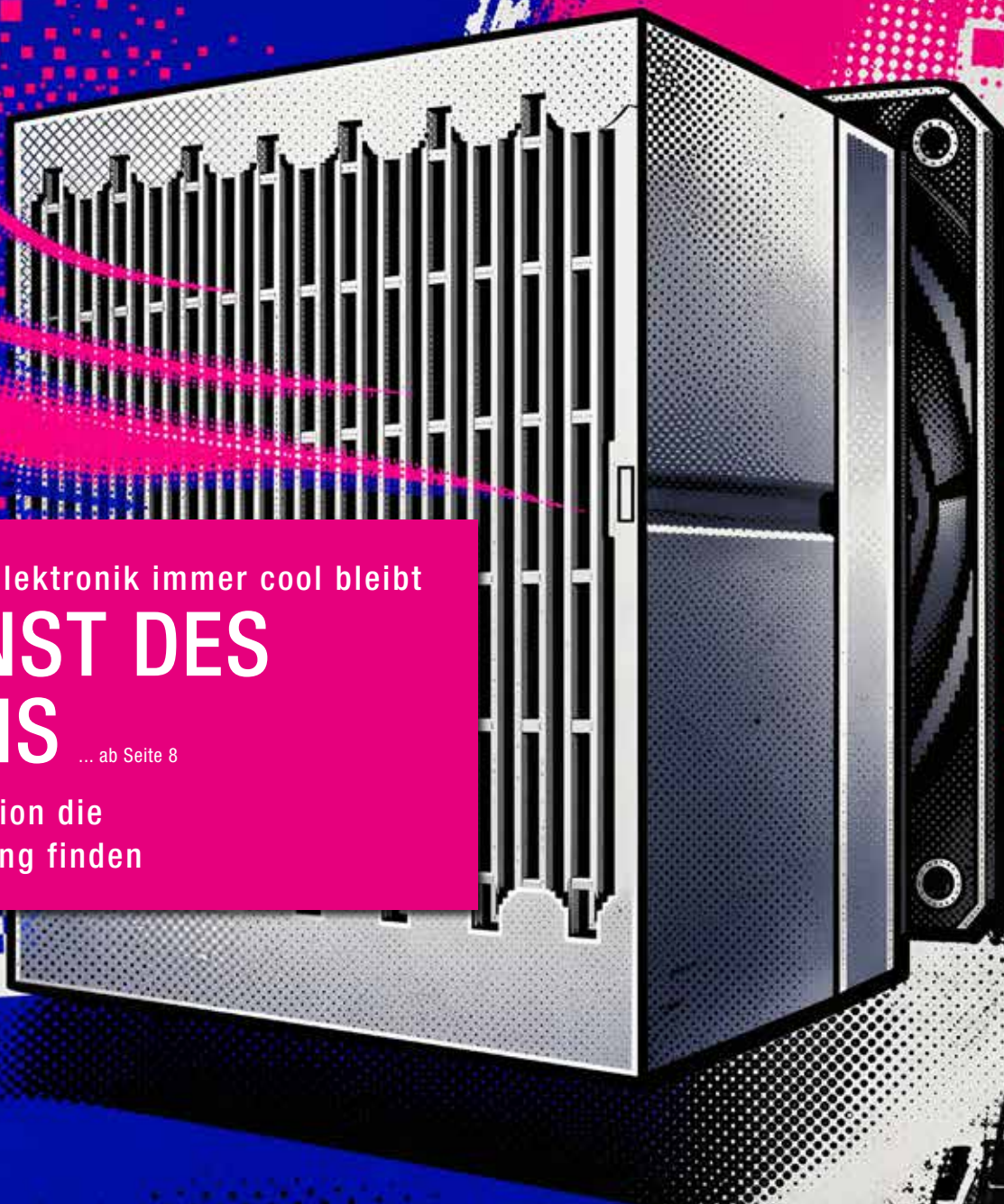


E&E EXPLORE

NEXT TECH ELECTRONICS

SEPTEMBER | 2026



TITELBILD-SPONSOR: FISCHER ELEKTRONIK

Damit Leistungselektronik immer cool bleibt

DIE KUNST DES KÜHLENS

... ab Seite 8

Für jede Applikation die
richtige Kühllösung finden

MOBILITY

Wie Verbindungstechnik und Co.
unsere Mobilität verändern ab S. 16

BAHNTECHNIK

Zuverlässige Systeme für
den Schienenverkehr ab S. 53

MESSTECHNIK

Prüf- und Messaufgaben im
Robotikumfeld meistern S. 44

Ihr
B2B
Partner

Ja! Beschaffung von Technik vereinfacht. Mit Conrad.

Passende E-Procurement Lösungen



conrad.de/ja-momente

◆ KI-generiert

Alle Teile des Erfolgs

CONRAD

Explore Next Tech ELECTRONICS



Mehr Wettbewerbsfähigkeit beginnt mit dem richtigen Update

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

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



Bernhard Haluschak, Chefredakteur E&E: Höhere Leistungsdichten, kleinere Bauformen und steigende Schaltfrequenzen verschärfen die thermischen Anforderungen an elektronische Systeme. Gleichzeitig rücken Halbleiter näher an ihre zulässigen Sperrschichttemperaturen. Thermal Management wird damit zur Systemaufgabe: Wer Wärmewege, Verlustleistung und thermische Widerstände nicht frühzeitig berücksichtigt, riskiert Leistungseinbußen, verkürzte Lebensdauer und aufwendige Designkorrekturen. Deshalb frage ich:

WIRD WÄRME ZUM DESIGNRISIKO?

Die thermische Auslegung moderner Elektronik beginnt bereits beim Bauteil. Entscheidend ist nicht allein, wie viel Verlustleistung entsteht, sondern über welche Pfade sie vom Halbleiter über Package, Leiterplatte, TIM und Kühlkörper an die Umgebung abgeführt werden kann. Größen wie Sperrschichttemperatur (T_j), thermischer Widerstand (R_{th}) sowie Wärmewiderstand vom Chip zum äußeren Gehäuse (θ_{jc}) oder Wärmewiderstand vom Chip zur freien Umgebung (θ_{ja}) liefern dafür wichtige Anhaltspunkte. Sie müssen jedoch immer im Kontext der realen Randbedingungen betrachtet werden.

Gerade auf der Leiterplatte entstehen häufig thermische Engpässe. Kupferflächen, Lagenaufbau, Thermal Vias und die Anbindung an mechanische Wärmesenken bestimmen maßgeblich den Wärmetransport. Werden Hotspots nicht früh erkannt, kann die lokale Temperatur deutlich über dem rechnerischen Mittelwert liegen. Bei hohen Temperaturgradienten kommen zusätzlich mechanische Belastungen durch unterschiedliche Wärmeausdehnungskoeffizienten, kurz CTE, von Halbleiter, Lot, PCB und Gehäuse hinzu. Temperaturzyklen werden so schnell auch zu einem Zuverlässigkeitsthema.

Zusätzliche Dynamik bringt die Leistungselektronik. SiC- und GaN-Halbleiter ermöglichen hohe Schaltfrequenzen und Leistungsdichten, reduzieren aber nicht automatisch die Anforderungen an die Kühlung. Entscheidend bleiben Verlustleistungsverteilung, thermische Impedanz und die zulässige maximale Sperrschichttemperatur. Klassische Kühlkörper reichen deshalb nicht in jeder Anwendung aus. Heatpipes, Vapor Chambers, Flüssigkühlung oder direkt angebundene Kühlstrukturen gewinnen dort an Bedeutung, wo Wärmeströme auf engem Raum beherrscht werden müssen.

Simulationen mit FEM- oder CFD-Modellen können solche Effekte bereits vor dem ersten Prototyp sichtbar machen. Voraussetzung sind realistische Materialparameter, Verlustleistungsprofile, Kontaktwiderstände und realitätsnahe Umgebungsbedingungen. Die anschließende Validierung durch Temperaturmessungen bleibt dennoch unverzichtbar.



New-Gen SBC 3.5" & 2.5" pITX

- **3.5"-SBC-PTL:**
Intel® Core™ Ultra 300 Series
- **3.5"-SBC-RPL:**
13th Gen Intel® Core™ U-Series
- **3.5"/2.5"-SBC-AML/ADN:**
Intel Atom® x7000(R)E Series
Intel® Core™ i3 N-Series
Intel® N-Series



Extreme temperature



Real-time processing



AI acceleration



Wide voltage input



INHALT

AUFTAKT

- 06 Im Rampenlicht: Wechselrichter mit 500 kW/l Leistungsdichte
- 12 Highlights der Branche
- 14 Messevorschau: InnoTrans 2026

TITELREPORTAGE

- 08 Cool bleiben unter Volllast: Leistungsmodule gezielt entwärmen

FOKUS: MOBILITY

- 16 Umfrage: Welche Themen geben in der Mobilität zukünftig den Takt vor?
- 18 Ladetempo von Elektroautos: Verbindungstechnik wird zum Leistungsfaktor
- 22 Wenn der Zug zum Netzwerk wird: Datentechnik im Public-Transportation-Bereich

NET ZERO ELECTRONICS

- 25 Interview mit Fränkische Group: Systemlösungen für E-Mobilität und Energiespeicher
- 30 Kühllösungen für die Elektromobilität: Thermomanagement bringt Fahrfreude
- 38 Was steckt hinter den Begriffen: BLT, CTE oder CTM?

RUBRIKEN

- 03 Editorial
- 29 Business-Profil: Fischer Elektronik
- 33 Business-Profil: ICT Suedwerk
- 34 Mittendrin: nVent Schroff
Hochleistungselektronik: Nur kühlen reicht nicht aus
- 38 Business-Profil: CTX Thermal Solutions
- 52 Impressum & Firmenverzeichnis
- 66 Die Zahl

TITELBILD: publish-industry (KI-generiert, ChatGPT)

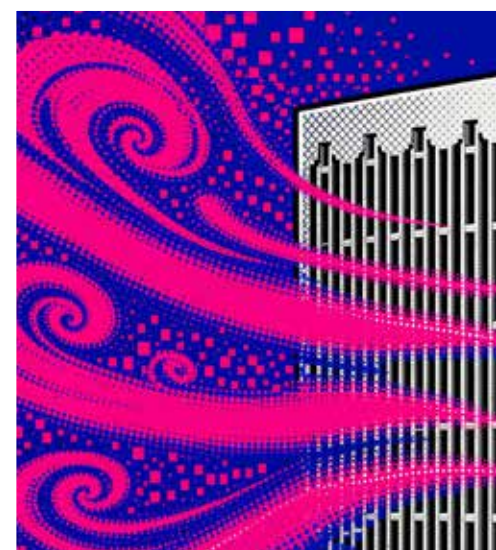
FOKUS

MOBILITY

08

TITELSTORY

Die Kunst des Kühlens:
Die richtige Kühllösung finden



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



AB SEITE
FOKUSTHEMA

16

Mobilität strategisch
neu denken



44

ELECTRONICS SOLUTIONS

Keine Angst vor neuen
Mess- und Prüfanforderungen



AB SEITE

53

SPEZIAL: BAHNTECHNIK

Verbindungstechnik als
Schlüsseltechnologie in der Bahn

ELECTRONICS SOLUTIONS

- 40 Zuverlässige HMI-Lösungen für anspruchsvolle Energieanwendungen
- 44 Was der Robotik-Boom für die Mess- und Prüftechnik bedeutet
- 48 Interview mit Finder: „Lieferfähigkeit ist planbar!“
- 50 Ein Kabel unter Strom: Power over Ethernet für industrielle IoT-Geräte

SPEZIAL: BAHNTECHNIK AB SEITE 53

- 54 Verbindungstechnik als Schlüsselfaktor für die Bahn von morgen
- 57 Mit SNAP IN Verdrahtungsprozesse beschleunigen
- 60 Umfrage: Technologien, Themen und Lösungen auf der InnoTrans?
- 64 Bahn frei für Steckverbinder: Anforderungen an Connectivity im Schienenverkehr



Wärmeleitfolien
-60 bis +200°C



Silikon Soft Pads

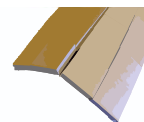
SBC Serie 1,5 / 3 / 5 / 7 / 12 W/mK

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



electronica 10.-13.11.2026 Stand B3-357



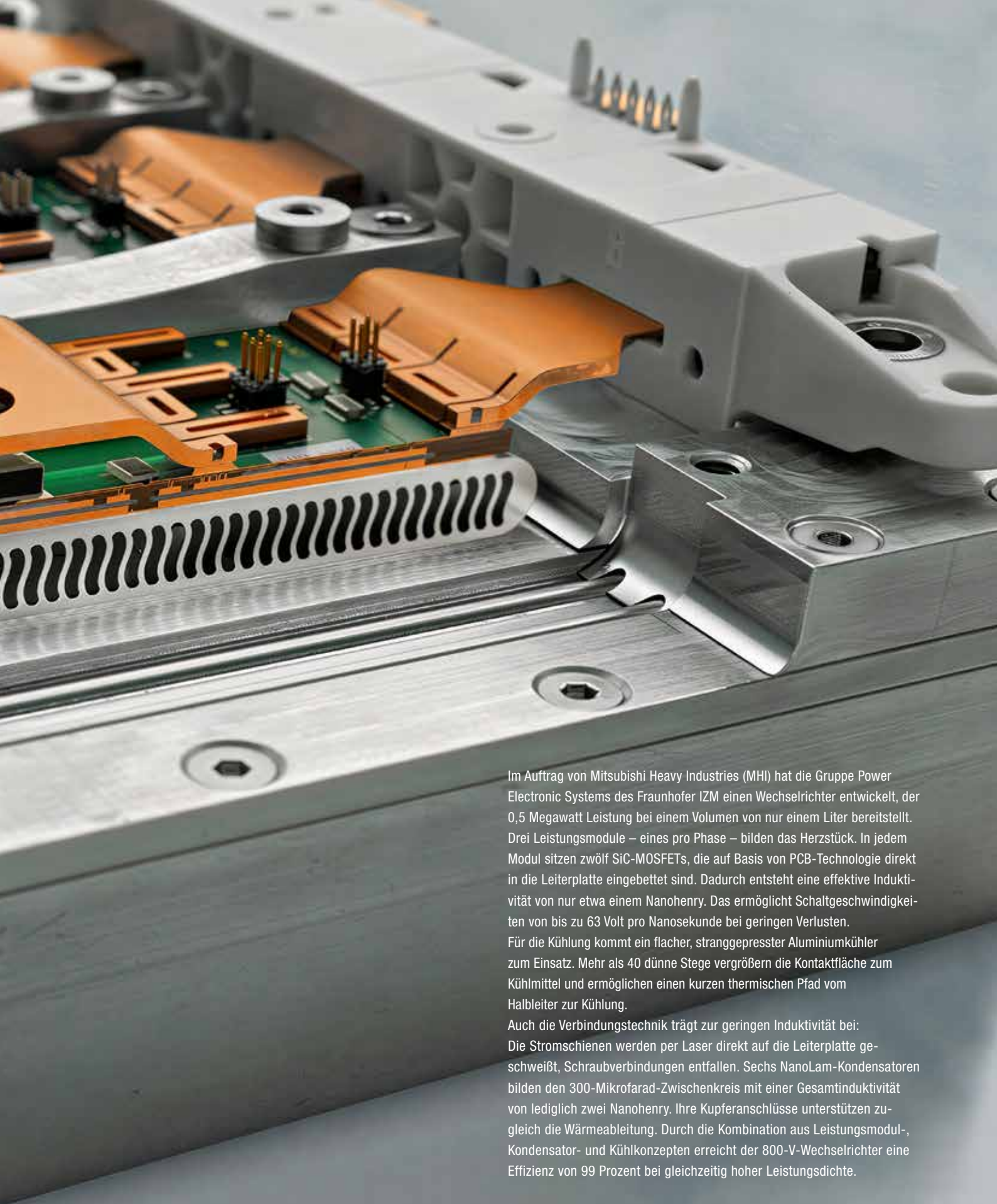
IM RAMPENLICHT

500 KILOWATT PRO LITER

WECHSELRICHTER DEFINIERT DIE LEISTUNGSDICHTE NEU

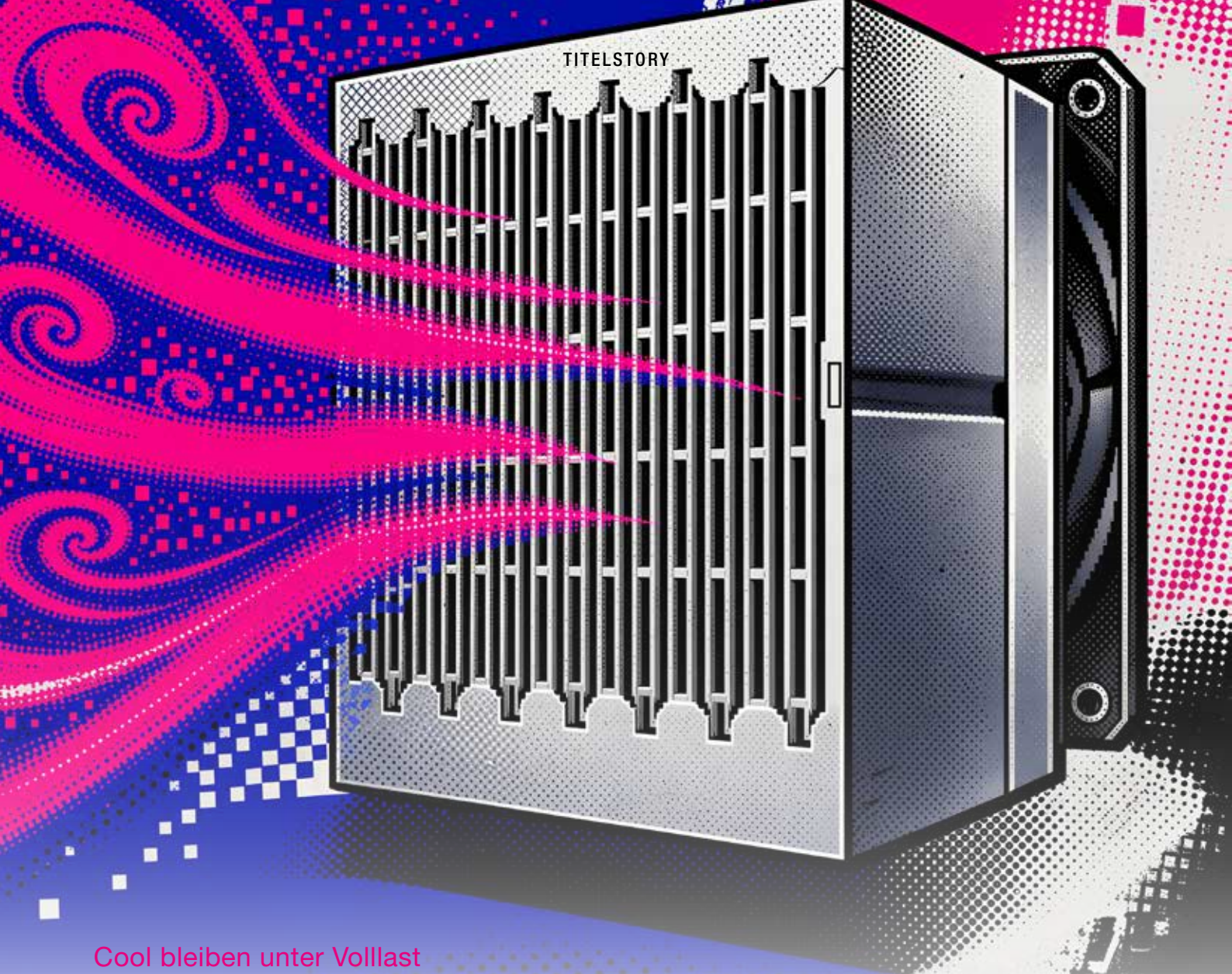
Wechselrichter sind die Zentrale moderner Elektroantriebe und bestimmen maßgeblich Effizienz und Performance. Am Fraunhofer IZM wurde diese Schlüsselkomponente weiterentwickelt: Ein neuer Inverter verarbeitet 500 Kilowatt Leistung bei nur einem Liter Volumen und erreicht dank extrem niedriger Induktivität einen Wirkungsgrad von 99 Prozent.

TEXT: Bernhard Haluschak, E&E, mit Material von Fraunhofer IZM BILDER: Fraunhofer IZM, Volker Mai



Im Auftrag von Mitsubishi Heavy Industries (MHI) hat die Gruppe Power Electronic Systems des Fraunhofer IZM einen Wechselrichter entwickelt, der 0,5 Megawatt Leistung bei einem Volumen von nur einem Liter bereitstellt. Drei Leistungsmodul – eines pro Phase – bilden das Herzstück. In jedem Modul sitzen zwölf SiC-MOSFETs, die auf Basis von PCB-Technologie direkt in die Leiterplatte eingebettet sind. Dadurch entsteht eine effektive Induktivität von nur etwa einem Nanohenry. Das ermöglicht Schaltgeschwindigkeiten von bis zu 63 Volt pro Nanosekunde bei geringen Verlusten. Für die Kühlung kommt ein flacher, stranggepresster Aluminiumkühler zum Einsatz. Mehr als 40 dünne Stege vergrößern die Kontaktfläche zum Kühlmittel und ermöglichen einen kurzen thermischen Pfad vom Halbleiter zur Kühlung.

Auch die Verbindungstechnik trägt zur geringen Induktivität bei: Die Stromschienen werden per Laser direkt auf die Leiterplatte geschweißt, Schraubverbindungen entfallen. Sechs NanoLam-Kondensatoren bilden den 300-Mikrofarad-Zwischenkreis mit einer Gesamtinduktivität von lediglich zwei Nanohenry. Ihre Kupferanschlüsse unterstützen zugleich die Wärmeableitung. Durch die Kombination aus Leistungsmodul-, Kondensator- und Kühlkonzepten erreicht der 800-V-Wechselrichter eine Effizienz von 99 Prozent bei gleichzeitig hoher Leistungsdichte.



Cool bleiben unter Volllast

Leistungsmodule gezielt entwärmen

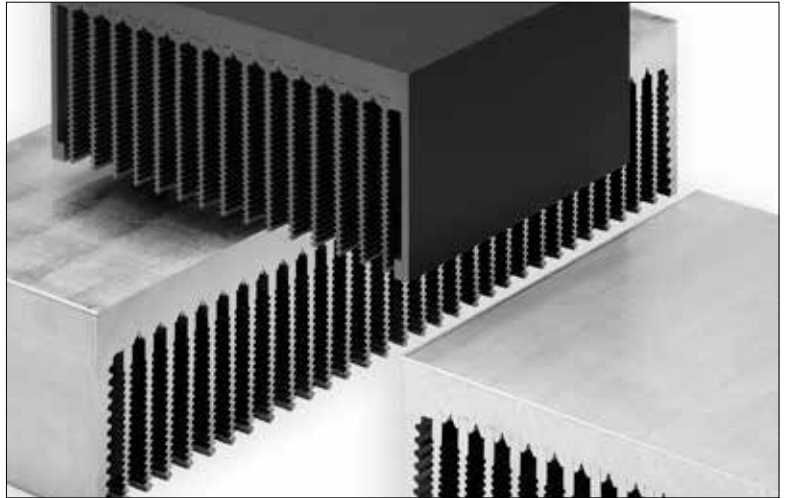
Leistungsmodule und -bauteile sind in der heutigen Welt der Elektronik unverzichtbar. Stetig steigende Leistungsdichten in der Elektronik und Leistungselektronik erfordern allerdings den Einsatz effizienter Entwärmungsmethoden. Unabhängig von der eingesetzten Methode ist es das oberste Ziel, die eingesetzten Bauteile in einem vom Hersteller vorgegebenen Bauteiltemperaturbereich langfristig zu betreiben.

TEXT: Jürgen Harpain, Fischer Elektronik **BILDER:** Fischer Elektronik, publish-industry (KI-modifiziert, ChatGPT)

Die hohe Integration der heutigen Leistungshalbleiter, wie zum Beispiel bei FET, MOSFET, IGBT, Triac oder SSR, macht die Entwärmung dieser Leistungsmodule zu einer kniffligen Aufgabe. Unter dem Begriff der Leistungselektronik versteht man heutzutage alles, was mit der Steuerung, Umformung oder dem Schalten von elektrischer Energie zu tun hat. Leistungselektronik beginnt bereits mit einigen Milliampere und wenigen Volt,

kann aber auch bis zu einigen Kiloampere und -volt reichen. Bei der Umformung der Ströme und Spannungen steht oftmals für den Anwender in der Applikation der Wirkungsgrad der eingesetzten Bauteile im Vordergrund. Die den Leistungshalbleitern zugeführte Energie wird allerdings nicht zu 100 Prozent konvertiert, wobei die auftretenden Verluste hauptsächlich in Form von Wärme abgegeben werden. Bekanntermaßen besteht

Hochleistungskühlkörper für die freie Konvektion liefern effiziente Möglichkeiten, um größere Verlustleistungen in der Leistungselektronik wirkungsvoll abzuführen.



in der Physik ein direkter Zusammenhang zwischen Temperaturstress und Lebensdauer von elektronischen Bauelementen. Eine Überschreitung der in den Herstellerdatenblättern genannten maximalen Betriebstemperatur führt zu Fehlfunktionen; eine Überschreitung der zulässigen Grenztemperatur sogar zu einer Zerstörung des Halbleiters.

Wie bereits kurz beschrieben, ist die richtige Entwärmung von Leistungsbauteilen enorm wichtig für eine lange Lebensdauer der eingesetzten Komponenten, aber auch der gesamten Applikation. Das Unternehmen Fischer Elektronik bietet fachkundiges Wissen im Bereich der Bauteilentwärmung sowie einige effiziente und anpassbare Produktlösungen.

Effiziente Hochleistungskühlkörper

Passive Entwärmungsmethoden, die auf dem Wirkprinzip der freien Konvektion basieren, werden oftmals auch zur Entwärmung in der Leistungselektronik hinsichtlich verschiedenartiger Randbedingungen kundenseitig angefragt und gefordert. Klassische Standardstrangkühlkörper gelangen bei hohen Verlustleistungen aufgrund ihrer Geometrie und ihres Aufbaus in puncto Wärmeableitung häufig an ihre Grenzen. Speziell für die Wärmeableitung größerer Verlustleistungen bei natürlicher Konvektion sind die sogenannten Hochleistungskühlkörper entwickelt und konzipiert worden, welche in Summe die leistungsfähigsten Kühlkörperausführungen widerspiegeln.

Der Kühlkörperaufbau besteht aufgrund der Komplexität und der Schwierigkeit bei der Herstellung aus zwei Teilen. Der im Strangpressverfahren hergestellte Kühlkörperboden enthält eine spezielle Einpressgeometrie, in der wahlweise je nach Kundenapplikation verschiedenartige Vollrippen eingepresst sind. Des Weiteren fungiert der massive Kühlkörperboden als

Halbleitermontagefläche und führt mit einer Materialstärke von 15 bis 20 mm zu einer besseren Wärmeverteilung innerhalb des gesamten Kühlkörpers. Zur Verringerung des Wärmeübergangswiderstandes bei der Wärmeabstrahlung von den Rippen an die Umgebungsluft enthalten die Vollrippen eine Oberflächenkannelierung, wodurch eine Wirkungsgradverbesserung von circa 10 Prozent gegenüber herkömmlichen Glattribben erzielt wird.

Die Montage beziehungsweise die solide Befestigung der einzelnen Leistungshalbleiter auf dem Kühlkörperboden ist zwar durch angepasste Aufnahmegewinde gegeben, nur wird eine optimale wärmetechnische Kontaktierung oftmals aufgrund der Durchbiegung der Kühlkörperprofile in Querrichtung sowie deren Torsion in Längsrichtung deutlich erschwert. Die Abweichung der Ebenheit der Halbleitermontagefläche, also des Kühlkörperbodens, kann als Hüllkurve gesehen maximal 3,6 mm betragen (konvex/konkav). Somit ist relativ einfach ersichtlich, dass zum Beispiel für große IGBT-Module die oftmals nach Herstellerangaben geforderten Ebenheiten von unter 0,02 mm ohne jegliche mechanische Nacharbeit nicht zu erreichen beziehungsweise presstechnisch nicht herzustellen sind. Halbleitermontageflächen mit besonderer Güte im Hinblick auf Ebenheit und Rauheit sind mithilfe eines innovativen Maschinenparks und geeigneter Fräswerkzeuge, gut durch eine frästechnische CNC-Bearbeitung zu erreichen.

