoll kommunizieren. In einem Forschungsprojekt mit der TU München für eine CNC-Anlage konnten so bis zu 25 Prozent Entwicklungskosten eingespart werden. Mit zunehmender Verbreitung von Single Pair Ethernet fallen zudem die Kosten für diese Kommunikationstechnologie. Bisher kommt SPE vor allem ergänzend zu bestehenden Ethernet-Verkabelungen für neue digitale, IoT-basierte Szenarien zum Einsatz. In neuen Produkten und Produktionsstandorten könnte SPE künftig auch zur Grundlage werden.

Einheitliches Steckgesicht stärkt die Verbreitung

Der Standard IEEE 802.3 beschreibt die SPE-Protokolle für Automotive, Transport und für die Fabrik-, Gebäude- und Prozessautomatisierung hinsichtlich physischem Layer und Datenübertragungsgeschwindigkeiten. Während in der Autoindustrie aufgrund der hohen Datenvolumen 25 Gigabit pro Sekunde erforderlich sind, wäre das etwa in der Gebäudeindustrie überdimensioniert. Bei bis zu 80 Prozent der industriellen Use Cases sind 10 Mbit ausreichend, mit 100 Mbit lassen sich nahezu sämtliche Fälle abdecken. Auch unterschiedliche Distanzen werden von den jeweiligen Protokollen berücksichtigt: Während in Gewächshäusern oder in Chemieparks Sensorik auf hunderten Metern oder einige Kilometern zusammenwirken soll, sind in einer Maschine oder Anlage oder einem Roboter nur sehr kurze Kabelstrecken notwendig.

Auf Basis früherer Normierungsbemühungen gibt es dazu passend bereits eine ganze Reihe an standardisierten Industriesteckverbindern für SPE, die in den Unternormen der IEC 63171 beschrieben sind. Sie eignen sich für unterschiedliche Einsatzszenarien, die sich allerdings teils überschneiden. Hinzu kommen viele nicht-standardisierte Stecker am Markt. Das führt sowohl für Hersteller als auch Betreiber zu viel Komplexität. Die damit

verbundene Unsicherheit bewog viele Unternehmen zum Abwarten. Ende 2024 gab die Profibus Nutzerorganisation (PNO) bekannt, dass sie mit IEC 63171-7 (ED2) ein einheitliches, hybrides Steckgesicht normieren und als Industriestandard festlegen will. Damit sollen sämtliche Anwendungsszenarien, auch im geschützten Bereich, universell abdeckbar sein.

Aus Rosenberger-Sicht wird damit der vorhergehenden Entwicklungsarbeit in der Automobilindustrie Rechnung getragen, für die Stecker bereits vollautomatisch in Massenproduktion (300 Millionen in 2024) hergestellt werden: Mit dem „High-Speed Modular Twisted Pair Data“ gibt es hier seit 2016 einen Single-Panel-Steckverbinder für hohe Datenraten, der komplett geschirmt ist. Der künftig von der PNO empfohlene Steckverbinder weist – insbesondere hinsichtlich Größe und Schirmung – eine starke Ähnlichkeit mit diesem für die Automobilindustrie entwickelten Steckverbinder auf.

Der richtige Moment, SPE zu evaluieren

Der derzeit laufende Normierungsprozess, in dem die Key Player sich bereits auf ein Design geeinigt haben, sollte bis Ende 2025 in einer CDV-Norm münden – und dann die vom Markt gewünschte und benötigte Interoperabilität einläuten. Dass viele Unternehmen hier bereits in den Startlöchern stehen, zeigt das große Interesse auf Kundenseite und die spürbare Erleichterung, dass das „Steckerdrama“ zu Ende geht. Für viele ist SPE aber auch noch Neuland und es gibt einen erheblichen Beratungsbedarf: Denn ein wichtiger Aspekt bleibt auch weiterhin, den jeweiligen Anwendungsfall genau zu analysieren, und davon ausgehend den passenden Physical Layer und das passende Protokoll auszuwählen, um die größtmöglichen Benefits herauszuarbeiten.

Jede neue Technologie braucht ihre Zeit, um im Markt Fuß zu fassen. Am Beispiel der Autoindustrie ist jedoch gut als Trend

Der SPE-Steckverbinder bietet eine einheitliche, Ethernet-basierte Kommunikation vom Sensor bis in die Cloud und ist Teil einer Schlüsseltechnologie für Anwendungen in IIoT und Smart Factory.



erkennbar, wie vergleichsweise schnell sich SPE aufgrund seiner Vorteile durchsetzen kann. Die aktuell rückläufige wirtschaftliche Situation mit weniger gut gefüllten Auftragsbüchern könnte – wie auch schon bei anderen Innovationsprüngen zu beobachten – für die nötige Luft sorgen, mehr Ressourcen in die Auseinandersetzung mit der neuen Technologie zu stecken. Für alle, die sich in Unternehmen mit dem Thema Datenkommunikation

beschäftigen, ist jetzt der richtige Zeitpunkt, um sich mit SPE auseinanderzusetzen – gleich, ob es sich um Automatisierung und Robotik handelt, Gebäudeautomation, Kühlsysteme in der Lebensmittelindustrie oder die Anlagenentwicklung. Vor allem Hersteller sollten evaluieren, welche Vorteile SPE für die nächsten Produktgenerationen mitbringt, um ihre Wettbewerbsfähigkeit zu steigern.



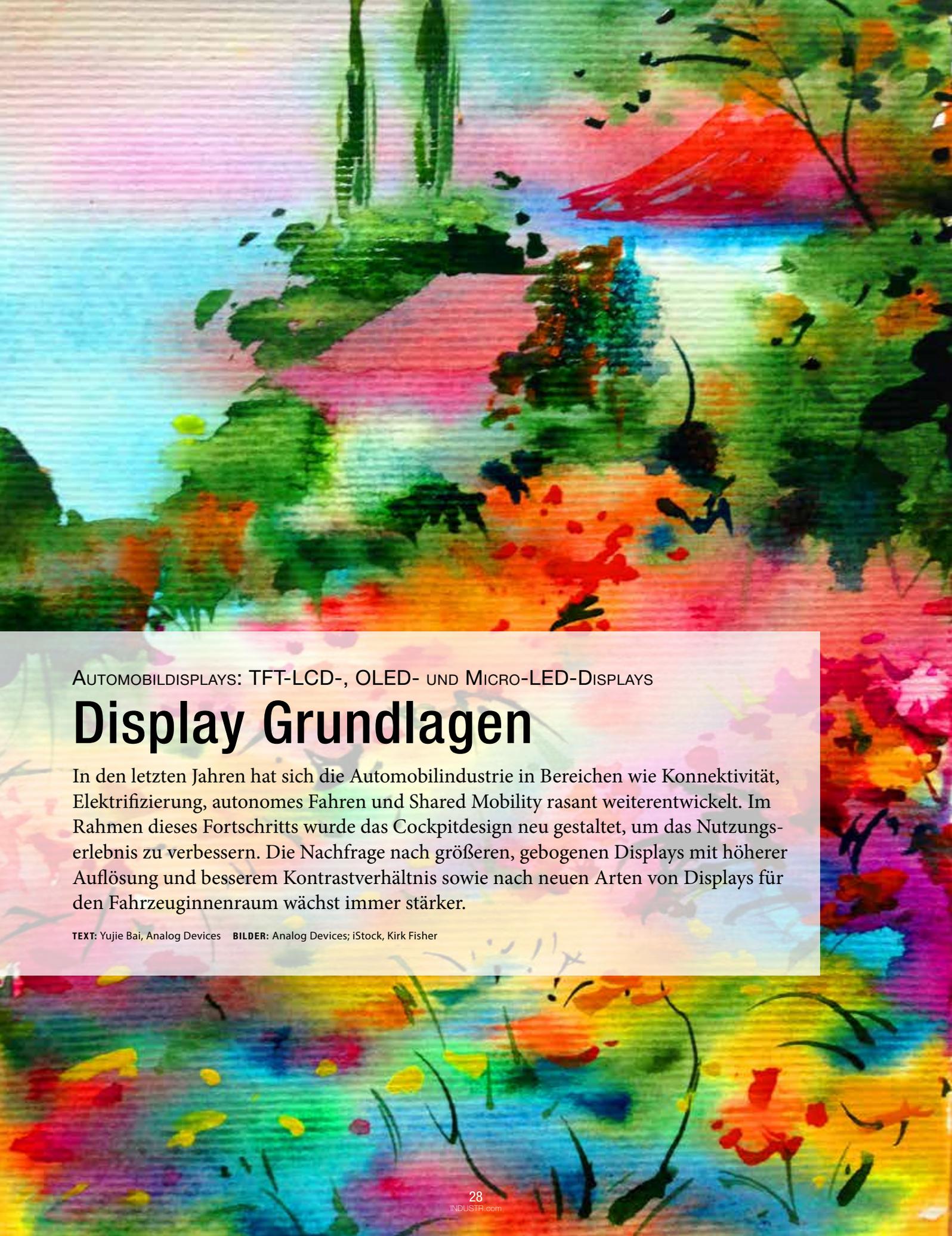
We keep your industry alive

Industrien zum Leben erwecken – das ist unsere Bestimmung. Unser Ziel: das Beste aus ihren Industrien herauszuholen.

Unsere Leitungen sind die Lebensadern der Industrie und verteilen Energie dorthin, wo sie gebraucht wird. Wir liefern zuverlässige Verbindungen für Ihr Projekt, für Ihr Unternehmen, für Ihre Branche.

www.lapp.com

alive BY  **LAPP**

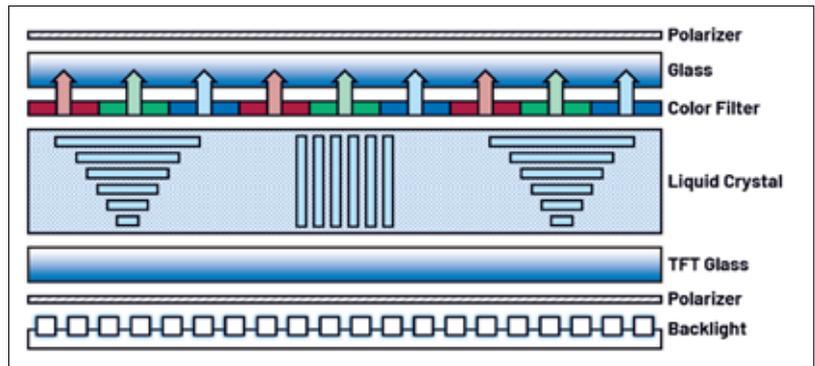


AUTOMOBILDISPLAYS: TFT-LCD-, OLED- UND MICRO-LED-DISPLAYS

Display Grundlagen

In den letzten Jahren hat sich die Automobilindustrie in Bereichen wie Konnektivität, Elektrifizierung, autonomes Fahren und Shared Mobility rasant weiterentwickelt. Im Rahmen dieses Fortschritts wurde das Cockpitdesign neu gestaltet, um das Nutzungserlebnis zu verbessern. Die Nachfrage nach größeren, gebogenen Displays mit höherer Auflösung und besserem Kontrastverhältnis sowie nach neuen Arten von Displays für den Fahrzeuginnenraum wächst immer stärker.

TEXT: Yujie Bai, Analog Devices BILDER: Analog Devices; iStock, Kirk Fisher



Schematischer Aufbau eines TFT-LCD-Displays

Im Jahr 2018 wurden laut dem IHS Markit Automotive Display Market Tracker 161,5 Millionen Display-Panels für Automobile ausgeliefert, und bis 2025 wird ein Anstieg auf über 200 Millionen Einheiten erwartet. Um das Fahrerlebnis zu verbessern, sind moderne Fahrzeuge mit verschiedenen Arten von Displays ausgestattet: dem Kombiinstrument, dem zentralen Informationsdisplay (Center Information Display, CID), dem Head-up-Display (HUD), dem Beifahrerdisplay, dem intelligenten E-Spiegel-Display, dem Seitenspiegel-Display und dem Rear-Entertainment-Display. Das Kombiinstrument liefert dem Fahrer bzw. der Fahrerin wichtige Informationen wie Geschwindigkeit und Kraftstoffstand.

Das HUD projiziert wichtige Informationen auf die Windschutzscheibe. Die Displays für die Unterhaltung auf den Rücksitzen und die Beifahrerdisplays sind Teil des Infotainment-Systems, mit dem Mitreisende Filme ansehen oder anderen Unterhaltungsaktivitäten nachgehen können. Das digitale Kameramonitorsystem (Camera Monitor System, CMS) ersetzt die Außenspiegel durch zwei bis drei Kameras, während die Seitenspiegel-Displays und E-Spiegel-Displays die visuelle Wahrnehmung der Umgebung durch den Fahrer oder die Fahrerin verbessern.

2018 entfielen laut IHS Markit Automotive Display Market Tracker 10 Prozent der Auslieferungen von Display-Panels für Automobile auf 10-Zoll-Panels, Tendenz steigend (voraussichtlich 18,4% bis 2025).¹ In den letzten Jahren haben sich Display-Panels mit einer Größe von 12,3 Zoll und mehr als Standardgröße für Kombiinstrumente etabliert.

Seit der Einführung eines 15-Zoll-Touchscreens im Tesla Model 3 im Jahr 2017 geht der Trend bei Display-Panels für Automobile hin zu größeren Bildschirmen mit höherer Auflösung, besseren Kontrastverhältnissen und freier Gestaltung. 2019 wurde der Li Xiang ONE mit einem Display vorgestellt, das sich über die gesamte Breite des Fahrzeugs erstreckt und zwei Bildschirme mit 12,3 Zoll und 16,2 Zoll beinhaltet. Im Jahr 2023 führte die

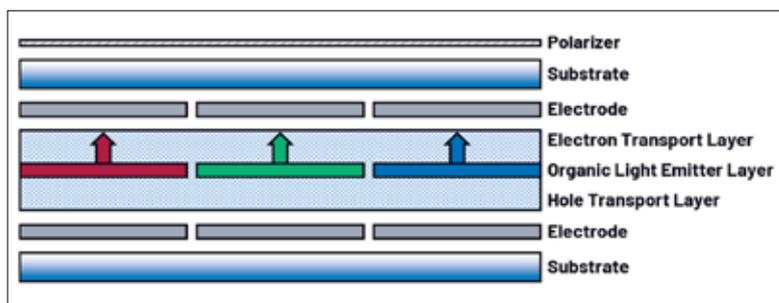
3er-Reihe von BMW einen 14,9-Zoll-Touchscreen mit Local-Dimming-Technologie ein, der sich von der Seite des Fahrers beziehungsweise der Fahrerin bis zur Mittelkonsole erstreckt. Das Konzeptfahrzeug VISION EQXX ist mit einem 47,5-Zoll-Bildschirm ausgestattet, der die gesamte Breite des Fahrzeugs umfasst und Local-Dimming-Technologie nutzt.

Das HUD der Windschutzscheibe des BMW-Konzeptfahrzeugs „Neue Klasse“ wird 2025 in Serie gehen. Diese innovative HUD-Technologie ermöglicht sichtbare Anzeigen über die gesamte Breite der Windschutzscheibe für alle Insassen. Der untere Rand der Windschutzscheibe mit höherer Lichtintensität und besserem Kontrast zeigt relevante Informationen für Fahrer beziehungsweise Fahrerin und Passagiere an. Zusätzlich gibt es ein zentrales Display, das frei gestaltet werden kann.

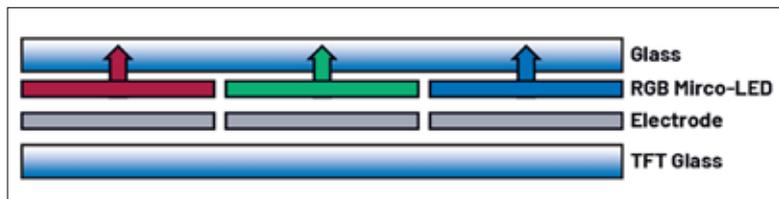
Display-Panel-Architektur

TFT-LCDs verwenden Flüssigkristalle, die zwischen zwei Glassubstraten eingeschlossen sind. Das untere Substrat ist mit TFTs versehen, während das obere Substrat als Farbfilter dient. Diese Flüssigkristalle richten sich aus, um die Drehung des Lichts zu modulieren, das durch sie hindurchtritt. Dazu steuern sie den Stromfluss durch die Transistoren, was zu Änderungen im elektrischen Feld führt. Durch die Beleuchtung des Farbfilters in unterschiedlichen Anteilen wird jeder Pixel mit einer anderen Farbe erzeugt.

Im Gegensatz dazu benötigen **OLED-Displays** dank ihrer Selbstleuchtfähigkeit keine Hintergrundbeleuchtung. Der grundlegende Aufbau von OLEDs besteht aus einer organischen Leuchtschicht auf Indiumzinnoxidglas (Indium Tin Oxide, ITO). Diese organische Leuchtschicht ist zwischen zwei Metallelektroden mit niedriger Austrittsarbeit eingebettet: der oberen Kathode und der unteren Anode. Wenn eine externe Spannung an die Kathode und Anode angelegt wird, injizieren die Elektronentransportschicht (Electron Transport



Schematischer Aufbau eines OLED-Displays



Schematischer Aufbau eines Micro-LED-Displays

Layer, ETL) und die Lochtransportschicht (Hole Transport Layer, HTL) Elektronen und Löcher mit kontrolliertem Volumen und kontrollierter Geschwindigkeit in die organische Leuchtschicht. Dieser Prozess führt dazu, dass die OLEDs Licht emittieren. Durch die Verwendung unterschiedlicher chemischer Materialien in den OLEDs kann rotes, grünes und blaues Licht erzeugt werden. Folglich sind OLED-Displays dünner, energieeffizienter und bieten eine hervorragende Farbwiedergabe sowie ausgezeichneten Kontrast.

