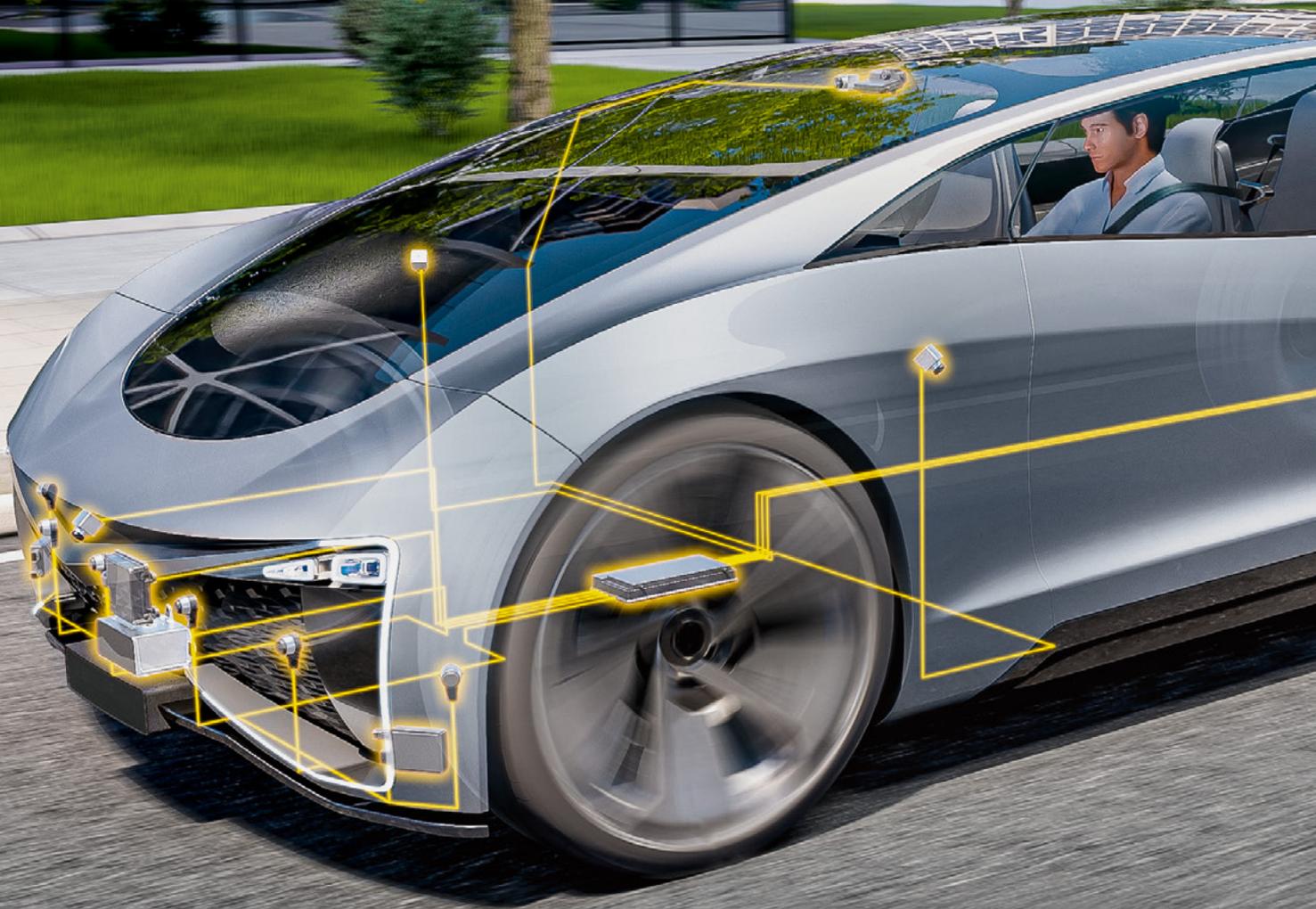


ATZ extra



HALBLEITER | OPTOELEKTRONIK

Full-Stack-Lösungen für
die autonome Mobilität

Continental 



Skalierbare Systemlösungen ebnen den Weg zur autonomen Mobilität

Die Kombination aus künstlicher Intelligenz und der immer größer werdenden Anzahl von Umfeldsensoren in neuen Fahrzeugen bildet die Grundlage für assistierte und automatisierte Fahrfunktionen. Dies erfordert skalierbare und wirtschaftliche Komplettlösungen. Continental und Ambarella entwickeln dafür Full-Stack-Lösungen basierend auf der CV3-AD-System-on-Chip-Familie als zentralisierter KI-Domänencontroller.