Luft für mehr Entwärmung

Bestehen in der Applikation Restriktionen hinsichtlich der geometrischen Abmessungen oder des damit verbundenen Gewichts eines Hochleistungskühlkörpers oder ist einfach das Wirkprinzip der freien Konvektion nicht ausreichend, um die auftretenden Wärmemengen abzuführen, dann ist eine



Lüfteraggregate mit einer kannelierten Hohlrippenstruktur in Verbindung mit leistungsstarken Lüftermotoren bewirken eine deutlich höhere Wärmeableitung.

deutliche Leistungssteigerung in der Wärmeableitung durch sogenannte Lüfteraggregate gegeben. Lüfteraggregate basieren auf dem Prinzip der forcierten Konvektion und besitzen eine innenliegende, umschlossene Wärmetauschstruktur, welche optimal auf die verwendeten Lüftermotoren und deren Leistungsdaten in puncto Luftgeschwindigkeit und -volumen abgestimmt ist. Verschiedenartige Lüfteraggregate stellen in der Leistungselektronik eine erprobte Entwärmungstechnik dar und sind darüber hinaus in Verbindung mit den verwendeten Lüftermotoren äußerst effizient.

Die dem Aluminiumbasisprofil vorgeschalteten Lüftermotoren erzeugen eine starke Luftbewegung, welche in gerichteter Form die innenliegende Wärmetauschstruktur durchströmt. Die eigentliche Wärmetauschstruktur besteht als Besonderheit bei größeren Lüfteraggregaten aus kannelierten Hohlrippen, wodurch eine vergrößerte Oberfläche zur Wärmeaufnahme erreicht wird. Des Weiteren bewirkt die Kannelierung der Hohlrippen im Gegensatz zu normalen Glattribben ebenfalls eine zusätzliche Wirkungsgradverbesserung, da durch die berippte Oberflächenstruktur eine stärker turbulente Strömung und damit ein besserer Wärmeübergang von den Rippen zur vorbeiströmenden Luft erreicht wird.

Die Produktgruppe der Lüfteraggregate umfasst spezielle Systeme in Form von Segment-, Miniatur-, Hohlrippen- oder Hochleistungslüfteraggregate mit Axial-, Radial- oder Diagonallüftermotor. Die unterschiedlichen modularen Aufbauten der Lüfteraggregate sowie deren technische Realisierung sind auf die vielfältigen Einsatzbedingungen, die elektronischen Bauteile und die abzuleitenden Wärmemengen hin optimiert. Einseitige oder auch doppelseitige dicke Basisplatten sorgen für eine gute Wärmespreizung innerhalb der Lüfteraggregate und dienen gleichzeitig als Halbleitermontagefläche für die

zu entwärmenden elektronischen Komponenten. Insgesamt zeichnen sich die unterschiedlichen Arten der Lüfteraggregate durch exakt plan gefräste Halbleitermontageflächen, strömungsoptimierte Hohlrippengeometrien und Lamellenstrukturen für geringe Strömungsverluste sowie durch die Möglichkeit aus, einzelne Profilsegmente elektrisch und thermisch zu isolieren.

Wasser und Elektronik vertragen sich

Für besonders leistungsstarke elektronische Bauelemente wirkt das große Volumen der Wärmetauschflächen der genannten Hochleistungskühlkörper begrenzend durch den limitierten Wärmespreizeffekt, den zur Verfügung stehenden Einbauraum, das relativ hohe Gewicht und die starke Geräuscentwicklung der Lüftermotoren bei Lüfteraggregaten, besonders wenn Radiallüfter zum Einsatz kommen. Flüssigkeitskühlkörper sind als geeignete alternative Entwärmungslösung zu den bereits genannten Konzepten bei etlichen Anwendungen durchaus überlegenswert. Die Akzeptanz dieser Art der Entwärmung ist allerdings immer noch schwierig und wird von vielen Anwendern skeptisch betrachtet, obwohl die Problematik der Verträglichkeit von Elektronik und Wasser sicherlich aufgrund der hohen Verarbeitungsqualität kein Thema mehr darstellt. Sowohl spezielle Verfahren zur Dichtigkeitsprüfung, Arten der Kopplungssysteme als auch die geprüfte Sicherheit der Schlauchsysteme sind zuverlässiger Stand der heutigen Technik.

Die Effizienz der Flüssigkeitskühlkörper mit dem Kühlmedium Wasser ist physikalisch sowie auch wärmetechnisch sehr gut und sehr leistungsfähig. Betrachtet man die spezifische Wärmekapazität von Wasser mit $4,182 \text{ kJ/kg}^\circ\text{K}$, so ist diese circa viermal so groß wie die von Luft, wodurch die Flüssigkeits-

Flüssigkeitsgekühlte Entwärmungskonzepte liefern besonders effiziente Lösungen für die Wärmeabfuhr von großen Verlustleistungen in der Leistungselektronik.



kühlung im Vergleich zu anderen Entwärmungskonzepten deutlich hervorzuheben ist. Ein weiterer Vorteil besteht in der Möglichkeit der sehr kompakten Bauweise am zu kühlenden Bauelement, da Flüssigkeitskühlkörper bauartbedingt keine Notwendigkeit für große Wärmespreizflächen haben und die Entwärmung direkt am Bauteil stattfindet.

Die je nach Flüssigkeitskühlkörperaufbau I- oder U-durchströmten Varianten sind komplett aus dem Material Aluminium gefertigt einschließlich der Schlauchanschlüsse und besitzen darüber hinaus eine interne, dreidimensionale Wärmetauschstruktur. Diese zueinander versetzte Lamellenstruktur ist wärmeleitend mit der Basis- und Bauteilmontageplatte verbunden und sorgt für einen sehr guten Wärmetransport von

dem zu kühlenden Bauteil in die durchströmende Flüssigkeit. Hierdurch wird ebenfalls eine homogene (flächige) Durchströmung des Flüssigkeitskühlkörpers erreicht und die aufgrund der Wärmetauschstruktur entstehenden Strömungsverluste sind minimal.

Die zur Montage der Leistungshalbleiter und Module exakt plan gefräste, dicke Befestigungsplatte erlaubt darüber hinaus eine freie Platzierung der Bauteile ohne eine Beschränkung. Um Lochfraßkorrosion und damit ein Auflösen des Materials zu verhindern, ist bei Aluminiummaterialien auch der Einsatz von Korrosionsinhibitoren (Kühlschutzmittel) angezeigt. Empfohlen wird in der Anwendung ein Wasser-Glykol-Gemisch in der prozentualen Aufteilung von 50:50.

KOMMENTAR: Jürgen Harpain, Entwicklungsleiter bei Fischer Elektronik

Ich erlebe oft, dass das thermische Management erst dann ernsthaft betrachtet wird, wenn Schaltung, Leiterplatte und Gehäuse feststehen. Das ist zu spät. Wärme ist kein Randthema, sondern entscheidet darüber, ob eine Anwendung zuverlässig arbeitet oder im Feld zum Risiko wird. Bei steigenden Leistungsdichten reicht es nicht, einfach einen größeren Kühlkörper vorzusehen. Ent-



scheidend ist, die tatsächliche Verlustleistung zu kennen und Lastprofil, Umgebungstemperatur, Bauraum, Geräuschvorgaben und Wartungsbedingungen gemeinsam zu bewerten. Erst daraus ergibt sich, ob freie Konvektion, forcierte Luftkühlung oder Flüssigkeitskühlung passt. Besonders wichtig ist mir die thermische Ankopplung. Selbst ein leistungs-

fähiger Kühlkörper kann sein Potenzial nicht ausschöpfen, wenn Montagefläche, Wärmeleitmaterial oder Befestigung nicht stimmen. Bei großen Leistungsmodulen sind präzise bearbeitete Auflageflächen keine Kür, sondern Voraussetzung für reproduzierbare Ergebnisse. Auch Lüfteraggregate sind kein Selbstläufer. Die Luft muss gezielt durch die Wärmetauschstruktur geführt werden. Verschmutzung, Druckverluste und Lüfterlebensdauer gehören ebenso zur Auslegung wie die Kühlleistung. Bei hohen Verlustleistungen oder engem Bauraum kann Flüssigkeitskühlung überzeugen – vorausgesetzt, Volumenstrom, Dichtigkeit, Materialverträglichkeit und Korrosionsschutz werden berücksichtigt. Meine Erfahrung zeigt: Gute Entwärmung entsteht nicht durch ein einzelnes Bauteil, sondern durch das Zusammenspiel des Systems. Wer thermische Fragen früh stellt, vermeidet Kompromisse, reduziert Risiken und schafft die Grundlage für langlebige Elektronik.

6

HIGHLIGHTS

Fakten, Trends und Neues: Was hat sich in der Branche getan? Siemens hat einen neuen CEO im Bereich Electrical Products und Syslogic feiert sein 40. Jubiläum.

Ein Berliner Startup produziert Galliumoxid-Wafer für die Leistungselektronik, Spectra erweitert das Portfolio um 5G-RedCap-Router für IIoT-Anwendungen und Forschende entwickeln langlebigere Displays mithilfe von Quantenpunkt-LEDs.



Embedded-Spezialistin feiert Geburtstag

40 Jahre Syslogic

Syslogic feiert sein 40-jähriges Bestehen. Das Unternehmen entwickelte sich von einer Vertriebsorganisation zu einem Anbieter robuster Embedded-Systeme und begleitet technologische Entwicklungen von frühen Mikrocomputern bis zu KI-basierten Lösungen. Heute kommen die Systeme unter anderem in Bahn- und Agrartechnik, mobilen Robotern und Baumaschinen zum Einsatz.

Erfahren Sie mehr: industr.com/2916084

Führungswechsel bei Siemens

CEO-Nachfolge

Markus Grabmeier kehrte zu Siemens zurück und übernahm im Juni 2026 die Leitung der Unit Electrical Products. Er folgt auf Andreas Matthé, der den Bereich mehr als 15 Jahre führte und bis zu seinem Ruhestand beratend zur Verfügung steht. Grabmeier war bereits 14 Jahre in verschiedenen Siemens-Positionen tätig und zuletzt Mitglied des Executive Management Committee von Alfanar.

Erfahren Sie mehr: industr.com/2914381

E-Autos in 10 Minuten laden

Galliumoxid-Halbleiter

Das Berliner Deeptech-Startup NextGO Epi hat eine Pre-Seed-Finanzierung in Höhe von 2 Millionen Euro eingesammelt. Das Spin-off des Leibniz-Instituts für Kristallzüchtung produziert Galliumoxid-Epitaxiewafer für die Leistungselektronik. Das Material könnte Ladezeiten drastisch verkürzen und Herstellungskosten senken. Das Kapital fließt in Produktentwicklung, Team und Marktausbau.

Erfahren Sie mehr: industr.com/2917306

Smarte Mobilfunklösung für IIoT

5G RedCap

Spectra erweitert sein Portfolio um 5G-RedCap-Router von Teltonika für industrielle IoT- und M2M-Anwendungen. Die Technologie verbindet niedrige Latenzen und stabile Datenübertragung mit geringem Energiebedarf und reduzierten Hardwarekosten. Über das Teltonika Remote Management System lassen sich verteilte Geräte zentral überwachen, konfigurieren und aktualisieren.

Erfahren Sie mehr: industr.com/2916370

Langlebige Alternative zu Alkaline-Batterien

Lithium-Rundzellen

Jauch erweitert sein Portfolio um die Primärbatterien FR03 (AAA) und FR6 (AA). Die neuen Lithium-Eisen(II)-Disulfid-Zellen (Li/FeS₂) sind als leistungsstarke Alternative zu klassischen Alkali-Batterien ausgelegt. Sie verbinden eine hohe Energiedichte mit einem stabilen Spannungsverlauf und eignen sich für energieintensive Anwendungen in Industrie, Messtechnik und mobiler Elektronik.

Erfahren Sie mehr: industr.com/2915903

Heller und farbreiner mit Quantenpunkten

Langlebigere Displays

Forscher des MIT und von Samsung haben entschlüsselt, warum blaue Quantenpunkt-LEDs (QD-LEDs) besonders schnell altern. Eine einfache Harzverkapselung bremst den physikalischen Verschleiß, steigert Stabilität und Leistung und verlängert die Lebensdauer blauer Bauteile um mehr als das 5.000-Fache. Das könnte energieeffizientere Displays und Beleuchtung ermöglichen.

Erfahren Sie mehr: industr.com/2917139



Wir stellen aus:
electronica
Messe München
10.-13.11.2026
Stand: B3-243

Wärme- Management

In unserem umfangreichen Standard-sortiment für das Wärmemanagement finden Sie stets die passende Lösung.

Ob Sie ein bewährtes Standardbauteil oder eine individuelle, nach Ihren Spezifikationen gefertigte Lösung benötigen – wir sind Ihr zuverlässiger Partner für die Wärmeableitung in der Elektronik.

Mehr erfahren Sie unter:
www.fischerelektronik.de/wm

fischer
elektronik
kühlen schützen verbinden





DREI JAHRZEHNTE MOBILITÄTSTRENDS

DIE INNOTRANS 2026

Ein runder Geburtstag steht an: 2026 feiert die InnoTrans ihr 30-jähriges Jubiläum. Die 15. Ausgabe der internationalen Weltleitmesse für Verkehrstechnik empfängt ihr Publikum vom 22. bis 25. September 2026 auf dem Berliner Messegelände.

TEXT: Michaela Sandner, E&E BILDER: Messe Berlin: Ralf Günther & Robert Lehmann

„Mobility on a global scale – shaping projects and growth opportunities“ ist der offizielle Eröffnungstitel der InnoTrans 2026. 30 Jahre nach ihrer Erstauflage steht die Messe ganz im Zeichen des globalen Wachstums der Bahnbranche und bringt Entscheidungsträger, Branchenexperten sowie Technologie-

führer von allen Kontinenten zusammen, um zentrale Zukunftsfragen der Mobilität zu diskutieren und Lösungen voranzutreiben. In diesem Jahr stehen insbesondere Technologien im Fokus, die den Schienenverkehr nachhaltig transformieren. Auch Nachtzugkonzepte gehören zu den diesjährigen Highlights.

Zu den thematischen Schwerpunkten zählen autonomer öffentlicher Personennahverkehr, Cybersecurity, Robotik, 3D-Druck sowie die Rolle von künstlicher Intelligenz. Ebenso spielen Digitalisierung, Datennutzung, Nachhaltigkeit und Elektrifizierung eine zentrale Rolle auf der Verkehrstechnik-Messe.



Die „Places to be“!

Das Herzstück des Rahmenprogramms bildet die InnoTrans Convention. Tragender Teil der Convention sind die Dialog Foren, die im palais.Berlin durchgeführt werden. Weiterhin bieten 5 Dialog Foren, der Rail Leaders' Summit, das International Design Forum, das International Tunnel Forum, das Public Transport Forum und das International Bus Forum vielfältige Möglichkeiten zum Gedankenaustausch. Ein weiteres Highlight findet am InnoTrans-Freitag statt: Das Railway Influencer Festival geht in die zweite Runde: Hier treffen Sie auf Meinungsführende und Multiplikatoren der Branche.

Die Speakers' Corner bietet Ausstellern freie Präsentationsmöglichkeiten. Die Talent Stage ist ein Bühnenbereich in unmittelbarer Nähe des RecruitingLABs in Halle 21e und bietet Unternehmen die Möglichkeit, sich interessiertem Karrierenachwuchs vorzustellen. Die Mobility+ Corner und die AI Mobility Corner sind Hallenforen für maximal 60-minütige Vorträge und Diskussionsrunden, in denen Unternehmen Produkte und Branchennews aus den jeweiligen Themengebieten vorstellen. Der inhaltlichen Gestaltung sind dabei keine Grenzen gesetzt. Zahlreiche Events auf den Ständen der Aussteller runden die InnoTrans ab.

Geführte Messerundgänge

Mehrmals täglich werden auf der InnoTrans zudem geführte Rundgänge angeboten: auf den Career Tours können Studierende und Young Professionals potentielle neue Arbeitgeber kennenlernen. Die Weltneuheiten erleben Fachbesuchende und Journalisten bei den täglich angebotenen World Innovation Tours. An den Messeständen werden die Teilnehmenden von Vertretern der Unternehmen erwartet. Zur Ergänzung des Ausstellungsbereichs AI Mobility Lab bietet die InnoTrans geführte Rundgänge zum Thema Künstliche Intelligenz an. Täglich startet eine AI Tour und führt Interessierte gezielt zu Ausstellern, die ihre Innovationen vorstellen.

So international wie nie

Die InnoTrans 2026 setzt zum 30-jährigen Jubiläum Maßstäbe bei ihrer internationalen Beteiligung. Aussteller, Delegationen, Verbände und Entscheidungsträger aus allen Kontinenten machen die Leitmesse für Verkehrstechnik zur globalen Plattform für Innovation, Austausch und internationale Zusammenarbeit. Neu bei der diesjährigen InnoTrans: Die InnoTrans Asia, die 2027 ihre Premiere in Singapur feiern wird, präsentiert sich mit einem Stand erstmals auf der großen Bühne.



Pushing Performance
Since 1945

Maximale Freiheit für Hochstromüber- tragung am Zug.

**WEB-SEMINAR
ANSEHEN**

Das neue Han® HPR Single Pole Portfolio erweitert die Anwendungsmöglichkeiten zur Energieverteilung erheblich.



- **Höhere Flexibilität** durch neue Gehäuselösungen für die Han® HPR VarioShell, sowie die Möglichkeit fliegender Verbindungen
- **Reduziert das Handhabungsgewicht**, da nun einzelne Adern gesteckt werden können.
- **Sichere Installation** durch integrierte Kodierstifte
- **Komplexitätsreduzierung** durch Standardisierung und Vereinfachung

One Range. No Limits:

www.HARTING.com/singlepole



MOBILITÄT STRATEGISCH NEU DENKEN

WER JETZT FALSCH ABBIEGT, HAT EIN PROBLEM!

Elektrifizierung, Ladeinfrastruktur, neue Antriebstechnologien und digitale Mobilitätsangebote verändern die Branche spürbar. Für Unternehmen kommt es dabei mehr denn je darauf an, Entwicklungen frühzeitig einzuordnen und die richtigen Schwerpunkte zu setzen. Zwischen wachsendem Investitionsdruck, neuen gesetzlichen Vorgaben und veränderten Kundenbedürfnissen gilt es, die eigene Mobilitätsstrategie zukunftsfähig auszurichten. Welche Themen dabei künftig den Takt vorgeben, wird sich in den kommenden Monaten zeigen.

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



**MARTIN
SYKORA**

2027 werden mit der neuen EU-Maschinenverordnung, dem Cyber Resilience Act und dem EU AI Act gleich drei neue normative Grundlagen vollständig verpflichtend. Für Hersteller mobiler Arbeitsmaschinen ist es daher unerlässlich, sich intensiv mit den Themen Cybersecurity, funktionale Sicherheit sowie künstliche Intelligenz zu beschäftigen. Wir unterstützen sie in Zusammenarbeit mit den Fachbereichen der Bosch-Gruppe mit unserer langjährigen Expertise und mit normgerechten Lösungen aus dem ganzheitlichen BODAS Ecosystem für die digitale Transformation mobiler Arbeitsmaschinen. So lassen sich Sicherheitsrisiken einfacher beherrschen, gesetzliche Anforderungen erfüllen und gleichzeitig die Leistung, Effizienz und Benutzerfreundlichkeit mobiler Arbeitsmaschinen steigern.

Leiter Vertrieb Mobilelektronik,
Bosch Rexroth



PETER SCHIEFER

Differenzierung und Wertschöpfung im Fahrzeug verlagern sich zunehmend von der Hardware zur Software. Künftige Fahrzeuge werden über ihre gesamte Lebensdauer hinweg durch Updates, digitale Dienste und KI-basierte Funktionen weiterentwickelt. Deshalb sind Software-definierte Fahrzeuge für Infineon aktuell das wichtigste Mobilitätsthema. Der Wandel erfordert leistungsfähige, sichere und energieeffiziente Rechenplattformen, extrem schnelle Kommunikation zwischen Steuergeräten sowie eine intelligente und zuverlässige Stromversorgung. Mit unseren Mikrocontrollern, Konnektivitätslösungen und smarten Schaltern schaffen wir die Grundlage für zonale Architekturen, die solche Fahrzeuge möglich machen.

Präsident und CEO, Division Automotive, Infineon Technologies



CHRISTIAN LAUERER

Software-defined Vehicles sind kein Zukunftsversprechen mehr, sondern Entwicklungsrealität. Entscheidend wird, wie früh sich Fehler virtuell erkennen lassen: Shift Left, also frühzeitige Validierung, digitale Zwillinge und Frontloading rücken ins Zentrum. Für uns bedeutet das: näher an die Chipentwickler, früher in A- und B-Musterphasen, konsequenter bei produktionsnahen Referenztests. Wer OEMs, Halbleiterhersteller und neue Fertigungspartner zusammenbringt, verkürzt Entwicklungszyklen und senkt Risiken. Der Markterfolg hängt zunehmend davon ab, wie zuverlässig Innovationen bereits vor der Erprobung auf der Straße abgesichert werden und in der Fähigkeit, Testen als Innovationsmotor zu begreifen.

Market Segment Manager Automotive, Rohde & Schwarz



PATRICK BRUNNER

Der globale Wettbewerb in der Automobilindustrie verlangt kürzere Entwicklungszyklen, wettbewerbsfähige Gesamtkosten und hohe technische Qualität. Mit der konsequenten Neuaufstellung unseres HV-Portfolios haben wir eine starke Basis geschaffen: leistungsfähige, global verfügbare Produkte zu attraktiven Konditionen. Das unterstreicht unsere Leistungsfähigkeit als weltweit agierender innovationsstarker Partner mit höchsten Qualitätsstandards – mit digitalen Zwillingen, virtueller Validierung und datenbasierter Produktentwicklung. So senken wir Änderungsaufwand und minimieren Qualitätsrisiken, verkürzen Entwicklungszeiten und sind ein verlässlicher Partner.

R&D Automotive - Head of E-Mobility, Rosenberger



DETMAR SAALMANN

Die Bahnindustrie steht vor der Herausforderung, die Mobilitätswende mit begrenzten Ressourcen schneller umzusetzen. Deshalb hat die Steigerung der Effizienz über den gesamten Lebenszyklus von Schienenfahrzeugen für uns in den nächsten 12 Monaten höchste Priorität. Im Fokus stehen Lösungen, die Entwicklungs-, Installations- und Wartungsaufwände reduzieren und gleichzeitig höchste Zuverlässigkeit gewährleisten. Mit innovativen Verbindungstechnologien wie SNAP IN ermöglichen wir eine deutlich schnellere, fehlerfreie und automatisierbare Verdrahtung. So unterstützen wir Hersteller und Betreiber dabei, Kapazitäten auszubauen, Projekte schneller umzusetzen und die Verfügbarkeit moderner, nachhaltiger Bahnsysteme deutlich zu erhöhen.

Business Development Manager, Weidmüller

LADETEMPO VON ELEKTROAUTOS: VERBINDUNGSTECHNIK ALS LEISTUNGSFAKTOR

Laden fast so schnell wie Tanken

Durch High Power Charging, kurz HPC, werden immer kürzere Ladezeiten erreicht. Neuere Elektroautos mit 800-Volt-Technologie können an speziellen Ladesäulen Ladeleistungen von über 300 kW aufnehmen. Die elektrische Verbindungstechnik spielt für die Übertragung dieser hohen Leistungen eine entscheidende Rolle.

TEXT: Dipl.-Ing. Georg Grunenberg, Phoenix Contact BILDER: Phoenix Contact; iStock, AlexSecret

Kurze Ladezeiten sind ein zentrales Versprechen von Politik und Industrie, um die Akzeptanz der Elektromobilität zu steigern. Schnellladesäulen erreichen kürzere Ladezeiten durch höhere Ströme und Spannungen. Dies erfordert ein perfekt abgestimmtes System aus Leistungselektronik und elektrischer Verbindungstechnik wie Anschlussklemmen, Ladekabel und Stecker.

800 V und SiC: Treiber fürs Schnellladen

Die Leistungselektronik in der Ladesäule übernimmt die notwendige Wandlung der Netzeinspeisung mit 400 V Wechselspannung (AC) in den zur Batterieladung erforderlichen Gleichstrom (DC). Um kurze Ladezeiten zu erreichen, steigt die Spannungsebene der Elektroautos zunehmend von 400 V auf 800 V. Die Leistungselektronik entwickelt sich stetig weiter. In Schnellladesäulen werden zunehmend neue Halbleiter aus Siliziumkarbid (SiC) eingesetzt. SiC-Halbleiter schalten deutlich schneller als herkömmliche Silizium-MOSFETs und IGBTs. Dadurch sinkt die Verlustleistung und die Kühlsysteme können deutlich kleiner ausgelegt werden. Zudem ermöglichen höhere Schaltfrequenzen kleinere passive Bauteile wie Spulen und Kondensatoren.

Die neue Technik macht Ladesäulen also kleiner, kühler und deutlich leistungstärker. Damit steigen jedoch die Anforderungen an die elektrische Verbindungstechnik.

Anforderungen an die Verbindungstechnik: kompakt, stromstark, normkonform

Der DC-Ausgang der einzelnen Leistungsmodule wird in der Ladesäule über Steckverbinder oder Hochstromklemmen

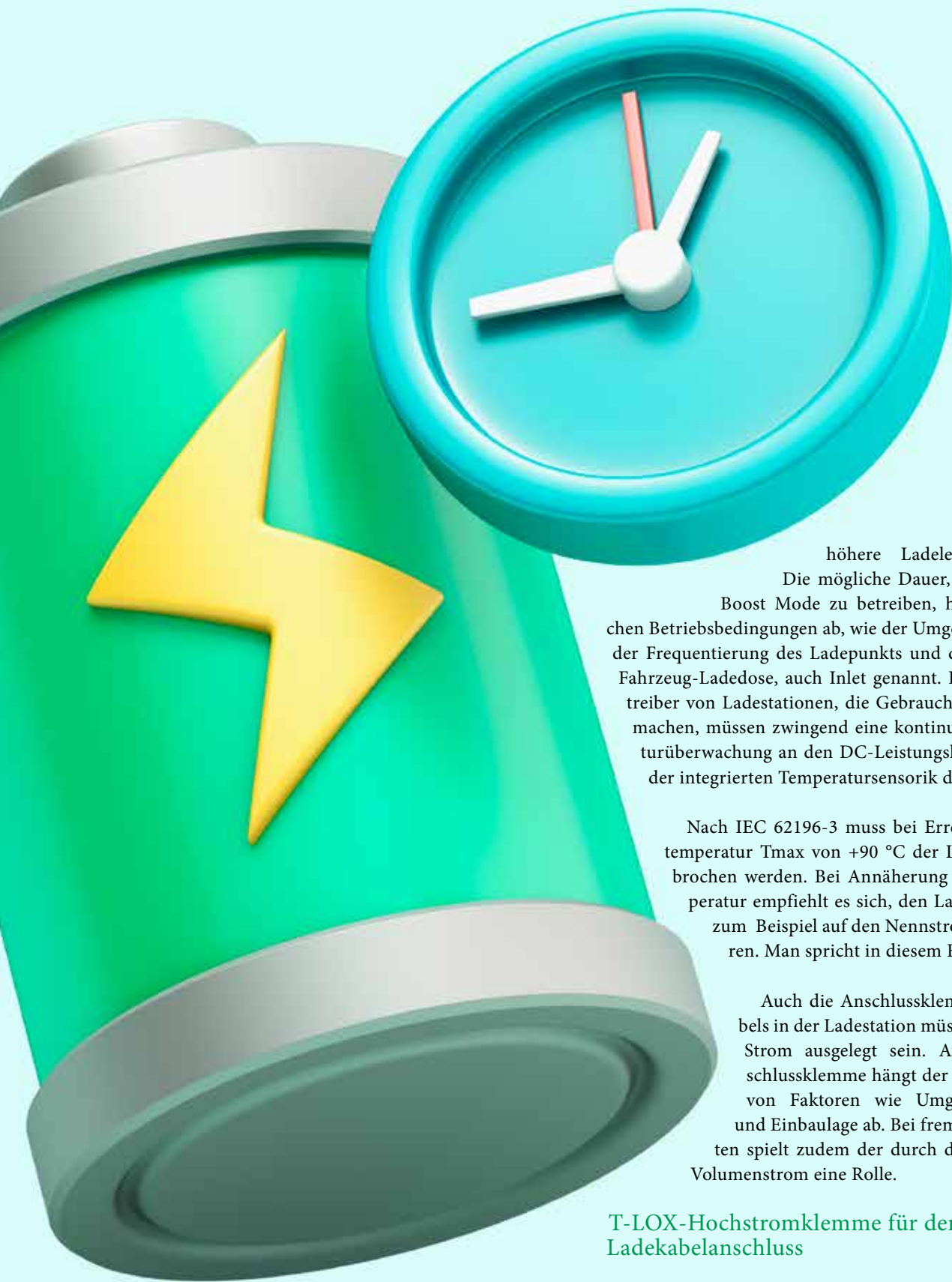
parallelgeschaltet. Die gesamte Ausgangsleistung wird an das Ladekabel übertragen. Das Ladekabel führt die maximale Leistung über den Ladestecker ins Auto. Die Steckverbinder und Hochstromklemmen müssen also einen möglichst kompakten Anschluss der Leistungsmodule ermöglichen. Der Ladekabelanschluss führt die gesamte Leistung und muss einen sicheren Anschluss für höchste Ströme sicherstellen.

