

Bosch Engineering macht die Vision zur Realität: Der Weg zur vollautomatisierten Baumaschine von morgen



Weniger Herstellungskosten, effizientere Projektumsetzung und schnellere Fertigstellung: Die Automatisierung künftiger Baumaschinen ist ein Gewinn sowohl für Bauunternehmen als auch ihre Auftraggeber. Bei der Verwirklichung der Vision einer vollautomatisierten Baustelle begleitet Bosch Engineering den Kunden von Beginn an mit der Entwicklung marktrelevanter Lösungen, die eine nachhaltige, bedarfsorientierte Automatisierung sicherstellen. Dabei verfolgt Bosch Engineering einen stufenweisen Ansatz, beginnend mit warnenden Assistenzfunktionen, über teilautonome Systeme, die den Maschinenführer bei speziellen Tätigkeiten unterstützen, bis hin zum vollautomatisierten Maschinenpark.

Die Baustelle der Zukunft ist automatisiert und vernetzt: Dank fortschrittlicher elektronischer Steuerungen führen die Baumaschinen ihre Arbeiten vollkommen selbsttätig aus, ohne dass ein Maschinenführer manuell eingreifen muss. Nur noch wenige, speziell geschulte Fachkräfte koordinieren und überwachen den Maschineneinsatz von einer zentralen Leitstelle aus. Automatisierte Maschinen eignen sich insbesondere für monotone Arbeitsabläufe oder den Einsatz unter extremen Bedingungen, die für Menschen eine körperliche oder gesundheitliche Belastung darstellen. Aufgrund der hohen Arbeitspräzision können autonome Maschinen darüber hinaus auch komplexe Aufgaben schnell und besonders wirtschaftlich umsetzen. Da sie zudem mit hoher Auslastung arbeiten können – wenn erforderlich auch „rund um die Uhr“ – ergeben sich erhebliche Möglichkeiten zur Effizienz- und Produktivitätssteigerung. Speziell vor dem Hintergrund des künftig weiter zunehmenden Fachkräftemangels ist das ein entscheidender Faktor, um langfristig wettbewerbsfähig zu bleiben. Zusammengefasst führt die Automatisierung zu geringeren Herstellungskosten und zu einer schnelleren Umsetzung auch anspruchsvoller Bauprojekte.

Bosch Engineering treibt die Einführung automatisierter Baumaschinen mit der Entwicklung fortschrittlicher Assistenzsysteme und Automatisierungsfunktionen, die speziell auf die besonderen Anforderungen im Baumaschinensektor ausgelegt sind, voran. Neben Baumaschinen zählen beispielsweise auch Anwendungen im Agrar-, Logistik- sowie Kommunalsektor zum aktuellen Betrachtungsfokus von Bosch Engineering. Auf dem Weg zur vollautomatisierten Baumaschine von morgen verfolgt Bosch Engineering ein dreistufiges Einführungsszenario, bei dem der Automatisierungsgrad mit jedem Schritt sukzessive zunimmt. Abhängig vom Funktionsumfang und vom erwarteten Einführungszeitpunkt wird dabei zwischen heute schon verfügbaren Assistenzfunktionen („Now“), mittelfristig marktreifen teilautonomen Systemen („Next“) und der langfristigen Vollautomatisierung („Beyond“) unterschieden. Unternehmen der Baubranche können direkt in die Automatisierung einsteigen und von den technischen Fortschritten der am Markt verfügbaren Lösungen profitieren. Das schafft die ideale Ausgangssituation für eine spätere Umstellung des Maschinenparks auf die „Beyond“-Vollautomatisierung.

„Today“

Schon heute verfügbar sind Assistenzfunktionen, die den Maschinenführer bei seiner anspruchsvollen Aufgabe entlasten. Die Systeme sind in der Regel so ausgelegt, dass sie durch akustische und/oder optische Warnhinweise und Anzeigen auf dem Display des Fahrzeugcockpits wertvolle Hinweise zur Arbeitsunterstützung