Micro-LED-Displays sind eine neue Entwicklung, bei der Arrays aus mikroskopisch kleinen LEDs als einzelne Pixel zum Einsatz kommen. Typischerweise liegt die Chipgröße von Micro-LEDs bei maximal 50 µm, sodass sie für das menschliche Auge kaum sichtbar sind. Aufgrund ihrer Winzigkeit und fortschrittlichen Montagetechnologie können die Lichtquellen für rotes, grünes und blaues Licht in einem einzigen Pixelpunkt integriert werden. Dies macht Farbfilter und Flüssigkristalle in Micro-LED-Displays überflüssig.

Jede Micro-LED im Pixel strahlt ihr eigenes Licht aus, was zu großer Helligkeit, tiefen Schwarztönen und hervorragender Energieeffizienz führt. Diese Technologien stellen bedeutende Fortschritte in der Displayinnovation dar und bieten jeweils einzigartige Vorteile in Bezug auf Struktur und Leistung. Micro-LED-Displays eignen sich für Anwendungen, die von Smartphones und Fernsehern bis hin zu Augmented Reality, Wearables und Automobil displays reichen. Da TFT-LCDs eine relativ ausgereifte Technologie mit herausragenden Kostenvorteilen darstellen, sind LCDs derzeit die dominierende Flachbildschirmtechnologie in der Automobilindustrie. Allerdings gewinnen OLED-Displays und Micro-LED-Displays zunehmend die Aufmerksamkeit der Automobilhersteller.

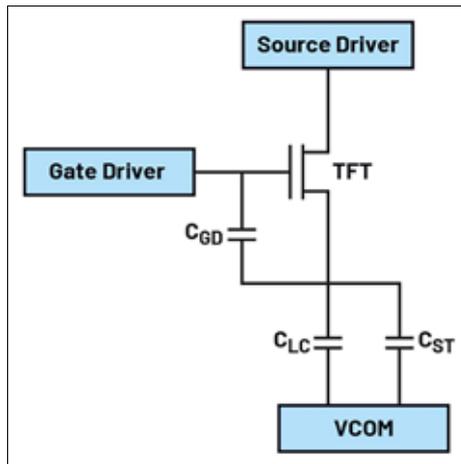
OLED-Displays punkten mit hervorragenden Anzeigeeffekten, einem geringen Energieverbrauch sowie hoher Flexibilität und sind zudem extrem dünn. Micro-LED-Displays entwickeln sich zur Displaytechnologie der nächsten Generation und ermöglichen gebogene Displaydesigns mit verbesserter Helligkeit und größerem Kontrast. Dies erhöht die Flexibilität bei der Gestaltung von Bildschirmen im Fahrzeuginnenraum.

Allerdings leiden OLED-Displays unter Bildkonservierung, die nach längerer Anzeige statischer Bilder zu einer Verschlechterung der Pixelqualität führt, und ihre Lebensdauer ist kürzer als die von LCDs. Micro-LED-Displays sind aufgrund der Herausforderungen bei der Kommerzialisierung der Massenproduktion teuer.

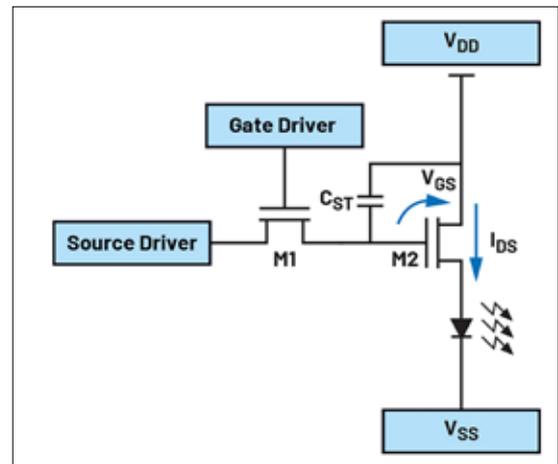
Die bestehenden TFT-LCD-Displays können mit einer Mini-LED-Hintergrundbeleuchtung (Submillimeter-Leuchtdiode) und lokaler Dimmtechnologie aufgerüstet werden. Mini-LEDs sind verkleinerte herkömmliche LEDs und dienen als Brücke zu Micro-LEDs. LEDs mit Abmessungen von weniger als 200 µm werden als Mini-LEDs kategorisiert, während LEDs unter 100 µm, als Micro-LEDs eingestuft werden. Obwohl Mini-LEDs in erster Linie als Hintergrundbeleuchtungsquelle in LCD-Displays dienen können, verbessern sie die Dicke und Kontrastleistung von LCD-Displays und sind gleichzeitig kostengünstig.

Pixeltreiber

Verschiedene Farben werden durch Mischen der drei Grundfarben (Rot, Grün und Blau) synthetisiert. Die Mischung dieser drei Grundfarben bildet einen Pixel, Jeder Pixel besteht aus drei Subpixeln, die in einem Pixel verwaltet und kombiniert werden. TFT-LCD-, Micro-LED- und OLED-Displays verwenden aufgrund ihrer unterschiedlichen



Prinzipieller Aufbau eines herkömmlichen Pixeltreibers



Grundlegender Aufbau eines 2T1C-Pixeltreibers für OLED oder Micro-LED

Displaytechnologien und Herstellungsverfahren unterschiedliche Methoden zur Ansteuerung dieser Subpixel. Das Tesla Model 3 verfügt beispielsweise über ein 15,4-Zoll-TFT-LCD-Display mit einer Auflösung von 1920 x 1200 Pixeln, was insgesamt 6,91 Millionen Subpixel ergibt.

Ein Herkömmlicher Pixeltreiber besteht aus 1T2C (ein Transistor, ein Flüssigkristallkondensator und ein Speicherkondensator). Der Gate-Treiber liefert eine positive Spannung, die als Gate-High-Spannung (Voltage Gate High, V_{GH}) bezeichnet wird, um den TFT einzuschalten, und eine negative Spannung, die sogenannte Gate-Low-Spannung (Voltage Gate Low, V_{GL}), um den TFT auszuschalten. Die Bildinformationen werden an den Quelltreiber übertragen, der den Flüssigkristallkondensator (C_{LC}) auflädt. Der Speicherkondensator (C_{ST}) dient als Puffer, um Leckströme aus dem C_{LC} zu verhindern.

Bildschatten oder Flimmern in TFT-LCDs werden durch parasitäre Kapazitäten (C_{GD}) verursacht, die zwischen dem Gate-Knoten und dem Drain-Knoten des TFT bestehen. Wenn sich der Bildinhalt ändert und der TFT aus dem eingeschalteten Zustand ausgeschaltet wird, kommt es zu einem Spannungsabfall am C_{LC} , der durch einen kapazitiven Spannungsteiler zwischen C_{GD} und $C_{LC}||C_{ST}$ verursacht wird. Um die Konsistenz der Pannelleistung zu verbessern, wird die gemeinsame Backplane-Spannung (Common Backplane Voltage, V_{COM}) eingeführt und während der Pixelübergangszeit auf die Mitte der Pixelspannung abgestimmt.

Die Topologie gängiger Pixeltreiber wie 2TC1 oder 7T1C in Micro-LED- und OLED-Displays ist ähnlich, jedoch aufgrund des Herstellungsprozesses und der Integration von TFT-Schaltungen mit LEDs auf einem Glas- oder Polyimidsubstrat komplexer als in TFT-LCD-Displays. Folglich werden die LEDs in jedem Pixel einzeln mit ihrer eigenen Helligkeit angesteuert.

Bisher wurde die Display-Backplane-Technologie von hydriertem amorphem Silizium-TFT (a-Si:H) zu Niedertemperaturpolykristallinem Silizium-TFT (Low-Temperature Polycrystalline Silicon, LTPS) weiterentwickelt. LTPS- und Oxid-TFT (LTPO) bildet die nächste Generation der Backplane-Technologie für Unterhaltungselektronik. Der a-Si:H-TFT hat eine geringe Ladungsträgerbeweglichkeit ($1 \text{ cm}^2/\text{Vs}$), was zu einer großen Rückwandplatine und damit zu einem höheren Stromverbrauch führt. Der LTPS-TFT verfügt über eine hervorragende Ladungsträgerbeweglichkeit ($>50 \text{ cm}^2/\text{Vs}$), sodass er in OLED-Displays eingesetzt wird. Der LTPO-TFT hat in der Regel einen hohen Ruhestrom, der bei dem LTPO-TFT hingegen niedrig ist. Deshalb wird die Verwendung eines Hybrid-Pixel-Schemas, das LTPS- und LTPO-TFTs kombiniert, für OLED-/Micro-LED-Display-Backplanes in Betracht gezogen.

Fazit

Displays in Fahrzeugen spielen eine immer wichtigere Rolle für das Fahrerlebnis, da die Kundinnen und Kunden immer höhere Erwartungen an die Sichtbarkeit, Sicherheit, Nutzungsfreundlichkeit usw. stellen. Automobildisplays stehen vor großen Herausforderungen, wenn es darum geht, eine hervorragende Bildqualität mit hoher Auflösung und gutem Kontrastverhältnis, freier Formgebung, großen Abmessungen und kostengünstigen Lösungen zu bieten. In diesem Artikel werden die Eigenschaften von TFT-LCD-, OLED- und Micro-LED-Displays erläutert. Um eine bessere Displayleistung zu erzielen, ist der Pixeltreiber von OLED- und Micro-LED-Displays komplexer als der von TFT-LCD-Displays. Daher sind OLED- und Micro-LED-Displays aufgrund der Herausforderungen bei der Kommerzialisierung der Massenproduktion teuer. Mini-LED-LCD-Displays mit Local Dimming-Technologie dienen als Brücke zu Micro-LED- und OLED-Displays.

REVOLUTION BEI BEWÄHRTEN DISPLAY-TECHNOLOGIEN

Fenster in die Zukunft

TFT-LC-Displays sind bereits seit langer Zeit auf dem Markt. Die Flüssigkristallanzeige wurde bereits vor 54 Jahren, im Jahr 1970, erstmals in einem Taschenrechner eingesetzt. Die Technologie wurde ständig weiterentwickelt und ist auch heute noch unverzichtbar. Nach wie vor finden LCDs in unzähligen Anwendungen Verwendung.

TEXT: Christian Forthuber, Codico BILDER: Codico; iStock, Jacob Wackerhausen

In der Displaytechnologie schreitet die Entwicklung neuer Technologien ständig voran. Zwei wichtige Entwicklungen beziehungsweise Optimierungen wollen wir in diesem Beitrag herausgreifen und näher erläutern. Die Richtung der Optimierungen ist klar und lässt sich im Wesentlichen auf zwei Punkte reduzieren: Die Darstellung des gezeigten Bildes soll verbessert werden, und die Anzeige soll möglichst effizient sein. Daher muss auch der Energieverbrauch optimiert werden. Welche konkreten Bereiche werden nun erforscht, um Verbesserungen bei TFT-LCDs zu erzielen?

Als Erstes denkt man natürlich an den Flüssigkristall selbst, das grundlegende Material, um ein LCD überhaupt herstellen zu können. In diesem Bereich wird nach wie vor intensiv geforscht. Merck, eine der größten und bekanntesten Firmen auf dem Gebiet der Erforschung und Herstellung von Flüssigkristallen, arbeitet seit einiger Zeit an einer neuen Art der LCD-Technologie, der BluePhase (BP).

Aktuelle Technologien wie TN (Twisted Nematic), IPS (In-Plane Switching), VA (Vertical Alignment) oder FFS (Fringe

Field Switching) basieren auf der nematischen Phase des Kristalls. Die »Blaue Phase« hingegen kann zwischen der cholesterischen und der isotropen Phase eines Flüssigkristalls auftreten. Bei der Herstellung wird der Flüssigkristall im isotropen Zustand in das Display eingebracht. Die Blue Phase bildet sich dann aus und wird anschließend polymerstabilisiert. Durch die Stabilisierung wird der schmale Temperaturbereich in dem die Blue Phase auftritt, von etwa 3 Kelvin auf bis zu 100 Kelvin erweitert.

Wie bei herkömmlichen Displays werden bei Blue-Phase-Displays (BPD) oder Blue-Mode-Displays (BMD) elektrische Felder zur Änderung der Lichttransmission genutzt. Üblicherweise setzt man dabei Elemente ein, wie sie auch bei der IPS- oder MVA-Technologie verwendet werden, bei denen sich beide Elektroden auf einer Seite befinden. Ein entscheidender Vorteil der Blue Phase ist, dass extrem schnelle Schaltzeiten von unter einer Millisekunde erreicht werden können. Das ist wesentlich schneller als bei den derzeitigen LCDs, die Schaltzeiten von einigen 10ms aufweisen, und liegt damit schon fast im Bereich von OLED-Displays.



Ein zusätzlicher Vorteil ist, dass keine Orientierungslayer für die Flüssigkristalle notwendig sind, wie es bei IPS- oder auch MVA-Displays der Fall ist. Die Blue Phase erscheint optisch bereits isotrop, und die Flüssigkristalle müssen nur noch durch das elektrische Feld ausgerichtet werden. Die Orientierungsschichten und die erforderlichen Produktionsprozesse können bei BPDs eingespart werden, wodurch dennoch ein weiter Blickwinkel erreicht wird.

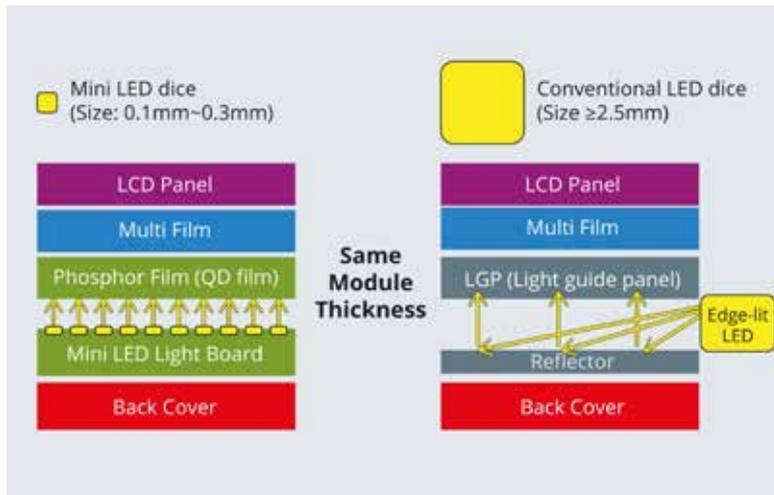
Vorteile: Das dargestellte Bild erfährt eine Verbesserung durch schnellere Framerates aufgrund schneller Schaltzeiten. Die Kostenstruktur ist besser als bei vergleichbaren Technologien. Der Stromverbrauch ist vermutlich niedriger, da weniger Aufwand für das elektrische Feld erforderlich ist. Wahrscheinlich benötigt auch die Hintergrundbeleuchtung weniger Leistung, da der Orientierungslayer fehlt.

Nachteil: Aktuell sieht es nicht danach aus, dass BP-Displays in naher Zukunft verfügbar wären. Es wird wohl noch einige Zeit dauern, bis die Hersteller eine serienreife Anzeige auf den Markt bringen.

Backlight

Unbestritten ist, dass die Hintergrundbeleuchtung bei LCDs der größte Energieverbraucher ist. Wenn es um die Verbesserung der Energieeffizienz geht, muss daher hier angesetzt werden. Die derzeit gängige Praxis für Hintergrundbeleuchtungen in industriell genutzten LCDs ist das Edge-Backlight. Dabei werden Leuchtdioden (LEDs) an einer Seite des Displays platziert, und ihr Licht wird mithilfe eines Reflektors und eines Lichtleiters (Lightguide) gleichmäßig über die gesamte Anzeigefläche verteilt. LEDs lassen sich einfach integrieren, aber das Design des Lightguides erfordert einiges an Fachwissen.

Der erste Ansatz zur Verbesserung der Energiebilanz besteht darin, effizientere Leuchtdioden einzusetzen. Dies ist eine schnelle Methode, um die Helligkeit zu erhöhen und/oder den Stromverbrauch des Panels zu reduzieren. Wirklich bahnbrechend aber ist der Einsatz von MiniLEDs. Diese sind im Vergleich zu den in Edge-Backlights eingesetzten Chip-LEDs deutlich kleiner. Durch die Miniaturisierung eröffnen sich neue Möglichkeiten: Die Dioden können aufgrund ihrer reduzierten Größe direkt hinter dem



Vergleich: Aufbau Mini-LED und konventionelles Backlight

Display platziert werden, ohne dass das Panel dicker wird. Apple benutzt diese Technologie mit MiniLEDs seit 2021 in der iPad Pro-Serie und mittlerweile auch bei MacBook Pro. Nun findet die Technologie langsam ihren Weg zu industriell genutzten Displays. Die grundlegende Idee dieser LED-Anordnung entstand jedoch schon deutlich früher, hier sind insbesondere Samsung und LG zu nennen. Sie wurde und wird immer noch bei großen LCDs oder TV-Panels angewandt. Dabei kommen größere Chip-LEDs zum Einsatz, da die Dicke des Displays hier keine wesentliche Rolle spielt.

Wie funktioniert nun ein sogenanntes Full-Array-Backlight?

Bei einem Full-Array-Backlight sind die LEDs auf einem LED-Board in einer sehr dichten Matrix angeordnet. Zum Beispiel ist ein 14,2" MacBook Pro mit mehr als 10.000 Leuchtdioden ausgestattet. Für diese Anordnung wird die COB-Technik (Chip-On-Board) verwendet, da die erforderliche Dichte mit SMD-Fertigung nicht erreicht werden kann. Jede Diode ist individuell ansteuerbar, idealerweise in Abhängigkeit vom dargestellten Bildinhalt. In der Praxis bedeutet dies, dass die LEDs in dunklen bis schwarzen Bildbereichen gedimmt oder komplett abgeschaltet werden. Das Ergebnis ist ein deutlich verbesserter Kontrast, eine hohe Spitzenhelligkeit und ein erweiterter Farbraum. Kurz gesagt: das Schwarz wird satter und die Farben kontrastreicher. Nicht zu vergessen, die inhaltsabhängige Ansteuerung der LEDs führt auch zu einer geringeren Leistungsaufnahme.