Für die Verkabelung kommen aus technischen und wirtschaftlichen Gründen Kupferleiter zum Einsatz. Der Leitwert von Kupfer liegt bei 56 MS/m. Wenn nun der Ladestrom steigt, müsste also der Kupferquerschnitt entsprechend vergrößert werden.

In der Ladeinfrastruktur kann der Kupferquerschnitt jedoch nicht einfach erhöht werden. Die kleineren Leistungsmodule bieten kaum Raum für einen größeren Anschlussquerschnitt. Das Ladekabel soll möglichst leicht und flexibel sein, um den Ladevorgang so komfortabel wie möglich zu gestalten. Die weltweit eingesetzten Ladestecker sind zudem standardisiert und auch in der Geometrie weitgehend beschrieben nach der IEC 62196-1 CCS 1 sowie SAE J3400 NACS (USA), CCS 2 (Europa) und GB/T 20234 (China). Die Lösung ist eine höhere Ladeleistung durch den Boost Mode.

500 kW Ladeleistung im Boost Mode – mit optimaler Anschlussstechnik und Ladekabel

DC-Ladekabel werden nach IEC 62196-1 auf einen definierten Nennstrom I_N für den Dauerbetrieb bei Umgebungstemperaturen von -30 bis $+40$ °C ausgelegt. Im sogenannten Boost Mode können einige DC-Ladekabel kurzzeitig deutlich



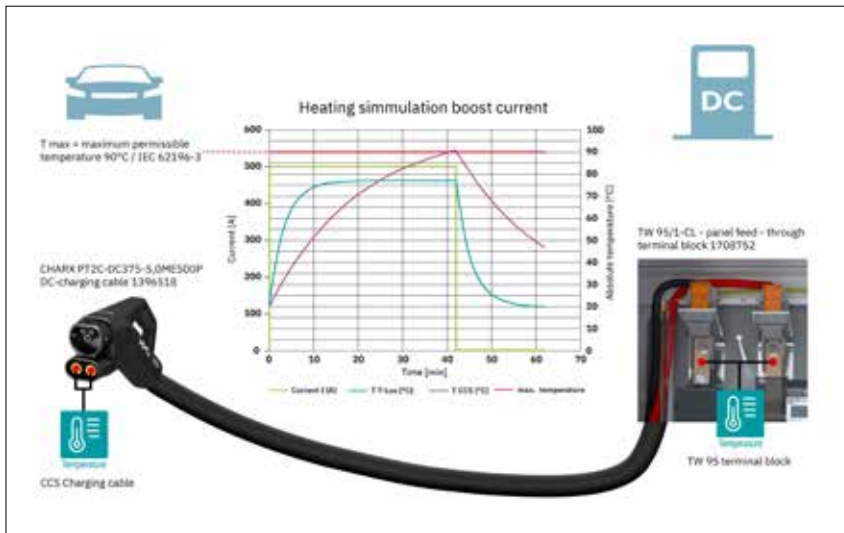
höhere Ladeleistungen führen. Die mögliche Dauer, ein Ladekabel im Boost Mode zu betreiben, hängt von zahlreichen Betriebsbedingungen ab, wie der Umgebungstemperatur, der Frequentierung des Ladepunkts und der Auslegung der Fahrzeug-Ladedose, auch Inlet genannt. Hersteller und Betreiber von Ladestationen, die Gebrauch vom Boost Mode machen, müssen zwingend eine kontinuierliche Temperaturüberwachung an den DC-Leistungskontakten mithilfe der integrierten Temperatursensorik durchführen.

Nach IEC 62196-3 muss bei Erreichen der Grenztemperatur T_{max} von $+90\text{ °C}$ der Ladevorgang abgebrochen werden. Bei Annäherung an die Grenztemperatur empfiehlt es sich, den Ladestrom vorzeitig, zum Beispiel auf den Nennstrom I_N , zu reduzieren. Man spricht in diesem Fall von Derating.

Auch die Anschlussklemmen des Ladekabels in der Ladestation müssen für den Boost-Strom ausgelegt sein. Auch bei der Anschlussklemme hängt der max. Boost-Strom von Faktoren wie Umgebungstemperatur und Einbaulage ab. Bei fremdbelüfteten Geräten spielt zudem der durch die Lüfter erzeugte Volumenstrom eine Rolle.

T-LOX-Hochstromklemme für den Ladekabelanschluss

Die T-LOX-Hochstromklemme verbindet die Vorteile der Schnellanschlussklemme mit dauerhaft hoher Kontaktkraft und geringem Durchgangswiderstand. Durch die werkzeuglose



Die Thermosimulation bestätigt einen Boost-Strom von 500 Ampere für 42 Minuten. Der Ladekabelanschluss in der Ladesäule sowie der Ladestecker können somit eine Ladeleistung von 500 kW übertragen.

Hebeltechnik können Leitungen bis zu 95 mm² in Sekunden angeschlossen werden. In Verbindung mit dem ungekühlten HPC-Ladekabel Charx PT2C-DC 375 können somit 500 kW im Boost Mode übertragen werden. Durch den Entfall der Flüssigkeitskühlung kann zudem die Kühleinheit entfallen und die Wartungsaufwände werden reduziert.

Auf Basis von Laborprüfungen unter realen Bedingungen hat Phoenix Contact eine Thermosimulation entwickelt. Damit kann die maximale Dauer für den erforderlichen Boost-Strom von Ladestecker und Anschlussklemme ermittelt werden. Für die Kombination aus dem Ladekabel Charx PT2C-DC 375 mit CCS-2-Stecker und dem T-LOX-Ladekabelanschluss kann ein Boost-Strom von 500 Ampere 42 Minuten geführt werden.

Hinweis: Schraubklemmen und schraubenlose Klemmstellen wie die T-LOX werden nach der DIN EN IEC 60947-7-1 zugelassen. Die normativen Prüfströme richten sich dabei nach dem Kupferquerschnitt. Bei der TW 95 beträgt der max. Kupferquerschnitt 95 mm² und der Prüfstrom beträgt 232 A nach Norm. Wie in der konkreten Anwendung ersichtlich, lassen sich in DC-Schnellladesäulen sogar mit kleineren Querschnitten deutlich höhere Ströme erreichen. Für die Entwickler der Ladegeräte sind daher Angaben über den erreichbaren Boost-Strom aussagekräftiger als die Stromangabe nach der Komponentennorm.

Die aufgeführte Lösung mit max. 500 kW im Boost Mode reicht selbst zum Laden von Elektroautos mit höchster Ladeenergie. Unter den von P3 Charging Index 12/2024 getesteten Elektroautos erreichte der Porsche Taycan die höchste

Ladeenergie (282 kW im Durchschnitt, 325 kW Peak) und schaffte eine Ladung von 10 Prozent auf 80 Prozent (SoC) innerhalb von circa 18 Minuten.

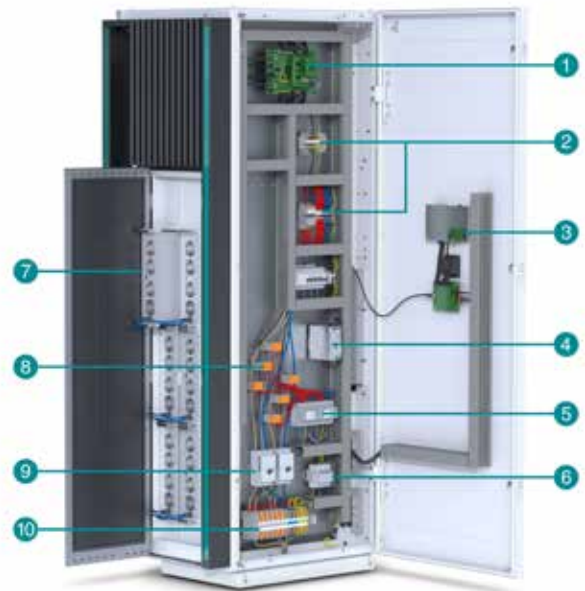
Für die unterschiedlichen Funktionseinheiten einer Schnellladesäule bietet Phoenix Contact ein durchgängiges Produktportfolio.

Die Netzeinspeisung und Verteilung der Energie auf die einzelnen Leistungsmodule erfordern hohe Ströme und Querschnitte. Der Anschluss erfolgt vor Ort bei der Inbetriebnahme der Ladestation. Die intuitive, sichere Schnellanschlusstechnik der PT Power-Reihenklempen spart Zeit und sorgt für einen dauerhaft zuverlässigen Anschluss bis 150 mm².

Zum Anschluss der DC-Ladesteuerung sind häufig über 50 Leiter mit einem Querschnitt $\leq 2,5 \text{ mm}^2$ zu kontaktieren. Das sollte möglichst schnell und sicher erfolgen. Die Push-X-Steckverbinder XPC 1,5 und XPC 2,5 bieten hierzu einen komfortablen schnellen Anschluss aller Leiterarten sogar für flexible Leiter ohne Aderendhülse. Die akustische und visuelle Rückmeldung bestätigt dem Anwender den korrekten Anschluss.

Der Gleichstrom-Energiezähler EEM-PM157-SLP ermöglicht die eichrechtskonforme Messung bis 650 Ampere und 1.000 V DC in kompakter Bauform bei einer Betriebstemperatur bis +80 °C. Das gekühlte DC-Ladekabel im CCS-2-Ladestandard Charx connect professional erreicht eine Ladeleistung bis zu 1000 kW im Boost Mode. Damit sind auch viele elektrische Nutzfahrzeuge, die mit ihren großen Akkus hohe

Vorderansicht einer Schnellladesäule:
 1-Ladesteuerung, 2-Signalverteilung,
 3-HMI und RFID Access, 4-Stromversorgung,
 5-AC Energy Meter, 6-AC-Überspannungsschutz,
 7-AC/DC-Wandler, 8-Stromwandler,
 9-Schutzschalter, 10-Netzeinspeisung



Ladeleistungen benötigen, schnell wieder einsatzbereit. Primär getaktete Stromversorgungen der Baureihe Quint Power mit wählbarer Ausgangskennlinie, SFB Technology (Selective Fuse Breaking) und NFC-Schnittstelle sorgen für eine sichere Verfügbarkeit der Ladestation. Gemäß DIN VDE 0100-722 in Verbindung mit DIN VDE 0100-443 ist für die Errichtung von Ladeinfrastruktur (sowohl AC- als auch DC-Ladestationen) ein Schutz gegen transiente Überspannungen infolge atmosphärischer Einflüsse oder von Schaltvorgängen zwingend vorzusehen. Mit dem Überspannungsschutzgerät VAL-MB Typ 1/2 werden Gleichstromsysteme wie DC-Ladestationen optimal geschützt.

Fazit

Einige Hochleistungs-DC-Ladesäulen können schon heute genug Leistung liefern, um Ladezeiten unter zehn Minuten zu realisieren. Der begrenzende Faktor ist dabei die Physik innerhalb der Batterie: Vor allem Batterietemperatur und Ladezustand (SoC, State of Charge) limitieren die Ladeleistung, die vom Batteriemanagementsystem im Fahrzeug überwacht und bei einem Ladezustand von circa 60 bis 80 Prozent stark reduziert wird. Bis 2023 soll laut Experten eine Ladegeschwindigkeit von 400 Kilometern in zehn Minuten flächendeckend möglich sein.

Die Neue. Für Hochvolt.

Besser. Glasfaserverstärktes Hochtemperatur-Nylon

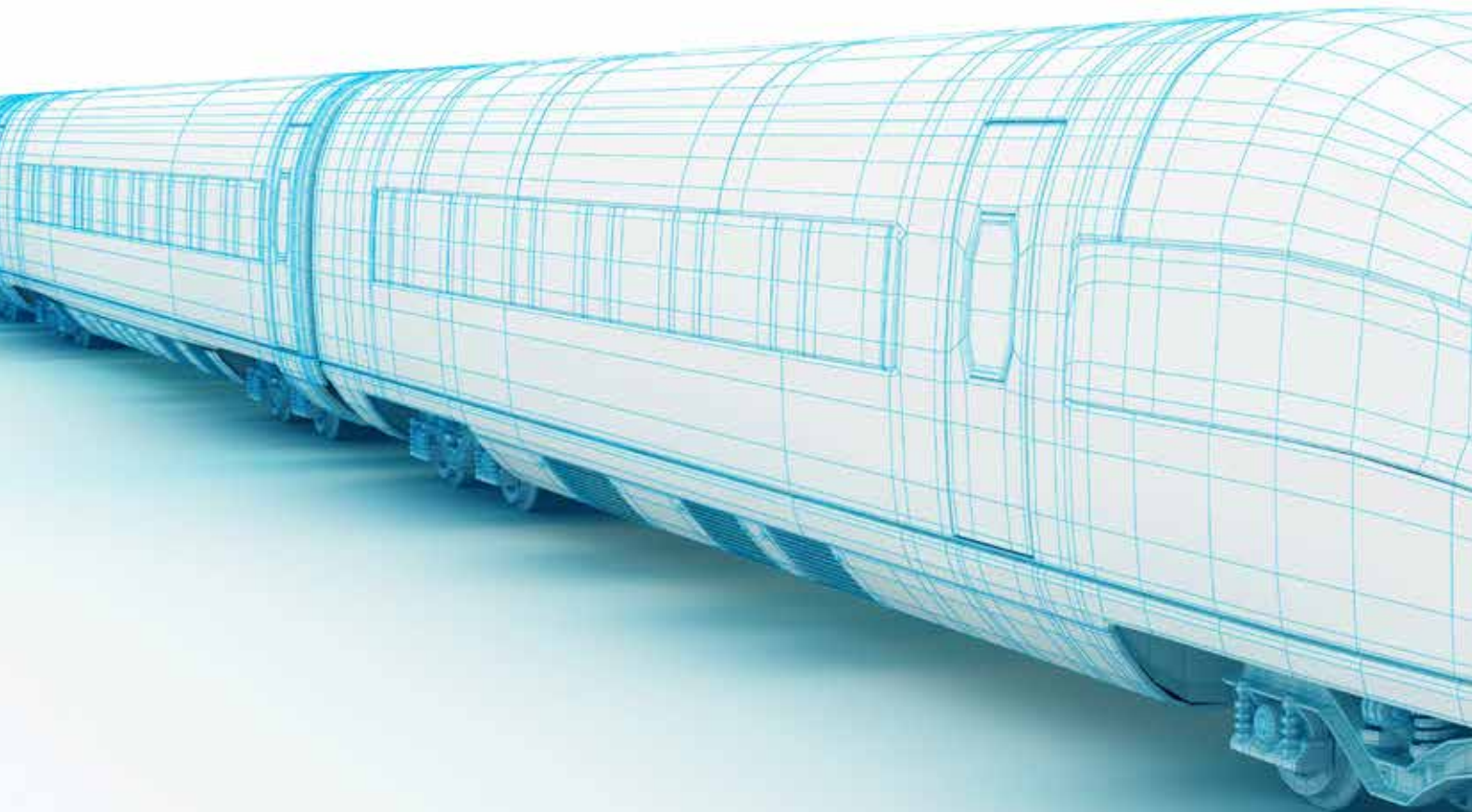
Flexibler. Komprimierbare Gummeinsätze

Sicherer. Integrierte Anti-Rotationspunkte



PANDUIT™

panduit.de



DIE ROLLE DER DATENTECHNIK IM BEREICH „PUBLIC TRANSPORT“

Wenn der Zug zum Netzwerk wird

Mit der Digitalisierung wächst im Zug der Bedarf an Datenrate, Ausfallsicherheit und flexiblen Netzwerkarchitekturen. Ethernet übernimmt dabei immer mehr Aufgaben – vom Train Backbone über redundante Ringstrukturen bis zu SPE im Wageninneren. Entscheidend wird, Steuerung und Komfortfunktionen sicher, skalierbar und langfristig wartbar zu vernetzen.

TEXT: Matthias Fritsche, Harting BILDER: Harting; iStock, hh5800

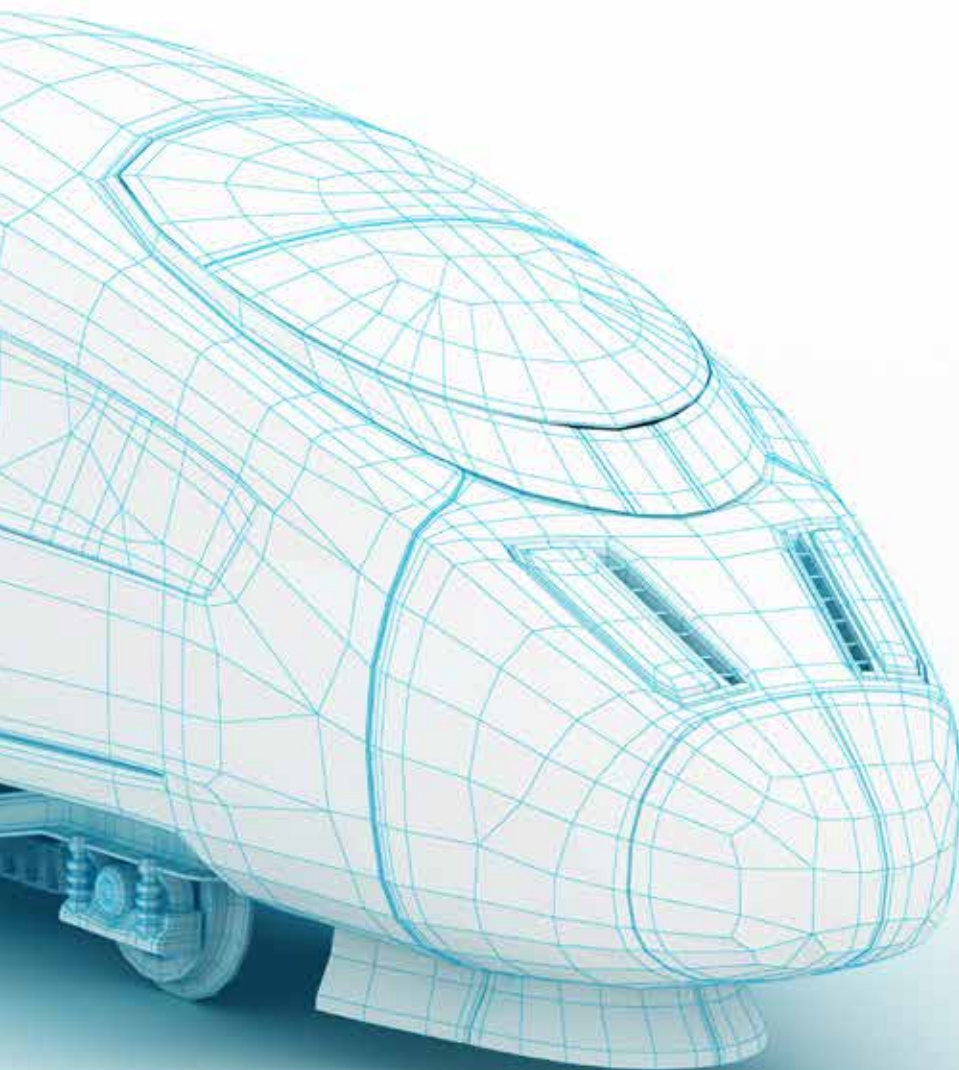
Schienengebundene Transportsysteme wie Bahnen und Straßenbahnen verbinden Menschen und leisten einen entscheidenden Beitrag zum Umweltschutz. Ein effizienter öffentlicher Schienenverkehr reduziert Emissionen, entlastet den Straßenverkehr und macht nachhaltige Mobilität für alle zugänglich. Damit all dies reibungslos funktioniert, gewinnt die Datentechnik in Bahnen und Straßenbahnen zunehmend an Bedeutung. Zuverlässige Datenübertragung ist unerlässlich für den sicheren Betrieb und

die Steuerung moderner Züge. Über digitale Kommunikationssysteme werden nicht nur Signale für die Zugsteuerung übertragen, sondern auch eine Vielzahl von Komfort- und Sicherheitsfunktionen realisiert. Ethernet-Technologie entwickelt sich dabei immer mehr zum Standard. In Personenzügen werden heute Ethernet-Netzwerke für Überwachungskameras, Fahrgastinformationssysteme, WLAN-Services, Fahrgastzählsysteme und viele weitere Anwendungen eingesetzt. Diese Systeme verbessern nicht

nur das Fahrgasterlebnis, sondern erhöhen auch die Sicherheit und Effizienz im täglichen Betrieb.

Lösungen für die Mobilität von morgen

Als zuverlässiger Partner der Bahnindustrie bietet Harting innovative Lösungen zur Datenübertragung. Zum Einsatz kommen dabei robuste Ethernet-Verbindungen und -Verkabelungen mit M12 D- und X-kodierten Steckverbindern,



Mobile Diagnosegeräte PCAN-Diag

CAN-Diagnose leicht gemacht

Zuverlässige Diagnose im Feld oder im Labor: Die mobilen Diagnosegeräte PCAN-Diag FD und PCAN-MiniDiag FD bieten kompakte, sofort einsatzbereite Funktionen für Techniker, die robuste und verlässliche Ergebnisse in jeder Situation benötigen. Ideal für die Inbetriebnahme von CAN- und CAN-FD-Systemen sowie die Fehlersuche bei Störungen

- ✓ FÜR CAN & CAN FD
- ✓ STANDALONE-BETRIEB
- ✓ SOFORT EINSATZBEREIT UND EINFACH BEDIENBAR
- ✓ FELDTAUGLICH

WWW.PEAK-SYSTEM.COM



Han-Modular®- oder auch ix Industrial® und RJ45-Schnittstellen. Für besonders hohe Datenraten und große Entfernungen werden in einigen Projekten auch Glasfaserverbindungen eingesetzt.

Das Unternehmen Harting liefert für die Bahnindustrie und die Betreiber dazu langlebige Verkabelungssysteme. Insbesondere für mechanisch stark belastete Wagenübergänge hat der Spezialist große Erfahrungen und entwickelt, testet und produziert passgenaue Lösungen für die

unterschiedlichsten Einbaubedingungen und Lastprofile.

Ethernet erobert den Zug

Die Digitalisierung der Züge schreitet voran und damit wächst der Bedarf an leistungsfähigen Verbindungen weiter – höhere Datenraten und mehr Schnittstellen sind gefragt. Mit dem Ethernet Train Backbone (ETB), zukünftig normiert in der IEC 61375-2-5, wird eine leistungsfähige Kommunikations-Infrastruktur



Zuverlässige Datenübertragung ist unerlässlich für den sicheren Betrieb und die Steuerung moderner Züge.

basierend auf Ethernet-Technologie geschaffen und heute noch weit verbreitete Bus-Systeme wie MTB/WTB zukünftig abgelöst. Diese vollständig Ethernet-basierten Züge ermöglichen den Einsatz von KI-gestützter Videoüberwachung, präzisen Fahrgastzählern sowie Sensoren zur umfassenden Zustandsüberwachung für prädiktive Wartung. Hochauflösende Displays für Fahrgastinformationssysteme, fortschrittliche Entertainmentssysteme und schnelles WLAN auf Basis redundanter Mobilfunk- und Satellitenverbindungen sind zunehmend gefragt und erfordern eine flexible, skalierbare Netzwerkarchitektur.

Für die Zukunft sind Standard-Ethernet-Verbindungen zwischen den Wagen über Kupfer- oder Glasfaserkabel mit redundanten Ringstrukturen für maximale Ausfallsicherheit notwendig. Im Wageninneren bietet Single Pair Ethernet (SPE) eine kompakte, leichte und leistungsfähige Lösung, die optimal auf die Anforderungen zukünftiger Systeme zugeschnitten ist. Dabei ist es zweckmäßig, die Netzwerktopologie in den Zügen so auszulegen, dass es ein separates redundantes Netzwerk für die eigentliche

Zugsteuerung zertifiziert für ein Höchstmaß an funktionaler Sicherheit gibt und ein weiteres Netzwerk für die „Komfortfunktionen“ wie WLAN, Videoüberwachung und Fahrgastinformationssystem.

Zukunftsfähiges Konzept

Dieses Konzept bietet den Vorteil, dass nur das Netz für die Zugsteuerung für hohe SIL-Level ausgelegt werden muss. Regelmäßige Anpassungen am Netzwerk für die zusätzlichen Funktionen wie beispielsweise zur Anpassung auf neuere WLAN-Router oder neues Anzeigesystem hat somit auch keinen Einfluss auf das Netz zur Zugsteuerung und vereinfacht somit den Betrieb über eine lange Lebensdauer und trägt somit auch zur Nachhaltigkeit bei.

Mit dem Europäischen Zugbeeinflussungssystem (ETCS) wird auch die Digitalisierung des Streckennetzes mit einem modernen, einheitlichen Zugkontrollsystem realisiert. Damit wird die Sicherheit und Effizienz des Schienenverkehrs in Europa durch digitale Kommunikation zwischen Zug und Streckenzentrale erhöht. Durch die präzise, kontinuierliche

Übertragung von Fahrdaten ermöglicht ETCS kürzere Zugabstände, wodurch die Streckenauslastung verbessert und die Kapazität des Bahnnetzes deutlich gesteigert wird. Mit der Einführung von ETCS wird die Digitalisierung der Bahn maßgeblich vorangetrieben, da veraltete signalbasierte Systeme durch innovative, digitale Technologien ersetzt werden. Auch hier ist die Lebensdauer geprägt durch Ethernet-Technologie.

Ausblick: Ethernet als Rückgrat der Mobilität

Die Ablösung klassischer BUS-Systeme wie MTB/WTB durch vollständig Ethernet-basierte Architekturen ist bereits absehbar. Ethernet wird damit zur verbindenden Technologie für sämtliche Anwendungen im Zug – von der Steuerung bis zum Passagierkomfort. Harting unterstützt diese Entwicklung mit einem breiten Portfolio an Produkten und entwickelt kontinuierlich zukunftssichere Lösungen für die Anforderungen der urbanen Mobilität. Klar ist: Ethernet wird auch im Mobilitätssektor immer wichtiger – das Unternehmen ist bereit, diese Zukunft aktiv mitzugestalten.

INTERVIEW: SYSTEMLÖSUNGEN FÜR E-MOBILITÄT UND ENERGIESPEICHER

Kühlen, wo Leistung entsteht

Ob im Fahrzeug oder im stationären Battery Energy Storage System: Wo immer Energie umgesetzt wird, muss Temperatur beherrschbar bleiben. Julius Kirchner, Geschäftsführender Gesellschafter der FRÄNKISCHE Group, und David Flügel, Product Development Manager Materials bei FRÄNKISCHE Industrial Pipes, erläutern, wie das Familienunternehmen Kühllösungen für E-Mobilität und Batteriespeicher entwickelt – mit klarem Fokus auf Praxistauglichkeit, Skalierbarkeit und Performance über die gesamte Lebensdauer.

DAS INTERVIEW FÜHRTE: Bernhard Haluschak, E&E BILDER: FRÄNKISCHE Group

Herr Kirchner, Sie führen die FRÄNKISCHE Group in vierter Generation. Was wollten Sie beim Generationswechsel bewahren – und was bewusst verändern?