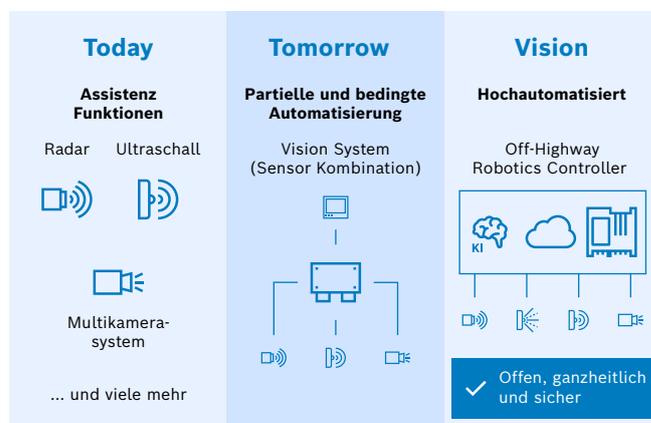
geben. Beispiele sind Nivellierungsanzeigen für die Hubgabel, um diese beim Verfahren parallel auszurichten, sowie die Sensierung der Schaufelbeladung von Baggern. Hinzu kommen Sicherheitsfunktionen wie Kollisionswarnsysteme zur Front- oder Heckabsicherung der Maschine. Erkennen die Systeme Personen oder Gegenständen im Detektionsraum, geben sie entsprechende Warnungen aus und zeigen die genaue Position auf dem Display an, sodass der Maschinenführer auch unübersichtliche Bereiche seiner Maschine im Blick behält.

„Tomorrow“

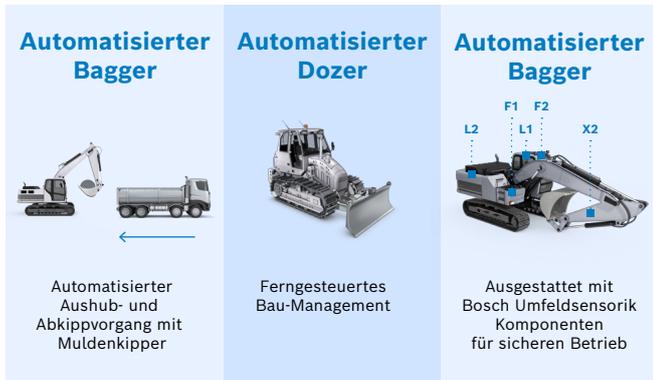
Mittelfristig wird sich die Teilautomatisierung bei Baumaschinen durchsetzen. Dabei führt die Maschine einzelne Tätigkeiten oder Arbeitsgänge autonom aus, um den Maschinenführer zu unterstützen. Dieser ist allerdings immer an Bord, kann jederzeit eingreifen und behält die Oberhand über das Geschehen. Einsatzbeispiele sind Manöverassistenzsysteme für das Ankoppeln von Aufliegern oder Anhängern an eine Zugmaschine oder eine Rangierunterstützung mit automatischer Spurführung und Bremsengriff in unübersichtlichem Terrain. Da für die Ausführung teilautomatisierter Funktionen keine Datenkommunikation mit einer Leitstelle notwendig ist, bieten „Next“-Funktionen hohe Flexibilität und Verfügbarkeit, die Maschinen können universell eingesetzt werden.

„Vision“

Künftige vollautomatisierte Baumaschinen werden komplett ohne Maschinenführer auskommen. Durch den Wegfall des klassischen Führerhauses lassen sich komplett neue Fahrzeugkonzepte umsetzen, die noch besser auf die spezifischen Anforderungen der Anwendung ausgelegt sind. In mehreren Forschungs- und Entwicklungsprojekten arbeitet Bosch derzeit zusammen mit Partnern beispielsweise an vollautomatisierten Baggern und Planierraupen.



„Today“, „Tomorrow“ und „Vision“ – die drei Stufen der Baumaschinenautomatisierung bei Bosch Engineering



Beispiele für künftige vollautomatisierte Baumaschinenanwendungen

Für die Umsetzung einer Vollautomatisierung muss die Maschine über eine eigene Wahrnehmung verfügen, sozusagen „Augen“ erhalten, und die Umgebung über ein „Gehirn“ richtig interpretieren können. Das gilt zwar grundsätzlich auch für die „Now“- und „Next“-Funktionen, dort sind allerdings nur Teilsysteme erforderlich, deren Auswahl vom Funktionsumfang der Automatisierung abhängt. Demgegenüber macht eine Vollautomatisierung ein Komplettsystem notwendig, der folgende Bausteine beinhaltet:

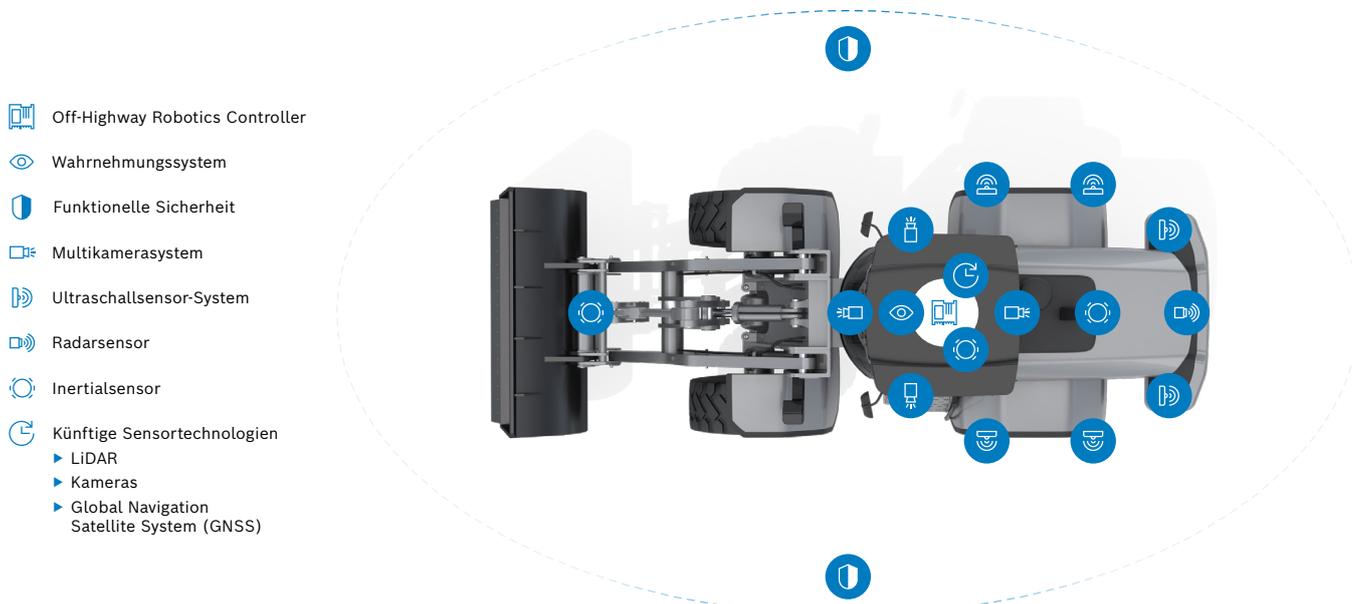
- ▶ Umfassendes Sicherheitskonzept
- ▶ Umfeldsensierung für ein 360°-Modell der Umgebung
- ▶ Präzise und aktuelle Kartendaten
- ▶ Planung der Maschinentrajektorie auf Grundlage des Geländeprofiles
- ▶ Arbeits- und Flottenmanagement über ein zuverlässiges Backend
- ▶ Genaue Lokalisation der Maschinenposition
- ▶ Analyse der Situation zur richtigen Entscheidungsfindung
- ▶ Sichere, schnelle und präzise Bewegungskontrolle
- ▶ Elektronikarchitektur und Security-Konzept nach dem aktuellen Stand der Technik.

Die Entwicklungsinhalte von Bosch umfassen alle Systembestandteile, die für eine Vollautomatisierung notwendig sind. Kunden profitieren so von einem abgestimmten System, in dem alle Bausteine ineinandergreifen. Das gilt einerseits für die fahrzeugseitige Soft- und Hardware, andererseits aber auch für die Kommunikation und den Datenaustausch mit der zentralen Leitstelle und die Vernetzung mit den anderen automatisierten Maschinen auf der Baustelle, für die Bosch an fortschrittlichen 5G-Kommunikationslösungen arbeitet.