Wie wird die Ansteuerung der MiniLEDs umgesetzt?

Nachdem die Dioden entsprechend des Bildschirm Inhalts gesteuert werden müssen, ist ein zusätzlicher Schaltungsteil notwendig. In diesem werden aus den Bilddaten die Informationen

extrahiert und aufbereitet, die für die Steuerung der Leuchtdioden erforderlich sind. Generell gibt es zwei Herangehensweisen. Entweder wird ein eigener Chip für die Steuerung der LED-Treiber verwendet, oder die Regelung erfolgt per FPGA. Beide Ansätze haben ihre Vor- und Nachteile.

Der Einsatz eines dedizierten ICs hat den Vorteil der geringeren Kosten. Auf der anderen Seite ist die Lösung unflexibel, da Anpassungen der Parameter, wenn überhaupt möglich, nur softwareseitig vorgenommen werden können. Dies erfordert zusätzlichen Programmieraufwand und einen leistungsfähigeren Rechner. Zudem ist die Auswahl eines LED-Treibers nur eingeschränkt möglich, da die Kombination von LCD-Treiber, LED-Treiber und Local-Dimming-Controller meist vorgegeben ist. Diese Lösung ist vor allem bei großen Stückzahlen sinnvoll.

Setzt man hingegen ein FPGA ein, ist die Lösung enorm flexibel und kann individuell an die jeweiligen Erfordernisse angepasst werden. Sie ist zudem schnell, da die Datenverarbeitung in der Hardware erfolgt. Dadurch gibt es auch eine uneingeschränkte Flexibilität bei der Auswahl der LED-Treiber. Zusätzlich sind die NRE-Kosten geringer, allerdings muss man mit höheren Stückkosten rechnen. Für industrielle Anwendungen ist diese Variante besser geeignet.

In puncto Bildqualität steht ein TFT-LC-Display mit Full-Array-Backlight einem OLED-Display in nichts nach. Dies ist besonders wichtig für die Industrie, die bisher auf eine Bildqualität verzichten musste, die der von OLED-Anzeigen ähnelt.

Die Gründe dafür sind vielfältig. Zwei der wesentlichsten Punkte sind erstens die längere Lebensdauer von TFT-LCDs im Vergleich zu OLEDs und zweitens die Langzeitverfügbarkeit von OLEDs, die im Wesentlichen von Consumer-Anwendungen (hauptsächlich Mobiltelefone und Fernsehgeräte) abhängt, wo

Vergleich der Charakteristika verschiedener Technologien



Einen guten Überblick über die Stärken und Schwächen eines Displays bietet die Darstellung in einem Netzdiagramm.

im Vergleich zur Industrie sehr viel kürzere Produktzyklen üblich sind. **Vorteile:** Zum einen ist dies die deutlich verbesserte Bildqualität, die mit sattem Schwarz und kontrastreichen Farben überzeugt. Zum anderen ist der Stromverbrauch im Vergleich zu herkömmlichen LCDs deutlich niedriger. **Nachteile:** Um diese Verbesserungen zu erreichen, sind zusätzliche Maßnahmen beim Display erforderlich, was sich in einem höheren Preis widerspiegelt. Da sich diese Displays erst noch am Markt etablieren müssen, könnte es in naher Zukunft durchaus sein, dass sich die Preise aufgrund größerer Produktionsmenge dem Niveau der derzeit gängigen Displays annähern. Einen guten Überblick über die Stärken und Schwächen bietet die Darstellung in einem Netzdiagramm.

Die ersten Anwendungen für diese Technik finden sich vor allem in medizintechnischen Geräten. Hier liegt der Fokus auf einer möglichst perfekten Darstellung, um feinste Unterschiede erkennen zu können, wie zum Beispiel bei Geräten zur Augendiagnostik oder bei Monitoren zur Unterstützung von Operationen. Die zweite große Gruppe umfasst spezielle Anwendungen im Outdoor-Bereich. Überall dort, wo es zu Beeinträchtigungen durch Sonnenlicht oder Reflexionen kommen kann, bieten solche Displays eine sehr gute Alternative, wie bei landwirtschaftlichen Geräten (Monitore in der Traktorkabinen) oder auf Schiffen. In Kombination mit den üblichen Maßnahmen zur Verbesserung der Sonnenlichttauglichkeit entsteht so eine fast perfekte Lösung. Auch der Temperaturbereich, den wir bisher nicht näher betrachtet haben, ist mit -30°C bis +80°C ebenfalls outdoor-tauglich.

Eine weitere Gruppe umfasst den Videobereich. Für professionelles Equipment wird auf eine möglichst naturgetreue Darstellung Wert gelegt. Ob bei High-End-Kameras oder Monitoren, überall wird ein perfektes Bild gewünscht und erwartet. Sicherlich lassen sich noch viele weitere Anwendungen finden, in denen eine exzellente Bildqualität ein Muss ist.

Fazit

Auch bei lange verfügbaren Technologien wie Codico sie liefert, wird weiterhin geforscht, um die Qualität und – in der heutigen Zeit umso wichtiger – die Energieeffizienz zu verbessern. Selbst die seit Jahrzehnten etablierte Technologie der Flüssigkristalldisplays erfährt noch wesentliche Verbesserungen und kann sich gegenüber Technologien wie OLED behaupten.



...since 1984

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



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





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

SO ERFÜLLEN SPEZIFISCHE STECKVERBINDER
MINIATURISIERUNGSANFORDERUNGEN

Klein und individuell

Die Anforderungen an elektronische Komponenten steigen stetig: Immer kleinere Geräte, höhere Leistungsdichten und zunehmende Funktionalität fordern hochgradig individualisierte Lösungen. Gerade bei Steckverbindern ist Miniaturisierung ein entscheidender Faktor, um technische, ökologische und wirtschaftliche Ziele zu vereinen. Doch Standardprodukte stoßen hier schnell an ihre Grenzen. Anwendungsspezifische Entwicklungen und Konstruktionen miniaturisierter Steckverbinder werden daher unumgänglich.

TEXT: Nadja Müller, Journalistin BILDER: Suyin; iStock, silkwayrain

Der Wunsch nach kompakteren Bauformen ist in vielen Bereichen der Elektronik längst zur Notwendigkeit geworden. Die Reduktion von Größe und Gewicht elektronischer Baugruppen geht oft einher mit dem Anspruch, mehr Funktionalität auf engem Raum zu integrieren, ohne dabei Abstriche bei Zuverlässigkeit oder Langlebigkeit zu machen. Insbesondere Steckverbinder stehen dabei vor der Herausforderung, mechanische Stabilität und elektrische Performance auf kleinstem Raum zu vereinen.

„Miniaturisierung wird oft mit der bloßen Reduktion physischer Abmessungen gleichgesetzt. Tatsächlich ist sie aber weitaus vielschichtiger“, erläutert Tibor Kovacs, Managing Director bei Suyin Europe, einem Spezialisten für Entwicklung und Fertigung maßgeschneiderter Steckverbinderlösungen. „Sie beginnt bei der Reduktion der Anzahl benötigter Komponenten und reicht bis zur Integration verschiedenster Funktionen in einem Steckverbinder.“ So lassen sich nicht nur Platz und Gewicht sparen, sondern durch geringere Packungsbedarfe auch Logistikkosten und der CO₂-Fußabdruck signifikant reduzieren.

Ein prägnantes Beispiel: Statt mehrere Einzelverbinder zu verwenden, kombiniert ein kundenspezifischer Multi-Interface-Steckverbinder verschiedene Kontakttypen in einem einzigen Bauteil. Das spart nicht nur bis zu 12 Millimeter an Bauraum, sondern vereinfacht auch Montage und Abdichtung und reduziert Fehlerquellen. In vielen Fällen verbessert sich durch diese Modularisierung auch die Wartungsfreundlichkeit im Feld, da weniger Schnittstellen auf Dichtigkeit und Kontaktgüte geprüft werden müssen.

Herausforderungen im Miniaturformat

Miniaturisierung verlangt jedoch eine ganzheitliche Betrachtung mechanischer, elektrischer und ergonomischer Parameter. „Gerade bei hohen Steckzyklen oder bei starker Vibration müssen

Kontaktmaterialien, Geometrien und Beschichtungen perfekt aufeinander abgestimmt sein“, betont Kovacs. Entscheidend sei beispielsweise, dass trotz reduzierter Abmessungen ausreichende Luft- und Kriechstrecken eingehalten werden können – insbesondere bei hohen Spannungen. Weitere Aspekte sind die Ergonomie und Anwendersicherheit: Geführtes Blindstecken, Codierungen zur Vermeidung von Fehlsteckungen (Poka Yoke) sowie individuelle Steckwinkel erleichtern die Montage und reduzieren Fehler. Insbesondere bei Anwendungen mit begrenztem Sicht- oder Zugriffsraum – etwa in Fahrzeugdachkonsolen oder in medizinischen Wearables – ist eine intuitive Handhabung essenziell.

Individuelle Entwicklung im Fokus

Das Problem: Standardisierte Prozesse stoßen bei Miniaturisierung oft an ihre Grenzen. „Anwendungsspezifische Entwicklungen erfordern nicht nur technisches Know-how, sondern auch die Leidenschaft, individuelle Lösungen wirklich realisieren zu wollen“, betont Kovacs.





Miniaturisierte, anwendungs-spezifische Steckverbinder kommen in nahezu allen Industriebranchen zum Einsatz.

Daher arbeitet beispielsweise das Engineering-Team von des Unternehmens bereits in der Vorentwicklungsphase eng mit den Anwendern zusammen. Vor-Ort-Beratung in der jeweiligen Landessprache, ein hohes Verständnis für branchenspezifische Anforderungen und ein strukturiertes Entwicklungsmodell (SPDP) ermöglichen eine zielgerichtete Umsetzung. „Es muss dabei darum gehen, nicht nur Anforderungen zu erfüllen, sondern Ideen konsequent zu verwirklichen.“ Der Wille zur engen Zusammenarbeit muss sich dabei auch auf angrenzende Partner der Anwender erstrecken – etwa PCB-Designer, Zulieferer oder Montagetechnik-Verantwortliche.

Maximale Kontrolle bei der Fertigung

Dabei muss zudem, wie im Fall von Suyin, eine hohe Fertigungstiefe eine zentrale Rolle einnehmen: Werkzeuge werden mit bis zu einem Mikron Präzision selbst gefertigt, Produktionslinien intern (weiter-)entwickelt. Insert Molding, automatische Inline-Inspektion und ISO-17025-zertifizierte Prüflabore gewährleisten Qualität von der Prototypenfertigung bis zur Serie. Durch das Unternehmen wird auch die Verpackung kundenindividuell angepasst, etwa für Tape-and-Reel- oder Stangenverpackungen. „Gerade in Krisenzeiten wie während der Pandemie oder der Ukraine-Krise hat sich gezeigt, wie wichtig Kontrolle und Flexibilität sind. Best Practices haben ergeben, dass kein Anwender wegen fehlender Komponenten den Betrieb stoppen musste“, sagt Kovacs.



Miniaturisierung verlangt jedoch eine ganzheitliche Betrachtung mechanischer, elektrischer und ergonomischer Parameter.

Hinzu kommen zertifizierte Qualitätssicherungsprozesse für medizintechnische (ISO 13485) und automotive (IATF 16949) Anwendungen. Kovacs: „Für viele Anwender ist vor allem eines entscheidend: Die langfristige Verfügbarkeit der individuell entwickelten Steckverbinder, ohne unerwartete Abkündigung.“

Miniaturisierung schafft mehr Leistung auf gleichem Raum

Miniaturisierung bedeutet nicht immer eine tatsächliche Verkleinerung des Bauteils. Auch die sogenannte indirekte Miniaturisierung bietet große Potenziale: Dabei bleibt der physische Formfaktor gleich, doch die Funktionalität oder Leistungsfähigkeit wird deutlich gesteigert. „In vielen Fällen ist es möglich, bei identischer Baugröße etwa die Strombelastbarkeit oder Datenrate signifikant zu erhöhen“, erklärt Kovacs.

Ein Beispiel dafür ist ein Steckverbinder aus dem Bereich Baumaschinen, der ursprünglich für 75 Ampere ausgelegt war und durch gezielte Optimierungen von Suyin in Materialwahl, Kontaktdesign und Beschichtung auf 120 Ampere bei gleichbleibendem Außengehäuse und Formfaktor aufgerüstet werden konnte. Solche Upgrades ermöglichen nicht nur technische Fortschritte beim Anwender bei gleichzeitiger Rückwärtskompatibilität zu den bereits im Markt befindlichen Ladegeräten, sondern reduzieren auch Entwicklungsaufwand, da keine Anpassung der umgebenden Baugruppen notwendig ist. „Der bisherige Hersteller lehnte ab; wir konnten allerdings innerhalb von fünf Wochen einen Prototyp liefern und erfolgreich testen“, erinnert sich Kovacs. Die Serienwerkzeuge waren nach rund 12 Wochen einsatzbereit. Ergänzend wurden vorkonfektionierte Kabelsätze mitgeliefert, was eine zusätzliche Arbeitserleichterung für den Abnehmer darstellte.

Anwenderspezifische Business Cases aus der Praxis

Ein Best-Practice-Beispiel für direkte Miniaturisierung wiederum stammt aus dem Bereich E-Mobility: Hier wurde von Suyin ein Hochstromkontakt für Wallboxen so konzipiert, dass der Typ-2-Stecker direkt auf die Leiterplatte ohne zwischengeschaltetes Kabel kontaktiert werden kann. Das spart Bauraum, Verpackungsvolumen und Material, was wiederum die CO₂-Bilanz verbessert. Gleichzeitig vereinfacht sich der Montageprozess für den Kunden erheblich.

Zudem stellt das Anwendungsfeld der Medizintechnik einen wichtigen Bereich dar. Insbesondere hier kommt es auf millimetergenaue Präzision an: So musste bspw. ein kundenspezifischer Steckverbinder für EEG-Sensoren so flach wie möglich gestaltet sein, um auf dem Kopf des Patienten beim Schlafen nicht zu stören. Gleichzeitig musste das Material biokompatibel, nicht-allergisch, temperatur- und chemikalienbeständig sowie sicher gegen Feuchtigkeitseintritt sein. Der von Suyin entwickelte Inboard-Steckverbinder ähnelt optisch einem USB-C-Port, ist aber codiert und vollkommen individuell ausgelegt. „In diesem Fall war auch die mechanische Belastung durch Bewegung im Schlaf sowie die Verträglichkeit mit menschlicher Haut ein wichtiger Einflussfaktor für die Entwicklung. Das gewählte Design erfüllt beides, wobei zugleich eine einfache Handhabung für medizinisches Personal gewährleistet bleibt“, so Kovacs.

Nutzwert steht im Vordergrund

Miniaturisierte, anwendungsspezifische Steckverbinder kommen in nahezu allen Industriebranchen zum Einsatz: Neben Medizintechnik, Maschinenbau und E-Mobility auch in den



EXPANDED BEAM MULTIFIBER EBM®

Sektoren Automotive, Industrieautomation oder Consumer Electronics. Ihnen allen gemeinsam ist allerdings, dass die Anforderungen an Komponenten hinsichtlich Datenrate, Strombelastbarkeit und Funktionseinbettung stetig steigen, während gleichzeitig die Geräte kompakter werden sollen.

„Individualentwickler stellen in diesem Zusammenhang grundsätzlich Partner dar, die nicht mit Anbietern von Kataloglösungen konkurrieren, sondern diese dort ergänzen, wo individuelle Anforderungen beginnen und umgesetzt werden müssen“, beschreibt Kovacs den Ansatz. In zahlreichen Fällen entstehen aus einmaligen Entwicklungen später auch modulare Produktfamilien – maßgeschneidert, aber dennoch skalierbar.

Miniaturisierung verschafft Wettbewerbsvorteil

Standardprodukte reichen in vielen Fällen nicht mehr aus, um der steigenden Komplexität in Sachen Anforderungen an Steckverbinder gerecht zu werden. Individuell entwickelte Miniatursteckverbinder bieten genau hier den nötigen Anwendernutzen und Wettbewerbsvorteil. Sie verbessern nicht nur die Performance des Endprodukts, sondern tragen auch zu einer nachhaltigeren Produktion bei. Wer Miniaturisierung nicht nur als Verkleinerung, sondern als strategisches Optimierungsfeld begreift, kann Funktion, Ergonomie, Ökobilanz und Wirtschaftlichkeit messbar steigern.

Dabei ist entscheidend, dass Entwicklungspartner wie etwa Suyin nicht nur Komponenten liefern, sondern diese ganzheitlich konzipieren: von der ersten Idee bis zur fertigungsgerechten Umsetzung. Nur so entstehen Lösungen, die nicht nur technisch überzeugen, sondern sich auch langfristig am Markt behaupten.

Volle Performance selbst unter extremen Bedingungen

Die Expanded Beam Multifiber Technologie von Rosenberger sorgt für zuverlässige Glasfaserverbindungen unter herausfordernden Bedingungen.

- Robust und benutzerfreundlich – EBM® Steckverbinder trotz extremen Temperaturen, Staub und Feuchtigkeit
- Einfache Installation und Wartung dank hermaphroditer Ferrule
- Hohe Packungsdichte und starke Datenraten – mehrere Fasern ermöglichen kompakte Bauformen und Datenraten bis 10 Gbit/s
- Sicheres Handling – Plug-and-Play-Konzept für effizienten Einsatz
- Langlebig und normgerecht – entwickelt nach internationalen Standards für dauerhafte Qualität und Sicherheit



www.rosenberger.com/ebm

Rosenberger

WIE WIRD AUS EINEM HMI EINE EMV-SICHERE
INDUSTRIELÖSUNG?

