



## Modulare Steckverbinder machen den Weg frei für Innovationen in der Automatisierung

Die Komplexität der elektrischen/elektronischen Architekturen von Kraftfahrzeugen ist atemberaubend, und sie nimmt weiter zu, da immer mehr Geräte und Datenkommunikations- und Stromkreise hinzugefügt werden, um den Kunden immer fortschrittlichere Funktionen zu bieten.

Die Kabelbäume heutiger Fahrzeuge können mehr als 2.000 Drähte und 600 Steckverbinder umfassen. Aufgrund der Größe und Flexibilität dieser Kabelbäume lässt sich der Montageprozess nur schwer automatisieren, und es kann 40 bis 80 Stunden dauern, bis ein einziger Kabelbaum von Hand zusammengebaut ist.

Die Umstellung auf modulare Steckverbinder wird entscheidend sein, um den Prozess der Kabelbaummontage stärker zu automatisieren. Modulare Steckverbinder ermöglichen die Erstellung vereinfachter Kabelbaumsätze, den Einsatz von automatisierten stecken der Kontaktteile "Auto plugging" und eine bessere Qualitätskontrolle. Ein ideales modulares Verbindungssystem bietet ein Höchstmaß an Flexibilität bei der Anzahl und den Arten von Verbindungen, während gleichzeitig standardisierte Abmessungen für die Verwendung mit automatisierten Systemen beibehalten werden. Richtig gemacht, kann diese eine Innovation eine Fülle von Möglichkeiten in der Montageautomation erschließen.

## ZAHLREICHE HERAUSFORDERUNGEN

Um mit der Nachfrage der Verbraucher Schritt zu halten, rüsten die Automobilhersteller ihre Fahrzeuge kontinuierlich mit neuen Funktionen aus. Diese Funktionen werden häufig durch Software ermöglicht, die jedoch Sensoren zur Aufnahme von Daten aus der Außenwelt und Aktoren zur Durchführung softwaredefinierter Aktionen benötigt. Alle Geräte und Peripheriegeräte im Fahrzeug benötigen Datenkommunikationsverbindungen und Stromleitungen.

Natürlich benötigt die Software auch Rechenhardware. Traditionell haben die OEMs bei jeder Einführung einer neuen Funktion ein elektronisches Steuergerät (ECU) hinzugefügt, aber dieser Ansatz ist angesichts der schieren Menge der hinzukommenden Funktionen und des daraus resultierenden komplexen Netzwerks von ECUs und Geräten nicht mehr tragbar.

Die Industrie hat darauf mit zwei wichtigen Veränderungen reagiert, um die Fahrzeugarchitektur zu vereinfachen: zonale Architekturen und zentralisierte Datenverarbeitung, beides Schlüsselprinzipien des Smart Vehicle Architecture™-Ansatzes von Aptiv. Die Geräteverbindungen eines Fahrzeugs enden an mehreren Zonen-Controllern, die die Datenkommunikation auf Backbones konsolidieren, die zu zentralisierten Rechenmodulen führen. Die zentrale Recheneinheit verwendet hochentwickelte Software, um die Funktionen, die bisher von einzelnen Steuergeräten ausgeführt wurden, zu integrieren. Diese Änderungen vereinfachen die elektrische/elektronische Architektur und unterteilen die Kabelbäume in kleinere, besser handhabbare Bereiche.

Um jedoch das Versprechen von Zonenarchitekturen und zentraler Datenverarbeitung zu erfüllen, müssen Zonensteuergeräte so konzipiert sein, dass sie viele Verbindungen auf begrenztem Raum unterbringen können.

Darüber hinaus bieten die kleineren Kabelbäume, die mit den Fahrzeugzonen verbunden sind, die Möglichkeit für eine stärkere Automatisierung, aber die Steckverbinder wurden traditionell nicht mit Blick auf die Automatisierung entwickelt. In den kommenden Jahren werden die Arbeitskosten voraussichtlich weiter steigen und die Verfügbarkeit von Arbeitskräften weiter sinken, so dass die Automatisierung zu einem wichtigen Faktor in der Produktion werden wird. Darüber hinaus sucht die Automobilindustrie nach Möglichkeiten, die Automatisierung zu nutzen, um die Risiken in der Lieferkette besser zu beherrschen, indem die Kabelbaumproduktion näher an die Fahrzeugmontage verlegt wird.

Das fehlende Puzzlestück ist eine neue Art von Steckverbinder, der die Automatisierung ermöglicht, die erforderliche Steckverbinderdichte erreicht und alle Anforderungen der heutigen Architekturen erfüllt und gleichzeitig den OEMs die Flexibilität bietet, die sie für ihre individuellen Architekturen benötigen. An dieser Stelle kommen modulare Steckverbinder ins Spiel.