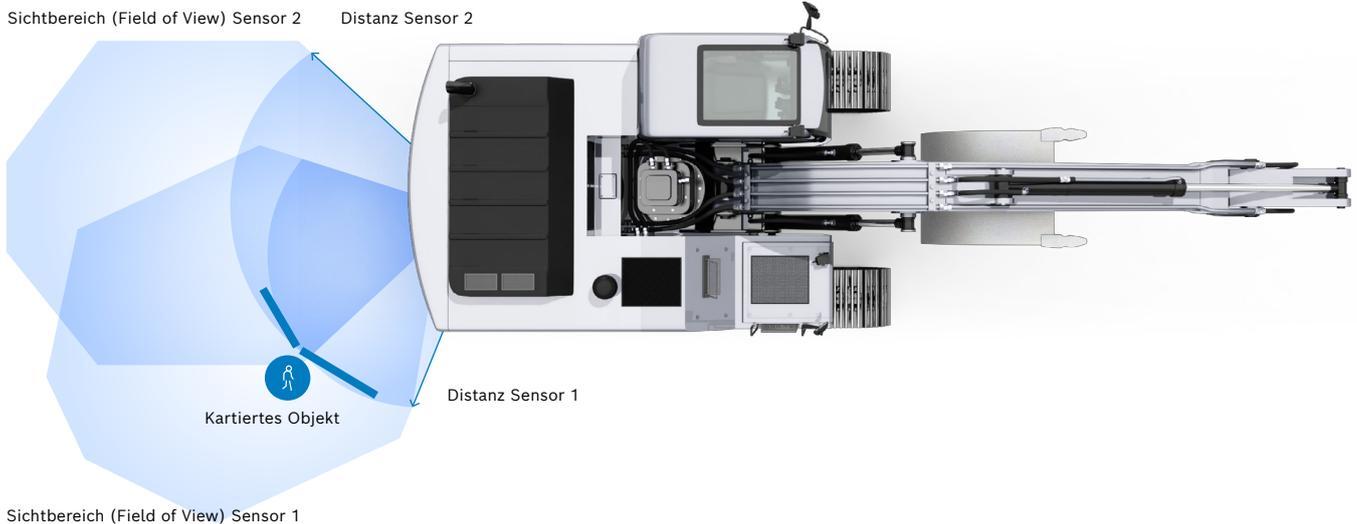
Bei der Entwicklung der Software, die die Sensordaten verarbeitet und interpretiert, greift Bosch Engineering auf Entwicklungsmethodiken zurück, die im Pkw- und Nutzfahrzeugbereich bereits etabliert sind. Unterschiede ergeben sich dabei vor allem durch die unterschiedlichen Umgebungs- und Einsatzbedingungen sowie Objekte, auf die die künstliche Intelligenz der Software mittels Deep Learning speziell trainiert wird.

Sensorik

Alle drei Stufen der Assistenz- und Automatisierungsfunktionen erfordern Sensoren, die die Umgebung der Maschine wahrnehmen. Für Systeme der Stufe „Now“ werden die Sensorsignale für akustische und/oder optische Warnhinweise oder Anzeigen auf einem Monitor in der Fahrzeugkabine verwendet. Bei der Automatisierung dienen die Sensorinformationen zusätzlich oder ausschließlich als Eingangssignale für die elektronische Fahrzeugsteuerung. Bosch hat einen Sensorbaukasten mit Ultraschall-, Radar- und Kamerasystemen entwickelt, die entweder unverändert übernommen werden können („Component-off-the-Shelf“) oder die sich maßgeschneidert auf die vielfältigen Anwendungen im Off-Highway-Bereich anpassen lassen. Dabei greift Bosch auf das Know-how sowie bewährte

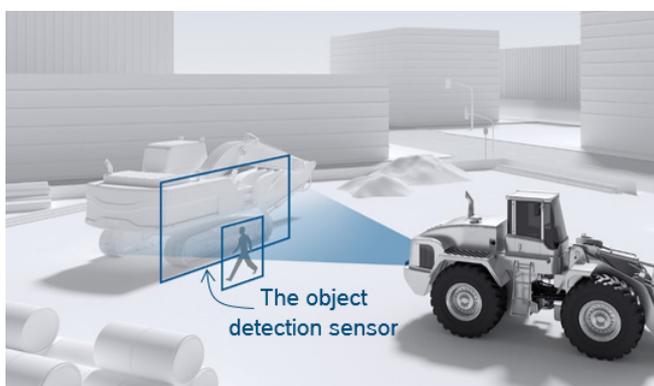


Bausteine im E/E-Netzwerk für die Vollautomatisierung



Absicherung des Hecks der Baumaschine durch Ultraschallsensorik

Basistechnologien aus dem Automobilbereich zurück und entwickelt diese kontinuierlich für den Off-Highway-Einsatz weiter. Das umfasst beispielsweise die Auslegung auf das 24-V-Bordnetz oder die Schutzart IP69K. Die Systeme vereinen dadurch hohe Funktionssicherheit und große Robustheit, auch unter widrigen Einsatzbedingungen. Die Sensoren von Bosch sind entsprechend der jeweils gültigen ISO-Norm entwickelt, sodass sie ohne aufwendige Zusatzprüfung in zertifizierten Systemen verwendet werden können.