Kirchner: Was ich unbedingt bewahren wollte, ist das, was die FRÄNKISCHE Group seit mittlerweile 120 Jahren auszeichnet: Verantwortung für unsere Mitarbeitenden, langfristiges Denken und der Anspruch, mit Innovation nachhaltigen Mehrwert zu schaffen. Diese Haltung zieht sich durch unsere gesamte Unternehmensgeschichte und hat das Unternehmen über Generationen geprägt. Gleichzeitig war für mich klar, dass jede Generation ihre eigenen Antworten auf die Herausforderungen ihrer Zeit

finden muss. Heute verändern sich Märkte, Technologien und Kundenanforderungen deutlich schneller als früher. Deshalb haben wir unsere Organisation konsequent weiterentwickelt, Verantwortung auf mehrere Schultern verteilt und Entscheidungswege vereinfacht. Dazu gehört für mich auch ein verändertes Führungsverständnis: Dort, wo die Fachexpertise sitzt, sollen Verantwortung und Entscheidungen liegen. Diesen Prozess treiben wir seit rund fünf Jahren voran.

Einige Industrien befinden sich mitten im größten Wandel ihrer Geschichte. Wo liegt dabei die Stärke eines Familienunternehmens?

Kirchner: Unsere größte Stärke ist unser langfristiger Blick. Wir treffen Entscheidungen nicht für das nächste Quartal, sondern für die nächsten Jahrzehnte. Das gibt uns die Möglichkeit, auch in wirtschaftlich anspruchsvollen Zeiten konsequent in neue Technologien, Standorte und Kompetenzen zu investieren. Ein gutes Beispiel ist unser Hauptsitz in Königsberg. Dort investieren wir derzeit einen zweistelligen Millionenbetrag in den weiteren Ausbau unserer Produktions- und Logistikkapazitäten. Solche Entscheidungen treffen wir aus Überzeugung und mit Blick auf die langfristige Wettbewerbsfähigkeit unseres Unternehmens. Unsere



FIPCOOLING sorgt mit passgenau entwickelten Thermomanagement-Lösungen für zuverlässige Kühlung – von Ladestationen und Batterie-Energiespeichern über Mobilitätsanwendungen bis hin zu Serverlösungen.

klare Eigentümerstruktur und eindeutig definierte Verantwortlichkeiten ermöglichen schnelle und unternehmerische Entscheidungen. Natürlich bringt ein Familienunternehmen auch Herausforderungen mit sich. Veränderungen müssen getragen werden und Unternehmenskultur entwickelt sich nicht über Nacht. Außerdem ist der Zugang zu Kapital – das es für die Transformation braucht – für Familienunternehmen oftmals schwieriger.

Thermomanagement gilt als Schlüsseltechnologie der Elektromobilität. Welches Know-how bringt die FRÄNKISCHE Group in diesem Bereich ein?

Flügel: Thermomanagement ist heute weit mehr als die Kühlung einzelner Komponenten. Es entscheidet maßgeblich über Leistungsfähigkeit, Effizienz, Ladegeschwindigkeit und Lebensdauer eines elektrischen Antriebssystems. Genau hier bringen wir unsere jahrzehntelange Erfahrung in der Entwicklung von Kunststoff-Leitungs- und Verbindungssystemen ein. Unsere Kompetenz reicht von der Werkstoffentwicklung über die Auslegung komplexer Leitungssysteme bis hin zur Simulation kompletter Kühlkreisläufe. Dabei betrachten wir das Thermomanagement immer als Gesamtsystem. Entscheidend ist nicht die einzelne Leitung, sondern das Zusammenspiel aller Komponenten – von der Kühlmittelverteilung über den Druckverlust bis hin zur Temperaturhomogenität innerhalb

des Systems. Unser Anspruch ist es, gemeinsam mit unseren Kunden Lösungen zu entwickeln, die technisch überzeugen und gleichzeitig wirtschaftlich in Serie produziert werden können.

Welche besonderen Anforderungen stellt das Thermomanagement eines Elektro-Nutzfahrzeugs im Vergleich zu einem Pkw?

Flügel: Der wesentliche Unterschied liegt im Einsatzprofil. Ein Elektro-Lkw fährt häufig über viele Stunden unter hoher Last – beispielsweise auf Autobahnen, in Steigungen oder mit hoher Zuladung. Dadurch entstehen dauerhaft hohe Wärmelasten, die zuverlässig abgeführt werden müssen. Hinzu kommen deutlich längere Betriebszeiten und höhere Anforderungen an die Lebensdauer. Komponenten müssen über viele Jahre hinweg unter anspruchsvollen Bedingungen funktionieren – trotz Vibrationen, Temperaturwechseln und hohen mechanischen Belastungen. Eine zusätzliche Herausforderung entsteht durch High-Power- und künftig Megawatt-Ladevorgänge. Wird ein Fahrzeug unmittelbar nach einer thermisch anspruchsvollen Fahrt geladen, muss das Kühlsystem gleichzeitig hohe Restwärme abführen und optimale Batterietemperaturen sicherstellen. Deshalb entwickeln wir unsere Systeme nicht für einen einzelnen Betriebsfall, sondern für das Zusammenspiel unterschiedlichster Lastszenarien.

Wie entwickeln Sie Kühlsysteme, die trotz hoher Leistungsanforderungen effizient, robust und wirtschaftlich sind?

Flügel: Am Anfang jeder Entwicklung steht ein tiefes Systemverständnis. Mithilfe von Simulationen analysieren wir den gesamten Kühlkreislauf – von Leitungen und Verteilern über Kühlplatten bis hin zu Pumpen und Verbindungselementen. Dabei betrachten wir Volumenströme, Druckverluste und Temperaturverteilungen über alle relevanten Betriebszustände hinweg. Ziel ist eine möglichst gleichmäßige Kühlung bei minimalem Energieeinsatz. Gleichzeitig müssen unterschiedliche Anforderungen miteinander in Einklang gebracht werden. Große Leitungsquerschnitte reduzieren beispielsweise den Druckverlust, benötigen aber mehr Bauraum. Zusätzliche Schutzmaßnahmen erhöhen die Robustheit, bringen jedoch Gewicht mit sich. Unsere Aufgabe besteht darin, diese Zielkonflikte optimal auszubalancieren. Ergänzt wird die Auslegung durch Sensorik und intelligente Regelstrategien. Temperatur- und Druckdaten ermöglichen es, den Betrieb kontinuierlich zu überwachen und das System an wechselnde Betriebsbedingungen anzupassen. Am Ende entsteht ein Gesamtsystem, das nicht nur effizient arbeitet, sondern auch über die gesamte Lebensdauer zuverlässig funktioniert. Simulation und Praxisprüfung greifen dabei eng ineinander. Wir simulieren, fertigen kurzfristig Muster, testen sie und gleichen

Die Leistungsfähigkeit eines BESS wird nicht nur von der Batterietechnologie bestimmt, sondern maßgeblich auch von einem präzise ausgelegten Thermomanagement.



die Messwerte mit den Berechnungen ab. Diese Rückkopplung verbessert unsere Modelle fortlaufend und hilft uns, Systeme schneller und belastbarer auszuliegen.

Battery Energy Storage Systems gelten als einer der Zukunftsmärkte der Elektrifizierung. Welche Rolle kann die FRÄNKISCHE Group in diesem Bereich übernehmen?

Kirchner: Mit dem Ausbau erneuerbarer Energien wächst weltweit der Bedarf an leistungsfähigen Energiespeichern. Battery Energy Storage Systems werden künftig eine zentrale Rolle dabei spielen, Energie flexibel bereitzustellen und Stromnetze zu stabilisieren. Für uns ist dieses Marktsegment eine logische Weiterentwicklung unserer bestehenden Kompetenzen. Seit vielen Jahren entwickeln wir Leitungs- und Verbindungssysteme für anspruchsvolle Thermomanagement-Anwendungen. Dieses Know-how lässt sich hervorragend auf stationäre Energiespeicher übertragen. Dabei geht es längst nicht mehr nur um einzelne Komponenten. Thermomanagement ist ein systemkritischer Bestandteil moderner Batteriespeicher und hat direkten Einfluss auf Leistungsfähigkeit, Sicherheit und Lebensdauer. Genau hier sehen wir unsere Rolle als Entwicklungspartner.

Welche Kompetenzen aus dem automobilen Thermomanagement lassen sich auf stationäre Batteriespeicherlösungen

übertragen – und wo erfordern diese Anwendungen neue Lösungswege?

Flügel: Sehr viel lässt sich übertragen: Wir kennen die zuverlässige Führung von Kühlmedien wie Wasser-Glykol-Gemischen, verfügen über Langzeiterfahrung mit unseren Materialsystemen und können Strömung, Wärmeabfuhr und Druckverluste simulieren. Auch die Auslegung dichter Leitungs- und Verbindungssysteme ist unmittelbar relevant. Eine Eins-zu-eins-Übertragung ist es trotzdem nicht. Stationäre Speicher werden häufig auf 20 Jahre oder länger ausgelegt. Deshalb rücken Langzeitdichtheit, Alterung und die konkreten Umgebungsbedingungen stärker in den Vordergrund. Connectoren, Materialien und Prüfkonzepte müssen darauf angepasst und teilweise weiterentwickelt werden.

Warum ist Thermomanagement bei Battery Energy Storage Systems entscheidend – und was erwarten OEMs von den dafür nötigen Leitungs- und Verbindungssystemen?

Flügel: Die Leistungsfähigkeit eines Battery Energy Storage Systems hängt nicht nur von der Batterietechnologie ab, sondern ebenso von einem präzise ausgelegten Thermomanagement. Schon geringe Temperaturunterschiede zwischen Zellbereichen beeinträchtigen Leistung, Alterung und Sicherheitsreserven – eine gleichmäßige Kühlmittelverteilung ist deshalb entscheidend, und Leitungs-

und Verbindungssysteme sorgen dafür, dass das Kühlmedium zuverlässig an die richtigen Stellen gelangt. Entsprechend hoch sind die Anforderungen der OEMs: Neben Zuverlässigkeit, Wirtschaftlichkeit und Skalierbarkeit muss jede Schnittstelle über bis zu 20 Jahre absolut dicht bleiben und Druck-, Temperatur- sowie Alterungszyklen standhalten. Kunststoff-Leitungs- und Verbindungssysteme erfüllen diese Ansprüche besonders gut: Sie ermöglichen reproduzierbare Serienfertigung, sind korrosionsbeständig gegenüber Wasser-Glykol-Medien, leichter als Alternativen und verbessern durch ihr geringeres Gewicht den CO₂-Footprint. Am Ende zählt für unsere Kunden nicht das einzelne Bauteil, sondern ein robustes, wirtschaftliches und langfristig zuverlässiges Gesamtsystem. Bei stationären Speichern kommt hinzu, dass das jeweilige Einsatzumfeld sehr unterschiedlich sein kann – vom gemäßigten Klima bis zu stark materialbelastenden Bedingungen. Deshalb müssen Standort, Medium, Temperaturkollektiv und Lebensdauer bereits bei der Systemauslegung und Validierung berücksichtigt werden.

Ihre FRÄNKISCHE Industrial Pipes hat im Bereich Energy Storage bereits erfolgreiche Projekte in die Serie gebracht, etwa in China und Nordamerika. Was sind die entscheidenden technischen und organisatorischen Erfolgsfaktoren dieser Projekte – und welche Erkenntnisse



helfen Ihnen heute, weitere Anwendungen schneller zu skalieren?

Kirchner: Organisatorisch ist Vertrauen der entscheidende Ausgangspunkt. Kunden müssen sicher sein, dass wir kritische Systeme zuverlässig dimensionieren und in Serie beherrschen. Dabei helfen uns unsere langjährige Erfahrung in der Kunststoffverarbeitung, klare Verantwortlichkeiten und die Fähigkeit eines Familienunternehmens, schnell zu entscheiden und bei Bedarf kurzfristig Muster und Prüfungen bereitzustellen. Ebenso wichtig ist die frühe Zusammenarbeit: Je früher wir in die Konzeptphase eingebunden sind, desto besser lassen sich Bauraum, Leistung, Fertigbarkeit und Kosten gemeinsam optimieren. Technisch sind belastbare Daten, realitätsnahe Simulationen und eine konsequente Validierung ausschlaggebend. Eine geforderte Lebensdauer von 20 Jahren lässt sich nicht einfach im Zeitraffer nachbilden. Deshalb kombinieren wir beschleunigte Alterungsprüfungen mit Materialdaten, Systemsimulationen und Erkenntnissen aus bereits realisierten Serienprojekten. Besonders wichtig sind eine sehr hohe Dichtheit, robuste Connector-Lösungen und ein effizienter Kühlkreislauf. Die

Erfahrungen aus Nordamerika und Asien geben uns heute eine belastbare Datenbasis: Wir wissen besser, welche Prüfungen aussagekräftig sind, welche Schnittstellen besonders kritisch sind und welche Lösungen sich in der Serie bewährt haben. Dadurch können wir neue Anwendungen schneller bewerten und das Vertrauen neuer Kunden früher aufbauen.

Wie wird sich die Zusammenarbeit zwischen Herstellern und Zulieferern in den kommenden Jahren verändern – und wo sehen Sie die FRÄNKISCHE Group in fünf Jahren?

Kirchner: Die Anforderungen an Thermomanagement-Systeme werden weiter steigen – sowohl im Fahrzeug als auch in stationären Energiespeichern, Rechenzentren oder anderen industriellen Anwendungen. Gleichzeitig nimmt die Komplexität dieser Systeme kontinuierlich zu. Deshalb werden Hersteller ihre Entwicklungspartner künftig noch früher in Projekte einbinden. Wenn Werkstoffe, Leitungsführung, Verbindungstechnik, Schnittstellen und Prüfstrategien bereits in der Konzeptphase gemeinsam entwickelt werden, entstehen weniger Iterationen, Entwicklungszeiten verkürzen sich und

der Serienanlauf wird deutlich robuster. Genau hier sehen wir unsere Aufgabe. Wir möchten unsere Kunden nicht nur mit hochwertigen Komponenten unterstützen, sondern mit unserem Know-how in Werkstoffen, Simulation, Thermomanagement und Design for Manufacturing einen Beitrag zur Entwicklung des gesamten Systems leisten. Wenn ich fünf Jahre nach vorne blicke, sehe ich die FRÄNKISCHE Group deshalb als einen internationalen Entwicklungspartner für intelligente Kunststoff- und Thermomanagement-Lösungen – in der Elektromobilität ebenso wie in neuen Zukunftsmärkten wie Battery Energy Storage Systems, Rechenzentren oder anderen Anwendungen, in denen Energie effizient gemanagt und geschützt werden muss. Unsere Strategie bleibt dabei bewusst breit: Wir wollen weder von einer einzelnen Branche noch von einem Land, Geschäftsbereich oder Kunden abhängig sein. Neben Elektromobilität und stationären Speichern sehen wir deshalb auch im Data-Center-Cooling und perspektivisch in weiteren leistungsdichten Anwendungen erhebliches Potenzial. Diese Breite schafft Wachstumsmöglichkeiten und macht uns zugleich resilienter gegenüber Krisen.



kühlen schützen verbinden

Anschrift

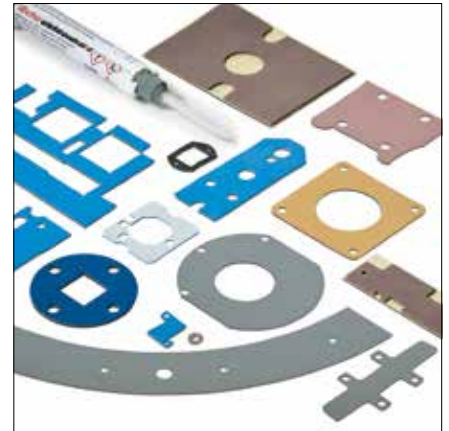
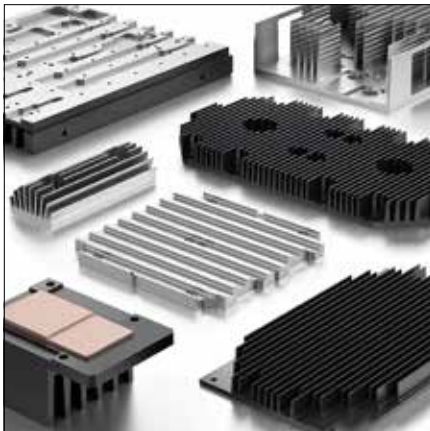
Fischer Elektronik GmbH & Co. KG
 Nottebohmstraße 28
 58511 Lüdenscheid, Germany
 T +49/2351/435-0
 info@fischerelektronik.de
 www.fischerelektronik.de

Firmenbeschreibung

Die Fischer Elektronik GmbH & Co. KG, gegründet im Jahr 1968, ist heute genau 58 Jahre später, ein namhafter und vielseitiger sowie flexibler Hersteller von elektromechanischen Komponenten am Standort Deutschland. Genauer gesagt in Nordrhein-Westfalen in der Stadt Lüdenscheid, beschäftigt das Unternehmen an ihrem Hauptsitz mehr als 400 Mitarbeiter, denen hochmoderne Produktionsanlagen, Betriebsmittel und Verwaltungstools zur Verfügung stehen. Das Herstellerprogramm umfasst Artikel aus der Rubrik

thermisches Management für die Halbleitarentwärmung, systemunabhängige Gehäuselösungen und 19" Aufbausysteme sowie Steckverbindungen rund um die Leiterkarte. Die stetige Entwicklung innovativer Kühlkonzepte und dazugehörigen Wärmeleitmaterialien spiegelt sich in vielzähligen Produktneuheiten wider. Neuartige Kühlkörperformen und -aufbauten werden mittels technologisch fortschrittlicher Simulationssoftware, zielgerichtet und optimal aufeinander abgestimmt sowie im Standard angeboten. Über 680 verschiedenartige Aluminiumstrangpressprofile stehen den Anwendern zur Auswahl. Wärmeleitmaterialien in Form von Wärmeleitpasten und -klebern, silikonhaltigen und silikonfreien Wärmeleitfolien, Schaum- und GEL-Folien, Phasen Change Materialien, einseitig und doppelseitig klebenden Folien, gewährleisten eine optimale Bauteilkontaktierung. Passive Entwärmungslösungen für Bauteile auf der Leiterkarte, sind gleichfalls durch die soge-

nannten Board Level Kühlkörper gegeben. Produktneuheiten aus den Bereichen Finger- und SMD-Kühlkörper, ermöglichen eine effiziente Entwärmung, darüber hinaus eine einfache und schnelle Montage der Kühlkörper auf der Leiterkarte. Durchdachte Montagekonzepte in Verbindung mit doppelseitig klebenden Wärmeleitfolien, lötfähigen Oberflächenbeschichtungen und speziellen Verpackungsformen, wie Tape & Reel, ermöglichen eine einfache Integration in den automatisierten Bestückungsprozess. Neben weit mehr als 80.000 Einzelartikel, besteht die Kernkompetenz des Herstellerunternehmens darin, die Standardprodukte nach kundenspezifischen Vorgaben zu modifizieren und anzupassen. Ein hohes Maß an Qualitäts- und Umweltbewusstsein sowie die Fokussierung auf die Wünsche und Belange der Kunden gehören zur Unternehmensphilosophie. Der Zertifizierungsstand nach ISO 9001, ISO 14001, ISO 27001 und AEO-C zeugt hiervon.



KÜHLLÖSUNGEN FÜR DIE ELEKTROMOBILITÄT

Thermomanagement bringt Fahrfreude

Jede Erwärmung verkürzt die Lebensdauer eines Elektronikbauteils. Jedes Elektronikbauteil hat seine „Wohlfühltemperatur“. Wo viel Elektronik verbaut ist, wird Thermomanagement für die Funktionalität essenziell. Als besonders herausfordernd gelten Elektrofahrzeuge. Mit passgenauen Kühlkonzepten lässt sich die Anforderung aber zuverlässig erfüllen.

TEXT: Thomas Windeck, CTX Thermal Solutions BILDER: CTX; iStock, Rustic

Bis zu 85 Steuergeräte. So viele Elektronikkomponenten können heutzutage allein in Mittelklassewagen mit Verbrennermotor zusammenkommen. Von der Beleuchtung und Navigation bis hin zu den Assistenzsystemen wird alles elektronisch geregelt. Mit Blick auf die weitere Entwicklung von Elektromobilität, Smart Mobility und das autonome Fahren wird dieser Bedarf an Leistungselektronik und damit auch an Kühllösungen zunehmen, schätzt Arthur Brinkmann, Sales Manager bei CTX Thermal Solutions. „Die Fahrzeugelektronik vereint meist mehrere Spannungsnetze mit 12, 48 oder gar 400 oder 800 Volt. Auf diese Weise entsteht eine enorme Wärme, die Wirkungsgrad und Lebensdauer maßgeblich beeinflussen kann. Das Thermomanagement ist ein essenzieller Faktor, damit Komponenten in E-Autos 15 bis 20 Jahre zuverlässig funktionieren können.“

Applikationsspezifische Kühllösungen gefragt

CTX entwickelt und fertigt passive und aktive Kühllösungen für die Elektronik in verschiedenen industriellen Branchen. Der Bereich Elektromobilität ist eine davon. Standard- und kunden-spezifische Kühlkörper des Herstellers aus Nettetal kommen zur Kühlung der Elektronik von Wallboxen und Ladesäulen zum Einsatz. In E-Fahrzeugen regulieren sie die Wärmeentwicklung von Komponenten wie unter anderem Batteriemanagementsystemen, On-Board-Chargern, Gleichspannungswandlern oder Wechselrichtern. Dafür nutzt das Unternehmen eine große Bandbreite an Herstellungsverfahren, um für die verschiedenen Applikationen die jeweils passende Kühllösung zu fertigen.



Die leistungsstarken Flüssigkeitskühlkörper kommen häufig in der Kühlung von Batterieeinheiten in Elektrofahrzeugen zum Einsatz.



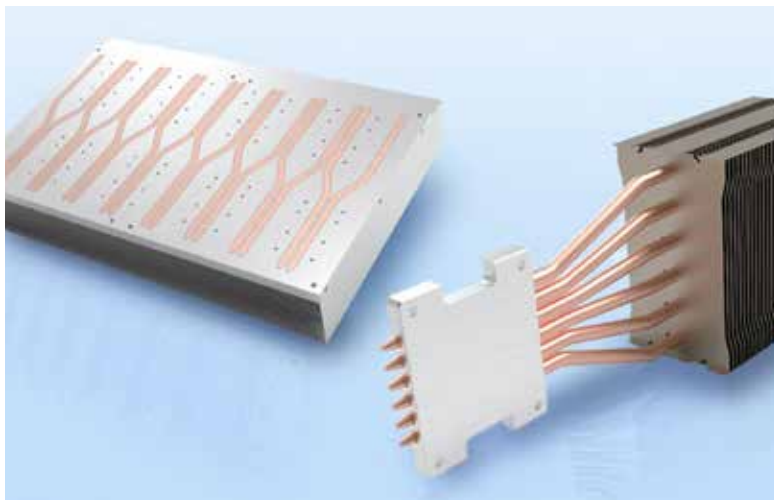
Automotive-Kühlkörper: Große Leistung auf kleinem Bauraum

Als ein prägnantes Beispiel nennt er digitale Armaturenbretter mit ihrem breiten Display und Navigationssystem. Sie benötigen viel Leistungselektronik auf engstem Raum. Damit entsteht die Verlustleistung dort, wo für Kühlkörper eigentlich kein Platz ist. Hier kommt oft das Kühlkonzept der Heatpipe zum Einsatz. Sie besteht aus einer Aluplate, in der sich ein geschlossenes Kupferrohrsystem mit innenliegender Kapillarstruktur befindet. Die Platte selbst benötigt wenig Platz und kann direkt am Hotspot installiert werden. Das Besondere ist der Wärmetransport. Denn im Rohrsystem der Heatpipe nimmt ein Kühlmedium hohe Wärmemengen am Hotspot auf und transportiert sie zum eigentlichen Kühlkörper, der die Wärme an die Umgebung abgibt. Der Vorteil

besteht in der Kombination aus Leistungsfähigkeit und geringem Platzbedarf: Mit einer Wärmeleitfähigkeit von bis zu 400 W/mK können die Rohre aus Kupfer die Wärme schnell zum Kühlkörper abtransportieren. Dieser kann dort montiert werden, wo Bauraum verfügbar ist.

Ein weiteres Beispiel ist das Kühlen des Batteriemanagementsystems von Elektrofahrzeugen. Um die sehr hohen Wärmemengen schnell abtransportieren zu können, kommen in der Regel Flüssigkeitskühlkörper zum Einsatz. Sie gelten als die leistungsstärksten Kühlkomponenten, da sie bis zu 25 Prozent mehr Wärme als lüftergestützte Konzepte ableiten können. Auch sie bestehen aus einer Aluminium-Kühlplatte, in die Rohre aus Kupfer, Edelstahl oder Aluminium eingebettet sind. Als Kühlmittel kommen in der Regel Wasser, Glykol oder Öl zum Einsatz. Für die





Heatpipes transportieren große Wärmemengen schnell vom Hotspot zum eigentlichen Kühlkörper. Dadurch eignen sie sich ideal für enge Bauräume.

Großserienfertigung im Automotive-Bereich entstehen die Flüssigkeitskühlkörper meist im Druckguss. Als formgebendes Verfahren ermöglicht diese Methode die Herstellung auch komplexer Geometrien zu geringen Stückkosten. Dafür wird Metall unter hohem Druck in ein Gusswerkzeug eingebracht, das die Form des Kühlelements vorgibt. Auf diese Weise lassen sich mehrere Kühlkörper in einem Vorgang fertigen.

Praxisbeispiel BMU-Kühlung: Funktionssicherung des wertvollsten Bauteils

„In einem Elektroauto ist die Batterie das wertvollste Bauteil“, sagt Arthur Brinkmann von CTX. „Die Anforderungen an eine passgenaue Kühllösung, aber auch an ihre Fertigung sind damit hoch.“ Wie viel Expertise hier vom Kühlkörperhersteller gefordert ist, zeigt sich beispielhaft in einer Kühllösung, die CTX für eine BMU fertigte. BMU steht für Battery Management Unit. Sie ist quasi die Schaltzentrale eines Batteriemanagementsystems, steuert und überwacht die Batterie anhand von Sensorik- und anderen Daten und kommuniziert mit den verschiedenen Fahrzeugsystemen. „Die Leistungsfähigkeit einer Batterie entscheidet sich in der BMU und damit zu einem nicht unwesentlichen Teil durch die Kühllösung“, so Brinkmann.

Der Kunde kam bereits mit einem Vorentwurf des Kühlkonzepts in den ersten Austausch mit CTX: einem Flüssigkeitskühlkörper mit Metallplatte und integriertem Metallrohr. „Wie gekühlt werden sollte, war damit von Anfang an klar“, so Brinkmann. „Unsere Aufgabe war es, im engen Austausch das Konzept hinsichtlich seiner Machbarkeit und seiner thermischen Leistungsfähigkeit zur Serienreife zu bringen.“ Es entstand eine Wasserkühlplatte, die etwa die Größe eines DIN-A4-Blattes und eine Dicke von 8,65 Millimetern hat. Sie wird im Aluminiumdruckguss gefertigt und mit zwei Anschlussstücken verschweißt. In die Platte wird ein vorgebogenes Edelstahlrohr mechanisch eingepresst, durch das dann Wasser als Kühlflüssigkeit strömt.

„Die Dicke der Platte war mit der wichtigste Punkt, an dem wir zu arbeiten hatten“, so Brinkmann. „Sie war nur zu realisieren, indem wir auch den Biegungsradius des Edelstahlrohrs anpassen.“ Auch die Wahl der geeigneten Edelstahllegierung für das Rohr war nicht schnell entschieden. Es musste das richtige Verhältnis aus Wärmeleitfähigkeit, Produzierbarkeit, Beständigkeit und Wirtschaftlichkeit erreicht werden. Nach rund zwei Jahren fertigte CTX die ersten Prototypen, ein weiteres Jahr später startete die Serienfertigung.

Qualitätsanforderungen: Maßhaltigkeit und technische Sauberkeit in der Fertigung

Für die Kühlkörper-Produktion galt es, auch in der Großauflage hohe Anforderungen hinsichtlich der Maßhaltigkeit und der technischen Sauberkeit sicherzustellen. Bei CTX entstanden dafür komplett neue Einheiten zur Prozesskontrolle. Mit neuen Prüfmitteln und Messmethoden gewährleistet das Unternehmen das Einhalten der vorgegebenen engen Toleranzen von ≤ 1 mm. „Gerade bei herausfordernden Fertigungsschritten wie der rechtwinkligen Biegung des Edelstahlrohrs sind solche Vorgaben nur mit einer Qualitätskontrolle zu realisieren, die über das Standardmaß hinausgeht“, sagt Brinkmann.