## DIE RICHTIGE PASSUNG

Die Modularisierung von Steckverbindern ermöglicht es, verschiedene Arten von Anschlüssen in ein und dasselbe Gehäuse zu montieren.



## DIE MODULARE REVOLUTION

Modulare Steckverbinder stellen ein einfaches, aber leistungsstarkes Konzept dar. Anstatt Kabel mit einer Mischung von Schnittstellen unterschiedlicher Größe und Form abzuschließen, verwenden modulare Steckverbinder eine Standardgröße und -form (in der Regel rechteckig), unabhängig von der Art der unterstützten Schnittstelle. Ein Modul könnte so konstruiert sein, dass es z. B. drei Anschlüsse mit 4,8 mm<sup>2</sup> aufnehmen kann, ein anderes könnte 26 miniaturisierte Anschlüsse mit 0,5 mm<sup>2</sup> aufnehmen. Bei einem modularen Ansatz sind die Außenabmessungen des rechteckigen Gehäuses jedoch gleich.

Der nächste Schritt ist die Entwicklung von Standardgehäusen, in die die Module passen. In ein typisches Gehäuse passen vielleicht vier Module, aber es könnten auch Gehäuse für bis zu acht Module oder sogar nur für ein einziges Modul geschaffen werden.

Im Idealfall ist das Gehäuse so konstruiert, dass es die Verbindung stabilisiert und ausgleicht, so dass vier Haltepunkte an Ort und Stelle bleiben, wenn der Stecker mit der Geräteaufnahme verbunden wird, und gewährleistet ist, dass die Verbindung über alle darin befindlichen Module hinweg sauber hergestellt wird.

## MODULAR VS. GEMISCHT VS. HYBRID

**Es haben sich mehrere Haupttypen von Kfz-Verbindungssystemen herausgebildet, um unterschiedliche Herausforderungen zu lösen:**

- Modulare Anschlussysteme bestehen aus Bausteinen verschiedener Kontaktteiltypen und -größen, die in großvolumigen, standardisierten Modulen verpackt sind, die zu einem Kollektorgehäuse zusammengefügt werden können.
- Gemischte Anschlussysteme kombinieren mehrere Kontaktteilgrößen (z.B. 1,2, 0,50, 2,8, etc.)
- Hybride Anschlussysteme kombinieren Signal, Daten und Strom Kontaktteile (z. B. H-MTD®, MCA)

## MIX AND MATCH

Standardgehäuse können so gestaltet werden, dass sie eine unterschiedliche Anzahl von Modulen in verschiedenen Ausrichtungen aufnehmen können, je nach den Anforderungen des Bauraumes.



### VORTEILE DER MODULAREN STECKVERBINDER

Diese Art von Steckverbindern hat mehrere entscheidende Vorteile gegenüber anderen Typen:

**Automatisches Stecken.** Da sie für das automatische Kontaktteil Stecken während der Kabelbaummontage ausgelegt sind, können modulare Steckverbinder das Risiko einer Beschädigung der Leitungen während des Steckens verringern, was wiederum eine Verringerung des Kabelquerschnitts ermöglicht. Geringere Kabelquerschnitte führen zu weniger Masse und Kosten.

**Optionen für halbe Module mit unterschiedlichen Kontaktteilgrößen.** Da modulare Steckverbinder einen Mix von 2 halben Modulen und unterschiedliche Kontaktteilgrößen aufnehmen können, ermöglichen sie optimale geschlossene Teilkabelsätze "Kits" bei der Kabelbaumherstellung und verbessern so die

Qualität. Die Mischung ermöglicht auch die optimale E/A für die Geräteanforderungen.