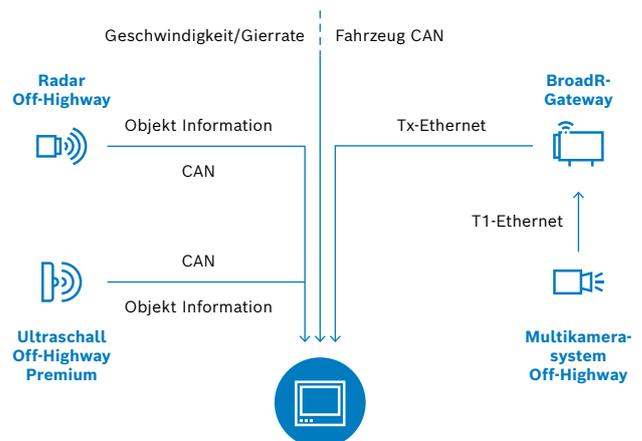


Objekterkennung mittels Radarsensorik

Durch eine elektronische Fusion der Sensordaten werden die Vorteile der unterschiedlichen Sensorprinzipien optimal kombiniert und so die Leistungsfähigkeit der Automatisierung erhöht. Beispielsweise können Radarsensoren bei allen Umgebungsverhältnissen Längsabstände und -geschwindigkeiten besonders gut messen, während das Multikamerasystem eine hohe laterale Messgenauigkeit hat. Anhand der Fusion lassen sich Informationen gewinnen, die einzelne, isoliert arbeitende Sensoren nicht liefern. Zudem wird dadurch der Messbereich vergrößert und die Zuverlässigkeit sowie die Genauigkeit der Messungen erhöht.

Off-Highway Vision System

Für die einfache optische Aufbereitung der Sensorinformationen hat Bosch das Off-Highway Vision entwickelt. Das System zeigt den Videostream des Multikamerasystems und erstellt ein Overlay, das erkannte Objekte im Detektionsbereich der Radar- und Ultraschallsensoren optisch hervorhebt. Dabei sind die Informationen in ein einheitliches Koordinatensystem überführt, sodass eine Lokalisierung der Objekte im Detektionsraum unabhängig vom Sensorkonzept gewährleistet ist. Das Off-Highway Vision System ist als Prototypensystem ausgelegt. Bosch gibt den Herstellern von mobilen Arbeitsmaschinen damit einen validierten funktionalen Grundbaukasten an die Hand, mit dem sie einfach und unkompliziert eigene Assistenzsysteme nach dem „Plug & Play“-Prinzip konzipieren und entwickeln können.



Funktionsschema Off-Highway Vision System

Off-Highway Robotics Controller

Die Vollautomatisierung stellt sehr hohe Anforderungen an die Sicherheitsstandards. So müssen bei der System- und Funktionsentwicklung automatische Abschaltvorrichtungen und unterschiedliche Rückfallebenen bei eventuellen Defekten vorgesehen werden, um einerseits eine ständige Systemverfügbarkeit und andererseits ein hohes Sicherheitsniveau auf der Baustelle zu gewährleisten. Zudem müssen Datenverarbeitung und -fusion, aber auch die Umfeldwahrnehmung, aktuellen Standards bezüglich funktionaler Sicherheit sowie Safety & Security entsprechen. Bosch erleichtert den Herstellern von Baumaschinen den Schritt zur Maschinenautomatisierung durch ein abgestimmtes, in sich geprüftes und verifiziertes Komplettsystem, das neben der oben beschriebenen Sensorik aus dem elektronischen Steuergerät besteht. Dieser neue Off-Highway Robotics Controller bildet das Bindeglied zwischen den Sensorsteuergeräten und der maschinenseitigen Elektronik. Als zentrale Einheit kann er zudem alle Funktionsumfänge der Automatisierung steuern. Denn neben der für die Umfelderkennung und -wahrnehmung reservierten Rechnerkapazität bietet die Elektronik zusätzliche Prozessor- und Speicherbereiche für die anwendungs- und applikationsspezifische Automatisierungssoftware. Der rein geräteinterne Datenaustausch garantiert kürzeste Kommunikationswege, spart System- und Verkabelungsaufwand und minimiert Fehlerquellen im Fahrzeug. Das System entspricht den Anforderungen an sicherheitsbezogene Maschinensteuerungen gemäß ISO 13849 und ist damit für ISO-1904-zertifizierte Anwendungen geeignet. Die Schnittstellen des Off-Highway Robotics Controllers entsprechen aktuellen Standards, sodass das Gerät kompatibel mit Systemen anderer Hersteller ist. Baumaschinenhersteller können daher auch eigene Sensoren oder Produkte von Drittanbietern in das Gesamtsystem integrieren.