Eine weitere Vorgabe war die technische Sauberkeit gemäß VDA 19. Diese schreibt vor, in welcher Menge Rückstände welcher Partikel- oder Fasergrößen auf den Bauteilen bei Auslieferung akzeptabel sind. So dürfen beispielsweise maximal 2.000 metallische Partikel zwischen 100 und 150 Mikrometer Größe auf einer Fläche von 1.000 cm² zu finden sein; auch das zulässige Vorkommen von Staubpartikeln und Fasern ist genau definiert. CTX erweiterte hierfür seine Qualitätskontrolle der hauseigenen Dichtigkeits- und Druckverlustprüfung um die Restschmutzanalyse nach VDA 19, die das Unternehmen mit einem externen Labor durchführt. Dort werden die Bauteile gewaschen, Partikelrückstände herausgefiltert, identifiziert und gezählt.

„UNSERE KERNKOMPETENZ IST INNOVATION UND QUALITÄT! WIR LIEFERN LÖSUNGEN, NICHT NUR PRODUKTE.“



WOLFGANG REITBERGER-KUNZE – Geschäftsführer u. Inhaber, ICT SÜEDWERK GmbH



Gründungsjahr: 2017

Mitarbeiter: 12

Angebot-Leistungsumfang

- Eigene Fertigung vor Ort
- Staubarme Plotter u. CO₂ Lasercutfertigung
- Just-in-time-Produktion
- Lohnfertigung (auch Lasergravur und Zuschnitt von Acrylglas/Plexiglas)

Produktportfolio

- Wärmeleitende und elektr. isolierende Materialien
- Hochwärmeleitende Silikon(freie)-Folien und Gapfiller-pads (verstärkt)
 - Wärmeleitwachsbeschichtete Polyimidfolien
 - Wärmeleitende Silikonkappen und Schläuche
 - Wärmeleitende techn. Keramiken

Wärmeleitende elektr. nicht isolierende Materialien

- Wärmeleitwachsbeschichtete Aluminiumfolien und PCM-Freestanding-Dünnschichtfilme
- Graphit/Graphenfolien (Pyrolytische)
- Abschirmfolien sowie weitere Metall- und weitere Kunststofffolien
- Alle Produkte RoHS Konform

Kontakt

ICT SÜEDWERK GmbH
 Bajuwarenring 12 a
 82041 Oberhaching
 Deutschland
 T +49/892123102-0
 F +49/892123102-10
 info@ict-suedwerk.de
 www.ict-suedwerk.de

Sind Sie auf der Suche nach Entwärmungslösungen und Wärmeleitmaterialien für Ihre Anwendung? Dann sind Sie bei uns genau richtig; die ICT SÜEDWERK GmbH ist Ihr zuverlässiger Lieferant aus Oberhaching bei München. Von der Vorentwicklung bis hin zur Serienproduktion bieten wir unseren Kunden thermische Wärmemanagementlösungen, insbesondere für Leistungshalbleiter und aktive elektronische Bauelemente in der Leistungselektronik. Wir erarbeiten für unsere Kunden individuelle, hochwertige Lösungen mit **Thermal-Interface-Materialien**. Immer mit dem Anspruch an höchste Präzision und Qualität, alles unter einem Dach. Technische und institutionelle Beratung sowie modernste In-house-Fertigung vervollständigen unser Produktportfolio.

Wir realisieren die Verarbeitung unserer Produkte am Standort in Oberhaching „Made in Germany“

Zielformate

Elektronikindustrie – insbesondere Leistungselektronik und Mikroelektronik, Maschinenbau sowie Unternehmen welche einen Lösungsansatz zur optimalen Wärmeableitung aus Verlustleistung benötigen. Deutschsprachiger Raum (D-A-CH) und EU. Wir beliefern namhafte Kunden aus den Bereichen Automotive, Luft- und Raumfahrt, IT- und Steuerungstechnik, Medizintechnik, Leuchtmittelindustrie sowie Bereiche der nachhaltigen Energieerzeugung mit integrierten Anwendungen.

Produktion

Unsere Produktion fertigt mit modernsten Methoden am Firmenstandort in Oberhaching bedarfssynchron, mit dem Ergebnis, das auch bei knappen Entwicklungsphasen auf den Punkt geliefert werden kann. Wir bieten einen ökonomischen und nachhaltigen Prozess für die individuelle Serienproduktion unserer Kunden und runden unser breit gefächertes Leistungsspektrum durch Lohnfertigung ab.

Zertifizierungen

Die ICT SÜEDWERK GmbH sichert mit innovativer Technologie die Qualität und Zuverlässigkeit seiner Produkte und Prozesse in allen Unternehmensbereichen mit den Zertifizierungen DIN EN ISO 9001:2015 I 14001:2015 ab.

Technischer Support

TKB (technische Kundenberatung direkt vor Ort), Sonderbeschaffung (Lohnfertigung), zeitnaher Angebotsservice und bei Bedarf Design-In-Support.

Logistikleistung

Kundenspezifische Etikettierung (nach Absprache), EDI Anbindung möglich, Sicherheitslager (bei Bedarf u. nach Absprache und (Just-In-Time-Lieferungen, Lieferwunschtage) sowie umweltbewusste Verpackungen.



HOCHLEISTUNGSELEKTRONIK: THERMISCHE STABILITÄT ALS ENTSCHEIDENDE ENTWICKLUNGSGRÖSSE

Nur kühlen reicht heute nicht mehr aus

KI-Beschleuniger, HPC-Systeme, Telekommunikationsinfrastruktur, industrielle Automatisierung und Anwendungen in der Verteidigungselektronik vereinen immer mehr Rechenleistung auf engem Raum. Damit steigen Leistungsdichte und Wärmelast; zugleich wächst das Risiko lokaler Hotspots – vom Bauteil bis zum Schaltschrank.

TEXT: Alessandro Cataldi, nVent SCHROFF; Bernhard Haluschak, E&E BILDER: nVent SCHROFF & KI-generiert

Mit wachsender Rechenleistung steigen auch die thermischen Anforderungen elektronischer Systeme. Für Entwicklungsingenieure verschiebt sich damit das Ziel des Thermal Managements. Kühlung darf nicht ausschließlich darauf ausgelegt sein, kritische Grenztemperaturen einzuhalten. Gefragt ist vielmehr eine möglichst stabile und vorhersagbare thermische Umgebung über unterschiedliche Lastzustände hinweg.

Thermische Drift beachten und kontrollieren

Ein entscheidender Faktor ist dabei die thermische Drift. Verändert sich die Temperatur elektronischer Komponenten im Betrieb, können sich auch deren Eigenschaften verschieben. Bereits vergleichsweise geringe Temperaturschwankungen können Genauigkeit, Kalibrierung und Wiederholbarkeit beeinflussen und damit zu unterschiedlichen Betriebszuständen

führen. Gerade bei leistungsfähigen oder besonders zuverlässigkeitskritischen Elektroniksystemen wird deshalb die Temperaturstabilität zu einem relevanten Entwicklungsparameter. Größere thermische Schwankungen können die Performance beeinträchtigen, die Alterung von Komponenten beschleunigen und das Risiko unerwarteter Ausfälle erhöhen. Die Aufgabe besteht daher nicht allein darin, möglichst viel Wärme aus einem System abzutransportieren. Entscheidend ist, Wärme gezielt dort abzuführen, wo sie entsteht, lokale Temperaturspitzen zu reduzieren und gleichzeitig starke Temperaturänderungen innerhalb des Systems zu vermeiden.

Vom Chip bis zum Schaltschrank

Entsprechend muss das Kühlkonzept auf mehreren Ebenen betrachtet werden. Die thermische Kette reicht vom Halbleiter beziehungsweise von der Leiterplatte

über Baugruppen und Subracks bis hin zum kompletten 19-Zoll-Schrank. Mit steigender Verlustleistung stoßen rein luftbasierte Konzepte dabei zunehmend an praktische Grenzen. Zusätzliche Luftführung, Wärmetauscher und flüssigkeitsunterstützte Verfahren können deshalb miteinander kombiniert werden. Besonders interessant sind hybride Konzepte, bei denen gezielt nur diejenigen Baugruppen mit Flüssigkeit gekühlt werden, an denen hohe Verlustleistungen entstehen. Baugruppen mit geringerer thermischer Belastung können weiterhin konventionell luftgekühlt werden.

Mit Easy Swap LFT zu höherer Kühlleistung

Ein Beispiel dafür ist das Easy-Swap-LFT-Konzept von nVent SCHROFF. LFT steht für „Liquid Flow Through“. Die Lösung ist für Standard-3HE-Eurocard-Umgebungen ausgelegt und soll bestehende



Das Easy-Swap-LFT ist für Standard-3HE-Eurocard-Umgebungen ausgelegt und kann bestehende Subracks um eine Flüssigkeitskühlung ergänzen.



Die 4U-LHX-Lösung ermöglicht es Unternehmen, höhere Rack-Dichten zu realisieren, ohne dabei Kompromisse bei der Systemzuverlässigkeit oder -leistung eingehen zu müssen.

Subracks um eine Flüssigkeitskühlung ergänzen, ohne Leiterplattenarchitektur oder Backplane grundsätzlich neu auszulegen. Der Kühlkreislauf kann ein bis drei Cold Plates versorgen. Nach Herstellerangaben lassen sich dabei mehr als 200 W Verlustleistung pro Cold Plate und mehr als 600 W pro System abführen – auch bei Umgebungstemperaturen bis 50 °C. Die Temperatur von Hotspots kann dabei um mehr als 30 K reduziert werden. Gerade für bestehende Elektronikplattformen ist dieser Ansatz relevant: Entwicklungsingenieure müssen nicht zwangsläufig ein komplett neues Kühlkonzept aufbauen, sondern können besonders thermisch belastete Steckplätze gezielt mit Flüssigkeitskühlung ausstatten.

Luft und Flüssigkeit kombinieren

Damit entsteht eine hybride Kühlarchitektur. Hochleistungsbaugruppen werden über Cold Plates thermisch angebunden, während weniger belastete Module weiterhin über Luft gekühlt werden. Der Vorteil liegt vor allem in der Skalierbarkeit: Die Kühlleistung kann dort erhöht werden, wo dies tatsächlich erfordert. Aus Sicht des Systemdesigns lässt sich damit die thermische Architektur schrittweise an steigende Leistungsanforderungen anpassen. Das ist insbesondere dann interessant,

wenn Backplanes, Leiterplattenformate oder vorhandene Schrankinfrastrukturen weiter genutzt werden sollen. Eine solche Architektur verlangt allerdings eine systemische Betrachtung. Flüssigkeitskreislauf, Luftführung und Wärmeübergänge dürfen nicht unabhängig voneinander ausgelegt werden. Entscheidend bleibt letztlich die Temperaturverteilung an den elektronischen Komponenten.

4U LHX für hohe Leistungsdichten

Bei noch höheren thermischen Lasten lässt sich die Flüssigkeitskühlung eine Ebene höher in die Schrankarchitektur integrieren. Dafür sind kompakte Liquid-to-Air-Wärmetauscher vorgesehen, die innerhalb eines 19-Zoll-Racks Flüssigkeit als Wärmetransportmedium nutzen und die Wärme anschließend an die Luft übertragen. Der 4U LHX von nVent SCHROFF beansprucht dafür vier Höheneinheiten und kann laut Hersteller in 19-Zoll-Schränken mit mindestens 800 mm Tiefe eingesetzt beziehungsweise nachgerüstet werden. Ziel ist es, die innerhalb des Racks verfügbare Kühlleistung zu erhöhen, ohne unmittelbar auf eine vollständig flüssigkeitsgekühlte Rack-Architektur wechseln zu müssen. Solche Konzepte richten sich insbesondere an Anwendungen mit hohen Rechen- und Verlustleistungen, beispielsweise KI-Systeme,

HPC-Plattformen oder andere rechenintensive Elektronik. Für Einsatzbereiche mit erhöhten mechanischen und Umgebungsanforderungen kann der Wärmetauscher zudem in einer robusteren Ausführung realisiert werden, beispielsweise für land- oder seegestützte Defense-Anwendungen.

Thermische Stabilität als Designparameter

Mit weiter steigenden Leistungsdichten verändert sich damit auch die Rolle der Kühlung innerhalb der Elektronikentwicklung. Die Frage lautet nicht mehr nur: Wie lässt sich eine maximal zulässige Temperatur einhalten? Ebenso wichtig wird die Frage, wie gleichmäßig und stabil sich die Temperaturen während unterschiedlicher Betriebszustände verhalten. Airflow-Optimierung, Cold Plates, Flüssigkeitskreisläufe und Liquid-to-Air-Wärmetauscher sind deshalb keine voneinander isolierten Lösungen. Sie bilden unterschiedliche Ebenen eines Thermal-Management-Konzepts, das vom einzelnen Hotspot bis zum kompletten Elektronikschrank reichen kann. Für Entwickler wird thermische Stabilität damit zunehmend zu einer Systemeigenschaft. Denn hohe Rechenleistung lässt sich dauerhaft nur dann nutzen, wenn auch die entstehende Wärme kontrolliert und reproduzierbar abgeführt wird.



Präzisionskühlung für
leistungshungrige Elektronik

„Klassische Kühlung war gestern“

Steigende Leistungsdichten bringen klassische Luftkühlung an ihre Grenzen. Gefragt ist nicht nur mehr Kühlleistung, sondern thermische Stabilität vom Chip bis zum Schaltschrank. Im E&E-Interview erklärt Alessandro Cataldi, Global Head of Strategic Marketing & Product bei nVent SCHROFF, wie Flüssig- und Hybridkühlung von Hotspots schleichende Leistungsverluste und Ausfälle verhindern – auch in bestehenden 19-Zoll-Systemen.

DAS INTERVIEW FÜHRTE: Bernhard Haluschak, E&E BILD: nVent SCHROFF

Was bedeutet eigentlich der Begriff „Thermal Stability“?

„Thermal Stability“ bedeutet, Kühlung nicht isoliert auf einzelne Bauteile oder Komponenten zu betrachten. Entscheidend ist die Stabilität des gesamten Systems über den kompletten Lebenszyklus hinweg – auch wenn sich Rahmenbedingungen wie Leistungsdichte, Umgebungstemperatur oder Nutzungsszenarien verändern. Ziel ist es, schleichende Temperaturanstiege im Gesamtsystem und an einzelnen Komponenten frühzeitig zu vermeiden und so Leistungseinbußen oder Ausfälle zu verhindern. Dafür muss der gesamte Wärmepfad betrachtet werden: vom Chip über die Baugruppe bis zum Schaltschrank beziehungsweise zur Umgebung. Thermische Stabilität beeinflusst damit unmittelbar die Leistung, Zuverlässigkeit und Lebensdauer der Elektronik. Wärmemanagement entwickelt sich deshalb von einer reinen Bauteilaufgabe zu einem integralen Bestandteil des System-Engineerings.

Wo liegen die Grenzen der klassischen Luftkühlung?

KI-, GPU- und HPC-Anwendungen erhöhen die Leistungsdichte elektronischer Systeme deutlich und bringen klassische Luftkühlung zunehmend an ihre physikalischen Grenzen. Luft kann Wärme nur begrenzt transportieren; dadurch werden Hotspots immer häufiger zum entscheidenden Flaschenhals. Je nach Aufbau und Anwendung reichen luftgekühlte Lösungen nur bis zu bestimmten Leistungsgrenzen, etwa bei kompakten Baugruppen oder Elektronikschränken mit Dachlüftern beziehungsweise perforierten Türen. Sind diese Grenzen erreicht, müssen Kühltechnologien eingesetzt werden, die zur tatsächlichen Leistungsdichte der Anwendung passen. Flüssigkühlung ermöglicht eine deutlich höhere Wärmeabfuhr pro Fläche, da Wasser Wärme wesentlich besser transportiert als Luft. In vielen Fällen bieten hybride Konzepte den besten Kompromiss: Sie ergänzen die bestehende

Luftkühlung gezielt und machen höhere Verlustleistungen effizient beherrschbar.

Welche Anforderungen bestehen an die Flüssigkeitsinfrastruktur?

Flüssigkeitsgekühlte modulare Embedded-Systeme und 19-Zoll-Elektronikschränke benötigen eine Flüssigkeitsinfrastruktur, die ausreichend Kühlleistung bereitstellt und zugleich stabil, sicher und überwachbar ist. Entscheidend sind eine geeignete Kühlmitteltemperatur, eine ausreichende Durchflussmenge und ein definierter Druckbereich, damit die Wärme zuverlässig aus dem System abgeführt werden kann. Gleichzeitig müssen Druckverluste im Kreislauf, die verfügbare Wasserquelle und die Einbindung in die bestehende Infrastruktur frühzeitig berücksichtigt werden. Besonders wichtig ist das Taupunktmanagement, um Kondensation an kritischen Stellen zu vermeiden. Leckagerisiken lassen sich durch sichere Anschlüsse, geeignete Materialien und eine möglichst getrennte

Medienführung minimieren. Die kontinuierliche Überwachung von Temperatur, Durchfluss, Druck und Betriebszuständen trägt zusätzlich dazu bei, Abweichungen frühzeitig zu erkennen und Störungen zu vermeiden.

Wie lässt sich die Kühlleistung skalieren?

Die Kühlleistung lässt sich modular und schrittweise an steigende Leistungsdichten anpassen, ohne bestehende 19-Zoll-Infrastrukturen grundsätzlich aufgeben zu müssen. Ein 4U LHX kann bis zu 7,5 kW Kühlleistung bereitstellen; mit zwei Systemen lässt sich die Leistung auf bis zu 15 kW erhöhen. Für eine zuverlässige Skalierung ist jedoch nicht allein die installierte Kühlkapazität entscheidend, sondern das Zusammenspiel von Luftführung, Wasserversorgung, Druckverhältnissen und Teillastbetrieb. Auch Redundanzkonzepte müssen frühzeitig berücksichtigt werden, damit die Kühlung bei wechselnden Lasten stabil und die Verfügbarkeit des Gesamtsystems gesichert bleibt. Für noch höhere Leistungsdichten eignen sich Direct-to-Chip-, Cold-Plate- oder Hybridlösungen, die Wärme näher an der Quelle abführen. Grenzen setzen vor allem die verfügbare Rackgröße, die Stromversorgung, die Wasserinfrastruktur und die thermische Gesamtarchitektur des Systems.

Wie funktioniert Easy Swap LFT?

Easy Swap LFT überträgt das Prinzip der Flüssigkühlung auf modulare 19-Zoll-Steckbaugruppen, die bislang überwiegend luftgekühlt wurden. Kühlkörper und Cold Plates nehmen die Wärme unmittelbar an der Steckkarte auf und führen sie damit deutlich näher an ihrem Entstehungsort ab. Eine schwimmende Lagerung gleicht mechanische Toleranzen aus und gewährleistet einen zuverlässigen thermischen Kontakt zwischen Steckbaugruppe und Kühleinheit. Gleichzeitig bleibt die Handhabung servicefreundlich: Karten können gesteckt

und gezogen werden, ohne den Kühlkreislauf zu unterbrechen. Die Kühleinheit lässt sich rückseitig am Baugruppenträger montieren und ermöglicht so eine höhere Kühlleistung, ohne das grundlegende 19-Zoll-Systemkonzept aufzugeben.

Welche Faktoren beeinflussen die reale Kühlleistung eines Systems?

Die tatsächlich verfügbare Kühlleistung hängt nicht allein von der Nennleistung eines Kühlsystems ab, sondern vom Zusammenspiel aller Rahmenbedingungen im Gesamtsystem. Wesentlichen Einfluss haben Kühlmitteltemperatur, Durchflussmenge und Druckverlust im Kreislauf, da sie bestimmen, wie effizient Wärme aufgenommen und abgeführt werden kann. Auch die Umgebungstemperatur wirkt sich unmittelbar auf die thermischen Reserven aus, insbesondere bei hohen Außentemperaturen oder beengten Einbausituationen. Hinzu kommt die thermische Lastverteilung auf der Baugruppe: Konzentrierte Hotspots stellen andere Anforderungen an Kühlkörper, Cold Plates und Kontaktflächen als eine gleichmäßig verteilte Verlustleistung. Deshalb muss die reale Kühlleistung immer im Kontext der konkreten Anwendung, der Einbausituation und der gesamten thermischen Architektur bewertet werden.

Warum ist Retrofit-Fähigkeit heute oft wichtiger als maximale Kühlleistung?

Gerade im industriellen Umfeld muss eine höhere Kühlleistung wirtschaftlich bleiben. Unsere Kunden wollen ihre Elektroniksysteme aufrüsten, um wettbewerbsfähig zu bleiben. Gleichzeitig gilt es, die Betriebssicherheit und bestehende Investitionen zu schützen. Retrofit-fähige Lösungen leisten dazu einen entscheidenden Beitrag: Die Infrastruktur lässt sich schrittweise, bedarfsgerecht und hybrid erweitern. Baugruppen mit hoher Verlustleistung werden gezielt

flüssiggekühlt, während weniger anspruchsvolle Komponenten weiterhin luftgekühlt bleiben. Dieser Ansatz senkt Gesamtkosten und Risiken, schützt Investitionen und stärkt die Resilienz der gesamten Infrastruktur. Wirtschaftlichkeit und Betriebssicherheit ergänzen sich dabei und bilden eine solide Grundlage für die Skalierbarkeit und Zukunftsfähigkeit der Infrastruktur.

Ein Blick in die Zukunft: Wohin entwickelt sich die Präzisionskühlung?

Die Präzisionskühlung entwickelt sich von einer unterstützenden Funktion zu einem zentralen Bestandteil moderner Elektronikarchitekturen. Getrieben durch KI-, HPC- und GPU-Anwendungen steigen die Leistungsdichten weiter, sodass Flüssigkühlung in vielen Bereichen vom Spezialfall zum Standard wird. Besonders die Direct-to-Chip-Kühlung gewinnt an Bedeutung, weil sie Wärme direkt am Entstehungsort abführt und dadurch höhere Leistungsreserven ermöglicht. Gleichzeitig werden sich Hybridkonzepte breit durchsetzen: Sie kombinieren bestehende Luftkühlung mit gezielter Flüssigkühlung und ermöglichen so einen wirtschaftlichen Übergang zu höheren Kühlleistungen. Ein besonders starkes Wachstum ist bei Defense-Anwendungen, in Rechenzentren sowie bei HPC-Systemen und Edge-AI-Lösungen zu erwarten, wo hohe Rechenleistung, kompakte Bauformen und hohe Verfügbarkeit zugleich gefordert sind. Die Zukunft liegt daher in intelligenten, hochintegrierten Flüssig- und Hybridkühlsystemen, die Kühlleistung, Monitoring und Systemstabilität eng miteinander verbinden.



Das vollständige Interview lesen Sie online über den Link im QR-Code und unter: industr.com/2919401



WAS STECKT HINTER DEN BEGRIFFEN?

BLT, CTE und CTM

Thermal Management wird mit steigender Leistungsdichte elektronischer Systeme zu einem zentralen Faktor in der Entwicklung. Dabei geht es längst nicht nur um Kühlkörper und Wärmeleitmaterialien, sondern auch um Materialeigenschaften, thermische Modelle und Grenzschichten. Abkürzungen wie BLT, CTM oder CTE begegnen Entwicklern dabei immer häufiger – doch was bedeuten sie genau und welchen Einfluss haben sie auf Kühlung, Simulation und Zuverlässigkeit?

TEXT: Bernhard Haluschak, E&E

BLT

Die Bond Line Thickness, kurz BLT, bezeichnet die Dicke der thermischen Verbindungsschicht zwischen zwei Kontaktflächen, etwa zwischen Leistungshalbleiter und Kühlkörper. Sie beeinflusst den thermischen Widerstand eines Thermal Interface Materials unmittelbar: Je größer die Schichtdicke und je geringer die Wärmeleitfähigkeit, desto schlechter der Wärmetransport. Eine sehr geringe BLT ist jedoch nicht automatisch optimal, da Oberflächenrauheit, Toleranzen und mechanische Spannungen ausgeglichen werden müssen. Für Entwickler ist daher das Zusammenspiel aus BLT, Wärmeleitfähigkeit und Kontaktqualität der Materialien entscheidend für einen reproduzierbaren thermischen Pfad.

CTE

Der Coefficient of Thermal Expansion, kurz CTE, beschreibt die relative Längenänderung eines Materials pro Temperaturänderung und wird üblicherweise in ppm/K angegeben. Für Elektronikentwickler ist insbesondere der CTE-Mismatch zwischen Silizium, Kupfer, Keramik, Lot, Mold Compound und PCB-Material relevant. Unterschiedliche Ausdehnungskoeffizienten erzeugen bei Temperaturwechseln mechanische Spannungen an Lötstellen, Bondverbindungen und Materialgrenzen. Wiederholte thermische Zyklen können dadurch Ermüdung, Rissbildung oder Delamination verursachen. CTE ist deshalb eine zentrale Kenngröße für die thermomechanische Zuverlässigkeit elektronischer Baugruppen.

CTM

Ein Compact Thermal Model, kurz CTM, bildet das thermische Verhalten eines elektronischen Bauteils durch ein vereinfachtes Netzwerk thermischer Widerstände und Kapazitäten ab. Anstatt Package-Geometrien, Materialien und interne Wärmewege vollständig dreidimensional zu modellieren, reduziert das CTM diese auf die für die Systemsimulation relevanten thermischen Knoten. Dadurch lassen sich Bauteile effizient in CFD- oder FEA-Modelle integrieren. Für Entwickler ermöglichen CTMs eine schnelle Bewertung von Junction-Temperaturen, Wärmewegen und Kühlkonzepten, ohne jedes Package detailliert nachbilden zu müssen. Besonders bei komplexen Baugruppen verkürzt das die Simulationszeit deutlich.



CTX

Kontaktdaten

CTX Thermal Solutions GmbH
Lötscher Weg 104 • 41334 Nettetal
T +49/2153/7374-0
info@ctx.eu
www.ctx.eu

Gründungsjahr

1997

CTX erteilt Wärme eine Abfuhr

CTX Thermal Solutions entwickelt und fertigt aktive oder passive Kühlösungen für die industrielle Leistungselektronik. Das Unternehmen zählt zur europäischen Spitze seiner Branche.

Es bietet eines der größten Produktportfolios an Kühlkörpern, Gehäusen, Lüftertechnik und mechanischen Produkten wie Bleche aus Aluminium und Stahl.

Neben dem umfangreichen Standardprogramm realisiert CTX auch Kühlkörper nach Zeichnungsvorgabe oder begleitet Kunden bei der Neuentwicklung anwendungsspezifischer Kühlösungen.

Services wie die thermische Simulation oder die Prüfung von Maßhaltigkeit stellen eine hohe Produktqualität sicher.

Dem Unternehmen stehen alle Herstellverfahren der Kühlkörperproduktion zur Verfügung. Damit ist es in der Lage, jede thermische Anforderung mit einer passgenauen Kühlösung zu bedienen.

Kühlösungen von CTX finden sich in der Elektronik für die Stromversorgung, Elektro-

mobilität, Antriebs- und Steuertechnik, Medizin- oder Agrartechnik.

Passgenaue Kühlösung garantiert

Für Kühlkörper gilt in der Regel: 24/7 Hochleistung auf kleinstem Raum. Sie sorgen dafür, dass die große Wärme in elektronischen Komponenten schnell abgeführt wird und ihre Leistungsfähigkeit dauerhaft erhalten bleibt.

Das CTX-Portfolio umfasst neben klassischen Profil-, Leiterplatten- und Flüssigkeitskühlkörpern auch spezifischere Varianten wie Embedded-, Heatpipe-, LED- oder Hochleistungskühlkörper. Auf Wunsch stattet CTX seine Kühlösungen mit der passenden Lüftertechnik oder mit Montage-Zubehör aus.

Große Fertigungsbandbreite

Die Leistung eines Kühlkörpers wird bestimmt von seiner Geometrie, seinem Material und seinem Herstellungsverfahren. Zu den wichtigsten Verfahren zählen die Extrusion, der Druckguss, das Stanzbiegen und das Kaltfließpressen.