Der Weg zum richtigen HMI-Design

Industrielle HMI-Systeme unterliegen strengen EMV-Vorschriften und Zertifizierungen, die die Betriebssicherheit und eine störungsfreie Funktion sicherstellen. Hier sind spezialisierte Unternehmen mit umfassender HMI-Entwicklung und fundierter EMV-Expertise – von der Analyse über Material- und Gehäusekonzepte bis zur Pre-Compliance gefragt. Erfüllt Ihr HMI-Design die EMV-Standards anspruchsvoller Industrieumgebungen?

TEXT: Roland Maurer, Schurter BILDER: Schurter; iStock, Kinek00

Von Sensoren über Schalter bis hin zu digitalen Steuerungssystemen – industrielle Maschinen und Geräte enthalten heute zahlreiche elektronische Komponenten. Die Vermeidung von Störungen durch elektromagnetische Strahlung ist daher eine wichtige Voraussetzung für einen zuverlässigen und störungsfreien Betrieb. Um eine sichere Nutzung zu gewährleisten, müssen Maschinen strenge Anforderungen im Bereich der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) erfüllen.

Die Bedienfelder (auch als Human-Machine-Interfaces oder kurz HMI bezeichnet) industrieller Anwendungen sind besonders empfindliche Bereiche, da sie sich in der Regel an der Außenseite der Maschine befinden. Das HMI kann selbst elektromagnetische Strahlung erzeugen und in die Umgebung abgeben, aber auch externe Strahlung aufnehmen, die dann in das Gerät eindringt. Ein strahlungsresistentes HMI ist daher ein wichtiger Bestandteil zur Realisierung nach elektromagnetischer Verträglichkeit.

Internationale EMV-Vorschriften

Elektrische und elektronische Produkte müssen weltweit verschiedene Vorschriften zur elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) erfüllen, um auf

den jeweiligen Märkten zugelassen zu werden. Diese Regelungen gewährleisten, dass Geräte keine elektromagnetischen Störungen verursachen und gleichzeitig selbst vor externen elektromagnetischen Einflüssen geschützt sind.

Europa: CE-Kennzeichnung und EMV-Richtlinie

In Europa ist das CE-Zeichen für nahezu alle elektrischen Produkte und insbesondere für industrielle Maschinen und Anlagen verpflichtend. Es bescheinigt die Konformität des Produkts mit den geltenden EU-Richtlinien, insbesondere der Maschinenrichtlinie (2006/42/EG), die grundlegende Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen festlegt, sowie der EMV-Richtlinie (2014/30/EU), die sicherstellt, dass Geräte elektromagnetische Verträglichkeit aufweisen.

Zuverlässige Kontrolle – smarte Automation:
mit zertifizierten Komponenten und
HMI-Lösungen von Schurter



Produkte mit CE-Kennzeichnung müssen geprüft und dokumentiert werden. Sie dürfen den Betrieb anderer Geräte nicht stören und müssen gegen äußere elektromagnetische Einflüsse widerstandsfähig sein.

USA: FCC-Zulassung

In den Vereinigten Staaten wird die elektromagnetische Verträglichkeit elektronischer Geräte durch die Federal Communications Commission (FCC) reguliert. Geräte, die elektromagnetische Energie absichtlich oder unbeabsichtigt aussenden oder empfangen, müssen nach den FCC-Vorschriften getestet und zugelassen werden. Dabei gibt es zwei Hauptverfahren: Supplier's Declaration of Conformity (SDoC): Der Hersteller oder Importeur erklärt selbst die Konformität, basierend auf internen oder externen Testergebnissen. Zertifizierung durch eine Telecommunication Certification Body (TCB): Für höher regulierte Produkte ist eine formelle Zertifizierung durch eine unabhängige Stelle erforderlich.

Die FCC legt konkrete Grenzwerte für Emissionen fest, um die Störungsfreiheit von Kommunikationsdiensten und elektronischen Geräten zu gewährleisten.

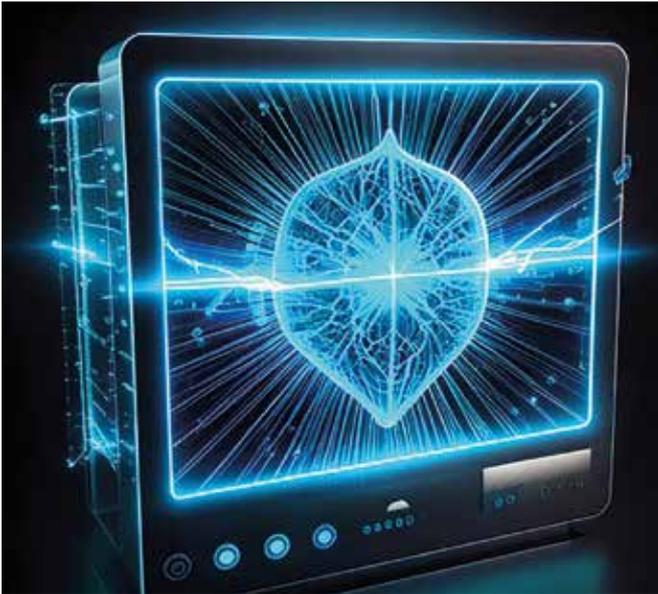
China: CCC-Zertifizierung

Für den chinesischen Markt ist die China Compulsory Certification (CCC) erforderlich. Diese staatliche Pflichtzertifizierung betrifft eine Vielzahl von Produktkategorien, darunter auch elektronische Geräte. Die wichtige CCC-Zertifizierung umfasst: Produktsicherheitsprüfungen sowie EMV-Testauf Grundlage chinesischer Normen, wie zum Beispiel GB/T 9254.1-2021, die weitgehend auf internationalen Standards wie CISPR 32:2015 basieren. Nur Produkte, die diese Tests erfolgreich bestehen, erhalten die CCC-Kennzeichnung und dürfen in China entsprechend verkauft oder importiert werden.

Die dedizierte Einhaltung der jeweiligen EMV-Anforderungen in Europa (CE), den USA (FCC) und China (CCC) ist essenziell für den sicheren Betrieb und den internationalen Marktzugang industrieller Maschinen und elektronischer Geräte.

HMI-Design für den industriellen Einsatz

Der erste Schritt bei der Entwicklung eines HMI für den industriellen Einsatz besteht darin, die Anforderungen zu



**Einhaltung der EMV-Anforderungen und
Zertifizierung elektrischer Geräte - ein
Muss für den weltweiten Vertrieb**

ermitteln, die die endgültige Anwendung erfüllen muss. Welche gesetzlichen Vorschriften gelten, und unter welchen Bedingungen wird das Gerät später eingesetzt? Welche Strahlungseinflüsse sind in der Umgebung vorhanden, und wie kann eine ausreichende Immunität im Design gewährleistet werden?

Auch die Elektronik innerhalb des HMI selbst ist ein wichtiger Faktor: Die Anwendung darf keine Strahlung (Emission) erzeugen, die andere Geräte in der Umgebung beeinflusst. Durch eine frühzeitige Analyse der zu erwartenden Bedingungen kann das Produktdesign entsprechend angepasst werden.

Leistungselektronik

Industrielle Maschinen und Geräte enthalten häufig sogenannte Leistungselektronik – elektrische Komponenten, die mit hohen Leistungen arbeiten. Diese Anwendungen nutzen oft Schaltungen, die sehr schnell schalten und spezifische Strahlungsfrequenzen erzeugen. Dies macht den industriellen Markt zu einer besonders herausfordernden Umgebung, wenn es darum geht, elektromagnetische Strahlung zu minimieren. Aufgrund der hohen Leistungen, die im Einsatz sind, können Störungen zudem erhebliche Folgen haben.

Durchdachte Materialauswahl

Elektronische Komponenten sind durch Kabel und Anschlusspunkte miteinander verbunden. Durch die Wahl von Materialien mit hoher Immunität kann elektromagnetische Strahlung weitgehend reduziert werden. Abgeschirmte Kabel und Entstörungskomponenten spielen eine wesentliche Rolle

bei der Erreichung des gewünschten EMV-Niveaus. Auch die Platzierung der verschiedenen Komponenten zueinander beeinflusst die Strahlungsempfindlichkeit.

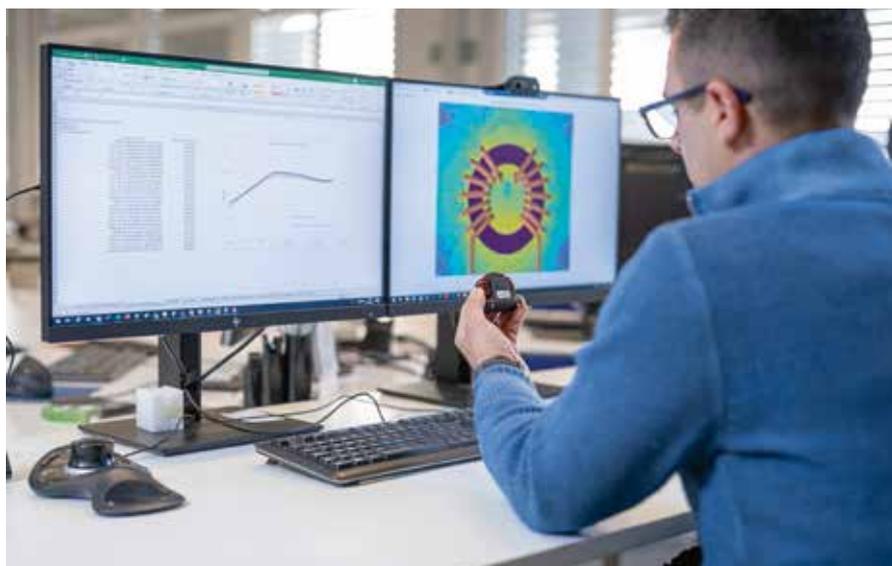
Störquellen können mit Filtern versehen oder hinter Abschirmungen platziert werden. Bereits in der Designphase ermitteln die Ingenieure die optimale Kombination aus strahlungsreduzierenden Maßnahmen, wobei sie die Umgebungsbedingungen, die Anforderungen des Herstellers und die Kosten der verschiedenen Lösungen berücksichtigen.

Gehäuse des HMI

Neben Anpassungen an den internen Schaltkreisen eines Bedienfelds kann auch das Gehäuse auf verschiedene Weise gestaltet und integriert werden. Ein geschlossenes Metallgehäuse kann als Faraday'scher Käfig fungieren, der vor externer Strahlung schützt. Öffnungen im Gehäuse, beispielsweise für Anschlusskabel, können durch spezifische Anpassungen möglichst strahlungsbeständig abgedichtet werden, um eine maximale Immunität zu gewährleisten.

Pre-Compliance-Tests

Bereits in der Entwicklungsphase kann durch Tests sichergestellt werden, dass das gewünschte EMV-Niveau erreicht wird. In einer Testumgebung wird, wenn möglich, mithilfe spezieller Software gemessen, wie die Anwendung auf Störstrahlung reagiert. Dadurch lassen sich Schwachstellen identifizieren und verschiedene Anpassungen testen, um das beste Ergebnis zu erzielen.



Auswahl von Entstörungskomponenten

EMV beginnt im Design – und wird durch enge Zusammenarbeit perfektioniert. Als Entwickler von HMI arbeitet Schurter eng mit Herstellern von Maschinen und Geräten für den industriellen Einsatz zusammen. Mit spezifischem Fachwissen in diesem Bereich unterstützen die Ingenieure von Schurter bei der maßgeschneiderten Entwicklung und störungsfreier Integration des HMI, sodass die endgültige Lösung sowohl die Anforderungen des Herstellers als auch die geltenden EMV-Vorschriften erfüllt.

Bei der Entwicklung von Anwendungen, bei denen EMV eine zentrale Rolle spielt, ist eine enge Zusammenarbeit aller

Beteiligten von entscheidender Bedeutung. Die maßgeschneiderte Entwicklung berücksichtigt von Anfang an alle relevanten Anforderungen – von branchenspezifischen Normen bis zur länderspezifischen Konformität.

Das Unternehmen Schurter ist als Spezialist für maßgeschneiderte Bedienfelder führend im Bereich EMV und verfügt über umfassendes Know-how in der Entwicklung, Produktion und Integration von industriellen Bedienfeldern. Die HMI-Lösungen von Schurter haben sich bereits in der Automation, der Schifffahrt, im Schienenverkehr und in explosionsgefährdeten Umgebungen mit ATEX-Zertifizierung bewährt.

Kingbright

■ Quality ■ Efficiency ■ Innovation ■ First-class service

Kingbright's new KPG-0402 series 01005 SMD CHIP LED



Product Features:

- 0.45 mm X 0.25 mm SMD LED, 0.2 mm thickness • Low power consumption • Wide viewing angle
- Compatible with automatic placement equipment • Moisture sensitivity level: level 2 • Halogen-free • RoHS compliant

ENERGIEEFFIZIENTE INDUSTRIELEKTRONIK

Stromversorgung neu gedacht

Wo herkömmliche Netzgeräte an ihre Grenzen stoßen, sorgt eine Stromversorgung mit Power Boost, variablen Betriebsmodi und einer umfassender Parametrierbarkeit für maximale Flexibilität in der Industrielektronik.

TEXT: Bernhard Haluschak, E&E & Lütze BILDER: Lütze; iStock, NiseriN



Die Rolle von Stromversorgungen im industriellen Umfeld hat sich in den letzten Jahren deutlich verändert. Gefordert sind längst nicht mehr nur kompakte Geräte mit hohem Wirkungsgrad, sondern Systeme, die auch auf komplexe Lastprofile reagieren können und gleichzeitig umfangreiche Diagnose- und Parametrierfunktionen bereitstellen. Mit einer neuen 2.400-Watt-Stromversorgung zeigt Lütze, wie sich diese Anforderungen in einem praxisgerechten Konzept umsetzen lassen.

Kernstück des Netzteils ist die flexible Betriebsführung. Neben einem Wirkungsgrad von über 92 Prozent und einem Power Boost von 150 Prozent für fünf Sekunden bietet das Gerät drei unterschiedliche Modi, die je nach Anwendung gewählt werden können. Im Hiccup-Modus lassen sich hohe Anlaufströme sicher bedienen, etwa bei Motoren oder Magnetventilen. Der Strombegrenzungsmodus ermöglicht ein kontrolliertes Laden kapazitiver Lasten, wie sie bei SUPERCAPs auftreten. Für Batteriesysteme wiederum steht ein spezieller Ladebetrieb bereit, der unterschiedliche Technologien von Blei über Nickel bis Lithium unterstützt.

Diese Variabilität erlaubt es, mit nur einem Gerät eine Vielzahl typischer Industrieanwendungen abzudecken.

Parametrierung und Analyse ohne Umwege

Ein weiterer Schwerpunkt liegt auf der einfachen Anpassbarkeit. Anwender können alle relevanten Parameter entweder direkt über das integrierte Display oder mithilfe der Software Powermaster einstellen. Dazu gehören Ausgangsstrom, Temperatur- und Alarmpgrenzen, Remote-Shutdown sowie die Wahl der Phasenanzahl. Sämtliche Einstellungen lassen sich speichern und exportieren – ein Vorteil, wenn es um Wiederholbarkeit oder Dokumentation geht. Für die Diagnose werden Spannungen, Ströme, Temperaturen und Leistungen kontinuierlich aufgezeichnet und können sowohl lokal angezeigt als auch im Excel-Format weiterverarbeitet werden. Über einen analogen Stromausgang (4–20 mA oder 0–10 V) sowie zwei Relaiskontakte können Zustände zusätzlich an übergeordnete Systeme direkt weitergegeben werden.

Die 2.400-Watt-Stromversorgung ist mit drei Betriebsarten sowie umfassenden Parametrier- und Überwachungsfunktionen ausgestattet.



Kompakt und für weltweiten Einsatz gerüstet

Das Netzgerät ist für internationale Anwendungen vorbereitet. Der Weitbereichseingang deckt $3 \times AC\ 400\text{--}500\text{ V}$ ($340\text{--}550\text{ V}$) ebenso ab wie $DC\ 520\text{--}750\text{ V}$. Verfügbar sind Varianten mit 24, 48 und 72 V Ausgangsspannung, jeweils mit einstellbarem Justierbereich. Auch die mechanische Konstruktion ist auf den Schaltschrank Einsatz optimiert: Eine verbesserte Lüfterarchitektur reduziert die Einbautiefe, strukturierte Klemmenbeschriftungen erleichtern die Planung in EPLAN, und ein QR-Code führt

direkt zu den relevanten Produktinformationen. Darüber hinaus lassen sich mehrere Geräte parallel oder redundant betreiben – ein wichtiges Detail für Anlagen, die auf hohe Verfügbarkeit angewiesen sind.

Mit dieser Kombination aus hoher Leistungsdichte, detaillierter Diagnosefunktionen adressiert die 2.400-Watt-Stromversorgung typische Herausforderungen der Automatisierungstechnik und macht deutlich, dass die klassische Spannungsversorgung längst zum intelligenten Systembaustein geworden ist.