Dipl.-Ing. Peter Sättele
ist Leiter Produkttechnologie/
ADCU-Konzepte bei
Continental in Ulm.



Prof. Dr.-Ing. Alberto Broggi
ist General Manager VisLab
Automotive R&D bei Ambarella
in Parma (Italien).

Leistungsfähige Unterstützungsfunktionen wie abstandsgeregelter Tempomat (Adaptive Cruise Control, ACC), Spurwechselassistent und kartenbasiertes assistiertes sowie automatisiertes Fahren sind Schritte auf dem Weg zu Fahrzeugen mit autonomen Fahrfähigkeiten. Globale Automobilexperten haben ein Klassifizierungssystem entwickelt, das die verschiedenen Automatisierungsgrade eines Fahrzeugs definiert. Die Stufen reichen von Level 0 bis 5 (L0-L5). Das automatisierte Marktsegment wird in den kommenden Jahren stark wachsen, denn die technischen Voraussetzungen für autonome Lösungen sind immer besser erfüllt. So steigt die Zahl der installierten Umgebungssensoren im Fahrzeug stetig und damit verbessert sich die Datenbasis, mit der eine akkurate und umfassende KI-Modellierung der Fahrzeugumgebung möglich ist.

Voraussetzung ist eine für diesen speziellen Einsatzzweck optimierte Hardware und Software mit großer Rechenleistung und gleichzeitig möglichst geringem Energiebedarf. Außerdem verlangt eine Marktdurchdringung von autonomen Fahrfunktionen eine skalierbare Lösung, die große und vielfältige Sensor-Suiten handhaben kann sowie auch bei weitgehend gleichem Sensor-Mix für unterschiedlich anspruchsvolle Anwendungsfälle auslegbar ist. Der Kern einer solchen Lösung ist ein zentraler KI-Domänencontroller, der für alle autonomen Fahrfunktionen die Datenverarbeitung, eine tiefe Sensordatenfusion und das komplette Umfeldmodell bis zur Trajektorienplanung leistet. Der Domänencontroller muss eine große Anzahl von Signaleingängen und eine so hohe Rechenleistung haben, dass die Umgebungsmodellierung in Echtzeit beziehungsweise mit geringer Latenz

ablaufen kann. Angesichts der fortschreitenden Elektrifizierung des Antriebs ist es außerdem von zentraler Bedeutung, dass diese hohe Rechenleistung möglichst effizient erbracht wird.

Continental und Ambarella entwickeln eine solche Lösung, indem sie Sensorhardware mit der entsprechenden Software kombinieren. Der Hardwarekern bildet die CV3-AD-AI-System-on-Chip(SoC)- und damit die Domänencontroller-Familie von Ambarella. Zu diesen gehört der CVflow-Vektorprozessor der dritten Generation für künstliche Intelligenz. Das SoC verarbeitet und fusioniert die Daten von bis zu 24 Datenströmen aus zahlreichen Kameras, Radare, Lidare sowie Ultraschallsensoren. Die erste Anwendung dieser gemeinsamen Lösung wird als komplettes L4-Rückfallsystem in einem Nutzfahrzeug realisiert, das 2027 in Serie gehen soll, **BILD 1**. Darüber



© Continental



BILD 1 Die erste Komplettlösung von Continental und Ambarella wird als L4-Rückfallsystem in einem Nutzfahrzeug 2027 in Serie gehen (© Continental)



BILD 2 Eine leistungsfähige Bilddatenverarbeitung erhöht die Erkennungsleistung auch unter ungünstigen Umgebungsbedingungen (© Ambarella)

hinaus streben die Unternehmen weiterhin eine globale Serienproduktion im Jahr 2026 für eine breite Palette von Anwendungen für ihre skalierbaren Full-Stack-Systeme an, von Fahrerassistenz (Advanced Driver Assistance System, ADAS) und Level 2+ bis hin zu Level 4.

als auch Prozessoren für neuronale Netze (NN). Die CV3-AD-SoC-Familie kombiniert dabei die hohe Rechenleistung mit einem niedrigen Energieverbrauch (Strom- und Kühlbedarf), der teilweise auf die geringe Strukturweite von 5 nm zurückzuführen ist,

zu einem größeren Teil jedoch auf ein für die genannten Aufgaben hin optimiertes Design. Der typische Energiebedarf des SoC-CV3-AD685 liegt beispielsweise bei nur 30 W. Im Vergleich zu anderen SoCs kann dies für ein Elektrofahrzeug mit gleicher Batteriekapazität einen geschätzten Reichweitengewinn von mindestens 30 km bedeuten. Alternativ können die Batteriekosten deutlich gesenkt und die Batteriemasse bei gleichbleibender Reichweite um mehrere Kilogramm reduziert werden.