Bei diesen Methoden spielt jeweils ein Formwerkzeug eine Rolle, wodurch sich Kühlkörper individuell und in hohen Stückzahlen

wirtschaftlich fertigen lassen. Im Skived-Verfahren werden eine Vielzahl von Kühlrippen sehr kompakt aus Aluminium oder Kupfer geschält. Für modular gefertigte Kühlkörper nutzt CTX verschiedene Verbindungsmethoden wie das Bonding (Kleben), Brazing (Hartverlöten), Reibrührschweißen oder Crimping (Verpressen). Fertigungsbedingte Toleranzabweichungen gleicht CTX in der CNC-Nachbearbeitung aus.

Auf Wunsch übernimmt der Hersteller auch eine Oberflächenveredelung durch Eloxieren, Pulverbeschichten, Chromatieren oder Lackieren. Damit kann er die Wärmeabführung oder den Schutz des Kühlkörpers weiter optimieren.

In Teamarbeit zur Qualität

CTX zeichnet sich durch Qualitätsbewusstsein und Kundenverständnis aus. Das Qualitäts- und Umweltmanagement ist zertifiziert nach DIN EN ISO 9001:2015 und DIN EN ISO 14001:2015. Das Unternehmen setzt auf einen kontinuierlichen Verbesserungsprozess der internen und externen Prozesse.

Es arbeitet stetig daran, Lieferketten, Warenfluss, Produktqualität sowie die technische Expertise und das Zusammenspiel mit Partnern zu optimieren.





ZUVERLÄSSIGE HMI-LÖSUNGEN FÜR ANSPRUCHSVOLLE ENERGIEANWENDUNGEN

Wenn es darauf ankommt

Die Transformation des Energiemarktes hin zu dezentralen, digitalisierten und erneuerbaren Systemen erhöht die Komplexität moderner Energieinfrastrukturen. Anwendungen wie PV-Wechselrichter, Energiespeicher, EV-Ladeinfrastruktur und Smart Grids erfordern robuste, langlebige und EMV-stabile Bedienlösungen. Human-Machine-Interfaces (HMIs) spielen dabei eine zentrale Rolle. Als zentrale Schnittstelle zwischen Mensch und System sind HMIs entscheidend für Betriebssicherheit, Effizienz und zuverlässige Bedienung – insbesondere in elektromagnetisch anspruchsvollen Umgebungen.

TEXT: Roland Maurer, Schurter BILDER: Schurter; iStock, Pict Rider

HMI im Einsatz in der modernen
Industrieautomation



Energieanlagen arbeiten in Umgebungen mit hohen Leistungen, starken elektromagnetischen Feldern und häufig wechselnden Wetterbedingungen. Ingenieure stehen vor der Herausforderung, HMI-Systeme zu integrieren, die EMV-Belastungen, Temperaturschwankungen, UV-Strahlung sowie intensiver Nutzung mit häufigen Bedienzyklen und Dauerbetrieb standhalten. Gleichzeitig müssen diese Systeme kompakt sein, wartungsarm arbeiten und über eine lange Lebensdauer hinweg zuverlässig bleiben. Für Einkäufer sind zusätzlich weitere Faktoren entscheidend. Der Energiemarkt verlangt Komponenten mit langen Produktlebenszyklen, internationalen Zertifizierungen und einer stabilen Lieferkette. Gleichbleibende Qualität, Rückverfolgbarkeit und geringe Gesamtbetriebskosten sind essenziell, um Risiken zu reduzieren und Kontinuität sicherzustellen.

Technologische Lösungen

Schurter entwickelt und produziert eine breite Palette von HMI-Technologien für verschiedene Energieanwendungen: **PCAP-Touchlösungen** (Projected Capacitive) bieten hohe Präzision, eine intuitive Benutzerführung sowie eine hohe Robustheit und ausgezeichnete EMV-Immunität durch optimiertes Sensor- und Controllerdesign. Sie ermöglichen die Bedienung auch hinter dickem Glas, bieten damit zusätzlichen Schutz (zum Beispiel IK- und Vandalismusschutz) und eignen sich besonders für den Außeneinsatz sowie Anwendungen mit Leistungselektronik.

Resistive Touchscreens stellen eine zuverlässige Alternative in Umgebungen dar, in denen Handschuhe, Feuchtigkeit oder Schmutz auftreten. Sie ermöglichen eine präzise Eingabe mit Fingern, Handschuhen oder Werkzeugen und sind unempfindlich gegenüber Wasser und Verschmutzung. Aufgrund ihrer bewährten und robusten Technologie sind sie besonders für industrielle Energieanwendungen geeignet.

Kapazitive Schalter bieten eine verschleißfreie und langlebige Lösung ohne mechanische Komponenten. Sie lassen sich vollständig hinter geschlossenen Glasoberflächen integrieren, wodurch hohe Schutzarten (IP) realisiert werden können. Diese Technologie ist ideal für geschlossene Systeme wie Batteriemodule, Energieverteilereinheiten oder Anwendungen mit erhöhten Anforderungen an Dichtigkeit und Reinigung.

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

Von der Idee bis zur Serie – über 40 Jahre Erfahrung



KI generiert

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

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

Display Elektronik GmbH
www.display-elektronik.de
T. +49 (0) 6043 / 98888-0

display[®]
...since 1984

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



HMI-Lösungen bei industriellen
Energieanwendungen

Folientastaturen bieten ein hohes Maß an Flexibilität und Kosteneffizienz, insbesondere bei kundenspezifischen Designs. Durch ihre geringe Bauhöhe eignen sie sich für kompakte Gehäuse und ermöglichen eine einfache Integration in unterschiedlichste Systeme. Sie sind eine bewährte Lösung für Prüf- und Messgeräte im Energiesektor.

Optical Bonding verbessert die Lesbarkeit von Displays bei hellem Umgebungslicht oder direkter Sonneneinstrahlung durch die Reduktion von Reflexionen und optischen Verlusten. Gleichzeitig erhöht es die mechanische Stabilität des Gesamtsystems und reduziert das Risiko von Kondensation oder Beschlagbildung im Display, was insbesondere für Outdoor- und energiebezogene Anwendungen von Vorteil ist.

EMV-konformes HMI-Design

In energieintensiven Anwendungen ist die elektromagnetische Verträglichkeit ein kritischer Erfolgsfaktor. Ein robustes HMI-Design berücksichtigt:

- Optimierte Sensor-Layouts für reduzierte Störanfälligkeit
- Geeignete Controller und Filterstrategien
- EMV-gerechte Integration in das Gesamtsystem
- Abschirmkonzepte und Erdungsstrategien
- Systemtests unter realen Störbedingungen

Eine frühe Berücksichtigung dieser Faktoren verhindert kostspielige Nachbesserungen und reduziert Entwicklungsrisiken.

Integrierter Entwicklungsansatz

Schurter verfolgt einen ganzheitlichen Ansatz bei der HMI-Entwicklung, der bereits in der frühesten Konzeptphase beginnt.

Eine erfolgreiche HMI-Implementierung setzt eine enge Abstimmung zwischen mechanischem Design, Elektronik, Software und der späteren Benutzerinteraktion voraus. Durch die frühe Einbindung in die Designphase arbeitet Schurter eng mit Kunden zusammen, um Anforderungen präzise zu erfassen und optimal in die Systemarchitektur zu integrieren. Dieser Ansatz hilft, potenzielle Integrationsprobleme frühzeitig zu vermeiden, die EMV-Performance gezielt zu optimieren und Entwicklungszeiten deutlich zu verkürzen..

Ein besonderer Fokus liegt dabei auf der Unterstützung bei der EMV-Optimierung und der Systemintegration, insbesondere in anspruchsvollen Energieanwendungen mit starken elektromagnetischen Feldern komplexer Leistungselektronik.

Alle Kernprozesse erfolgen im eigenen Haus, was eine durchgängige Kontrolle über Qualität und Prozesse ermöglicht. Dazu gehören unter anderem die Glasbearbeitung, Laminierung, Optical Bonding sowie die Elektronikmontage. Diese vertikale Integration stellt eine hohe Fertigungstiefe sicher und gewährleistet damit gleichbleibende Qualität, Flexibilität in der Umsetzung sowie vollständige Rückverfolgbarkeit über den gesamten Produktlebenszyklus hinweg.

Vorteile

Schurter-HMI-Lösungen bieten eine robuste und zuverlässige Basis für anspruchsvolle Energieanwendungen. Sie zeichnen sich durch hohe EMV-Immunität, langlebige Materialien und ein widerstandsfähiges Design für Innen- und Außeneinsatz aus, wodurch eine störungsfreie Funktion auch in elektromagnetisch belasteten Umgebungen gewährleistet wird. Die Systeme sind auf eine lange Lebensdauer und minimalen

EMV-Messungen
und Tests



Wartungsaufwand ausgelegt und erfüllen damit die Anforderungen kritischer Energieinfrastrukturen.

Anwendungsbereiche

Die HMI-Lösungen von Schurter werden in einer Vielzahl von Energieanlagen eingesetzt. Beispiele sind PV-Wechselrichter, Energiespeichersysteme, Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge, Smart-Grid-Komponenten, USV-Systeme, Energieverteilungseinheiten und Batteriemanagementsysteme. Darüber hinaus werden Schurter-Lösungen auch häufig in der Prüf- und Messtechnik im Energiesektor eingesetzt.

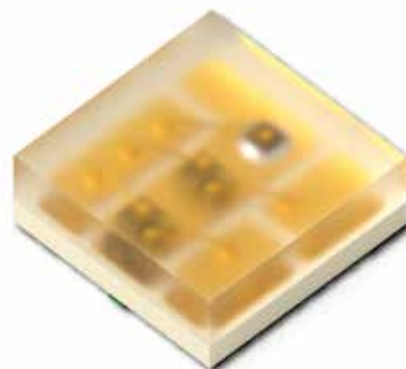
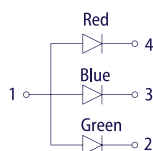
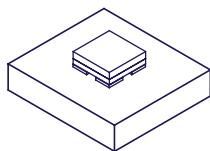
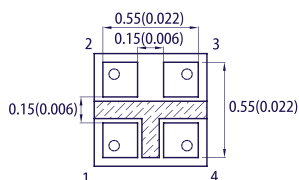
Mehrwert für Energieanwendungen

Die Anforderungen im Energiemarkt erfordern HMI-Lösungen, die weit über Standardbedienkonzepte hinausgehen. Besonders die elektromagnetische Verträglichkeit, Langlebigkeit und Systemintegration sind entscheidend für den zuverlässigen Betrieb. Schurter bietet mit seinem umfassenden Portfolio und seiner tiefen EMV-Expertise maßgeschneiderte HMI-Lösungen für anspruchsvolle Energieanwendungen. Durch den integrierten Entwicklungsansatz und die eigene Fertigung entstehen robuste, zukunftssichere Bedienlösungen für verschiedenste Energieanwendungen.

Kingbright

■ Quality ■ Efficiency ■ Innovation ■ First-class service

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



Product Features:

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

Applications:

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

WAS DER ROBOTIK-BOOM FÜR DIE MESS- UND PRÜFTECHNIK BEDEUTET

Keine Angst vor wachsenden Prüfanforderungen!

Europas Automobilindustrie steht unter Investitions- und Transformationsdruck. Mit digitalisierten, vernetzten und zunehmend autonomen Fertigungsprozessen wachsen die Anforderungen an Mess- und Prüftechnik spürbar: komplexere Prüf Szenarien, kürzere Taktzeiten, nahtlose Datenintegration und sichere Normenkonformität. Der Artikel beleuchtet die Schnittstellen von Robotik und Messtechnik in modernen Anlagen – von der Installationsprüfung bis zur EMV-Messung.

TEXT: dataTec BILDER: iStock, Deagreetz

Die zunehmende Automatisierung erfordert ein angepasstes Verständnis für die Prüfung und Qualitätssicherung. Techniker und Inbetriebnehmer müssen Testabläufe früher einplanen und tiefer in die Industrieprozesse integrieren. Qualitätsverantwortliche sind gefordert, Prüfprozesse datenbasiert, reproduzierbar und auditfest zu gestalten. Automatisierungsexperten benötigen skalierbare, vernetzte Mess- und Prüfsysteme, die sich schnell und flexibel an Produktänderungen, neue Fahrzeugkonzepte und Testanforderungen anpassen lassen. Nicht zuletzt verändert sich auch das Skillset in der Produktion: Datenanalyse und -kommunikation, EMV-Grundlagen, Sicherheitsnormen und Software für die Testentwicklung stellen heute Grundkenntnisse im Testumfeld von Industrie 4.0 dar.

Die Vielfalt an Mess- und Analysesystemen erfordert herstellerübergreifende Schnittstellen-Standards für den sicheren und effizienten Datenaustausch. Einheitliche Schnittstellen ermöglichen die nahtlose Einbindung neuer Sensoren, Software-Tools und Auswerteverfahren in bestehende Prüf- und Automatisierungssysteme. Dies schafft die Voraussetzung für eine durchgängige

Testinfrastruktur, die sowohl aktuelle als auch neue Technologien flexibel integriert. Ergänzend gewinnt die KI-gestützte Auswertung großer Datenmengen an Bedeutung. Künstliche Intelligenz unterstützt die Echtzeit-Visualisierung von Messergebnissen und ermöglicht Prognosen zum Anlagenzustand. Intelligente Dashboards liefern QS-Verantwortlichen eine umfassende Entscheidungsgrundlage und erhöhen die Effizienz in der Prozessüberwachung. Parallel dazu rücken Cybersecurity-Aspekte





in den Fokus. Die Absicherung von Messdaten und vernetzten Systemen gegen unautorisierte Zugriffe ist Pflicht. Compliance-Prüfungen im Hinblick auf IT-Sicherheit und Normvorgaben werden zum integralen Bestandteil der Qualitätssicherung, insbesondere vor dem Hintergrund vermehrter Cloud-Anwendungen.

Schließlich erweitern Nachhaltigkeits- und Energieeffizienzprüfungen die Anforderungen an moderne Teststrategien. Die Evaluation des Energieverbrauchs von Robotiksystemen und Fertigungsanlagen gehört heute ebenfalls zur Qualitätssicherung.

Elektrische Sicherheit: Prüfen unter Hochspannung

Jeder neu installierte Roboter bedeutet komplexe Elektronik für Antriebe, Steuerungen, Sensoren oder Aktoren und damit potenzielle Gefahrenquellen für Mensch und

Maschine. Die normgerechte elektrische Sicherheitsprüfung der entsprechenden Installationen, Schaltschränke, Anlagen und Geräte steht im Vordergrund. Mit modernen Prüfsystemen lassen sich Isolationswiderstand, Schutzleiterstrom, Ableitstrom usw. präzise und sicher messen und dokumentieren. Anlagen sollen optimal geerdet und Fehlerströme vermieden werden. Die heutigen Geräte- und Bedienkonzepte unterstützen eine fehlerfreie, schnelle Anwendung und erfüllen sowohl geltende Prüfvorschriften als auch zukünftige Normänderungen etwa durch aktualisierbare Firmware.

Störfreie Kommunikation: Fehlersuche in Netzwerken

Für störfreie Automatisierungsprozesse muss die Kommunikation zwischen den Steuerungen und Geräten (Sensoren, Aktoren etc.) innerhalb der Anlage gesichert sein. Dies umfasst die Prüfung der Verkabelung, Busphysik und Kommunikationsfunktionen in Industrial-Ethernet- und PROFIBUS-Netzen. Diagnosegeräte für industrielle Kommunikationsnetzwerke kommen bei der Anlageninstallation, Inbetriebnahme, Abnahme, Zertifizierung, Netzoptimierung und vorbeugenden Instandhaltung zum Einsatz. Kompakte Bauformen ermöglichen heutzutage die einfache Integration in bestehende Anlagen. Softwaregestützte Datenanalysen ermöglichen die Ermittlung der Topologie oder die Erstellung von Prüfberichten zum aktuellen Anlagenzustand.

Prozesssignale: Realität und Testumfeld verbinden

Automatisierungsprozesse basieren auf der Ein- und Ausgabe von Prozesssignalen. Die Signale leiten sich von physikalischen Größen ab, zum Beispiel



NI FlexLogger ist eine Datenerfassungssoftware, mit der Sie elektrische Mess- und Sensordaten schnell aufnehmen können – ganz ohne Programmieraufwand.

Füllstände, Druck- oder Temperaturwerte. Diese werden von entsprechenden Sensoren erfasst und in elektrische Parameter umgewandelt. Die Prozesstechnik nutzt solche Signale unter anderem in Form von Spannungszuständen und Leistungsänderungen. Die Steuerung von Prozesseinrichtungen, beispielsweise Aktoren, erfordert in der Regel eine Kombination aus Prozessdaten/-signalen und speziellen Sicherheitsdaten. Mit moderner Messtechnik lassen sich reale Sensordaten und industrielle Kommunikationssignale für Feldbusse nachbilden, um damit elektronische Komponenten zu validieren, die System- und Taktsynchronisierung zu überprüfen oder Signalfehler zu identifizieren.

Predictive Maintenance: von der Prüfung zur Prognose

Steuerungstechnik koordiniert die mechanischen Antriebssysteme (Aktoren) von Robotern in Fertigungslinien, zum Beispiel beim Schweißen, Lackieren oder Montieren. Durch verschleißbedingte Veränderungen kann die Funktion mechanischer Systeme im Laufe des Betriebs nachlassen. Die Aufzeichnung wichtiger Prozessdaten macht Veränderungen frühzeitig sichtbar. Anlagenbetreiber profitieren von den dokumentierten Messwerten, indem sie eine fundierte Auswertung vornehmen und diese bei den Wartungsmaßnahmen berücksichtigen können.

Predictive Maintenance gewinnt auch in der Automobilproduktion an Bedeutung und verändert die Strategien für Instandhaltungsmaßnahmen nachhaltig. Wenn Zustandsänderungen früh erkannt werden, lassen sich Stillstände vermeiden, Wartungsfenster optimieren und Reparaturen gezielt planen. Für die Messtechnik bedeutet dies einen Paradigmenwechsel:

Anstelle einer punktuellen Prüfung in festgelegten Intervallen sind kontinuierliche Zustandsüberwachung, softwarebasierte Mess- und Analyseprozesse sowie Cloud-basierte Dokumentation gefragt. Integrierte Sensoren, Strom- und Temperaturüberwachung an Roboter Gelenken liefern wichtige Hinweise auf Lagerprobleme oder Überhitzung, bevor es zum Ausfall kommt. Dabei werden klassische Prüf- und Überwachungstools durch softwaregestützte Diagnose-Plattformen erweitert. Auch KI-Algorithmen zur Erkennung von Anomalien, Trendanalyse oder Prognose der Lebensdauer einzelner Komponenten spielen hierbei eine zunehmende Rolle. Über Edge-Computing lassen sich Sensordaten bereits in der Anlage vorverarbeiten und gefiltert in die Cloud übertragen.

Netzanalyse: Versorgungsqualität sicherstellen

Unregelmäßigkeiten in der Stromversorgung können nicht nur die Lebensdauer von Geräten und Maschinen beeinträchtigen, sondern auch zu EDV-Problemen und Anlagenausfällen führen. Die sorgfältige Analyse der Netzqualität und -stabilität in industriellen Anlagen ist ein wichtiger Bestandteil der vorbeugenden Instandhaltung. Sie trägt dazu bei, die Energieeffizienz zu optimieren und vorzeitige Verschleißerscheinungen zu vermindern. Die Überwachung der Stromversorgung kann sowohl kontinuierlich als auch temporär erfolgen. Störungen und Energieverluste lassen sich so frühzeitig erkennen und quantifizieren.

EMV: hochfrequente Herausforderungen

Wo mehr Elektronik eingesetzt wird, steigt auch das Risiko elektromagnetischer Störungen, die bei der Konstruktion zu berücksichtigen sind. Auch die Roboter-Kommunikation per Industrial Ethernet oder Funkschnittstellen erzeugt

Das NI cDAQ-9183 ist ein 4 Slot CompactDAQ Ethernet-Chassis von National Instruments, das für modulare und verteilte Messanwendungen entwickelt wurde. Es bietet durch die Ethernet-Konnektivität eine flexible Integration in verschiedene Netzwerkinfrastrukturen.



potenzielle Störquellen, insbesondere in engen Fertigungsumgebungen. EMV-Prüfungen müssen von Herstellern und Zulieferern gleichermaßen umfassend durchgeführt werden. Neben der allgemeinen Normenkonformität steht auch die Prüfung unter Betriebsbedingungen im Fokus: Wie verhält sich ein Roboterarm im realen Takt, wenn gleichzeitig eine benachbarte Anlage mit Frequenzumrichter läuft?

Viele Hersteller verlagern EMV Pre-Compliance Tests bereits in die Entwicklungsphase, um potenzielle Probleme frühzeitig zu erkennen. Dabei kommen zunehmend mobile oder teilautomatisierte EMV-Prüfplätze zur Qualifizierung von Subsystemen zum Einsatz, wodurch sich die Entwicklungszeit verkürzen lässt. Auch die Kombination mit festinstallierten Wärmebildkameras und Langzeit-Datenaufzeichnung gewinnt an Bedeutung, um Schwachstellen unter realen Bedingungen sichtbar zu machen. EMV-Messungen werden dadurch dynamischer, datenintensiver und smarter. Kompakte EMV-Testsysteme mit Automatisierungsschnittstellen lassen sich direkt in den Produktionsprozess integrieren. Zudem ermöglicht die Simulation typischer Betriebsszenarien in abgeschirmten Mini-EMV-Kammern realitätsnahe, reproduzierbare Ergebnisse.

End-of-Line: Qualitätssicherung unter Taktzeitdruck

Ob Steuergerät, Kabelbaum oder Roboter-Gelenkeinheit: Am Ende der Linie müssen alle Komponenten voll funktionsfähig und normkonform sein – bei zunehmender Variantenvielfalt, softwarebasierten Funktionen und hochintegrierter Elektronik. Moderne EoL-Prüfsysteme müssen nicht nur elektrische und funktionale Tests innerhalb weniger Sekunden abbilden, sondern auch Seriennummern erfassen, Konfigurationen

automatisch erkennen, Messergebnisse dokumentieren und diese an das MES oder ERP übermitteln. Häufig erfolgt die Prüfung bereits direkt nach dem Verpressen, Verschrauben oder Kalibrieren. Höchste Genauigkeit bei minimaler Taktzeit ist dabei entscheidend.

Der Trend geht in Richtung vernetzter Prüfinseln mit KI-gestützter Fehlererkennung, Remote-Zugriff und Schnittstellen zu digitalen Zwillingen. Für QS-Verantwortliche bedeutet das: Klassische Prüfprotokolle reichen nicht mehr aus, stattdessen braucht es durchgängige Datenflüsse. Eine modulare Prüfarchitektur mit konfigurierbarer Software erlaubt es, unterschiedliche Varianten automatisch zu erkennen und entsprechend zu testen. Zusätzlich sorgt die Anbindung an zentrale Datenbanken für nahtlose Rückverfolgbarkeit und Dokumentation.

Zusammenfassung

Der Robotik-Trend in der Industrie zieht eine große Bandbreite grundlegender und spezialisierter Messaufgaben mit sich. Dazu zählen Installations- und Sicherheitsprüfungen, Netz- und Leistungsanalysen, Belastungstests der mechanischen und elektrischen Systeme, Monitoring-Aufgaben und EMV-Messungen. Um sämtliche Betriebszustände, Einsatzszenarien und Fehlerfälle abbilden zu können, benötigt man eine hohe Testabdeckung. Zusätzlich ist die lückenlose Dokumentation aller Messungen zu berücksichtigen, um ein sicheres und normgerechtes Betriebsumfeld zu belegen. Gleichzeitig steigt der Bedarf an modularen Prüfplätzen, die sich kosteneffizient an wechselnde Prüfanforderungen anpassen lassen – in einer komplexen und zugleich sehr präsenten Welt der Automatisierung.



Interview mit Finder über Lieferzuverlässigkeit

„Lieferfähigkeit ist planbar!“

Lieferketten bleiben störanfällig – von Transportproblemen bis zu Ausfällen einzelner Zulieferer. Im Interview ordnet Sven Kappe, Vertriebsleitung Deutschland und Mitglied der Geschäftsleitung bei Finder, die häufigsten Ursachen für Verzögerungen ein und spricht darüber, welche Stellschrauben Unternehmen nutzen können, um Risiken zu reduzieren. Außerdem geht es um Standortfragen, Planungshorizonte, Bevorratung und den Umgang mit Nachfragespitzen.

DAS INTERVIEW FÜHRTE: Bernhard Haluschak, E&E BILD: Finder

Wenn wir auf die Lieferkette in der Elektrobranche blicken: Was sind aus Ihrer Erfahrung die drei häufigsten Ursachen für Verzögerungen oder Lieferausfälle?

Aus unserer Erfahrung lassen sich die Ursachen für Lieferprobleme auf drei wesentliche Faktoren zurückführen: Erstens sind es Störungen in den Transportwegen, die durch geopolitische Konflikte, Embargos oder veränderte Zollregime ausgelöst werden und globale Lieferketten empfindlich beeinträchtigen können. Zweitens spielen Abhängigkeiten von Zulieferern eine entscheidende Rolle – der Ausfall einzelner Lieferanten kann die gesamte Produktions- und Lieferkette ins Stocken bringen. Drittens ist eine unzureichende Vorratshaltung von Rohstoffen und Halbfertigerzeugnissen ein strukturelles Risiko. Zwar bindet eine höhere Bevorratung Kapital, bietet jedoch im Gegenzug die notwendige Pufferfunktion, um Schwankungen in der Verfügbarkeit auffangen zu können. Unternehmen, die auf diesen Puffer aus Kostengründen verzichten, sind deutlich anfälliger für Engpässe.

Wie schafft es Finder, diesen Ursachen wirksam vorzubeugen oder ihre Folgen spürbar zu reduzieren?

Finder begegnet diesen Risiken durch eine Kombination aus strategischer Standortentscheidung, konsequentem Lieferantenmanagement und vorausschauender Planung. Durch unsere Produktion in Europa vermeiden wir lange Importstrecken und die damit verbundenen Unwägbarkeiten in der Logistik beziehungsweise der Lieferkette. Bei der Auswahl unserer Zulieferer legen wir besonderen Wert auf Qualität und Verlässlichkeit und steuern aktiv gegen einseitige Abhängigkeiten von einzelnen Lieferanten. Darüber hinaus arbeiten wir mit längerfristigen Planungshorizonten, die eine höhere Bevorratung sowohl von Rohstoffen als auch von unfertigen Erzeugnissen ermöglichen. Dieser Ansatz reduziert unsere Anfälligkeit gegenüber kurzfristigen Marktschwankungen erheblich.

Bleiben wir beim Standortfaktor: Wie unterscheidet sich hier die Situation eines europäisch produzierenden Unternehmens von der eines asiatisch produzierenden Wettbewerbers?

Der entscheidende Vorteil liegt in der geografischen Nähe unserer Produktionsstätten zu unseren Kunden. Produkte, die in Europa gefertigt werden, müssen für den deutschen Markt schlicht nicht importiert werden – das eliminiert Zollverzögerungen und schützt vor den Auswirkungen schwankender Importkosten, wie sie in Zeiten von Handelskonflikten und veränderten Zollregimen regelmäßig auftreten. Wettbewerber mit Produktion in Asien sehen sich hingegen mit deutlich längeren und damit auch störungsanfälligeren

Lieferketten konfrontiert. Jede Disruption auf dem Seeweg beispielsweise in der Straße von Hormus oder im Rahmen politischer Spannungen kann dort zu Versorgungsunterbrechungen führen, die sich für uns als europäischen Hersteller schlicht nicht stellen.

Gerade in stark nachgefragten Produktbereichen kommt es häufig zu Lieferengpässen. Wie gelingt es Finder, hier trotzdem lieferfähig zu bleiben?

Unsere Lieferfähigkeit auch in nachfragestarken Phasen ist das Ergebnis konsequenter, langfristiger Unternehmensplanung. Durch unseren erweiterten Planungshorizont – der Beschaffung, Bevorratung und Produktionskapazität gleichermaßen umfasst – sind wir in der Lage, Nachfrageschwankungen und temporäre Engpässe abzufedern, ohne die Versorgung unserer Kunden zu gefährden. Darüber hinaus schließen wir mit ausgewählten Großkunden Rahmenverträge ab, die uns als verlässliche Planungsgrundlage für Produktion und Auslieferung dienen. Dieses Instrument stärkt sowohl unsere eigene Planungssicherheit als auch die unserer Partner.