TRACO POWER

Reliable. Available. Now.

www.tracopower.com

TXN-Serie

Metallgekapselte AC/DC-Netzteile von 25 bis 800 Watt für kostensensitive Anwendungen

- Arbeitstemperaturbereich von -40 °C bis $+70\text{ °C}$
- Verstärkte E/A-Isolation 3000 V_{AC}
- Integrierter Filter gemäss EN 55032, Klasse B
- Zulassung nach EN 61000-3-2

Serie	Leistung	Ausgangsspannung
TXN 25	25 Watt	3.3, 5, 12, 15, 24, (36), 48 V _{DC}
TXN 35	35 Watt	3.3, 5, 12, 15, 24, (36), 48 V _{DC}
TXN 50	50 Watt	3.3, 5, 12, 15, 24, (36), 48 V _{DC}
TXN 75	75 Watt	5, 12, 15, 24, (36), 48 V _{DC}
TXN 100	100 Watt	5, 12, 15, 24, (36), 48 V _{DC}
TXN 100PF	100 Watt	12, 15, 24, (36), 48 V _{DC}
TXN 150	150 Watt	5, 12, 15, 24, (36), 48 V _{DC}
TXN 200	200 Watt	12, 15, 24, 48 V _{DC}
TXN 350	350 Watt	12, 15, 24, 48 V _{DC}
TXN 500	500 Watt	12, 15, 24, 48 V _{DC}
TXN 800	800 Watt	12, 15, 24, 48 V _{DC}



CB
Scheme IEC 62368-1

UL US UL 62368-1



SMART MANUFACTURING NEU GEDACHT: MENSCH, MASCHINE UND SIMULATION

Da ist Musik drin

Gemeinsam entwickeln sich Simulation, Künstliche Intelligenz, Sensorik und digitale Zwillinge zum strategischen Herzstück von Industrie 5.0 und verändern bereits in der Konzeptphase, wie Produkte konzipiert, Fertigungen geplant und Prozesse orchestriert werden

TEXT: Scott Parent, Ansys, part of Synopsys BILDER: iStock, Dusan Stankovic, B4LLS

Wie bei der KI-Debatte lösen auch Automatisierung und Smart Manufacturing immer wieder Unbehagen aus, beispielsweise in Form der Befürchtung, Maschinen könnten den Menschen überflüssig machen. Doch genau hier markiert Industrie 5.0 einen grundlegenden Paradigmenwechsel: Während bei Industrie 4.0 der Fokus auf technologischer Beschleunigung lag, rückt die nächste industrielle Entwicklungsstufe den Menschen wieder stärker in den Mittelpunkt – nicht als Gegenspieler, sondern als Partner einer intelligenten, kollaborativen Maschinenwelt.



nigung lag, rückt die nächste industrielle Entwicklungsstufe den Menschen wieder stärker in den Mittelpunkt – nicht als Gegenspieler, sondern als Partner einer intelligenten, kollaborativen Maschinenwelt.

Die Europäische Kommission beschreibt Industrie 5.0 als ganzheitlicher und zukunftsorientierter: Sie beruht auf den drei Leitprinzipien Nachhaltigkeit, Resilienz und Menschzentrierung. Dies ist eine Ausrichtung, die sich nahtlos mit den Zielen des Smart Manufacturing verbindet und damit die Grundlage für eine neue industrielle Wirklichkeit schafft, in der Effizienz, Innovation und Verantwortung Hand in Hand gehen.

Intelligente Steuerung für smarte Fabriken

Das CESMII (The Smart Manufacturing Institute) definiert Smart Manufacturing als das integrierte Zusammenspiel digitaler und physischer Abläufe. Dabei analysieren vernetzte, datengetriebene Systeme Ereignisse in Echtzeit und reagieren autonom. Sensoren überwachen den Betrieb kontinuierlich, erfassen Felddaten, während automatisierte Analysemodelle Routineprozesse übernehmen und bei Auffälligkeiten Handlungsvorschläge unterbreiten. So entstehen intelligente, digitale oder autonome Fabriken.

Ein zentrales Element dabei ist die multiphysikalische Simulation, die die Prognosefähigkeit liefert, um Sensordaten zielgerichtet auszuwerten und die Entscheidungsprozesse zu verbessern.

Zusammen mit KI und Machine Learning ermöglicht sie Schlüsseltechnologien wie digitale Zwillinge, additive Fertigung oder fortgeschrittene Automatisierung. In industrielle Abläufe integriert, wird die Simulation so zum Treiber fortlaufender Optimierung und steht damit im Zentrum des Smart Manufacturing.

Flexible Systeme mit spürbarem Nutzen

Laut McKinsey & Company könnten durch den breiten Einsatz von Simulationen, KI, Machine Learning und Advanced Analytics Maschinenstillstände um 30 bis 50 Prozent reduziert werden. Dabei wird die Produktivität um 10 bis 30 Prozent gesteigert und eine Prognosegenauigkeit von bis zu 85 Prozent erreicht.

Dies wird durch vernetzte Systeme, IIoT-Sensorik (Industrial Internet of Things), Cloud-Technologien und Analyseplattformen ermöglicht – oft in Kombination mit Automatisierung und Robotik. Dieses technologische Fundament erschließt große Datenmengen, beschleunigt Produktionsprozesse und verbessert die Performance.

– Gleichzeitig unterscheidet sich jede Fabrik in ihrer digitalen Reife. Einige setzen auf KI oder Cloud Computing, andere auf eingebettete Systeme oder spezifische Analysetools. Auch



Simulation ist aus vielen Industriebranchen nicht mehr wegzudenken.

die Netzwerkinfrastruktur variiert: Während kleinere Werke mit WLAN arbeiten, nutzen größere Industrieanlagen private 5G-Netze, um maximale Bandbreite, Reaktionsfähigkeit und Sicherheit zu gewährleisten.

Leistungsfähigkeit mit Weitblick gestalten

So unterschiedlich intelligente Fabriken auch sind – sie alle nutzen Innovation, um Effizienz entlang des gesamten Produktlebenszyklus zu steigern: von der Entwicklung über die Fertigung bis zur Wartung.

Ein zentrales Element ist das New Product Introduction (NPI) – ein Prozess, der im Gegensatz zum klassischen Designansatz bereits frühzeitig Aspekte wie Fertigerbarkeit, Skalierbarkeit, Kosten und Time-to-Market einbezieht. Produktionsabteilungen werden bewusst früh involviert – ein Paradebeispiel für den systemischen Charakter von Smart Manufacturing und die Werte der Industrie 5.0: Vernetzung, Vorausdenken und Effizienz.

Technologien für neue Produktionsmodelle

- Mehrere Technologien prägen diese neue industrielle Realität:

- Advanced Analytics und KI beschleunigen Datenflüsse und Entscheidungsprozesse.
- Industrielle Automatisierung ersetzt oder ergänzt manuelle Aufgaben wie Palettieren oder additive Fertigungsschritte.
- Digitalisierte Workflows, unterstützt durch Simulationssoftware, ermöglichen automatisierte und optimierte interne Abläufe.
- Autonome Systeme, gesteuert über digitale Zwillinge und KI, verbessern Effizienz und Sicherheit in Echtzeit.
- Virtuelle Tests, vorausschauende Wartung und optimiertes Engineering senken Ausschuss, Ressourcenverbrauch und Entwicklungszyklen – mit dreifachem Gewinn: ökonomisch, operativ und ökologisch.

Simulation als Basis für industrielle Wettbewerbsfähigkeit

In einem zunehmend volatilen Umfeld etabliert sich Simulation als strategischer Leistungsfaktor. Nach dem „Shift-Left“-Prinzip kann sie bereits in frühen Designphasen integriert werden – um technische Entscheidungen zu optimieren, Fehlerquellen zu antizipieren, Entwicklungskosten zu senken und

Produkte schneller zur Marktreife zu bringen. Doch der Nutzen endet nicht beim Design: In Verbindung mit KI, Sensoren, digitalen Zwillingen und ML wird Simulation zum Echtzeitwerkzeug für vorausschauende Wartung, maximale Anlagenverfügbarkeit und ressourcenschonende Prozessführung.

Sie schafft die Grundlage für den Erfolg neuer Technologien wie additive Fertigung, verbessert Erfolgsquoten, reduziert Iterationen, senkt Abfall und erhöht die Resilienz der Lieferketten – etwa durch lokalere, bedarfsorientierte Produktion.

Weltweit verändert die durch Simulation gestützte digitale Produktentwicklung bereits die Wettbewerbsstandards ganzer Branchen. Laut Mordor Intelligence könnte der Markt für Smart Factories bis 2030 ein Volumen von 619 Milliarden US-Dollar erreichen – ein unmissverständliches Signal.

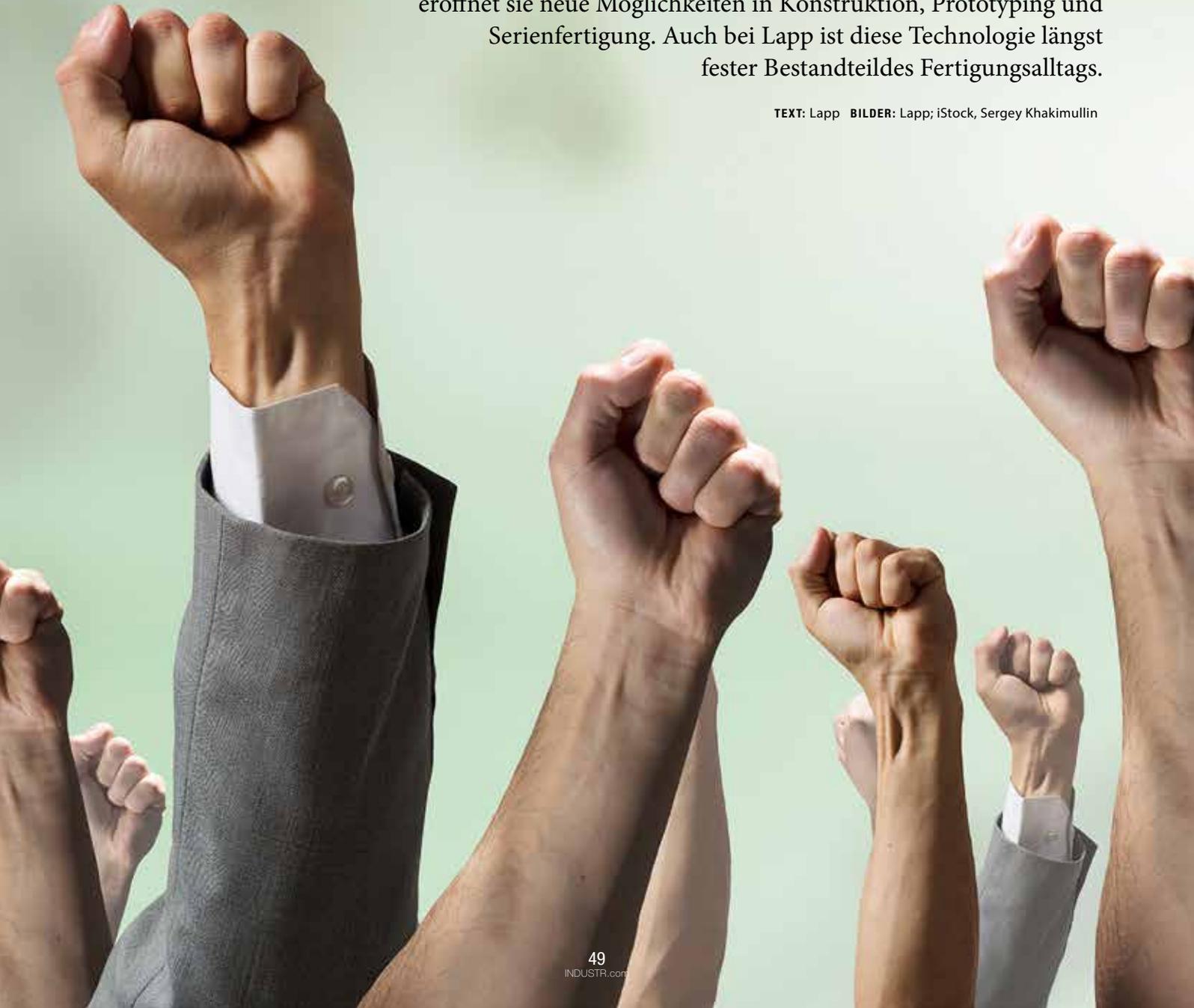
In dieser neuen Realität reicht es nicht mehr, Entwicklungen zu folgen – Industrieunternehmen müssen sie vorantreiben. Simulation als Kern ihrer Strategie zu etablieren, heißt: schneller innovieren, intelligenter produzieren und nachhaltig wettbewerbsfähig bleiben.

ADDITIVE FERTIGUNG ALS TREIBER
INDUSTRIELLER INNOVATION

Revolution in der Produktfertigung

Was einst wie Science-Fiction klang, ist heute industrielle Realität: Die Additive Fertigung – besser bekannt als 3D-Druck – hat sich von einer Spezialanwendung zur Schlüsseltechnologie moderner Produktionsprozesse entwickelt. Mit ihrer hohen Flexibilität, Geschwindigkeit und Präzision eröffnet sie neue Möglichkeiten in Konstruktion, Prototyping und Serienfertigung. Auch bei Lapp ist diese Technologie längst fester Bestandteil des Fertigungsalltags.

TEXT: Lapp BILDER: Lapp; iStock, Sergey Khakimullin





Mithilfe der Additiven Fertigung lassen sich Steckverbinder und -komponenten schnell für spezielle Kundenbedürfnisse entwickeln.

Die Anfänge des 3D-Drucks reichen zurück ins Jahr 1983. In diesem Jahr entwickelte der US-Ingenieur Chuck Hull die Stereolithografie (SLA) das erste Verfahren der Additiven Fertigung. Dabei wird flüssiges Harz durch einen UV-Laser schichtweise ausgehärtet, wodurch nach und nach ein dreidimensionales Objekt entsteht. 1986 ließ Hull die SLA patentieren und ebnete damit den Weg für weitere Technologien wie das heute weit verbreitete Fused Deposition Modeling (FDM) und das selektive Lasersintern (SLS). Allen Verfahren gemeinsam ist das Prinzip des additiven Aufbaus: Statt Material abzutragen, wird es Schicht für Schicht aufgetragen. Dieser Ansatz ermöglicht so höchste Ressourceneffizienz.

3D-Druck etabliert sich in der industriellen Fertigung

Da er sich ideal für die schnelle Umsetzung von Prototypen, Testgehäusen oder Designstudien eignet, war der 3D-Druck bisher vor allem in der Produktentwicklung zu Hause. Doch dank steigender Materialvielfalt und immer leistungsfähigeren Druckern hält er nun auch Einzug in der Serienproduktion. Branchen von Automotive bis Medizintechnik greifen heute auf additive Fertigung zurück, vor allem für komplexe Bauteile, die mit konventionellen Methoden nicht so leicht herzustellen wären. „Das Verfahren ist auf diese Weise sehr flexibel und effizient“, weiß Dr. Philipp Baron von Lapp. „Prinzipiell erlaubt der 3D-Druck eine dezentrale, bedarfsgerechte Produktion direkt vor Ort – ohne lange Lieferzeiten oder Werkzeugkosten und das ist gerade in Zeiten geopolitischer Unsicherheiten und volatiler Märkte unter Umständen ein echter

Wettbewerbsvorteil.“ Als Experte für integrierte Lösungen im Bereich der Kabel- und Verbindungstechnologie setzt auch Lapp zunehmend auf das innovative Druckverfahren, das bisher weniger im Bereich der Kabel, dafür aber umso mehr im Bereich der Steckverbinder Einsatz findet.

Additive Fertigung als Treiber für Entwicklung und Serienproduktion

In den vergangenen Jahren hat das Unternehmen in diesen Bereich investiert, der auch unter dem Markennamen EPIC bekannt ist: Neben Maschinen und Know-how im Bereich der Additiven Fertigung wurden auch neue Entwicklungsprozesse, neue Lieferanten und eine bessere Zusammenarbeit mit den Schnittstellen etabliert. Kundenanforderungen können mit dem 3D-Druckverfahren noch schneller und kosteneffizienter umgesetzt werden. Daher steht seit einiger Zeit eine hochmoderne Anlage am Standort in Stuttgart, mit der sowohl Prototypen als auch Serienbauteile hergestellt werden können. Mit Dr. Philipp Baron, in der Vorentwicklung zuständig für das 3D-Druckverfahren, sowie Stevens Sehic, Teamleiter Steckverbinderentwicklung, steht das notwendige Expertenwissen an der Seite der Druckmaschinen.

„Mit dem 3D-Druck fertigen wir laufend Prototypen, die wir intern selbst nutzen, um Ideen und Designentwürfe innerhalb kürzester Zeit realisieren zu können“, so Dr. Philipp Baron. „So können wir viele Teile effizient testen und mit ihnen forschen oder beispielsweise ihre Steckbarkeit prüfen.“ Aber auch die Sonderwünsche von Kunden lassen sich mit dem



Dr. Philipp Baron von Lapp sieht im 3D-Druck einen Wettbewerbsvorteil durch eine flexible und dezentrale Produktion.

Verfahren leicht berücksichtigen oder schlicht und einfach testen, ob eine Komponente gut in der Hand liegt. Wenn ein neuer Steckverbinder dann alle Tests erfüllt, die am 3D-gedruckten Prototypen durchgeführt werden, können alle Neuerungen in die Serienherstellung integriert werden.

Schnelle Lösungen für komplexe Herausforderungen

Ein Kunde schilderte Lapp etwa ein Problem mit Feuchtigkeit in den von ihm produzierten Schaltschränken. Selbst eingebaute Entfeuchtungselemente halfen bei der durch Temperaturunterschiede kondensierenden Luftfeuchtigkeit an den Innenwänden der Schränke nicht. Denn kurz- oder mittelfristig sammelte sich die Feuchtigkeit im Inneren des Schaltschranks an und lief dann in Richtung der durch den Boden eingeführten Steckverbinder. Drohende Fehlfunktionen und mögliche Kurzschlüsse waren die Konsequenz. Bisher setzte der Kunde mit einem gelaserten Edelstahl-Bauteil Abhilfe, das den Steckverbinder von der Flüssigkeit abschirmte. Diese aufwändige und teure Lösung bot jedoch keinen hundertprozentigen Schutz. Eine Herausforderung für Lapp: Eine einfache Lösung ist das Ziel, die Feuchtigkeit von den Steckverbindern abhält und mit Standard-Bauteilen kompatibel ist. Das Expertenteam stellt schnell ein Konzept auf und nimmt erste Druckversuche vor. „Bereits drei Tage später sind die ersten serienfähigen Prototypen in Lapp Orange fertiggestellt – in der Serienproduktion technisch umsetzbar mit einem UL-zertifiziertem Material.“ Der Kunde ist begeistert von der Hands-on Mentalität des Unternehmens und der zügigen Lösungsfindung.