Eine Komplettlösung für ADAS bis hin zum autonomen Fahren erfordert eine breite Palette verschiedenartiger Kernkompetenzen. Dazu zählt ein tiefes Sensor-Know-how, das den kompletten Sensormix und damit die wesentliche Datenbasis der Umfelderkennung um das Fahrzeug herum abdeckt. Hinzu kommt spezifisches Software-Know-how in der ADAS-Domäne, wie maschinelles Sehen, Datenfusion sowie Trajektorienplanung und -regelung für ADAS-Anwendungen von NCAP über L2+ und L3 bis hin zu L4-Systemen, **BILD 3.**

UMFANG EINER KOMPLETTLÖSUNG

Der typische Sensormix in einem Fahrzeug mit umfassender Unterstützung macht deutlich, wie entscheidend die Rechenleistung eines Domänencontrollers ist. Realistisch sind hier künftig Sensorsuiten mit bis zu mehr als 30 Sensoren. Dazu gehören neben einem Dutzend Ultraschallsensoren 10 bis 15 Kameras, rund 10 Radare zuzüglich mehrerer Lidare. Der Datenfluss aus diesen Sensoren wird in separaten Feeds gebündelt, typischerweise in dedizierten Schnittstellen für Kamerasignale und je nach Architektur in einer (bei einer Zonenarchitektur) oder mehreren Ethernet-Schnittstellen für die Radar- und Lidarsensoren. Bei den Kamerasignalen hängt der Nutzen der Daten stark von der Bildverarbeitung ab. Nur mit leistungsstarken Algorithmen lassen sich auch unter ungünstigen Bedingungen verlässliche Informationen aus den Rohdaten gewinnen, **BILD 2.**

Für die Interpretation der Umgebungssituation muss im Domänencontroller sowohl die Infrastruktur für allgemeine Vektordatenverarbeitung vorhanden sein



BILD 3 Die Gesamtlösung wird in Anwendungen von ADAS über L2+ und L3 bis hin zu L4-Systemen integriert (© Continental)