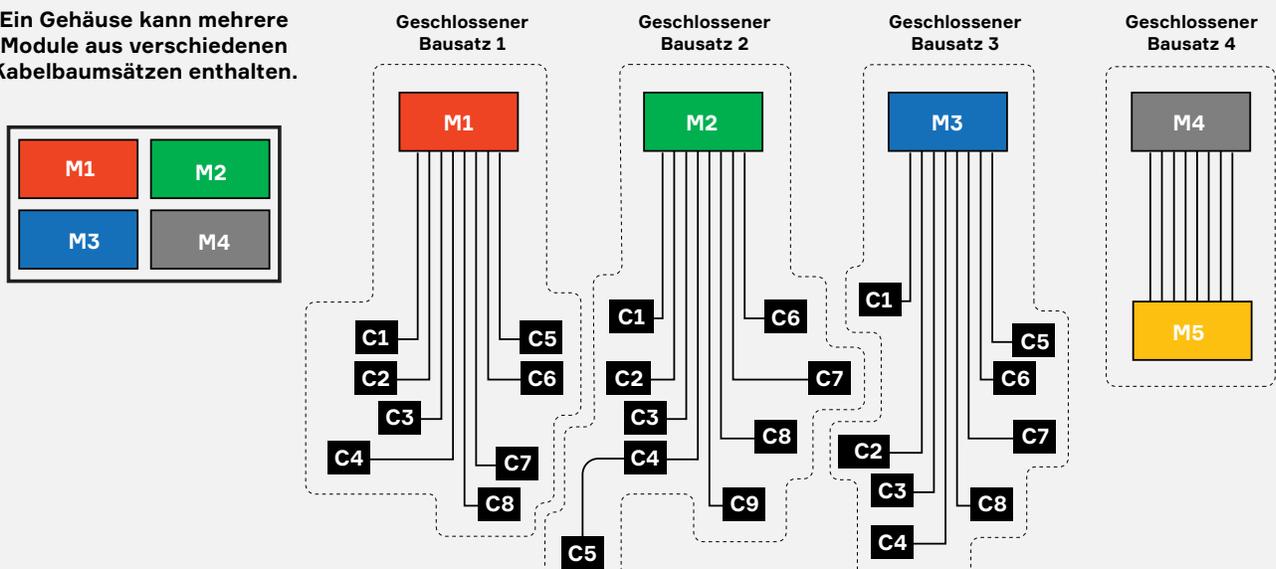
**Flexibel.** Dank der verschiedenen verfügbaren Gehäuseoptionen können Hersteller das Gehäuse wählen, das am besten zur Grundfläche und den E/A-Anforderungen ihrer Geräte passt. Da die Gehäuse mit jedem Modul kompatibel sind, können die Hersteller die Module in Zukunft problemlos gegen Module mit einem anderen Anschlussmix austauschen. Dies ist besonders wichtig, wenn der Datenbedarf mit der Zeit wächst und sich die Datenstandards weiterentwickeln.

**Kleinere Kabelbaumsätze.** Zonale Architekturen segmentieren die elektrische/elektronische Architektur eines Fahrzeugs, und die Hersteller können dieses Konzept noch einen Schritt weiterführen, indem sie die Zonen in kleinere Kabelbäume unterteilen, die am Zonensteuergerät zusammenlaufen. Jeder Kabelbaumsatz könnte an einem Modul enden, und diese Module könnten in einem Gehäuse gruppiert werden, wo sie auf das Zonensteuergerät treffen.

### KABELBAUMSEGMENTIERUNG

Modulare Steckverbinder ermöglichen es den Herstellern, kleinere Kabelbäume zu verwenden, die an der gleichen Stelle angeschlossen werden. Kleinere Kabelbäume sind einfacher zu handhaben und ermöglichen eine Automatisierung der Montage.

Ein Gehäuse kann mehrere Module aus verschiedenen Kabelbaumsätzen enthalten.



## DER AUFSTIEG DER AUTOMATISIERUNG

Modulare Steckverbinder passen gut zu einer Automatisierungsstrategie. Die Standardformen und -größen von Steckverbindern und Gehäusen lassen sich von Robotern leicht erfassen und zusammenbauen. Mit der zunehmenden [Miniaturisierung](#) der Komponenten werden diese für den Menschen zu klein; modulare Steckverbinder ermöglichen eine automatisierte Montage.

Die kleineren Kabelbäume sind für eine Maschine weniger sperrig zu handhaben als ein kompletter Kabelbaum. Das Design von Kabelbäumen ist ein integraler Bestandteil des Kabelbaum- und Architekturdesigns, und modulare Steckverbinder ermöglichen die Erstellung vereinfachter Kabelbaum-Kits – qualitätskontrolliert, ohne vertauschte Kontaktteile und ohne nicht richtig gesteckte Kontaktteile.

Auf Module aufgedruckte QR-Codes können es einem Roboter ermöglichen, den Code zu lesen und die Platzierung des Moduls zu überprüfen. Durch das Aufdrucken von QR-Codes auf den Modulen kann außerdem alles leicht zurückverfolgt werden. [Rückverfolgbarkeit](#) ist der Schlüssel zur Gewährleistung der Qualität dieser kritischen Fahrzeugkomponenten.