Auf diese Weise und mithilfe des Additiven Fertigungsverfahrens sind schon zahlreiche Steckverbinder und -komponenten für die EPIC Serie entstanden. So beispielsweise auch der EPIC H-B 16, der sich durch sein verbessertes, rechteckiges Steckerdesign auszeichnet, der EPIC H-Q TS M25, eine Eigenentwicklung von Lapp, die ein neuartiges Gehäuse mit Innengewinde für Kabelverschraubungen sowie kompakter Bauform aufweist, oder auch der EPIC MCS-HC 2, ein Moduleinsatz für ein modulares Steckverbindersystem, sowie der EPIC POWER M23, ein robuster Kontaktträger aus UL-zertifiziertem Material mit filigraner Struktur.

3D-Druck als Innovationstreiber für die Industrie von morgen

Längst ist die Additive Fertigung mehr als nur eine technische Spielerei. Sie verändert grundlegend, wie in der Industrie gedacht, konstruiert und gefertigt wird. Besonders in Bereichen, in denen individuelle Kundenwünsche schnell und flexibel realisiert werden müssen, zeigt der 3D-Druck seine besonderen Stärken. Gleichzeitig bringt die Technologie komplexe Herausforderungen mit sich, etwa in Bezug auf Materialstandards, Zertifizierungen oder die Integration in bestehende Produktionsprozesse. Dennoch schreitet die Entwicklung rasant voran und eröffnet stetig neue Einsatzmöglichkeiten – auch bei Lapp.

Für das Stuttgarter Unternehmen, den globalen Anbieter von Verbindungslösungen, ist die Additive Fertigung nicht nur eine Antwort auf heutige Anforderungen, sondern auch ein kreativer Schlüssel für die Herausforderungen der Zukunft.

TRENDS, STRATEGIEN UND LASERVERFAHREN
IN DER MIKROELEKTRONIK

Technologie und Transformation

Megatrends wie Digitalisierung, Elektromobilität und Künstliche Intelligenz bewegen auch die Mikroelektronikbranche. Dr. Christian Vedder, Leiter der Abteilung Oberflächentechnik und Formabtrag am Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT und ausgewiesener Experte für Mikroelektronik, beleuchtet in diesem Interview die aktuellen Entwicklungen und Herausforderungen der Branche. Er erklärt, dass innovative Laserverfahren in der Mikroelektronikfertigung eine immer wichtigere Rolle spielen, sowohl um wettbewerbsfähig zu bleiben und als auch den steigenden Anforderungen gerecht zu werden.

DAS INTERVIEW FÜHRTE: Fraunhofer ILT; Bernhard Haluschak, E&E
BILDER: Fraunhofer ILT; Aachen

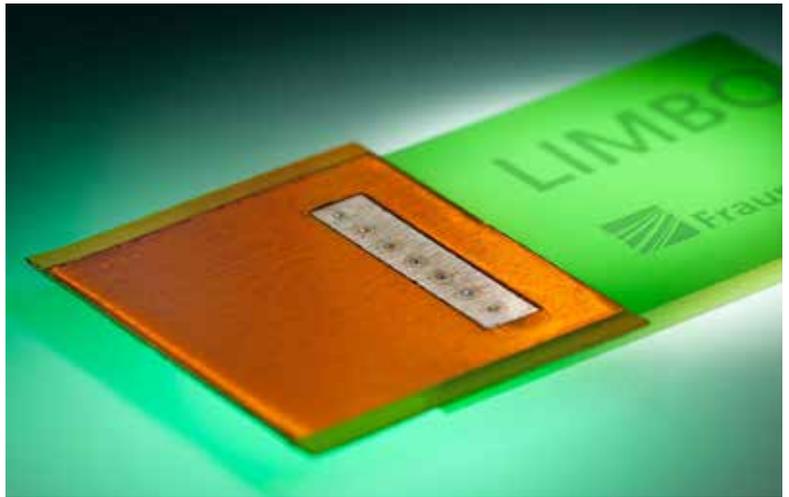


Dr. Christian Vedder, wie beurteilen Sie die aktuelle Entwicklung in der Mikroelektronik? Welche Trends sehen Sie als besonders richtungsweisend?

Die Mikroelektronik befindet sich derzeit in einer Phase tiefgreifender Transformation, getrieben durch globale Megatrends wie Digitalisierung, Elektromobilität, Künstliche Intelligenz und Quantentechnologie.

Diese Entwicklungen führen zu einem rasant steigenden Bedarf an leistungsfähigeren, kompakteren und gleichzeitig energieeffizienteren Bauelementen. Besonders richtungsweisend sind aktuell Technologien wie Advanced Packaging, Chiplet-Architekturen und 3D-Integration, die eine höhere Funktionalitätsdichte bei gleichzeitig verbesserter thermischer

Performance ermöglichen. Auch die Nachfrage nach Halbleitern aus Wide-Bandgap-Materialien wie SiC und GaN nimmt deutlich zu, vor allem im Bereich Leistungselektronik. Parallel dazu gewinnt die nachhaltige Produktion an Relevanz – sowohl aus ökologischen als auch aus wirtschaftlichen Gründen. Der Markt wird sich künftig noch stärker entlang von



Laser-Impuls-Schmelzbonden (LIMBO) ermöglicht das schädigungsfreie Fügen von dicken Kupferverbindern an dünnen Metallisierungen auf sensiblen Substraten in der Elektromobilität und Hochleistungselektronik.

Systemlösungen und funktional integrierten Komponenten ausrichten, was enorme Innovationspotenziale, aber auch Investitionsdruck für die Industrie bedeutet.

Welche Rolle spielt das Fraunhofer ILT in diesem sich rasant entwickelnden Technologiefeld?

Unsere Stärke liegt darin, Lasertechnologien für die Fertigung von Mikroelektronik weiterzuentwickeln und praxistauglich zu machen. Wir arbeiten eng mit Partnern aus Industrie und Forschung zusammen und bringen neue Verfahren zur Marktreife – zum Beispiel in der Glas- und Halbleiterstrukturierung, bei Dünnschichtmodifikationen, im Packaging bzw. beim kontaktlosen Fügen. Dabei legen wir großen Wert auf ressourcenschonende, präzise und flexible Lösungen.

Die Miniaturisierung ist ein zentraler Trend in der Mikroelektronik. Wo sehen Sie hier die größten Herausforderungen für Forschung und Industrie?

Miniaturisierung bringt die etablierten Fertigungsprozesse zunehmend an ihre physikalischen und wirtschaftlichen Grenzen. Auf technischer Ebene stellt vor allem die steigende Packungsdichte enorme Anforderungen an Thermomanagement, Signal- und Leistungsintegrität sowie an die Präzision in der Verbindungstechnik. Gleichzeitig verschiebt sich die Komplexität in Richtung Packaging und Systemintegration. Für die Industrie bedeutet das,

dass klassische Skaleneffekte durch neue Materialien, heterogene Integration und 3D-Strukturen ersetzt werden müssen, mit hohen Investitionen in Know-how und Equipment. Für viele Unternehmen wird es immer wichtiger, alternative Technologien wie Laserverfahren zu nutzen, die flexibler und oft günstiger skalierbar sind. Die Herausforderung liegt darin, solche Verfahren stabil und industrietauglich umzusetzen. Forschung und Industrie müssen hier noch enger verzahnt agieren.

Welche technischen Grenzen müssen überwunden werden, um noch kleinere und leistungsfähigere Chips zu entwickeln?

Die größte technische Herausforderung liegt aktuell in der weiteren Skalierung unterhalb von 3 nm – hier stoßen klassische Transistorarchitekturen an physikalische und wirtschaftliche Limits. Neue Ansätze wie Gate-All-Around-FETs, neue Materialien wie 2D-Halbleiter oder Backend-Integration rücken in den Fokus. Gleichzeitig wird die horizontale Miniaturisierung zunehmend durch vertikale Integration ergänzt, etwa durch 3D-Chipstacks und Advanced Packaging.

Wie verändert der steigende Bedarf an energieeffizienten Lösungen den Markt für Mikroelektronik?

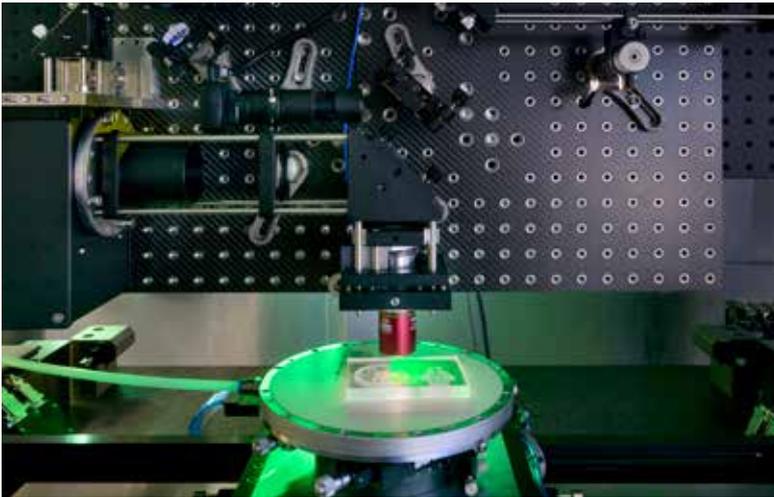
Der Energiebedarf von Chips wird zum entscheidenden Kriterium – nicht nur für mobile Geräte, sondern auch für

Rechenzentren und KI-Anwendungen. Dadurch gewinnen neue Architekturen, Materialien und eben auch neue Fertigungsprozesse an Bedeutung. Lasertechnologien helfen hier, weil sie gezielt einzelne Funktionsbereiche bearbeiten und sowohl Energieverluste in der Produktion minimieren als auch die Energieeffizienz im späteren Betrieb steigern können.

In welchen Bereichen der Mikroelektronik werden Lasertechnologien aktuell besonders intensiv genutzt?

Besonders stark nachgefragt sind Laserverfahren dort, wo Präzision, Materialvielfalt und Prozessflexibilität gefragt sind, z. B. in der Strukturierung und Trennung von Wafern, beim Halbleiterannealing oder -kristallisieren, beim Advanced Packaging – etwa für Through-Silicon oder Through-Glas Vias oder das Laser(de) bonding – sowie in der Mikromaterialbearbeitung für Substrate und Leiterbahnen. Auch bei der Herstellung flexibler Elektronik und in der additiven Fertigung elektronischer Komponenten spielen Laserverfahren eine zentrale Rolle. Durch ihre Präzision bei gleichzeitiger Vielseitigkeit lassen sich mit Lasern Verfahren umsetzen, die mechanisch oder chemisch teilweise kaum möglich wären.

Wie trägt das Fraunhofer ILT mit seinen Entwicklungen dazu bei, neue Fertigungsprozesse in der Mikroelektronik zu ermöglichen?



SLE-Anlage mit großformatigem Achssystem und (Multi-)Strahlformung zur Präzisionssteigerung und Skalierung.

Neben den neuen Lasermaterialbearbeitungsverfahren entwickeln wir ebenfalls die notwendige Lasersystemtechnik – von den optischen Systemen über die Prozesssensorik bis hin zur Anlagenintegration inklusive Steuerung. Dabei haben wir immer die industrielle Nutzung im Blick und erarbeiten so Prototypenanlagen oder auch -bestandteile, die eine Pilotisierung ermöglichen. Beispiele sind die Entwicklung von DUV-UKP-LLO - das Trennen von GaN-Schichten von Trägersubstraten mittels Deep-UV-Ultrakurzpulslaser-Lift-Off z.B. für μ LED-Anwendungen oder Leistungselektronik - oder das Herstellen der angesprochenen Through-Vias für die vertikale Integration. Hier werden neuartige Verfahren und optische Systeme benötigt, die präzise und gleichzeitig produktive Verfahren ermöglichen.

Welche Vorteile bieten laserbasierte Verfahren im Vergleich zu konventionellen Technologien, etwa beim Packaging oder der Strukturierung von Halbleitern?

Laser ermöglichen es, Materialien digital punktgenau zu bearbeiten – ohne Masken, ohne chemische Ätzprozesse und – durch Einsatz von Ultrakurzpulslasern – mit sehr wenig thermischem Stress. Durch ihre hohe zeitliche und örtliche Fokussierbarkeit lassen sich auch in sonst transparenten Materialien Bearbeitungen durchführen; dies ermöglicht u.a. fortschrittliche, hochsaubere Wafer-Trennverfahren oder das eben erwähnte

Laser-Lift-Off. Mittels LIFT, für Laser-Induced Forward Transfer, lassen sich gezielt Halbleiterschichten oder -strukturen von einem Träger auf einen anderen übertragen; mittels angepasster Intensitätsverteilung ortsgenau amorphe CVD/PVD-Schichten oder nasschemisch deponierte Schichten aus Halbleitermaterialien kristallisieren. Der Laserstrahl lässt sich sogar derart anpassen, dass individuelle Bohr- oder Schnittkantengeometrien erzeugt werden können. Durch entsprechende optische Systemtechnik lassen sich Prozesse in kurzer Zeit umstellen oder individualisieren – ein Riesenvorteil in einer Branche, die immer schneller neue Designs und Produktvarianten hervorbringt.

Welche Potenziale sehen Sie in der additiven Fertigung für die Integration von Sensorik in elektronische Bauteile?

Die additive Fertigung ermöglicht es, komplexe Strukturen in einem einzigen Schritt herzustellen – und dabei gezielt Funktionselemente wie Sensoren, Heizer- oder Leiterbahnen direkt zu integrieren. Das spart Platz, reduziert Gewicht und vereinfacht die Montage. Darüber hinaus können Sensoren an Orten platziert werden, die vorher nicht denkbar gewesen wären, unmittelbar an der Wirkzone. Besonders spannend ist das für Anwendungen im Leichtbau, in der Medizintechnik oder bei Wearables. Der 3D-Druck von Elektronik steckt zwar noch in der frühen Phase der industriellen Umsetzung, aber

wir sehen hier sehr viel Potenzial für individualisierte, multifunktionale Bauteile.

Inwiefern ermöglichen Laserverfahren eine präzisere oder ressourcenschonendere Fertigung von Elektronik-Komponenten?

Laser tragen nur dort Material ab oder fügen es zu, wo es wirklich nötig ist – das macht die Verfahren im ersten Schritt materialeffizienter. Die Kombination neuer DUV-UKP-Laserstrahlquellen mit angepassten optischen Systemen ermöglichen eine immer genauere und – durch den Verzicht auf Hochvakuumverfahren – energieeffizientere Strukturierung. In der weiteren Nutzung der präzise hergestellten Produkte erwarten wir eine weitere Energieeffizienzsteigerung. Außerdem entfällt oft der Einsatz von Chemikalien, was umweltfreundlicher ist. Insbesondere bei der additiven Fertigung spielt der Laser eine zentrale Rolle: etwa beim selektiven Lasersintern und -kristallisieren gedruckter Schichten oder beim laserunterstützten Abscheiden leitfähiger Schichten. So lassen sich Mikrostrukturen massenhaft individualisiert erzeugen, da alle verwendeten Verfahren digital gesteuert werden – und das mit minimalem Materialverbrauch.

Welche Anwendungen von gedruckter Elektronik halten Sie in den kommenden Jahren für besonders vielversprechend?

Besonders spannend finde ich smarte Bauteile, die ein besseres Verständnis der Belastungsszenarios von Komponenten

zulassen und im besten Falle sogar die Möglichkeit zur Maschinenanpassung zu geben, um energieeffizientere Arbeitspunkte zu ermöglichen oder kritische zu vermeiden. Auch gedruckte Sensoren auf flexiblen Trägermaterialien – etwa für smarte Textilien oder medizinische Anwendungen sind interessant, um personalisierte medizintechnische Unterstützung im Alltag zu ermöglichen. Bei der Herstellung von OLEDs, effizienteren Solarzellen oder Dünnschicht-Brennstoffzellen oder -Elektrolyseure für Wasserstoff oder Wasserstoffverbindungen für die Energiewende bieten gedruckte Schichten in Kombination mit Laserverfahren ebenso Vorteile.

Wie wird sich Ihrer Meinung nach die Mikroelektronik durch Fortschritte in der Lasertechnologie in den nächsten fünf bis zehn Jahren verändern?

Schon jetzt sind Laserverfahren die Herzstücke vieler Mikroelektronikverfahren und werden zukünftig eine Schlüsselrolle in weiteren, neuen Fertigungsprozessen einnehmen, z. B. in der Heterointegration, der Bearbeitung neuer Materialkombinationen etc. Wir werden deutlich flexiblere und individuellere Produktionsprozesse sehen. Laser ermöglichen es, sehr schnell auf neue Designs und Materialien zu reagieren; sie werden in Kombination mit KI-gestützten Material-, Bauteil- und Prozessentwicklungen herkömmliche Prozess- und Produkt-Ansätze maßgeblich verändern. Gleichzeitig trägt der Laser dazu bei, Ressourcen zu sparen und Prozesse nachhaltiger zu gestalten. Das wird in Zukunft ein entscheidender Wettbewerbsvorteil sein.

Welche Rolle spielt das Fraunhofer ILT bei der Entwicklung neuer Lösungen für die Mikroelektronik-Industrie?

Wir verstehen uns als Brücke zwischen Grundlagenforschung und industrieller Umsetzung. Am Fraunhofer ILT entwickeln wir nicht nur neue Verfahren, sondern begleiten auch aktiv den Transfer in die Fertigung. Dabei bringen wir unser Know-how aus verschiedenen Bereichen zusammen – etwa aus der Lasermaterialbearbeitung, der Optikentwicklung und der Systemtechnik. Unser Ziel ist es, unseren Partnern komplette, anwendungsreife Lösungen zu bieten.