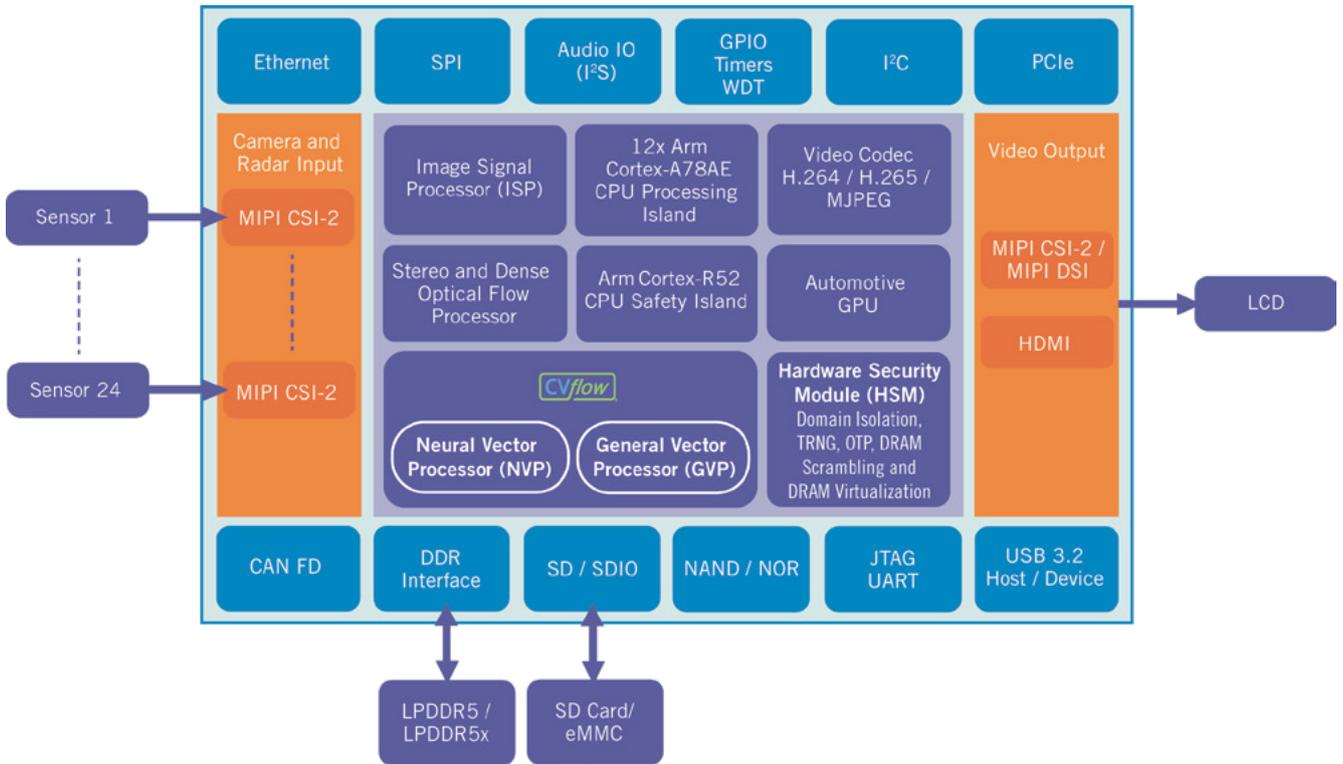


BILD 4 Blockschaltbild des SoC CV3-AD685 (© Ambarella)

EIGENSCHAFTEN DES SOC

Als erste Ausführung der CV3-AD-SoC-Familie wird der KI-Domänencontroller CV3-AD 685 in Produktion gehen. In diesem SoC sind 12 Arm-Kerne des Typs Cortex-A78AE als CPU integriert. Weitere zentrale Hardware und Software umfasst die Bildsignalverarbeitung (Image Signal Processor, ISP), einen Prozessor für Stereokamerasignale, ein Video Codec, eine Automotive GPU für Visualisierungen, ein Hardware-Securitymodul, einen ebenfalls auf Arm-iSPx-Technologie beruhenden Sicherheitsprozessor sowie umfangreiche Peripherie und Schnittstellen. Als zentrales Element des Designs sind zwei leistungsfähige Vektorprozessoren für die KI sowie für die Paralleldatenverarbeitung zuständig, BILD 4.

Für die CV3-AD-SoC-Familie spricht aus Sicht des Tier 1 die effiziente Hardwarearchitektur, die das Ergebnis von zwei Herangehensweisen ist:

- Zum einen ist die Hardware konsequent nach den Anforderungen der Software ausgelegt („Algorithmus zuerst“). Funktionen, wie die Bildverarbeitung und die Fusion bis hin zur Trajektorienplanung, geben damit die Hardwarearchitek-

tur vor. Bereits beim Chipdesign wurden diese spezifischen Anwendungsfälle berücksichtigt.

- Zum anderen ist das SoC sehr energieeffizient und schnell, weil Engstellen, wie sie bei manch anderen SoC zu finden sind, bei der CV3-AD-Familie vermieden wurden. Beispielsweise ist die Nutzung der RAM-Schnittstellen bei diesem SoC besonders effizient gestaltet, ebenso die interne Kommunikation und die Datenströme.

BILD 5 zeigt einen Vergleich zwischen drei Leistungsparametern des CV3-High-Dev-SoC mit am Markt erhältlichen, vergleichbaren SoC. Sowohl bei der Rechenleistung als auch bei der Energieeffizienz und der RAM-Effizienz wird deutlich, in welchem Ausmaß die Entwickler bei der CV3-AD-SoC-Familie das Siliziumdesign optimiert haben. Zusätzlich wurden im Zuge der Entwicklung Hunderte von Netzwerktypen analysiert, um sicherzustellen, dass die SoC-Familie mit unter-