## ALLES UNTER EINEN HUT BRINGEN

Um die Vorteile der Automatisierung zu maximieren, müssen die Anschlusssysteme so konzipiert sein, dass sie Hand in Hand mit den elektrischen Verteilungssystemen arbeiten, an die sie angeschlossen sind. Mit seiner langjährigen Erfahrung in beiden Bereichen arbeitet Aptiv daran, die Automatisierung der Montage von Niederspannungs-Kabelbäumen von 15 Prozent im Jahr 2023 auf mehr als 60 Prozent im Jahr 2030 zu erhöhen.

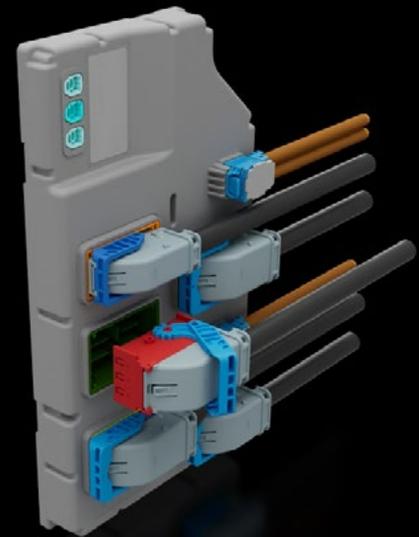
Modulare Steckverbinder sind von grundlegender Bedeutung für die Umsetzung dieser Strategie. Sie ermöglichen nicht nur die automatische

Bestückung und das automatische Stecken, sondern die daraus resultierenden kleineren Kabelbaumsätze sind für Roboter einfacher zu handhaben - das heißt, sie können mehr Bandagen verarbeiten, mehr Karosseriekammern anbringen und generell mehr Montageaufgaben übernehmen, die zuvor manuell erledigt werden mussten. Die Tests von Aptiv haben gezeigt, dass die Roboter zwei- bis dreimal schneller arbeiten können.

Als einziger Anbieter sowohl des Gehirns als auch des Nervensystems des Fahrzeugs ist Aptiv in einer einzigartigen Position, um die Branche bei der Entwicklung dieses Bereichs, in dem sich Gehirn und Nervensystem treffen, anzuführen, und viele weitere Innovationen werden noch folgen.

## STECKEN UND SPIELEN

Gehäuse, die Dutzende modularisierter Steckverbinder enthalten, können mit einem Handgriff am Hebel mit den Stiftleisten verbunden werden, die in wichtige Architekturkomponenten – wie z. B. Zonencontroller – integriert sind.



## ÜBER DIE AUTOREN



**Andreas Urbaniak**  
Senior Produktingenieur

Andreas Urbaniak leitet die Entwicklung von modularen Steckverbindern und arbeitet im Aptiv Team und mit Kunden zusammen, um Produkte und Prozesstechnologien zu entwickeln, die den Kundenanforderungen entsprechen. Er ist seit mehr als 23 Jahren bei Aptiv tätig und entwickelt neue und innovative Produkte, darunter einen 48-V-Leitfaden und Untersuchungen, miniaturisierte Steckersysteme und Dichtungselemente für Steckverbinder.



**Marek Manterys**  
Senior Manager – EDS Core Engineering, Strategie der Fertigungstechnik und Automatisierung

Marek Manterys definiert, steuert und implementiert die Roadmap für die automatisierte EDS-Fertigung bei Aptiv und stellt sicher, dass sie auf die Kundenbedürfnisse abgestimmt ist und in die Fertigungsprozesse einfließt. Er ist seit mehr als 16 Jahren bei Aptiv tätig und hatte Positionen als Manager für technische Prozessinnovation und als Manager des EMEA Manufacturing Excellence Center inne.



**Tony Knakal**  
Produktliniendirektor, Traditionelle Steckverbindungen Amerika

Tony Knakal ist für Aptivs globales Gehäusegeschäft verantwortlich und stellt sicher, dass Aptiv die richtigen Produkte zur Verfügung hat, um die Kundenanforderungen für Niederspannungsverbindungen jetzt und in Zukunft zu erfüllen. Tony Knakal ist seit 2020 bei Aptiv tätig und unterstützt sowohl Hoch- als auch Niederspannungs-Verbindungs-lösungen. Bevor er zu Aptiv kam, war er im Produkt- und Programmmanagement für Lithium-Ionen-Batterien im Automobilbereich und in der Verteidigungsindustrie tätig.

**ERFAHREN SIE MEHR UNTER  
[APTIV.COM/CONNECTION-SYSTEMS](https://www.aptiv.com/connection-systems) →**