Wo sehen Sie den größten Innovationsbedarf für die deutsche Mikroelektronik-Industrie, um international wettbewerbsfähig zu bleiben?

Wir müssen schneller werden – nicht nur in der Forschung, sondern vor allem in der Umsetzung. Viele gute Ideen entstehen in Deutschland, aber es dauert oft zu lange, bis sie in der Industrie ankommen. Außerdem brauchen wir mehr Offenheit für neue Materialien, digitale Produktionsprozesse, KI-gestützte Material- und Prozessentwicklung und nachhaltige Technologien. Die Kombination aus Innovationsfreude und industrieller Umsetzungskraft wird entscheidend sein.

FIRMEN UND ORGANISATIONEN IN DIESER AUSGABE

Firma	Seite	Firma	Seite
Analog Devices	28	MES Electronic Connect	13
Ansys	46	Metrofunk Kabel-Union	U3
Avnet Abacus	13	publish-industry Verlag	U2
Codico	32	Renesas	19
Detakta	5	Rosenberger Hochfrequenztechnik	13, 24, 39
Display Elektronik	35	Rutronik	13
Fischer Elektronik	3	SAB Bröckskes	U4
Forschungszentrum Jülich	13	Schurter	40
Fraunhofer ILT	52	Seco Northern Europe	19
Harting	23	SGET	19
ICP Deutschland	13	Siglent Technologies	Titel, 8, 11
ICT Suedwerk	56	Spectra	13
Kingbright Electronic	43	SRC Security Research & Consulting	62
Kontron	58	Suyin	36
Lapp	27, 49	Traco Electronic	45
Lütze	44		

IMPRESSUM

Herausgeber Kilian Müller

Head of Content Manufacturing Christian Fischbach

Redaktion Bernhard Haluschak (Managing Editor/verantwortlich/-928), Rieke Heine (freie Mitarbeiterin), Katharina Huber (-938), Ragna Iser (-898), Dana Neitzke (-930), Michaela Sandner (-916)

Newsdesk newsdesk@publish-industry.net

Head of Sales Kilian Müller

Anzeigen Saskia Albert (Director Sales/verantwortlich/-918), Beatrice Decker (-913), Caroline Häfner (-914), Ilka Gärtner (-921), Alexandra Klasen (-917); Anzeigenpreisliste: vom 01.01.2025

Inside Sales Patricia Dachs (-935), Sarah Fuchs (-929); sales@publish-industry.net

Verlag publish-industry Verlag GmbH, Claudius-Keller-Str. 3A, 81669 München, Germany
Tel. +49.(0)151.58 21 1-900, info@publish-industry.net, www.publish-industry.net

Geschäftsführung Kilian Müller, Martin Weber

Leser- & Aboservice Tel. +49.(0)40.23714-240; leserservice-pi@dvvmedia.com

Abonnement Das Abonnement enthält die regelmäßige Lieferung der E&E (derzeit 6 Ausgaben pro Jahr inkl. redaktioneller Sonderhefte und Messe-Taschenbücher) sowie als Gratiszugabe das jährlich erscheinende Jahrbuch der Industrie, INDUSTRY.forward HAKAHAKA.

Jährlicher Abonnementpreis

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

Marketing & Vertrieb Anja Müller (Head of Marketing)

Herstellung Veronika Blank-Kuen

Gestaltung & Layout Layoutstudio Daniela Haberlandt, Beethovenstraße 2a, 85435 Erding

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

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

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

ISSN-Nummer 1869-2117

Postvertriebskennzeichen 30771

Gerichtsstand München

Der Druck der E&E erfolgt auf PEFC™-zertifiziertem Papier, der Versand erfolgt CO₂-neutral.



GOGREEN

Der CO₂-neutrale Versand mit der Deutschen Post



Interview mit dem Geschäftsführer von ICT SUEDWERK

„Trends und Märkte“

Mit Hermann Frank hat ICT SUEDWERK einen äußerst erfahrenen Vertriebsprofi für wärmeleitende Materialien, elektrische Isolationsfolien und EMV-Shielding-Lösungen ins Team geholt. Seit Ende Juni 2025 betreut er aktiv die DACH-Region und Norditalien. Im Interview spricht der Geschäftsführer Wolfgang Reitberger-Kunze über die strategische Bedeutung dieser Personalentscheidung, technologische Markttrends und darüber, wie nachhaltige und technische Beratung heute im Vertrieb aussehen muss.

DAS INTERVIEW FÜHRTE: Bernhard Haluschak, E&E **BILD:** Dominik Gierke, ICT SUEDWERK

Was war der strategische Hintergrund für die Entscheidung, das Vertriebsteam mit einem Branchenspezialisten wie Herrn Frank zu verstärken?

Der Auf- und Ausbau neuer sowie bestehender Kundenbeziehungen und die Erweiterung unseres bestehenden Produktportfolios für EMV-Anwendungen waren ausschlaggebend. Heute und in Zukunft ist es entscheidend, Materialien und Konstruktionsmethoden zu wählen, die sowohl elektromagnetische Störungen verhindern als auch eine effiziente Wärmeableitung ermöglichen. Thermal Management in der Leistungselektronik ist längst nicht mehr nur eine Kühlaufgabe, sondern integraler Bestandteil des Systemdesigns. Es ist entscheidend für die Leistungsfähigkeit, Zuverlässigkeit und Lebensdauer elektronischer Systeme – insbesondere in Anwendungsbereichen wie der Elektromobilität und den erneuerbaren Energien, wo Kühlung und EMV-Schutz zunehmend kombiniert werden.

Wir sind überzeugt, dass nur Unternehmen, die frühzeitig auf integrierte thermisch-elektromagnetische Lösungen setzen, sich langfristig technologische und wirtschaftliche Vorteile sichern können. Deshalb haben wir Anfang 2025 gezielt nach einem Vertriebsspezialisten wie Hermann Frank gesucht – und hatten Glück: Nach einer kurzen beruflichen Auszeit war er ab Februar 2025 wieder verfügbar. Wir haben nicht lange gezögert und ihn ins Vertriebsteam integriert. Mit seinem enormen Netzwerk und Fachwissen können wir unseren Bestands- und Neukunden nun ganzheitliche Wärmemanagement (T.I.M.s und EMI/EMV) Shielding-Produktlösungen anbieten.

Welche konkreten Erwartungen haben Sie an Herrn Frank in seiner Funktion als Senior Key Account Manager?

ICT möchte als Partner – nicht nur als potenzieller Lieferant – die Kundenbeziehungen auch mit erweitertem Portfolio organisch und nachhaltig auf- und ausbauen. Hermann Frank versteht es hervorragend, betriebliche Maßnahmen und vertriebliche Aktivitäten zu bündeln. Er verfügt über das notwendige Fachwissen und das richtige Gespür. Mit diesen Fähigkeiten schafft er die erforderliche technische Sensibilität für das C-Bauteilemanagement – von der Vorausentwicklung bis hin zur finalen Serienfertigung – und handelt dabei stets im Sinne des Kunden sowie des Unternehmens.



„Mehr Leistung auf weniger Raum – Wärmeleitmaterialien müssen heute Höchstwerte liefern!“

- > Mein mittelfristiges Wachstumsziel ist der strategisch gesunde Ausbau unserer Kundenbasis von derzeit rund 350 (aktive und inaktive) Kundenleads auf 650 bis 700 Kundenleads bis zum Jahr 2030. Das angepeilte Umsatzziel liegt dann bei etwa 7,5 Mio. Euro. Zum Vergleich: 2024 lag unser Umsatz bei rund 3,35 Mio. Euro.

Wie profitieren bestehende und neue Kunden konkret von der technischen Erfahrung und dem Netzwerk von Herrn Frank?

In fast 25 Jahren Vertriebserfahrung in diesem Segment hat er ein umfangreiches Fachwissen aufgebaut – von der Materialauswahl bis zur Produktionsbegleitung beim Kunden. Dazu gehören auch Ideen zur optimalen Bestückung sowie Vorschläge für eventuell notwendige Anpassungen im mechanischen Design, um Konzepte erfolgreich umsetzen zu können.

Welche langfristige Rolle sehen Sie für ihn im Unternehmen – auch über den Vertrieb hinaus?

Neben seiner direkten Verantwortung als Senior Sales Field Manager wird Herr Frank auch die vertriebliche Unterstützung und Schulung der Kollegen übernehmen – insbesondere im Bereich EMV-Dichtungen, deren Eigenschaften und Einsatzbereiche. Zudem wird er als Informationsschnittstelle zwischen Vertrieb und Beschaffung im neuen Segment fungieren.

Welchen Beitrag soll der Bereich Vertrieb in der Wachstumsstrategie von ICT SUEDWERK in den nächsten Jahren leisten?

Der beratende Vertrieb ist ein zentraler Wachstumstreiber. Unser Ziel ist es, Kundenanforderungen genau zu verstehen und technisch gemeinsam umzusetzen. Persönliche Face-to-Face-Gespräche gewinnen dabei wieder an Bedeutung, da sie eine fundierte Beratung ermöglichen – besonders im Entwicklungsbereich. Der Generationswechsel in der Industrie erhöht den Bedarf an direkter Unterstützung, etwa im effektiven Wärmemanagement, deutlich.

Welche großen Herausforderungen und Trends sehen Sie im Bereich der wärmeleitenden Materialien und wie wollen Sie diesen begegnen?

Komponenten der Leistungselektronik, Applikationen und Geräte werden immer kompakter und zugleich deutlich leistungsfähiger. Das erfordert zunehmend effizientere und hochwertigere Materialien mit hoher thermischer Leitfähigkeit. Vor gut zehn Jahren zählten Materialien mit bis zu 10 W/mK zur Premiumklasse. In den letzten drei Jahren hat sich der Bedarf an hochwärmeleitenden TIMs jedoch massiv erhöht – auf 15 bis 25 W/mK. Die Entwicklungen der Materialhersteller treiben inzwischen Produkte mit bis zu 50 W/mK und mehr voran – allerdings in einer deutlich höheren Preisklasse. Aufgrund der global unsicheren geopolitischen Lage, der damit verbundenen „tariff rates“-Problematik und der Anforderungen an eine sichere Lieferkette muss ICT SUEDWERK neue Wege gehen. Wir sind daher ständig auf der Suche nach innovativen, nachhaltigen und zuverlässigen Lieferantenpartner für wärmeleitende Materialien und EMV-Schilding-Produkte. Wir verstehen uns nicht als Händler oder Distributor, sondern als Hersteller und Verarbeiter mit eigener moderner Inhouse-Fertigung am Standort Oberhaching. Wir können in Deutschland fertigen – wir müssen nicht verlagern. Es geht!

WAS DIE IoT-WELT IN 2025 ANTREIBT

KI und 5G im Fokus

Auch in diesem Jahr bleibt Cybersecurity neben KI und 5G der treibende Trend im Embedded- und IoT-Markt. Schlüssel dafür ist ein sicheres Betriebssystem für alle Maschinen im IoT. Ab jetzt läuft die Uhr: Unternehmen haben nur noch zwei Jahre Zeit, sich auf den Cyber Resilience Act vorzubereiten. Kontron-CEO Hannes Niederhauser gibt Einblick in die Ausrichtung des Embedded-Anbieters in 2025.

TEXT: Hannes Niederhauser, Kontron BILDER: Kontron; iStock, wildpixel

Während die Bedrohungslage weiter steigt und auch der Mittelstand zunehmend ins Visier von Cyberattacken gerät, nimmt gleichzeitig die Zahl der vernetzten Geräte weiter zu. Darauf zielt eine verschärfte Regulierung, bereits in diesem Jahr greift die NIS-2-Richtlinie zur Netz- und Informationssicherheit. Unternehmen bleibt jetzt nur noch wenig Zeit, sich auf den Cyber Resilience Act (CRA) vorzubereiten, der

ab 2027 in Kraft tritt und für Produkte mit digitalen Komponenten deutlich mehr Anforderungen mitbringt. Vor allem müssen sehr viel mehr Unternehmen CRA-ready werden, denn eine Vielzahl von (industriellen) Geräten, Anlagen und Maschinen ist von der Regulierung betroffen. Noch deutlich strengere Auflagen sind im stark wachsenden Defense-Markt, in Avionics und Zugverkehr zu erfüllen.



Cybersecurity erfordert sichere Betriebssysteme und IoT Device Management

Zentraler Aspekt für alle Geräte und Maschinen, die im Internet of Things miteinander verbunden sind, ist ein gehärtetes Betriebssystem. Mit KontronOS steht sozusagen ein „Windows für Maschinen“ zur Verfügung, mit dem bis Ende 2029 – so die

Zielsetzung – 100 Millionen Geräte ausgerüstet sein sollen. Die schlanke Konzeption auf Linux-Basis reduziert im Vergleich zu anderen Operating-Systemen potenzielle Einfallstore massiv, unter anderem sind alle Verbindungen komplett verschlüsselt, es wird nur digital signierte OS-Software wie etwa Updates ausgeführt und Wartungszugriffe sind auf ein Minimum reduziert. Dort, wo Produkte in digitalen Geschäftsmodellen während



Die privaten 5G-Mobilfunknetze bieten sichere, zuverlässige und schnelle Konnektivitätslösungen für Unternehmen.

des gesamten Lebenszyklus vernetzt sind und Daten senden, aber auch in vernetzten Produktionsumgebungen, steigen die Anforderungen mit dem vom CRA geforderten Konzept Security-by-Design stark an. Hier können nach IEC 62443 zertifizierte Technologieanbieter den Betreibern viel Arbeit mit Blick auf das Dokumentieren, Auditieren und Sichern ihrer Gesamtlösung abnehmen. Nachholbedarf gibt es erfahrungsgemäß insbesondere bei durchgängigen Security-Konzepten über IT und OT (Operation Technology) hinweg. Oft haben Betreiber heute noch keinen Überblick über ihre häufig weltweit in Produkten verteilten IoT-Devices. IoT-Device-Management-Lösungen wie KontronGrid sorgen für Transparenz, automatische Security-Updates und automatisierte Verwaltung.

5G setzt sich weiter durch

Insbesondere im industriellen Bereich wird stärker auf Konnektivität über 5G gesetzt. Im Zugverkehr, bei der Feuerwehr und im professionellen Government-Datenverkehr kommt zunehmend der Future Railway Mobile Communication Standard (FRMCS) zum Einsatz, ein 5G-Derivat mit wesentlich höherer Sicherheit. Die Auftragslage zeigt, dass insbesondere der Bahnsektor jetzt massiv in 5G investiert. Vor allem dort, wo Geräte und Produkte in Bewegung sind, wie beispielsweise bei autonomen Fahrzeugen, Elektrofahrrädern und autonomer Fördertechnologie, oder dort, wo keine Netzwerke in der Nähe sind, wie Sensorik entlang der Autobahn, wächst die 5G-Nutzung. Durch die Entwicklung und Herstellung von 5G-Modulen wird eine sichere globale Lieferkette von Komponenten für kritische Kommunikationsinfrastrukturen gewährleistet, was beispielsweise im Automotive-Bereich eine wichtige Rolle spielt. Die Anzahl der vernetzten Geräte in der Industrie wird in diesem Jahr Schätzungen zufolge rund 20 Milliarden erreichen, Tendenz stark steigend. Der Trend ist eindeutig: Bis Ende dieses Jahrzehnts könnte bereits mehr als

die Hälfte aller vernetzten Maschinen über drahtlose Verbindungen mit 5G miteinander kommunizieren.

Zwar wird auch dieses Jahr noch nicht den Durchbruch für mobile private 5G-Netze bringen. Dennoch ist schon jetzt deutlich, dass Lieferanten diese Funktionalität mitbringen müssen, weil sie bereits in aktuellen Ausschreibungen gefordert wird. Die Erfahrung zeigt, dass in vielen Kontexten 5G-Campusnetze wirtschaftlicher sind als WLAN und einen schnellen ROI haben. Die Hürden dafür sinken mit schlüsselfertigen Lösungen, in denen alle Komponenten kompatibel zusammenspielen. Eine Herausforderung bestand bisher darin, dass es an 5G-Modulen fehlte. Sie sind in der Komplettlösung enthalten, etwa in Form der im März vorgestellten 5G-Breitband-Modemkarte M.2, die für industrielle und sicherheitskritische Anwendungen konzipiert ist. Kontron hat seine ME1310 Edge-Plattform zudem mit der CORE- und RAN-Software von Partner Amarisoft integriert, um die spezifischen Anforderungen etwa in der Verteidigungs-, Sicherheits- und Transportindustrie zu erfüllen. So kann unterbrechungsfreie Konnektivität auch in isolierten Umgebungen temperaturunabhängig sichergestellt werden.

AI-Netze für industrielle Anwendungen

Während Europa mit Blick auf Cloud-Technologie den Anschluss an die internationalen Hyperscaler zwar verloren hat, ist im Markt für AI-Netze im Bereich industrieller Anwendungen rund um Edge und IoT noch Luft nach oben. Das Thema wird in Deutschland und auf EU-Ebene intensiv gefördert. Entsprechende AI-Netzwerke sind speziell dafür ausgelegt sind, industrielle Prozesse mithilfe von KI zu überwachen, zu optimieren und zu automatisieren. Diese Netzwerke kombinieren KI, IoT-Technologien, Cloud und das Edge Computing mit fortschrittlichen KI-Modellen und gewährleisten eine effiziente, sichere Kommunikation

Box Die KBox A-251-AML/ADN punktet mit einer kompakten Bauweise und einer hohen Flexibilität aus.



zwischen Maschinen, Sensoren und Systemen. Ein Beispiel dafür ist der neue Intranet-Observer von Kontron. Er wird automatisch auf die individuelle Umgebung eines Unternehmens trainiert, überwacht dann Datenetze in IT und OT und erkennt Anomalien im Millisekundenbereich, um potenzielle Angriffe zu unterbinden.