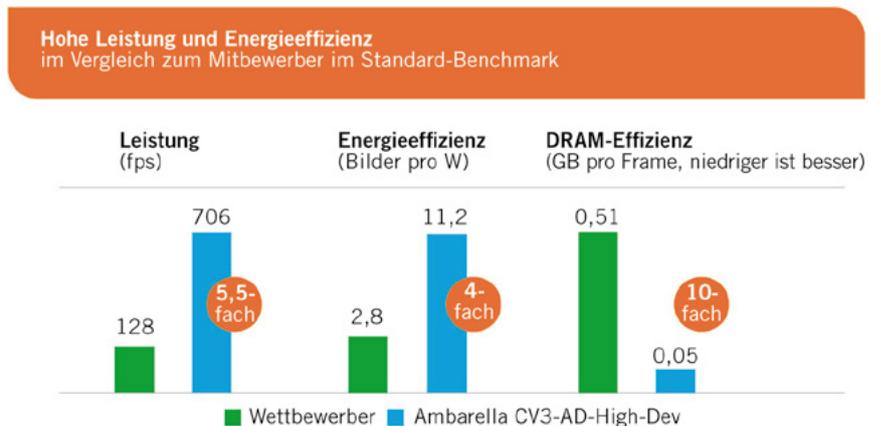


BILD 5 Vergleich zentraler Leistungsmerkmale des SoC CV3-AD-High-Dev mit am Markt erhältlichen, vergleichbaren SoC (© Continental)

Skalierbarkeit

Ambarella mit der skalierbarsten SoC-Plattform

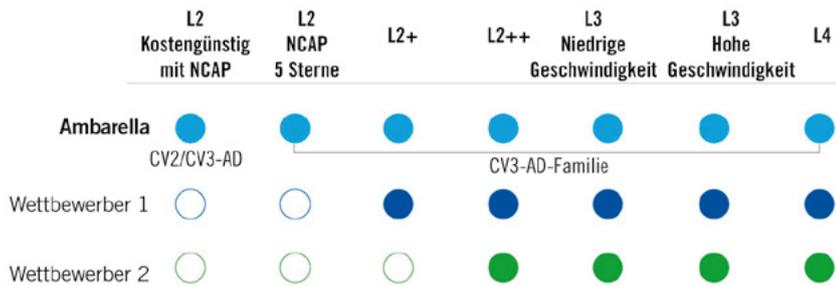


BILD 6 Skalierbarkeit verschiedener SoC im Vergleich (© Continental)

schiedlichsten Fahrzeugsystemarchitekturen kompatibel ist.

Im Vergleich zur vorherigen Generation der Prozessoren haben beispielsweise die neuronalen Vektorprozessoren (NVPs) der CVflow-KI-Engine – einem spezialisierten Hardwaremodul in allen SoCs der CV3-AD-Familie – innerhalb der CV3-AD-Familie eine bis zu 40-mal höhere Leistung. Hinzu kommt die Rechenkapazität für den generischen Vektorprozessor (GVP), mit dem die klassische Computer-Vision- und Radarverarbeitung beschleunigt wird. Außerdem sind in diesem Optimierungsfunktionen für die Aufbereitung von hochauflösenden Radarsignalen integriert. Ein integriertes Hardware-Security-Modul stellt fortschrittliche Cyber-Security-Elemente bereit, wie asymmetrische/symmetrische Kryptografie, einen sicheren Speicher, Schlüsselverwaltung, verschlüsselte Maschinelles-Sehen-Aufgaben, einen echten Zufallsgenerator und weitere Funktionen.

Die tiefe Datenfusion ist ein Beispiel für die Art der effizienten Verarbeitung, die auf der CVflow-AI-Engine von Ambarella implementiert werden kann. Die Pixel einer großen Anzahl hochauflösender Kameras sowie die Daten von Radaren und Echos von Ultraschall-Laserscannern oder Ultraschallsensoren werden dank eines neuronalen Netzes, das auf dem CV3-AD effizient läuft, auf niedrigem Niveau miteinander verschmolzen. Die hohe Rechenleistung dieses SoC ermöglicht es, die Rohdaten der vielen Sensoren mit hoher Bandbreite, die rund um das Fahrzeug angebracht sind, auf niedriger Ebene zu fusionieren, wodurch eine einzige Rekonstruktion der gesamten Fahrzeugumgebung erstellt werden kann. Da alle Sensoren zu dieser einzigen Darstel-

lung beitragen, gehören die Datenverluste durch dezentrale, hochrangige Fusion auf höherer Ebene (das heißt, die Fusion vorverarbeiteter Daten auf Objektebene von jedem Sensor mit einer begrenzten und teilweisen Sicht auf die Umgebung) der Vergangenheit an.