Welche Puffer- oder Notfallstrategien hat Finder etabliert, um Lieferschwankungen abzufedern?

Die bei anderen Unternehmen als Sondermaßnahmen geltenden Instrumente sind bei Finder integraler Bestandteil unseres operativen Standards. Langfristige Planung in den Bereichen Beschaffung, Bevorratung und Produktionskapazität ist bei uns kein Krisenmanagement, sondern gelebte Unternehmenspraxis. Flexible Produktionskapazitäten an mehreren Standorten sowie eine eigene Logistikinfrastruktur ergänzen diesen Ansatz. Entscheidend ist dabei, dass wir diesen langfristigen Blick nicht nur intern anwenden, sondern auch in unsere Kundenbeziehungen einbringen: Wir streben bewusst langfristige Partnerschaften an, die eine gemeinsame Planung ermöglichen und damit für beide Seiten Stabilität schaffen.

Wie geht Finder vor, wenn die Nachfrage das Angebot übersteigt – nach welchen Kriterien wird hier priorisiert?

Oberste Priorität haben rahmenvertragliche Vereinbarungen – diese Verpflichtungen stehen für uns nicht zur Disposition und werden auch in Engpasssituationen zuverlässig erfüllt. Diese Priorisierung ist nicht willkürlich, sondern spiegelt den Wert langfristiger, verlässlicher Geschäftsbeziehungen wider – und schafft für unsere Partner die Planungssicherheit, auf die sie sich verlassen können.

Wie hat sich die europäische Wertschöpfungskette mit sehr kurzen Lieferzeiten, teilweise von 1-2 Wochen in der Praxis bewährt – insbesondere bei Sonderprojekten und Neugeschäft?

Die Praxis bestätigt die Stärken unserer europäischen Wertschöpfungskette eindrucksvoll. Gerade bei Sonderprojekten oder kurzfristig entstehendem Lieferbedarf konnten wir unseren Kunden in der Vergangenheit wiederholt helfen, wo andere Lieferanten aufgrund langer Importwege schlicht nicht reaktionsfähig waren. Besonders während der Coronapandemie haben wir das als unabhängiger europäischer Hersteller unter Beweis gestellt. Die Möglichkeit, Ware direkt aus der europäischen Produktion zum Großhändler zu liefern, ist dabei kein Marketingversprechen, sondern ein konkreter Wettbewerbsvorteil – insbesondere dort, wo Zeit ein kritischer Faktor ist.

In der Kombination aus verlässlicher Lieferfähigkeit, hochwertigen Produkten „Made in Europe“ und kompetenter Begleitung durch unseren Außendienst leisten wir einen konkreten Beitrag zur Realisierung von Projekten. Das ist ein wesentliches Wertschöpfungsmerkmal: Unternehmen werden für abgeschlossene Projekte beziehungsweise hergestellte Produkte bezahlt – und genau dabei unterstützen wir sie mit unseren Komponenten.



POWER OVER ETHERNET FÜR INDUSTRIELLE IoT-GERÄTE

Ein Kabel unter Strom

Stromversorgung wird in industriellen Netzwerken zunehmend Teil der Kommunikationsinfrastruktur: Power over Ethernet überträgt Daten und Energie über dieselbe Leitung. Ein industrietauglicher Midspan stellt dabei bis zu 90 W für angeschlossene Geräte bereit – ohne vorhandene Switches auszutauschen und ohne zusätzliche Stromanschlüsse am Einsatzort.

TEXT: Microchip, Bernhard Haluschak, E&E **BILDER:** Microchip; publish-industry (KI-generiert, ChatGPT)

Mit der zunehmenden Vernetzung von Maschinen, Kameras, Access Points und industriellen IoT-Geräten wird die Stromversorgung zu einem integralen Bestandteil der Netzwerkplanung. Power over Ethernet (PoE) verbindet beide Ebenen: Ein Ethernet-Kabel überträgt Daten und elektrische Leistung gleichzeitig. Damit wird die Netzwerkinfrastruktur auch zum Pfad für die dezentrale Energieversorgung.

Das Grundprinzip unterscheidet zwischen Power Sourcing Equipment (PSE) und Powered Device (PD). Das PSE speist die Energie in die Leitung ein, das PD nimmt sie am anderen Ende auf. Ein PSE kann im Switch sitzen oder als Midspan zwischen Switch und Endgerät angeordnet sein. Der PD-9601GCI arbeitet als Single-Port-Midspan: Der Datenpfad vom Switch wird über „Data In“ geführt, die DC-Versorgung separat eingespeist und am zweiten RJ45-Anschluss als „Data & Power Out“ zum Endgerät weitergegeben.

Vier Adernpaare für höhere Leistung

Für höhere Leistungsbereiche ist IEEE 802.3bt entscheidend. Während die PoE-Typen 1 und 2 die Versorgung über zwei Adernpaare vorsehen, nutzt IEEE 802.3bt für die höheren Leistungsklassen alle vier Paare der Ethernet-Verkabelung. Type 4 definiert eine garantierte PSE-Leistung von 90 W. Die am Powered Device verfügbare Mindestleistung liegt wegen der zu

berücksichtigenden Leitungsverluste niedriger: Für Type 4 werden mindestens 71 W am PD spezifiziert.

Vor dem Einschalten der Versorgung prüft das PSE, ob ein kompatibles Powered Device angeschlossen ist. Über Detektion und Klassifizierung werden Eignung und Leistungsbedarf bestimmt. IEEE 802.3bt erweitert dafür die Leistungsklassen und die bei der Aushandlung ausgetauschten Informationen. Für Entwickler heißt das: Nicht nur die Nennleistung des Endgeräts, sondern auch PoE-Klasse, PSE-Leistung und die Verluste auf der Leitung müssen in das Power Budget eingehen.

Midspan statt Switch-Tausch

In Bestandsanlagen ist ein Midspan interessant, wenn vorhandene Ethernet-Switches keine PoE-Funktion besitzen oder nicht die benötigte Leistungsklasse bereitstellen. Der Daten-Switch bleibt bestehen, während die Leistungseinspeisung nachträglich in die Verbindung integriert wird. Beim PD-9601GCI dienen dafür zwei geschirmte RJ45-Buchsen. Unterstützt werden 10/100/1000BASE-T und damit Datenraten bis 1 Gbit/s.

Für die Ethernet-Strecke vom Netzwerkgerät bis zum entfernten Endgerät sind maximal 100 m vorgesehen. Die Kombination aus Daten- und Energiepfad reduziert besonders bei dezentral montierten Geräten den Installationsaufwand. Statt Ethernet und



eine separate Niederspannungsversorgung zum Verbraucher zu führen, übernimmt die Netzwerkleitung beide Funktionen.

20 bis 60 V DC auf der Eingangsseite

Auf der Versorgungsseite arbeitet der Midspan mit 20 bis 60 V DC. Die Energie wird über einen abnehmbaren sechspoligen Klemmenblock zugeführt. Zwei getrennte DC-Eingänge ermöglichen die Versorgung aus separaten Quellen. Zusätzlich steht ein Öffnerkontakt zur Alarmierung zur Verfügung: Fehlt an einem oder beiden Eingängen die Versorgung, öffnet das Relais. Damit kann der Zustand der Einspeisung in eine übergeordnete Anlagenüberwachung eingebunden werden.

Für die Eingangsbeschaltung sind Leitungen mit einer Stromtragfähigkeit von 6 A und einem Leiterquerschnitt entsprechend AWG 16 pro Anschluss vorgesehen. Die beiden RJ45-Schnittstellen sind als SELV beziehungsweise ES1 klassifiziert. Die Integration des Midspans ist damit nicht nur eine Netzwerk-, sondern ebenso eine Aufgabe der Stromversorgungs- und Schutzkonzeption.

Temperatur beeinflusst die verfügbare Leistung

Ein wichtiger Faktor für das Power Budget ist die Umgebungstemperatur. Der PD-9601GCI stellt die spezifizierten 90 W

Besuchen Sie uns
auf der InnoTrans
Halle 17 Stand 240



inPOTRON
activates your best



**Stromversorgung für
Bahntechnik: störungsfrei.**

- maßgeschneidert
- zuverlässig
- langlebig
- zukunftsfest
- effizient



Quality
Made in Germany



inpotron Schaltnetzteile GmbH Hebelsteinstr. 5 | 78247 Hilzingen
☎ +49 7731 9757-0 | ✉ info@inpotron.com | 🌐 www.inpotron.com

IMPRESSUM

Herausgeber Kilian Müller

Head of Content Manufacturing Christian Fischbach

Redaktion Bernhard Haluschak (Managing Editor/verantwortlich/-928), Carolina Bachmeier (-898), Emily Domingues Braga (-927), Katharina Huber (-938), Leander Jank (-937), Dana Neitzke (-930), Michaela Sandner (-916), Rieke Heine (freie Mitarbeiterin)

Newsdesk newsdesk@publish-industry.net

Head of Sales Kilian Müller

Media Saskia Albert (Director Sales/verantwortlich/-918), Beatrice Decker (-913), Caroline Häfner (-914), Ilka Gärtner (-921), Alexandra Klasi (-917);
Anzeigenpreisliste: vom 01.01.2026

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

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

Geschäftsführung Kilian Müller, Martin Weber

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

Abonnement Das Abonnement enthält die regelmäßige Lieferung der E&E (derzeit 5 Ausgaben pro Jahr inkl. redaktioneller Sonderhefte) sowie als Gratiszugabe das jährlich erscheinende Jahrbuch der Industrie, INDUSTRY forward HAKAHAKA.

Jährlicher Abonnementpreis

Ein JAHRES-ABONNEMENT der E&E ist zum Bezugspreis von 67 € inkl. Porto/Versand innerhalb Deutschland zzgl. MwSt. erhältlich (Porto Ausland: EU-Zone zzgl. 10 € pro Jahr, Europa außerhalb EU zzgl. 30 € pro Jahr, restliche Welt zzgl. 60 € pro Jahr). Jede Nachlieferung wird zzgl.

Versandspesen und MwSt. zusätzlich berechnet. Im Falle höherer Gewalt erlischt jeder Anspruch auf Nachlieferung oder Rückerstattung des Bezugspreises. Studentenabonnements sowie Firmenabonnements für Unternehmen, die die E&E für mehrere Mitarbeiter bestellen möchten, werden angeboten. Fragen und Bestellungen richten Sie bitte an leserservice-pi@dvvmedia.com

Marketing & Vertrieb Anja Müller (Head of Marketing)

Herstellung Veronika Blank-Kuen

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

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

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

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

ISSN-Nummer 1869-2117

Postvertriebskennzeichen 30771

Gerichtsstand München

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



Der CO₂-neutrale Versand
mit der Deutschen Post



Der industrietaugliche Power-over-Ethernet-/PoE-Midspan ermöglicht die Installation von Geräten genau dort, wo sie benötigt werden.

bis zu einer Umgebungstemperatur von 65 °C bereit. Bei 75 °C reduziert sich die Ausgangsleistung auf 60 W. Insgesamt reicht der spezifizierte Betriebstemperaturbereich von -40 bis 75 °C. Für Entwickler bedeutet das: Die maximale PoE-Leistung muss gegen die thermischen Bedingungen am tatsächlichen Einbauort geprüft werden. Das Stahlgehäuse misst 77,5 × 126 × 40,8 mm und wiegt 675 g. Für die industrielle Integration sind unter anderem DIN-Schienen- und Wandmontage vorgesehen. Hinzu kommen Anforderungen an die elektromagnetische Verträglichkeit; dokumentiert sind beispielsweise EN 55032 Class A und EN 55035.

Stromversorgung wird Teil der Netzarchitektur

Mit IEEE 802.3bt Type 4 lässt sich ein deutlich höherer Leistungsbereich über standardisierte Ethernet-Verkabelung erschließen. Die 90 W am PSE bedeuten dabei nicht automatisch 90 W verfügbare Leistung am Verbraucher: Kabelverluste, Leistungsklasse und Betriebsbedingungen müssen bei der Dimensionierung berücksichtigt werden. IEEE 802.3bt trägt dem mit der Vierpaar-Speisung und einer erweiterten Leistungsklassifizierung Rechnung.

Für die Entwicklung müssen Netzwerk und Stromversorgung deshalb gemeinsam betrachtet werden. PSE- und PD-Klasse, Leitungslänge, Power Budget, DC-Eingangversorgung, Redundanz und Temperatur bestimmen zusammen, wie zuverlässig ein Endgerät über Ethernet versorgt werden kann. Ein industrieller Midspan ist damit mehr als ein PoE-Adapter: Er ergänzt vorhandene Ethernet-Strukturen um einen definierten Versorgungspfad und macht die Netzwerkleitung zum gemeinsamen Transportmedium für Daten und Energie.

FIRMEN UND ORGANISATIONEN IN DIESER AUSGABE

Firma	Seite	Firma	Seite
binder	64	Leibniz-Institut für Kristallzüchtung	13
Bosch Rexroth	16	MES Electronic Connect	59
Conrad Electronic	U2	Messe Berlin	14
CTX Thermal Solutions	30, 39	Micro-Epsilon Messtechnik	62
Dassault Systèmes	60	Microchip Technology	50
dataTec	44	MIT	13
Delta Electronics	61	NextGO Epi	13
DETAKTA	5	nVent SCHROFF	34, 36
Display Elektronik	41	Panduit	21
ebm-pabst	61	PEAK-System Technik	23
Elma Electronic	63	Phoenix Contact	18
Finder	48	publish-industry Verlag	U3
Fischer Elektronik	Titel, 8, 13, 29	Rohde & Schwarz	17
FORTEC Integrated	61	Rosenberger Hochfrequenztechnik	17
FRÄNKISCHE Group	25	SAB Bröckskes	63
Fraunhofer IZM	6	Samsung	13
HARTING	15, 22, 62	SCHURTER	40
ICT SÜDWERK	33	Siemens	13
Infineon Technologies	17	Spectra	13
inpotron Schaltnetzwerke	51, 62	Syslogic	13
Jauch Quartz	13	Teltonika	13
Kingbright Electronic	43	WAGO	63
Kontron	3	Weidmüller	17, 57
Kontron Transportation	62	ZIEHL-ABEGG	U4
LAPP	53, 54		



MIT ROBUSTER VERBINDUNGSTECHNIK
DIE ZUGTECHNIK SICHER VERNETZEN

EIN FAHRPLAN ZUR ZUVERLÄSSIGKEIT

... ab S. 54

VERBINDUNGSTECHNIK
Mit SNAP IN die Verdrahtung
in Zügen beschleunigen S. 57

INNOTRANS-UMFRAGE
Technologien, Lösungen
und Services S. 60

BAHNTECHNIK
Sichere Steckverbinder für
den Schienenverkehr S. 64



Verbindungstechnik als Schlüsselfaktor für die Bahn von morgen

Ein Fahrplan zur Zuverlässigkeit

Digitalisierung, steigende Sicherheitsanforderungen, globale Lieferketten und Local-Content-Vorgaben verändern die Bahntechnik grundlegend. Thorsten Grünberg, Industry Manager Rolling Stock EMEA bei LAPP, erläutert, welche Entwicklungen die Branche prägen und wie sich LAPP als Experte für integrierte Lösungen und Markenprodukte im Bereich der Kabel- und Verbindungstechnologie darauf einstellt.

DAS INTERVIEW FÜHRTE: Bernhard Haluschak, E&E **BILDER:** LAPP; publish-industry (KI-generiert, ChatGPT)

Herr Grünberg, der Bahnmarkt wächst weltweit und entwickelt sich rasant weiter. Welche Trends und Veränderungen beobachten Sie derzeit besonders?

Wir beobachten hier vorrangig vier Entwicklungen. Erstens werden Schienenfahrzeuge zunehmend digitalisiert und mit zusätzlichen Funktionen ausgestattet, von Fahrgastinformations- und Entertainmentssystemen über Klimatisierung und

WLAN bis hin zu modernen Diagnose- und Zugsteuerungssystemen. Das erhöht die Zahl der verbauten Komponenten und damit auch den Bedarf an leistungsfähiger Verkabelung. Der verfügbare Bauraum in den Fahrzeugen wächst jedoch nicht mit.

Zweitens rückt das große Thema Effizienz weiter in den Fokus. Jedes eingesparte Kilogramm zählt, denn ein geringeres

Fahrzeuggewicht reduziert den Energieverbrauch beim Beschleunigen und trägt dazu bei, Verschleiß und Betriebskosten zu senken. Deshalb müssen auch Verbindungslösungen immer kompakter und leichter werden, ohne Kompromisse bei Sicherheit oder Leistungsfähigkeit einzugehen.

Der dritte große Trend ist die Nachhaltigkeit. Betreiber und Hersteller betrachten

»Jedes eingesparte Kilogramm zählt, denn ein geringeres Fahrzeuggewicht reduziert den Energieverbrauch beim Beschleunigen und trägt dazu bei, Verschleiß und Betriebskosten zu senken. Deshalb müssen auch Verbindungslösungen immer kompakter und leichter werden.«

Thorsten Grünberg, Industry Manager Rolling Stock EMEA bei LAPP, sieht Digitalisierung, Nachhaltigkeit und steigende Anforderungen an die Datenkommunikation als zentrale Treiber der zukünftigen Entwicklung im Bahnmarkt.



heute den gesamten Lebenszyklus eines Fahrzeugs deutlich genauer als noch vor einigen Jahren. Aspekte wie Materialeinsatz, Ressourceneffizienz oder der CO₂-Fußabdruck gewinnen bei Beschaffungsentscheidungen zunehmend an Bedeutung.

Und viertens steigen die Ansprüche an die Datenkommunikation im Fahrzeug. Leistungsfähige Netzwerk- und Verbindungslösungen werden daher immer wichtiger.

Welche Herausforderungen beschäftigen Hersteller von Schienenfahrzeugen und ihre Zulieferer aktuell am meisten?

Die Hersteller stehen heute vor der Aufgabe, technologische Innovationen, hohe Sicherheitskriterien und wirtschaftlichen Druck miteinander zu vereinbaren. Gerade in der Bahntechnik ist das anspruchsvoll, weil Fahrzeuge über Jahrzehnte im Einsatz sind und zugleich höchste Anforderungen an Zuverlässigkeit und Interoperabilität erfüllen müssen.

Hinzu kommen äußere Einflüsse, die die gesamte Branche beschäftigen. Weltweite Lieferketten sind durch geopolitische Krisen deutlich störanfälliger geworden. Zudem verändert sich der internationale Wettbewerb: Neue Anbieter, vor allem aus Asien, erhöhen den Kostendruck

und verändern die Beschaffungsstrategien vieler Fahrzeughersteller.

Parallel dazu steigen die regulatorischen Bestimmungen stetig. Neue Normen und länderspezifische Zulassungsvorgaben müssen bereits in der Produktentwicklung berücksichtigt werden. Für Zulieferer bedeutet das, innovative und wirtschaftliche Lösungen bereitzustellen, die weltweit unterschiedlichste technische und gesetzliche Forderungen erfüllen.

Was unterscheidet die Bahntechnik aus Sicht eines Anbieters von Verbindungslösungen von anderen Industrien?

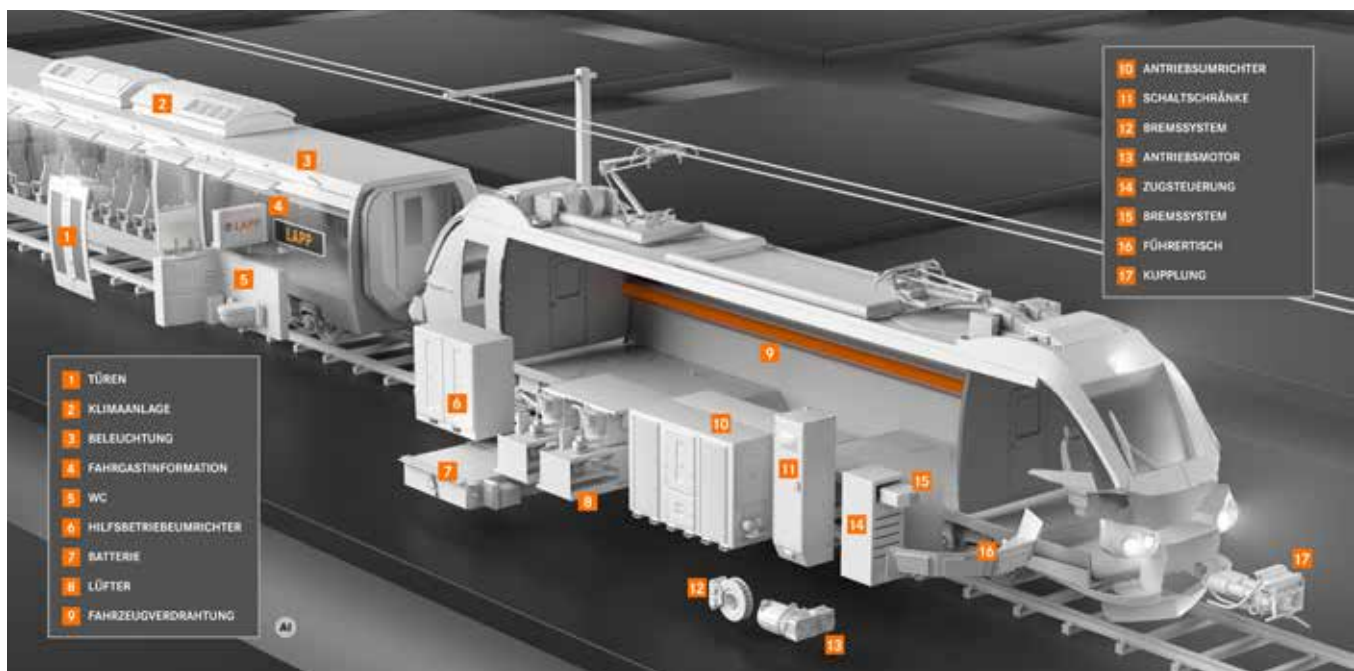
Die Bahntechnik zählt zu den am stärksten regulierten Industrien überhaupt. Das hat einen einfachen Grund: Im Personenverkehr steht die Sicherheit der Fahrgäste jederzeit an erster Stelle. Entsprechend hoch sind die Erwartungen an alle verbauten Komponenten, auch an Verbindungslösungen. Nationale und internationale Normen definieren viele Produkteigenschaften bis ins Detail, etwa beim Brandschutz. Das macht die Entwicklung anspruchsvoll, gewährleistet aber zugleich ein Höchstmaß an Sicherheit und Zuverlässigkeit. Für uns bedeutet das, ein sehr breites Portfolio bereitzustellen, das unterschiedlichste technische Kriterien und weltweite Standards erfüllt.

Außerdem müssen Verbindungslösungen über Jahrzehnte hinweg zuverlässig funktionieren, und das oft unter extremen Bedingungen. Sie sind permanent Vibrationen und mechanischen Belastungen ausgesetzt, müssen Ölen, Reinigungsmitteln und anderen chemischen Einflüssen standhalten und sowohl bei großer Hitze als auch bei extremer Kälte zuverlässig arbeiten.

Welche Bedeutung haben globale Entwicklungs-, Produktions- und Lieferstrukturen für internationale Bahnprojekte?

Globale Entwicklungs-, Produktions- und Lieferstrukturen sind heute ein entscheidender Erfolgsfaktor für internationale Bahnprojekte. Viele Länder knüpfen öffentliche Ausschreibungen inzwischen an sogenannte Local-Content-Anforderungen. Das bedeutet, dass ein erheblicher Teil der Wertschöpfung vor Ort erfolgen muss. Entsprechend wichtig ist es, Produktionskapazitäten und Lieferketten international aufzustellen und gleichzeitig regionale Richtlinien sicher einzuhalten.

Ebenso wichtig ist eine enge Zusammenarbeit in der Konzeption. So können regionale Normen und Marktanforderungen frühzeitig berücksichtigt und technologische Erfahrungen aus verschiedenen



Moderne Schienenfahrzeuge benötigen leistungsfähige Verbindungs- und Datenübertragungslösungen. Die Kabel- und Verbindungstechnik von LAPP trägt dazu bei, digitale Systeme, Kommunikation und Energieversorgung im Zug zuverlässig zu vernetzen.

Märkten zusammengeführt werden. Zugleich gewinnen resiliente Lieferketten an Bedeutung. Geopolitische Krisen, unterbrochene Transportwege und steigende Logistikkosten haben gezeigt, wie wichtig es ist, flexibel produzieren und liefern zu können. Deshalb setzen wir auf eine globale Aufstellung mit regionaler Nähe zu unseren Kunden. So können wir internationale Projekte erfolgreich begleiten und auf lokale Wünsche entsprechend eingehen.

Wie schafft LAPP mit seinem Lösungsportfolio einen konkreten Mehrwert für Kunden in der Bahntechnik?

Unsere Kunden profitieren vor allem davon, dass wir weit mehr als einzelne Kabel anbieten. Unser Portfolio umfasst nahezu die gesamte Verbindungstechnik – von Kabeln und Leitungen über Kabelverschraubungen, Kabelschutz- und Kennzeichnungssysteme bis hin zu Steckverbindern und konfektionierten Lösungen. So können wir für viele Anwendungen durchgängige Verbindungslösungen aus einer Hand bereitstellen. Gerade kleine und mittlere Systemlieferanten profitieren davon, ihren Einkauf

zu bündeln und die Zahl ihrer Lieferanten zu reduzieren. Hinzu kommt unsere Lagerstrategie: Viele Produkte sind kurzfristig verfügbar, sodass auch kleinere Mengen schnell geliefert werden können. Das erhöht die Flexibilität und hilft unseren Kunden, Lagerbestände und Materialüberschüsse zu vermeiden.

Große Schienenfahrzeughersteller haben dagegen andere Ansprüche. Sie beziehen ihre Komponenten in der Regel von hochspezialisierten Anbietern. Entscheidend sind deshalb vor allem eine hohe Liefersicherheit, die Fähigkeit, kundenspezifische Produkte im Projektgeschäft bereitzustellen, und eine reibungslose Umsetzung komplexer Beschaffungsprogramme. Genau darauf haben wir unsere Prozesse ausgerichtet.

Gerade bei internationalen Bahnprojekten kommt ein weiterer Vorteil hinzu. Dank unserer globalen Entwicklungs-, Produktions- und Lieferstrukturen können wir regionale Ansprüche, lokale Wertschöpfungsvorgaben und komplexe Logistikkonzepte zuverlässig abbilden. So begleiten wir unsere Kunden weltweit, von der Konzeption bis zur termingerechten Lieferung.

Welche Veränderungen werden die Bahntechnik in den kommenden Jahren nachhaltig prägen – und wie bereitet sich LAPP darauf vor?

Die Bahntechnik wird sich in den kommenden Jahren vor allem entlang zweier Entwicklungen verändern: Nachhaltigkeit bleibt ein wichtiger Innovationstreiber. Gleichzeitig werden Hersteller ihre Beschaffungs- und Produktionsstrategien neu ausrichten. Regionale Wertschöpfung, zuverlässige Lieferbarkeit und wirtschaftliche Fertigung miteinander in Einklang zu bringen, wird zu einer der zentralen Herausforderungen der gesamten Branche.

Darauf stellen auch wir uns ein. So haben wir beispielsweise Produktionskapazitäten in Indien aufgebaut, um Kunden vor Ort besser unterstützen und regionale Kriterien erfüllen zu können.

Darüber hinaus prüfen wir den Ausbau weiterer Fertigungskapazitäten in Europa sehr genau, um Lieferketten robuster zu gestalten und auch näher an hiesigen Kunden zu produzieren. So verbinden wir die Vorteile einer globalen Organisation mit der Flexibilität regionaler Wertschöpfung.

MIT SNAP IN VERDRAHTUNGSPROZESSE DEUTLICH BESCHLEUNIGEN

Wenn es schnell gehen muss

Die Bahnindustrie steht vor der Herausforderung, höchste Sicherheits- und Qualitätsstandards unter zunehmend komplexen Betriebsbedingungen zu erfüllen. Dabei spielen normgerechte elektrische Verbindungen eine entscheidende Rolle. Die SNAP IN-Anschluss-technologie bietet innovative Lösungen, um diese Anforderungen umzusetzen.