Das in der Robotikwelt etablierte und bewährte Open-Source-Betriebssystem ROS2 (Robotic Operation System 2) gibt hohe Flexibilität bei der Erstellung der Applikationssoftware, da einzelne Programmbausteine problemlos kombiniert, ausgetauscht und wiederverwendet werden können. Speziell für den Off-Highway Robotics Controller entwickelt Bosch derzeit eigene, ROS2-kompatible Programmbausteine für die Integration in die Applikationssoftware. Für die Kommunikation der Anwendung mit der Leitstelle, mit anderen Maschinen auf der Baustelle und für Software-Updates über Mobilfunk (Over the Air, OTA) ist eine stabile und leistungsfähige 5G-Datenverbindung geplant, die Bosch aktuell auf einer Musterbaustelle erprobt.

Bosch Rexroth Digital Application Solutions

Die Soft- und Hardware zur Automatisierung von Bosch lässt sich nahtlos in das digitale Ökosystem BODAS (Bosch Rexroth Digital Application Solutions) integrieren. Mit BODAS steht den Nutzern ein Bündel an IT-Lösungen zur Verfügung, die die Produktivität und Effizienz erhöhen und die Automatisierung erleichtern. Zum Leistungsumfang gehören unter anderem eine modulare End-to-End-Connectivity-Lösung zur Datenübertragung von und zu der mobilen Arbeitsmaschine, Standard-Anwendungssoftware für Maschinenfunktionen auf Basis von BODAS-Hardware und eine offene, skalierbare und frei zugängliche Mobilelektronik-Hardwareplattform. Diese besteht aus Steuereinheiten, Connectivity Devices, Sensoren und Mensch-Maschine-Schnittstellen (Joysticks, Displays, Pedale) sowie der Aktorik (Hydraulikzylinder und Fahrtriebe) für mobile Arbeitsmaschinen.

Zusammenfassung und Ausblick

Wie die Elektrifizierung ist auch die Automatisierung einer der Mega-Entwicklungstrends bei Baumaschinen. In beiden Bereichen ist Bosch Pionier und entwickelt durch Synergien im Verbund aus Automobil- und Off-Highway-Technik wirtschaftlich attraktive, leistungsfähige und langlebige Systeme für die Baumaschinen der Zukunft. Für die Automatisierung in den unterschiedlichen Bereichen hat Bosch dazu einen Baukasten verschiedener Sensorsysteme entwickelt, aus dem die jeweils optimale Lösung zusammengestellt wird. Sind die Sensoren die „Augen“ der Anwendung, ist die Steuerung, Datenverarbeitung und daraus abgeleitet die Umgebungswahrnehmung ihr „Gehirn“. Auch hier arbeitet Bosch an Soft- und Hardwarelösungen, sodass Hersteller von Baumaschinen ein abgestimmtes und in sich geprüftes Komplettsystem in ihre Anwendung implementieren können. Ein gestuftes Einstiegsszenario, das vom warnenden Assistenzsystem über die Teilautomatisierung hin zur autonomen Baustelle führt, erleichtert Maschinenherstellern den Zugang zu dieser Zukunftstechnik weiter. Die Vision der vollautomatisierten Baustelle von morgen rückt so schon heute in greifbare Nähe.

Weitere Infos

www.bosch-mobility-solutions.com

Die Bosch Engineering GmbH ist eine 100-prozentige Tochter der Robert Bosch GmbH mit Hauptsitz in Abstatt bei Heilbronn. Als Systementwicklungspartner der Automobilindustrie bietet das Unternehmen seit 1999 Entwicklungsdienstleistungen für den Antriebsstrang, Sicherheits-, Komfort- sowie E/E-Systeme vom Konzept bis zur Serie. Mit den Vorteilen erprobter Großserientechnik von Bosch entwickelt der Elektronik- und Software spezialist maßgeschneiderte Lösungen für vielfältige Einsatzgebiete von Personenkraftwagen über Nutzfahrzeuge, Off-Highway-Anwendungen bis hin zu Schienen- und Freizeitfahrzeugen, Schiffen und industriellen Anwendungen. Zudem bündelt die Bosch Engineering GmbH alle Motorsportaktivitäten der Bosch Gruppe.



Erfahren Sie mehr
über OHW Lösungen



Bosch Mobility Solutions
auf LinkedIn

Bosch Engineering GmbH

Robert-Bosch-Allee 1
74232 Abstatt
Deutschland
Tel. +49 7062 911-02

www.bosch-engineering.com