SKALIERBARKEIT

Entscheidend für die Skalierbarkeit der jeweiligen SoC-Derivate ist die Balance der in das SoC integrierten Ressourcen (neben den CPU-Kernen sind dies beispielsweise DSPs und NN-Prozessoren sowie die Hardwarebeschleuniger für bestimmte Bildaufbereitungsschnittstellen wie das Image-De-Warping und die Pyramidenbildung), die über sinnvolle Skalierungsstufen entscheidet, **BILD 6**.

Dabei richtet sich die Hardwareskalierung nicht nur nach Art und der Zahl der Sensoren, sondern nach den Anforderungen, die mit dem Anwendungsfall verbunden sind. So macht es einen großen Unterschied, ob mit einem gegebenen Kamerasatz lediglich ein Rundumbild zur Information für den Fahrer erzeugt wird, oder ob zusätzlich ein Spurwechsel durch Kamera-bilddatenverarbeitung unterstützt werden soll. In beiden Fällen liefern beispielsweise vier Kameras die Signale, die Aufbereitung der Bilddaten unterscheidet sich jedoch erheblich in ihren Ressourcenanforderungen.

Bei den Use Cases reicht die Spanne bei einer einzelnen Kamera beispielsweise vom einfachen ACC bis hin zu NCAP24/26-Lösungen mit autonomer Bremsfunktion auf Fußgänger in komplexeren Situationen. Allein die unter-

schiedliche Leistung der Personen-erkennung wirkt sich direkt auf die Ressourcenbilanz aus, abhängig von der Anzahl der Variationen in Größe, Kleidung und Körperhaltung, die wahrgenommen werden müssen. Vor diesem Hintergrund ist es von großem Vorteil, dass in der CV3-AD-SoC-Familie die internen Einheiten leicht skalierbar sind, je nachdem, ob eine bestimmte Ressource mehr oder weniger benötigt wird.

AUSBLICK

Ziel der Partnerschaft ist es, skalierbare Full-Stack-Fahrzeugsystemlösungen mit höchster Performance für ADAS bis hin zum autonomen Fahren zu entwickeln. Die Partner kombinieren Software- und Hardware-Know-how sowie das breite Portfolio an automobilen Systemlösungen von Continental mit der Expertise von Ambarella im KI-Bereich maschinelles Sehen sowie leistungsstarken SoCs und zusätzlichen Softwaremodulen.

Neben der Entwicklung von kamera-basierten Wahrnehmungslösungen für ADAS konzentrieren sich die Partner auf Komplettlösungen auf Basis von KI für weitere Automatisierungsstufen von Level 2+ bis hin zu L4. Diese Full-Stack-Systeme verfolgen einen Multisensoransatz, der hochauflösende Kameras, Ultraschall-, Radar- und Lidarsensoren sowie die dazugehörigen Steuereinheiten von Continental und die erforderliche Software umfasst. Ziel ist eine umfassendere und präzisere Umfelderkennung als Basis für leistungsfähige Fahrfunktionen im Interesse einer weiter erhöhten Sicherheit. Eine erste Serienlösung in Nutzfahrzeugen ist für 2027 geplant. Darüber hinaus streben die Unternehmen eine weltweite Serienproduktion für 2026 für ein breites Spektrum an Automobilanwendungen an.

IMPRINT

Sonderausgabe 2023 in Kooperation mit Continental Autonomous Mobility Germany GmbH, Ludwig-Erhard-Straße 3, 65760 Eschborn, Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Postfach 1546, 65173 Wiesbaden, Amtsgericht Wiesbaden, HRB 9754, USt-IdNr. DE81148419

GESCHÄFTSFÜHRER:

Stefanie Burgmaier | Andreas Funk | Joachim Krieger

PROJEKTMANAGEMENT: Anja Trabus

TITELBILD: © ???



Autonomes Fahren.

Wir machen es möglich!

Autonomes Fahren ist eines der großen Zukunftsfelder der Automobilindustrie. Cruisen, Parken, Fahrerloses Fahren, Human Vision und Sicherheitstechnologien bieten ungeahntes Potenzial, Mobilität nachhaltiger, komfortabler und vor allem sicherer zu machen.