Dass KI derzeit weiteres Disruptionspotenzial entfaltet, lässt sich an praktisch allen IT-Trendvorhersagen ablesen. Allerdings wird noch zu wenig darüber geredet, woher die Daten kommen, aus denen die KI lernt. Gartner geht davon aus, dass in diesem Jahr 75 Prozent der von Unternehmen generierten Daten außerhalb herkömmlicher Rechenzentren oder Cloud-Umgebungen erstellt und verarbeitet werden – dank der zunehmenden Verbreitung des Internet der Dinge (IoT). Ein Großteil der Daten, mit denen AI-Netze gefüttert werden, stammen also von Embedded-Computern.

IoT-Nutzen kommt besser in der Praxis an

IoT-Vernetzung macht gerade bei teuren Maschinen und Robotik nur einen Bruchteil der Investitionskosten aus. Die Erfahrung zeigt jedoch: Ein vernetzter Schweißroboter etwa arbeitet rund zehn Prozent schneller – IoT-Technologie amortisiert sich durch die Bank regelmäßig in drei bis sechs Monaten. Diese Erkenntnis setzt sich derzeit immer stärker in der Praxis durch. Um sich in unterschiedliche Produkte einzufügen, muss allerdings ein kundenspezifisches Design der IoT-Komponenten möglich sein. Individuelle Bausteine, die dennoch auf Standards basieren und damit Sicherheit und Wirtschaftlichkeit gewährleisten, sind für das Unternehmen ein wichtiges Wachstumsgeschäft. Dass die IoT-Vision von Kontron aufgeht, zeigt sich an einer Umsatzsteigerung von über 44 Prozent in 2023 und einem vergleichbaren Wachstum in 2024.

Der Bedarf an Edge-Hardware wird auch weiter steigen, denn immer mehr Branchen wie Automotive, Industrieautomation, Eisenbahnen oder Bereiche wie Smart Cities setzen auf IoT. KI, 5G-Konnektivität und Security sind dabei die zentralen Anforderungen. Neben der Zusammenarbeit mit Hailo ist Kontron beim Thema AI-Chips vor kurzem eine enge Entwicklungspartnerschaft mit Qualcomm eingegangen. Besonders spannend ist dabei die Nutzung von ARM-Prozessoren, die nur ein Zehntel des Stroms vergleichbar leistungsfähiger Chips verbrauchen – besonders wichtig für IoT-Szenarien an der Edge. Die AI-Lösungen bringen 5G-Fähigkeit mit und können mit AI-Beschleunigern (Accelerator) erweitert werden. Sie sind die Grundlage für IoT-Edge-Geräte auf Basis vernetzter ARM-Chips, die über eingebettete KI-Funktionalität verfügen. In den nächsten ein, zwei Jahren werden entsprechende Boards, Module und Lösungen der nächsten Generation auf Basis der Qualcomm-Technologie entstehen, die Expertise in robusten Embedded-Systemen mit innovativen Mobil- und KI-Technologien kombinieren.

Mehr Power für die Energiewende

Bei der Energiewende ist technologisch noch viel Luft nach oben: Hier können intelligente Lösungen für Solarenergie und Smart Charging einen erheblichen Unterschied bei Energieverbrauch und Nachhaltigkeit machen. Ein Auftragsvolumen von über 350 Millionen Euro rund um Energiemanagement, mit dem sich die Leistung von Photovoltaikanlagen erhöhen lässt, und smarte Wallboxen für Elektromobilität, zeigt hier einen klaren Trend. Elektroautoladeschaltungen sollten nicht nur Ladegerät sein, sondern ein IoT-System, das die Server des Autoherstellers mit dem Auto verbindet, um die Batterie exakt so zu laden, wie es der OEM vorgibt. Das kann die Lebensdauer der Batterie bis zu verdreifachen und bringt die 10-Jahres-Garantie für Batterien in Sichtweite.



SICHERHEITSTANDARD NESAS FÜR DEN MOBILFUNK

Kritische 5G-Komponenten zertifizieren

Komponenten von 5G-Mobilfunknetzen müssen ab 2026 als Teil von kritischen Infrastrukturen zertifiziert werden. Ein Prüfschema hierfür ist Network Equipment Security Assurance Scheme Cybersecurity Certification Scheme – German Interpretation (NESAS CCS-GI), das auf dem GSMA-NESAS Bewertungsschema basiert. Dabei werden der Entwicklungsprozess, der Produktlebenszyklus und die Komponente selbst evaluiert. Für eine einfachere Zertifizierung können Hersteller mit einer akkreditierten Prüfstelle zusammenarbeiten.

TEXT: Dr. Georg Mörsch, SRC Security Research & Consulting BILDER: iStock, Nobi_Prizue, Jacob Wackerhausen, guruXOOX

Mobilfunk ist aus dem Alltag und dem Geschäftsleben nicht mehr wegzudenken – Unmengen von Daten werden in verschiedensten Nutzungsszenarien wie Industrie 4.0, Gesundheitswesen oder Verkehr und Logistik drahtlos übertragen. Das zieht jedoch auch Kriminelle an: Angreifer können die Kommunikation mit Schadsoftware abhören, manipulieren oder unterbinden. Das Risiko von Attacken auf Daten von Nutzern und Netzbetreibern ist in der Tat hoch; für Mobilfunknetze bedeutet das, dass ihre Verfügbarkeit gestört, sie zusammenbrechen oder ganz abgeschaltet werden können.

Angesichts dieser Bedrohungslage hat die Bundesnetzagentur 5G-Netze auf die Liste der kritischen Infrastrukturen (KRITIS) gesetzt. Die sogenannten kritischen Komponenten in Mobilfunknetzen – jene, die von der Bundesnetzagentur als sicherheitsrelevant eingestuft wurden – müssen nach dem Telekommunikationsgesetz ab 2026 verpflichtend zertifiziert werden. Wegen der gesellschaftlichen Abhängigkeit vom Mobilfunknetz soll dessen sicherer, störungsfreier Betrieb dafür auf klar definierten Sicherheitsstandards beruhen, die eine behördliche Zertifizierung der involvierten Software-Komponenten erlauben. Es gilt, dadurch den sicheren Betrieb von Mobilfunknetzen zu gewährleisten und bösartige Angriffe auf Mobilfunkkomponenten zu unterbinden bzw. zu erschweren.

NESAS (Network Equipment Security Assurance Scheme)

Die Industrie hat sich dafür einen internationalen Sicherheitsstandard gegeben, das Network Equipment Security Assurance Scheme (NESAS). NESAS wurde vom 3rd Generation Partnership Project (3GPP) und der GSM Association (GSMA) entwickelt, einem Zusammenschluss von Mobilfunkbetreibern sowie Komponentenherstellern. Ein internationales Anforderungsschema lag angesichts ihrer länderübergreifenden

Tätigkeiten nah. NESAS harmonisiert die Anforderungen an Mobilfunk- und Netzwerkprodukte, mit dem Ziel, einen sicheren Betrieb zu gewährleisten.

Es definiert Anforderungen an eine sichere Entwicklung und einen sicheren Lebenszyklus von Netzwerkprodukten und führt Anforderungen z.B. für den Schutz der Administrationsschnittstellen auf. Das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) hat auf Basis des NESAS-Anforderungsschemas das nationale Zertifizierungsschema NESAS Cybersecurity Certification Scheme – German Implementation (NESAS CCS-GI) definiert. Diese Anstrengungen ermöglichen erstmals eine behördliche Zertifizierung der IT-Sicherheit kritischer 5G Netzwerkkomponenten. NESAS CCS-GI harmonisiert die bestehenden Anforderungen an Tests und Dokumentation mit behördlichen Vorgaben für Deutschland, beispielsweise beim Schutz von Netzwerkverbindungen mit kryptografischen Tunneln.

Sicherheitszertifizierung als wichtiger Baustein im Mobilfunk

Generell strebt die Mobilfunkindustrie hin zu einer größeren Standardisierung der Sicherheitsinfrastruktur, steht aber noch am Anfang. Bei den ersten Mobilfunkgenerationen hatte nicht die Sicherheit Priorität, sondern die Herstellung einer zuverlässigen Verbindung zwischen den Netzen der verschiedenen Netzanbieter. Heute sind Sicherheitstests nur ein kleiner Teil der technischen Anforderungen. Mit NESAS hat sich die Industrie auf einheitliche Produkteigenschaften verständigt. Teilweise fehlen hier noch anerkannte Tests oder Schemata befinden sich erst im Aufbau. Die SCAS-Testkataloge wurden für 5G eingeführt, die auch die Basis für die zukünftige 6G Mobilfunkgeneration bilden wird. Künftig ist mit einem höheren Reifegrad der Testverfahren zu rechnen – mit einem



Hersteller von kritischen Komponenten im 5G-Mobilfunknetz müssen diese ab 2026 zertifizieren lassen.

größeren Automatisierungsgrad sowie einer schnelleren und einfacheren Durchführung der Tests.

Die Technische Richtlinie BSI-TR-03163 definiert die notwendigen Prüfverfahren auf Basis der Komponenten eines 5G Core Networks. Das NESAS CCS-GI ist neben Common Criteria (CC) sowie der Beschleunigten Sicherheitszertifizierung (BSZ) eines von drei Zertifizierungsschemata. NESAS CCS-GI wird bei Kernnetz und Radioaccess-Network eingesetzt, CC greift schwerpunktmäßig bei Managementsystemen und BSZ gilt für Transportnetze und Schnittstellen zu anderen Netzwerken. NESAS CCS-GI liegt damit in der Mitte in Bezug auf Tiefe und Komplexität der Prüfansätze. Da es auf Tests basiert, auf die sich die Hersteller in der GSMA geeinigt haben, genießt es eine hohe Akzeptanz unter den Entwicklern von 5G Komponenten. BSZ setzt auf einen schnellen Prüfansatz, bei dem bekannte Schwachstellen und Designschwächen vorrangig beleuchtet werden. Die Common Criteria Evaluierungen orientieren sich an einem formalen Modell der Sicherheitsleistungen, die von einem unabhängigen Prüflabor untersucht werden.

So funktioniert das NESAS CCS-GI Prüfverfahren im Detail

Mit NESAS CCS-GI können Komponenten für 5G-Mobilfunknetze zertifiziert werden. Insgesamt werden dabei vier Phasen unterschieden:

In der **Vorbereitungsphase** wird festgelegt, welche Komponenten geprüft werden sollen. Zwar sind den Produkten Prüfkataloge zugeordnet, doch sie stimmen nicht per se mit den vom Hersteller konzeptionierten Modulen überein. Es muss also geklärt werden, was geprüft werden soll und was die

Prüfung konkret umfasst. Hersteller, Zertifizierungsstelle und Prüflabor einigen sich auf den Umfang.

Die **Auditierungsphase** erfolgt beim Hersteller, wo Entwicklungs- und Herstellungsprozesse der Komponenten überprüft werden. Externe Auditoren untersuchen Softwareentwicklungs- und Lebenszyklusprozesse. Die Basis dafür ist die Prozessbeschreibung des Herstellers. Diese Phase schließt mit einem Auditbericht ab.

Dem folgt die **Evaluierungsphase** des Produkts: Ein nach ISO/IEC 17025 akkreditiertes Prüflabor prüft vor Durchführung der eigentlichen Tests unter anderem, ob alle Anforderungen berücksichtigt wurden, ob die Schwachstellenanalyse ausreicht, ob die Dokumentation und die Herstellerdokumentation vollständig sind. NESAS CCS-GI stellt hier unter anderem Anforderungen an Schnittstellen und Komponenten. Die Grundlage der Evaluation stellt die Security Assurance Specifications (SCAS) für standardisierte, von 3GPP spezifizierte Funktionen dar. Der Evaluierungsplan wird vom Zertifizierungsbegleiter des BSI abgenommen. Am Ende bestätigt der Evaluationsbericht, dass alle Anforderungen vom Produkt erfüllt werden. In der finalen **Zertifizierungsphase** prüft das BSI die Testergebnisse und erteilt das Zertifikat.

NESAS CCS-GI Zertifizierung auch außerhalb des deutschen Marktes vorteilhaft

Eine NESAS CCS-GI-Zertifizierung ist für Mobilfunkbetreiber künftig die grundlegende Voraussetzung, um zum deutschen Markt Zugang zu haben; sie bringt aber darüber hinaus auch per se Vorteile für die Produkthersteller mit: Die unabhängige Prüfung sichert einen höheren Qualitätsstandard, Hersteller können aufgrund der unabhängigen Tests

Zertifizierungen helfen, das Risiko von Attacken auf Daten von Nutzern und Netzbetreibern zu minimieren.



und Rückmeldungen das Sicherheitsniveau ihrer Komponenten nachhaltig anheben. Der erzielte Sicherheitsgewinn kann damit alle Installationen eines Herstellers betreffen, auch über die Grenzen der BRD hinaus. Es ist denkbar, dass die Erkenntnisse aus der NESAS CCS-GI Zertifizierung bei den Bestrebungen hinsichtlich EU5G zum Tragen kommen, ggf. wären zukünftig deutsche Zertifikate von anderen EU-Mitgliedsstaaten anerkannt. Mit Inkrafttreten der BSI TR-03161 hat ein 24-monatiger Zeitraum begonnen, an deren Ende die BSI Zertifizierung der relevanten Sicherheitskomponenten für den rechtskonformen Betrieb von 5G Netzen Voraussetzung sein wird. Sicherheit wird somit nicht nur zur formalen Notwendigkeit, sondern auch zum zentralen Qualitätsmerkmal in modernen Telekommunikationsnetzen. Für Hersteller werden NESAS CCS-GI Zertifizierungen daher zum entscheidenden Wettbewerbsvorteil. Der Prüfaufwand für Folgeprüfungen nimmt außerdem ab: Während die erste Produktevaluierung mit dem Hauptanteil an Aufwand und Kosten verbunden ist, können Folgeüberprüfungen von Updates und Änderungen deutlich mit geringeren Aufwänden und daher günstiger erfolgen, da das Prüflabor Erkenntnisse wiederverwenden kann.

Prüfung stellt für Hersteller eine Markteintrittsbarriere dar

Entwickler von 5G Komponenten besitzen eine hohe Expertise, die technischen Anforderungen an Kompatibilität mit den GSMA-Anforderungen und SCAS Testsuiten zu erfüllen. Der Nachweis von SCAS-Tests und die Aufbereitung entsprechender Dokumentation, wie sie für die Evaluation nach NESAS CCS-GI erfordert wird, kann Beratungsbedarf aufzeigen. Hier bietet sich externe Unterstützung durch anerkannte NESAS CCS-GI-Prüfstelle an, um Nachbesserungsbedarf frühzeitig einzufordern und dadurch den zeitgerechten

Abschluss der Evaluierungs- und Zertifizierungstätigkeiten zu ermöglichen. Dafür erfordert die Evaluierung eine sorgfältige Planung, wo entsprechender Abstimmungsbedarf entsteht, etwa, wie die Dokumentation aufgebaut und wie die Tests durchgeführt werden, um den Zeitaufwand für das Verfahren optimal zu gestalten.

Das SRC Prüflabor begleitet Evaluierungskunden seit 2020 und bringt dieses Wissen in seine NESAS CCS-GI Verfahren zum Nutzen der Kunden ein. So begleiten die NESAS Evaluatoren Hersteller von kritischen technischen Komponenten bei der Produkthärtung und letztlich zu einer erfolgreichen Zertifizierung. Als eine der wenigen anerkannten Prüfstellen in Deutschland bietet SRC Herstellern alle relevanten Zertifizierungsoptionen – CC, BSZ und NESAS CCS-GI – aus einer Hand, wofür SRC die entsprechende Expertise erworben hat. Mit der eigenen Test- und Entwicklungsabteilung ist SRC zudem in der Lage, Änderungen im noch jungen Testverfahren umzusetzen.

Fazit

Hersteller von kritischen Komponenten im 5G-Mobilfunknetz müssen diese ab 2026 zertifizieren lassen. Damit stellt das BSI höchste Anforderungen an die Sicherheit im Entwicklungsprozess der Komponenten und an die Härtung der Komponenten selbst. Das SRC Prüflabor ist für alle in der BSI TR-03163 genannten Prüfverfahren beim BSI anerkannt und kann Hersteller bei der Evaluation oder als Berater für 5G Komponenten unterstützen. Von der Projektvorbereitung bis zur Zertifizierung sollte ein Partner hinzugezogen werden, um mit dessen Expertise die Zertifizierung von Projekten zeitgerecht zu erreichen, indem Audit- und Evaluationsprozesse gut vorbereitet durchgeführt werden.

280

Quelle: Keysight Technologies Deutschland

Gbit/s im 300-GHz-Frequenzband – dieser neue Weltrekord wurde in der drahtlosen Datenübertragung erreicht.

Gemeinsam haben Keysight, NTT und NTT Innovative Devices diese neue Bestmarke im 6G-Sub-THz-Bereich durch eine hochpräzise Signalerzeugung mittels Vektor-Komponentenanalysator erreicht. Dies ist ein bedeutender Schritt auf dem Weg zur ultraschnellen Kommunikation der nächsten Generation. Spannende Beiträge rund um Wireless Solutions finden Sie ab Seite 58.



Die DNA von Metrofunk

für Systemerhalt
hinter der Kulisse



Metrofunk Kabel-Union GmbH

Lepsiusstraße 89,

D-12165 Berlin,

Tel. 030 79 01 86 0

info@metrofunk.de – www.metrofunk.de



INDUSTRIAL ETHERNET

CAT5 / CAT6 / CAT7

Für den Einsatz in Roboter und Schleppketten

Auch als kundenspezifische
HYBRIDLEITUNGEN!

Entwicklung und
Fertigung ab 300 m



sps

smart production solutions

Besuchen Sie uns!

25.-27.11.2025 in Nürnberg

Halle 2 / Stand 330



+49 2162 898-0
www.sab-kabel.de