TEXT: Weidmüller BILDER: Weidmüller; iStock, YinYang





SNAP IN ist flexibel einsetzbar und kann verschiedene Leiterarten und -querschnitte aufnehmen.

Die SNAP IN-Anschluss-technologie bietet der Bahnindustrie eine zukunftsweisende Lösung für elektrische Verbindungen. Durch ihre einfache, werkzeuglose Handhabung und hohe Sicherheit setzt sie neue Maßstäbe bei der Verdrahtung von Schienenfahrzeugen. Die zuverlässige Verbindung von starren und flexiblen Leitern, mit oder ohne Aderendhülsen, ermöglicht eine erhebliche Zeitersparnis während der Verdrahtung von bis zu 80 Prozent im Vergleich zur herkömmlichen federbasierten Anschluss-technologie. Die frontale Verdrahtung erleichtert zudem die Zugänglichkeit, selbst in engen Schaltschrankräumen, und reduziert dadurch mögliche Fehlerquellen. Darüber hinaus ist das Design der SNAP IN-Reihenklammern optimal auf automatisierte Verdrahtungsprozesse abgestimmt. Das steigert die Effizienz in der Fertigung weiter und reduziert die Durchlaufzeiten.

Die federbasierte Anschluss-technologie gewährleistet einen konstant hohen Kontaktdruck, sodass Verbindungen selbst bei starken Vibrationen und Schocks im Bahnbetrieb sicher und dauerhaft zuverlässig bleiben. Die sichere Kontaktqualität verhindert Korrosion und sorgt für eine lange Lebensdauer der Verbindungen. Was die Benutzerfreundlichkeit betrifft, so zeichnet sich die SNAP IN-Technologie durch eine intuitive Handhabung aus. Das Einführen der Leiter erfolgt ohne Kraftaufwand; die erfolgreiche Kontaktierung wird akustisch durch ein hörbares „Klick“ und optisch durch eine Erhöhung des grünen Pushers bestätigt. Integrierte Prüfabgriffe ermöglichen zudem schnelle und sichere Messungen, ohne dass die Verbindung gelöst werden muss. Die Technologie ist flexibel einsetzbar und kann verschiedene Leiterarten und -querschnitte aufnehmen, was ihre Anwendung im Bahnbereich besonders vielseitig macht. SNAP IN vereint zahlreiche Vorteile, die den hohen Anforderungen der Bahnindustrie an Sicherheit, Zuverlässigkeit und Effizienz gerecht werden.

Der Anschluss ermöglicht nicht nur schnellere Installationen und reduzierte Wartungskosten, sondern trägt auch entscheidend

zur Betriebssicherheit moderner Schienenfahrzeuge bei. Angesichts der steigenden Komplexität und der strengen Normvorgaben stellt SNAP IN eine zukunftsfähige Lösung für die elektrische Verbindungstechnik im Bahnbereich dar.

Normative Anforderungen als Grundlage für zuverlässige Systeme

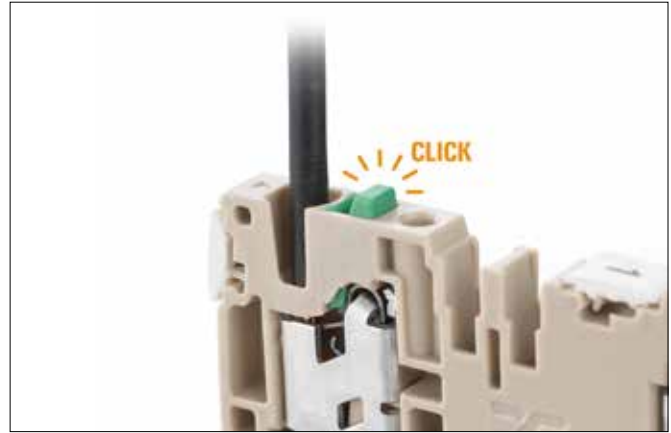
Um die technische Sicherheit zu gewährleisten, sind vor allem Schock- und Vibrationsfestigkeit nach EN 61373 sowie die Brandschutzanforderungen nach EN 45545-2 zu erfüllen. Diese Kriterien sind für die Anschluss-technologie die entscheidenden Merkmale, damit sie Geräte für Schienenfahrzeuge nach EN 50155 eingesetzt werden kann. Die EN 50155 definiert neben Schock- und Vibrationsfestigkeit und Brandschutz auch, welche Betriebsbedingungen für die Geräte in Bezug auf Umwelteinflüsse wie Temperatur und Luftfeuchtigkeit beherrscht werden müssen, um eine robuste und langlebige Funktionalität der Systeme sicherzustellen. Für Innovationen in Bahnsystemen gilt es, neben den technologischen aber auch die prozessualen Aspekte zu beachten. Diese werden aufbauend auf der ISO 9001 über das bahnspezifische Qualitätsmanagementsystem ISO 22163 (ehemals IRIS) überwacht und auf mögliche Risiken bewertet. Dabei gilt es durch Innovationen Produktqualität und Sicherheit kontinuierlich zu verbessern, ohne dabei unzulässige Risiken einzugehen. Dies gewährleistet, dass sämtliche Komponenten im rauen Umfeld des Schienenverkehrs zuverlässig funktionieren und höchste Sicherheitsstandards erfüllen.

SNAP IN-Technologie in Traxx-Lokomotiven und der Münchener S-Bahn

Im Rahmen des Projekts S-Bahn München der Siemens Mobility kommen SNAP IN-Klemmen in vielfältigen Anwendungen zum Einsatz. Sie übernehmen zentrale Aufgaben in der Bordnetzverteilung sowie bei der Potentialverteilung der Zugsteuerungs-



Die SNAP IN-Technologie ermöglicht eine schnelle und fehlerfreie Verdrahtung in beengten Einbausituationen.



Der SNAP IN-Anschluss rastet hör- und fühlbar ein – der grüne Pusher signalisiert die sichere Klickverbindung.

leitungen – sowohl in den E-Gerätecontainern auf dem Dach als auch im Innenraum und im Unterflurbereich der Fahrzeuge. Darüber hinaus sorgen sie für eine stabile Stromversorgung von Anzeige- und elektrischen Heizeinrichtungen. Auch im Führerpult leisten die SNAP IN-Klemmen einen wichtigen Beitrag zur sicheren und effizienten Verteilung von Schaltsignalen und stellen die zuverlässige Weiterleitung automatisch erfasster Sensorsignale an Modulsteuergeräte sicher, etwa an die Brake Control Unit.

In Traxx-Lokomotiven von Alstom kommen SNAP IN-Klemmen in zahlreichen Anwendungen des Steuer- und Hilfsstrombereichs zum Einsatz. Sie übernehmen zentrale Aufgaben in der Bordnetz- und Potentialverteilung innerhalb des Fahrzeugs. Darüber hinaus unterstützen sie die sichere Verteilung von Schaltsignalen und die zuverlässige Weiterleitung von Sensorsignalen an Steuergeräte.

In Schienenfahrzeugen wie den Traxx-Lokomotiven (Alstom) und den neuen S-Bahn-Zügen für München (Siemens Mobility) ist ein zuverlässiger und wartungsarmer Anschluss entscheidend. Der werkzeuglose Anschluss mit automatischer Kontaktierung reduziert die Montagezeit erheblich und bietet Vorteile bei Serienanfertigungen. SNAP IN ermöglicht eine schnelle und fehlerfreie Verdrahtung in beengten Einbausituationen und gewährleistet unter starker Vibration eine dauerhaft sichere Verbindung. Die sichere Kontaktierung minimiert das Risiko von Verbindungsfehlern, die zu Ausfällen oder Sicherheitsproblemen führen könnten. Damit erfüllt die SNAP IN-Technologie die Anforderungen an Betriebssicherheit und Effizienz in Schienenfahrzeugen.



InnoTrans 2026
Halle 12, Stand 270

MES THE CONNECTOR

Zusammengesteckt

Kollektive Kabelkreationen mit dem Plus an Raffinesse: Einfach vorzüglich.
JETZT GENIESSEN!

mes-electronic.de



PÜNKTLICHE ZÜGE – KEINE UTOPIE

Damit Züge wieder pünktlich fahren, braucht es vor allem: weniger Störungen, bessere Steuerung, schnellere Entscheidungen. Genau das liefern digitale Stellwerke, ETCS und automatisierte Leit- und Sicherungstechnik – sie erhöhen Kapazität, weil sie Fahrwege präziser freigeben und Verspätungen weniger „weiterreichen“. Mit Sensoren, Datenanalyse und KI wird Instandhaltung planbarer: Defekte werden erkannt, bevor sie den Betrieb stoppen. Ergänzt durch energiesparende Antriebe sinken Kosten und Ausfälle. Deshalb haben wir Unternehmen gefragt: Welche Technologien, Lösungen, Services oder Themen stehen bei Ihnen auf der InnoTrans im Mittelpunkt?

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



BJÖRN MANDERBACH

Dassault Systèmes zeigt auf der InnoTrans, wie virtuelle Zwillinge und industrielle KI auf der 3DEXperience-Plattform zu zentralen Bausteinen der digitalen Transformation im Bahnsektor werden. Die Lösungen ermöglichen es Bahnunternehmen, den gesamten Lebenszyklus von Bahnsystemen – von Infrastrukturplanung und Fahrzeugentwicklung über Fertigung bis hin zu Betrieb und Instandhaltung – durchgängig zu vernetzen. Damit unterstützen wir die Branche dabei, Entwicklungs- und Betriebsprozesse zu optimieren, Risiken zu reduzieren und die Zukunft des Schienenverkehrs schneller, resilienter und effizienter zu gestalten.

DELMIA Industry Process Consultant
Director, Dassault Systèmes



InnoTrans 2026
Halle 2.1, Stand 855



ARNO DE RUYTER

Die Sicherheit im Schienenverkehr hängt von einer Stromversorgung ab, die niemals ausfällt. Auf der InnoTrans 2026 präsentiert Delta Electronics Lösungen, die Signaltechnik, Stellwerke und Systeme entlang der Strecke zuverlässig absichern – in Bahnhöfen, Tunneln und auf Brücken. Damit tragen sie zum Schutz von Fahrgästen, Mitarbeitenden und der Bahninfrastruktur bei. Zu den Highlights zählen die modulare USV DPH Gen 3 und die Ultron IPT Series UPS für sicherheitskritische Anwendungen, die kompakte 6-kVA-USV, der Gleichrichter DPR 4000 EnerGE (bis zu 98 Prozent Wirkungsgrad), Lithium-Ionen-Batterien der TEB-Serie in Kombination mit den CellID-Racksystemen sowie der ORION Controller für intelligentes Monitoring. Delta verbindet Resilienz, Effizienz und intelligentes Management für einen sicheren Bahnbetrieb rund um die Uhr.

Solution & Value Marketing Manager,
ICTBG EMEA, Delta Electronics



InnoTrans 2026
Halle 9, Stand 231



ANDREAS SALIG

Im Mittelpunkt unseres Messeauftritts auf der InnoTrans stehen energieeffiziente und robuste Lösungen für zentrale Anwendungen der Bahntechnik. Besucher erhalten Einblicke in unser Portfolio für Klimatisierung, Elektronik- und Traktionskühlung – von der neuen HighSpeed-Turbokompressor-Technologie über die speziell für den Schienenverkehr entwickelte AxiEco Track Baureihe bis hin zu leistungsstarken RadiCal- und RadiPac-Lösungen. Ein weiterer Schwerpunkt ist die Integration natürlicher Kältemittel. Damit zeigen wir, wie sich Effizienz, Zuverlässigkeit und Zukunftsfähigkeit in Bahnanwendungen miteinander verbinden lassen.

Team Leader, Air Technology –
Transportation, ebm-papst



InnoTrans 2026
Halle 3.1, Stand 380



PHILIPP LAZIC

Finder auf der InnoTrans 2026: Vom 22. bis 25. September präsentiert Finder in Berlin sein Bahnportfolio. Gezeigt werden Komponenten zur Steuerung von Licht und Klima im Zug, Lösungen für den Fahrerstand sowie zur Türsteuerung und USB-C-Lademöglichkeiten für Fahrgäste. Auch für die Bahninfrastruktur und Signalanlagen bietet Finder passende Komponenten. Zahlreiche Produkte sind Aucoteam-geprüft und rolling-stock-tauglich. Besuchen Sie uns und entdecken Sie zukunftsfähige Technik für den Schienenverkehr.

Leitung Marketing & Kommunikation,
Finder



InnoTrans 2026
Halle 17, Stand 470



MATHEUS GOMES

Mit dem MPT-3110R stellt FORTEC auf der InnoTrans ein robustes Computersystem für moderne Bahn-Anwendungen vor. Zertifiziert nach EN50155/ EN45545-2, ist die Plattform für anspruchsvolle Umweltbedingungen konzipiert. Der Atom-Prozessor der x7000RE Serie liefert Performance bei effizientem Energieverbrauch. Zudem ermöglichen Komponenten wie M12-Steckverbinder, Ignition-Control, Dual-Gigabit-Ethernet, CAN-FD, flexible GPIOs und zwei SIM-Slots sichere Kommunikation und einfache Integration. Der flexible Speicherschacht erleichtert Wartung und Austausch – ideal für Fahrgastinformation, Condition Monitoring und Gateway-Funktionen.

Sales Transport & Defence,
FORTEC Integrated



InnoTrans 2026
Halle 11.1, Stand 360



MATTHIAS FRITSCHÉ

Die Kommunikationstechnik in der Bahnindustrie befindet sich im Wandel: Etablierte BUS-Systeme werden zunehmend durch Ethernet-basierte Lösungen ersetzt. Auf der InnoTrans 2026 präsentiert die HARTING Technologiegruppe neue Verbindungslösungen für den sicheren Aufbau leistungsfähiger Ethernet-Netzwerke im Zug. Als Spezialist für Bahnanwendungen zeigt HARTING M12-Rundsteckverbinder, das umfangreiche DIN-41612-Portfolio für Racksysteme sowie Wagenübergangslösungen. Ergänzt wird das Angebot durch robuste und platzsparende Lösungen für die sichere Datenübertragung in und zwischen Geräten, etwa für Leittechnik, Fahrgastinformation und Steuerungstechnik.

Senior Specialist Ethernet Connectivity,
HARTING



HERMANN PÜTKE

Wir stellen 2026 erstmals auf der InnoTrans aus, sind im Markt „Transport und Verkehr“ jedoch seit mehr als 25 Jahren zu Hause. Wir entwickeln kundenspezifische Stromversorgungen für Bahn, Bus, Straßenbahn und Nutzfahrzeuge – mit Design und Produktion Made in Germany. Unser Anspruch sind robuste, normgerechte und energieeffiziente Lösungen, die dank konsequentem Lifecycle Management über zehn, 15 oder 20 Jahre planbar verfügbar bleiben. In Berlin möchten wir unsere technologische Kompetenz zeigen, Anforderungen früh verstehen und gemeinsam mit unseren Kunden zukunftsresiliente Produkte mit maximalem Nutzen gestalten.

Geschäftsführender Gesellschafter,
inpotron Schaltnetzteile



RICHARD NEUSSL

Unser InnoTrans-Auftritt steht ganz unter dem Motto „We Create FRMCS.“ Besucher erleben bei uns das gesamte FRMCS-Portfolio aus einer Hand – vom cloud-nativen 5G Core über unser Next-Gen RAN bis hin zu MCx als strategischem Wegbereiter in die FRMCS-Welt. Zudem geben wir Einblicke in Konzepte wie White Space, unsere innovative Lösung für die parallele Nutzung von GSM-R und FRMCS, und präsentieren unsere End-to-End-Services entlang des gesamten Lebenszyklus. Kontron Transportation steht seit 30 Jahren für führende Kompetenz im betriebskritischen Bahnfunk. Wer unseren Stand besucht, wird verstehen, warum wir auch in der FRMCS-Ära der Nummer-1-Partner für Bahnen bleiben werden.

Managing Director,
Kontron Transportation



CHRISTIAN KÄMMERER

Auf der InnoTrans steht bei uns die automatisierte, hochpräzise Schienenvermessung im Mittelpunkt. Unsere 3D Profile Unit erfasst mit mehreren Laserprofilscannern der Reihe scanCONTROL Richtung, Höhe und Abstand der Schienen berührungslos, schnell und hochauflösend. Durch die Zusammenführung der Messdaten in einem gemeinsamen Koordinatensystem entstehen aussagekräftige 2D-Profil und 3D-Punktwolken. So werden selbst kleinste Defekte zuverlässig erkannt, direkt ausgewertet und die Ergebnisse nahtlos an übergeordnete Steuerungen übergeben. Damit trägt die 3D Profile Unit zu mehr Sicherheit und einer planbaren und effizienten Instandhaltung bei.

Leiter Vertrieb 2D/3D,
Micro-Epsilon Messtechnik



InnoTrans 2026
Halle 12, Stand 310



InnoTrans 2026
Halle 17, Stand 240



InnoTrans 2026
Halle 4.1, Stand 650



InnoTrans 2026
Halle 27, Stand 170

**THOMAS
KATH**

SAB Bröckskes präsentiert auf der InnoTrans die neue SABIX® R flex Data IQ – eine Hochleistungs-Datenleitung für Schienenfahrzeuge, die den steigenden Anforderungen der Digitalisierung gerecht wird. SABIX® R flex Data IQ unterstützt moderne Multimediasschnittstellen wie DVI Dual-Link, HDMI, DisplayPort sowie USB 3.0 und USB 3.2 Gen 1x1. Sie erfüllt die Anforderungen der EN 45545-2 (R15 EL1A, R16 EL1B, HL1/HL2) und ISO 6722 (UN/ECE R118). Diese Leitung bietet zudem eine hohe mechanische Flexibilität sowie eine ausgezeichnete Beständigkeit gegenüber Öl und Kraftstoffen. SAB Bröckskes verbindet mit dieser Leitung die leistungsfähige Datenübertragung und maximale Sicherheit im Schienenverkehr.

Abteilungsleiter Bahntechnik,
SAB Bröckskes

**JAMAL
BOURAADA**

WAGO zeigt auf der InnoTrans 2026 sein breites Lösungsportfolio für nahezu alle Anwendungen der Bahnindustrie. Als Pionier der Verbindungstechnik brachte WAGO bereits 1977 als erster Hersteller Federklemmtechnik in DB-Reisezugwagen und setzte damit neue Maßstäbe für Zuverlässigkeit und Wartungsfreundlichkeit. Heute ist nahezu das gesamte Klemmenportfolio „Ready for Rail“ und erfüllt die maßgeblichen Bahnnormen wie bspw. EN 50155 und EN 45545. Im Mittelpunkt stehen außerdem die robusten XTR-Systeme für Automatisierungsaufgaben in Rolling Stock, Stellwerken, Signaltechnik und Infrastruktur sowie die erstmals für Railway-Anwendungen getesteten Pro 2-Netzgeräte. Individuelle Lösungen des internationalen WAGO Railway Teams runden das Angebot ab.

Global Industry & Strategic Account
Manager, WAGO



InnoTrans 2026
Halle 14.1, Stand 200



InnoTrans 2026
Halle 13, Stand 300

TECHFRAME 40 FireShield

Der Schaltschrank fürs Extreme

Feuerfest bis E30 und
geschützt nach IP54



Live auf der
InnoTrans in Berlin

Halle 2.2 EG
Stand 250

www.elma.com

CONNECTIVITY IM SCHIENENVERKEHR

Bahn frei für Steckverbinder

Wenn Züge immer digitaler werden, hängt stabile Connectivity oft an unscheinbaren Bauteilen: Steckverbindern. Sie müssen Datenkommunikation und Energiefluss zuverlässig sichern – trotz Vibrationen, Feuchtigkeit, Klima-Stress und strenger Brandschutzvorgaben. Genau diese Anforderungen machen Verbindungstechnik zum stillen Schlüssel für die vernetzte Bahn.

TEXT: Binder BILDER: Binder; iStock, mycola

Der Schienenverkehr wird in Zukunft eine immer wichtigere Rolle spielen. Getrieben von der Mobilitätswende und Investitionen in die Infrastruktur wird dieser moderner, vernetzter und effizienter. In diesem Kontext nehmen Steckverbinder, die eine nahtlose Kommunikation zwischen unterschiedlichen Subsystemen ermöglichen, eine Schlüsselrolle ein. Doch Steckverbinder für den Schienenverkehr müssen hohe Anforderungen an Brandschutz und mechanische Belastbarkeit erfüllen und daher spezielle Prüfungen und Qualifizierungen durchlaufen.

Bahnunternehmen und Staaten investieren weltweit stark in die Infrastruktur, Digitalisierung und Automatisierung rund um den Bereich Schienenverkehr. Vernetzte Systeme und digitale Technologien tragen dazu bei, den Bahnverkehr effizienter, sicherer und umweltfreundlicher zu gestalten. Beispielsweise ermöglichen automatisierte Prozesse, alternative Antriebstechnologien und smarte Infrastrukturlösungen eine bessere Nutzung

bestehender Kapazitäten und eine Reduktion von CO₂-Emissionen. Diese Entwicklungen erfordern Steckverbinder, die den rauen Umgebungseinflüssen im Bahnbereich standhalten und gleichzeitig die erforderliche Connectivity liefern. Potenzielle Einsatzbereiche erfordern eine breite Palette von Technologien, die zum Beispiel die Kommunikation sowohl innerhalb von Zügen als auch zwischen Zügen, der Infrastruktur und dem Bahnpersonal sicherstellen. Steckverbinder sind dabei ein elementarer Bestandteil, da sie für die zuverlässige Verbindung zwischen den verschiedenen Subsystemen sorgen.

Steckverbinder für die Bahnbranche müssen hochleistungsfähig sein

Produkte müssen nicht nur extremen Umweltbedingungen standhalten, sondern auch höchste Anforderungen an Dichtigkeit und mechanische Belastbarkeit erfüllen. Beispielhaft dafür ist die X-kodierte M12-Verbindungsleitung.



Binder testet und qualifiziert seine Produkte im Hinblick auf strenge branchenspezifische Normen wie für die Bahntechnik.

„Die Einsatzgebiete unserer Steckverbinder für die Bahnindustrie sind sowohl in den Schienenfahrzeugen – zum Beispiel in Bremssystemen, Türsteuerungen und Fahrgastinformationssystemen – als auch in der Infrastruktur zu finden, beispielsweise in Kamera- oder Beleuchtungssystemen an Bahnsteigen“, erklärt Lucas Lochbihler, Produktmanager bei Binder.

Einhaltung internationaler Normen als wesentliche Voraussetzung

Um bestehende Katalogprodukte an die spezifischen Kriterien der Bahnbranche anzupassen, testet und qualifiziert binder seine Produkte im Hinblick auf strenge branchenspezifische Normen. So regelt beispielsweise die DIN EN 50155, wie elektronische Geräte, die in Schienenfahrzeugen eingesetzt werden, konstruiert, getestet und zertifiziert werden müssen. Eine speziell für Steckverbinder definierte Norm im Bereich der Schienenfahrzeuge ist die DIN EN IEC 62847. Diese definiert die Leistungsanforderungen und Prüfungen für Steckverbinder im Niederspannungsbereich.

Die DIN EN 61373 ist Teil der DIN EN 50155 und behandelt die Prüfung von Erschütterungen und Schwingungen, denen Bauteile in Schienenfahrzeugen ausgesetzt sind. Sie stellt sicher, dass mechanische und elektrische Komponenten wie Steckverbinder während des Betriebs den Vibrationen und Stößen standhalten, ohne ihre Funktionalität oder Sicherheit zu verlieren. Hierfür sind insbesondere Varianten mit Crimp-Anschluss geeignet, da diese im Hinblick auf Schock und Vibration sehr zuverlässig sind. Unabhängig davon sind auch die Binder-Produkte mit Schraubklemmanschluss gemäß dieser Norm geprüft und freigegeben. Eine spezielle Brandschutznorm stellt die DIN EN 45545-2 dar. Sie regelt die Feuerbeständigkeit von Materialien und Bauteilen



Steckverbinder müssen extremen Umweltbedingungen standhalten, auch Dichtigkeit und mechanische Belastbarkeit sind wichtig.

in Schienenfahrzeugen und definiert Anforderungen hinsichtlich der Resistenz gegen Entzündung, Flammenausbreitung und Rauchentwicklung. Hierbei werden anhand verschiedener Faktoren die Anforderungen an die Produkte festgelegt. Zum einen gibt es drei Gefährdungsstufen HL1, HL2 und HL3 (en: hazard level; HL), die in Abhängigkeit der Betriebs- und Bauartklasse des Schienenfahrzeugs festgelegt werden. Zum anderen gibt es 27 Anforderungssätze, R1 bis R27 (en: requirement set; R), welche verschiedene Vorgaben an die Komponente, in Abhängigkeit von Einsatzgebiet und Beschaffenheit, stellen. Beispielsweise ist der Anforderungssatz 26 beziehungsweise R26, welcher definiert, dass die im Produkt eingesetzten Kunststoffe eine UL-V0-Klassifizierung haben müssen, eine gängige Vorgabe für verschiedene Anwendungen in Schienenfahrzeugen.

Bahnindustrie als Motor der Mobilitätswende

Die Mobilitätswende wird den Bedarf an nachhaltigen Transportlösungen weiter verstärken. Durch den Einsatz von hochwertigen Connectivity-Lösungen, die die Vernetzung und Digitalisierung vorantreiben, wird der Schienenverkehr nicht nur effizienter und sicherer, sondern auch umweltfreundlicher. Hersteller wie binder, die ihre Steckverbinder an die spezifischen Anforderungen der Bahnindustrie anpassen und weiterentwickeln, leisten dabei einen wichtigen Beitrag zur Zukunftsfähigkeit des Bahnverkehrs.

Lucas Lochbihler resümiert: „Die Bahnbranche bietet zahlreiche Anwendungsmöglichkeiten für unsere Steckverbinder. Sie ist für uns ein hochspannender Markt, der vor allem im Zusammenhang mit der Mobilitätswende immer relevanter wird – wir möchten in Zusammenarbeit mit unseren Partnern unseren Teil dazu beitragen, die Transformation erfolgreich zu gestalten.“

113,3

Quelle: FBDi (Stand: 03. 08. 2026)

Prozent mehr Umsatz: Mit 1,0 Milliarden Euro im zweiten Quartal 2026 legt die Elektronik-Distribution in Deutschland laut FBDi gegenüber dem Vorjahresquartal kräftig zu. Doch der Boom steht auf wackligen Füßen.

Die Distribution von Elektronikbauelementen in Deutschland verzeichnet weiterhin ein starkes Wachstum. Die Lage bleibt geprägt von kapazitätsbedingten Verfügbarkeitsrisiken, fragilen Lieferketten, einem globalen Halbleitermarkt, der laut WSTS im Mai 2026 gegenüber dem Vorjahresmonat um 104 Prozent gewachsen ist, sowie einer dramatischen Preisentwicklung im Memory-Segment, die unmittelbar auf den DACH-Markt durchschlägt. Die starken Auftragseingänge lassen die Prognosen für 2026 deutlich steigen und signalisieren eine spürbare Erholung der Nachfrage. Gleichzeitig bleibt das Marktumfeld fragil. Spannende Beiträge aus der Elektronik-Distribution finden Sie ab Seite 40.



WIR DANKEN DEN PARTNERN DES **INDUSTRY.FORWARD SUMMIT 2026**



SAVE THE DATE
**INDUSTRY.FORWARD
SUMMIT 2027**

**30. JUNI + 1. JULI
2027**

Bewegung durch Perfektion

Unsere smarte Lösung für präzise Vibrationsmessung



Besuchen Sie uns!

22. – 25. September 2026
Berlin, Deutschland
Halle 3.1, Stand 720

ZAsset Vibration Client

Dank integriertem Sensor im Motor und der geführten Schwingungsanalyse mit dem ZAsset Vibration Client erhalten Sie aussagekräftige Ergebnisse zu Resonanzbereichen, ganz ohne zusätzliche Messgeräte.*

Die gleichzeitige **Messung aller Ventilatoren in einem einzigen Vorgang** ermöglicht eine schnelle und übersichtliche Auswertung. So lassen sich **Systeme ganzheitlich bewerten und gezielt optimieren** – effizient, zuverlässig und zukunftssicher.

* Der ZAsset Vibration Analysis Client in Verbindung mit ECblue Motoren von ZIEHL-ABEGG stellt kein kalibriertes Messsystem dar.



Mehr Informationen zum
ZAsset Vibration Client

ZIEHL-ABEGG