

Whitepaper | Multikamerasystem für Flurförderzeuge und Off-Highway-Fahrzeuge

# Wie Bosch Unfallschutz und Arbeitsbedingungen im Off-Highway-Markt verbessert

Von Gabelstaplern und anderen Flurförderzeugen geht ein hohes Unfallrisiko aus. Das kamerabasierte Assistenzsystem von Bosch für Gabelstapler entschärft besonders unfallträchtige Situationen, indem es die Rundumsicht um das Fahrzeug verbessert. Personen und andere Objekte im Umfeld des Gabelstaplers werden so besser geschützt und das Stressniveau des Fahrers reduziert.

## Einleitung

Flurförderzeuge sind als Arbeitsmittel in Logistik und Lagerhaltung nicht mehr wegzudenken. Allen voran Gabelstapler, die Anwendung mit der größten Verbreitung: Sie heben schwere Lasten, transportieren ihre Ladung in Produktionsanlagen, Lagerhallen und Fertigungstrecken von A nach B und lassen sich dabei problemlos durch noch so enge Regalreihen manövrieren. Das macht sie auch zu unentbehrlichen Helfern für die schnelle und effiziente Warenlogistik im Online-Handel, der durch das geänderte Verbraucherverhalten seit einigen Jahren einen Boom erlebt.

Während die Vorteile der Nutzung von Staplern offensichtlich sind, werden die Gefahren im Arbeitsalltag oft unterschätzt. Laut Informationen der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) wurden allein im Jahr 2020 mehr als 13500 Unfälle mit Personenschaden gemeldet, an denen Gabelstapler beteiligt waren <sup>[1]</sup>. Bei einem Viertel der Staplerunfälle ist der Verletzte selbst gefahren, in 47 Prozent der Fälle wurde das Unfallopfer von einem Stapler angefahren, eingequetscht oder überfahren. Hinzu kommen unzählige Unfälle mit Sachschaden, die unnötig Zeit in Anspruch nehmen und erhebliche Kosten verursachen.

Beim Fahren und Rangieren des Staplers müssen die Fahrer daher permanent das gesamte Umfeld des Geräts und zudem die Ladung auf der Gabel im Blick haben <sup>[2]</sup>. Laut Interviews mit Fahrern verunsichert sie das und setzt sie unter Dauerstress, der ihre Leistungsfähigkeit erheblich beeinträchtigt und oftmals in Fahrfehlern mündet. Auch führt das notwendige Absichern des gesamten Umfelds an schwer einsehbaren Stellen sowie der Ladung vermehrt zu zögerlichen Fahrmanövern, die die Produktivität des Staplerbetriebs schmälern.

Zu den psychischen kommen physische Belastungen. Verursacht werden sie beispielsweise durch eine verkrampte Sitzposition oder durch das ständige Kopfdrehen nach links und rechts beim Rückwärtsfahren, um eine freie Sicht auf den Fahrweg zu haben. Bei den Fahrern kann das zu langwierigen gesundheitlichen Problemen und damit für Arbeitgeber zu erheblichen Ausfallzeiten führen. Dies ist insbesondere daher problematisch, da es aufgrund von Sprachbarrieren oder der erforderlichen Fachausbildung nicht einfach ist, geeignete Fahrer zu finden.

Zusätzlich zu den gesundheitlichen Folgen verursachen Unfälle einen erhöhten Dokumentations-, Aufklärungs-, Beseitigungs- und Nachschulungsaufwand im Betrieb. Um die Arbeitssicherheit im Staplerbetrieb zu erhöhen, sind in vielen Unternehmen Einweiser vorgeschrieben, die die Staplerfahrer beim Rangieren während der Be- und Entladung unterstützen sollen. In der Praxis sind

sie jedoch insbesondere in Stoßzeiten oftmals nicht immer direkt verfügbar, was lästige Wartezeiten und dadurch Kosten verursacht und den Stresslevel zusätzlich erhöht. Um diese Wartezeiten zu reduzieren, wird oftmals trotz eingeschränkter Sicht ohne Einweiser gefahren, was zu erhöhtem Unfallrisiko führt.

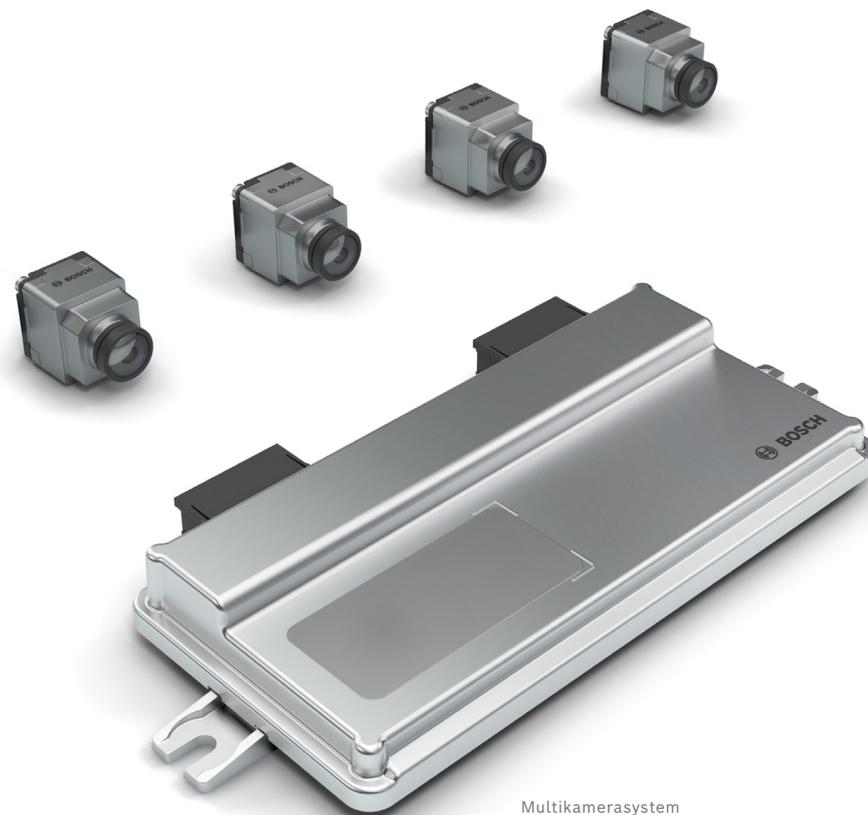
Wie viele Erfahrungen von Bosch in anderen Industriebereichen, etwa dem Nutzfahrzeugsektor, zeigen, können elektronische Assistenzsysteme einen entscheidenden Beitrag zur Verbesserung des Sicherheitsniveaus und zur Reduzierung der gesundheitlichen Belastungen für die Fahrer leisten und damit die Produktivität langfristig erhalten oder sogar steigern. Dazu müssen die Funktionen jedoch zielgerichtet so konzipiert und ausgelegt sein, dass sie dem Anwender bei der Ausübung seiner Tätigkeit nicht das Gefühl geben, ersetzt zu werden, sondern ihn sinnvoll entlasten und unterstützen. Das bedeutet beispielsweise, dass die Bedienung einfach sowie intuitiv erfolgt.

## Branchenweite Zusammenarbeit

Um die Anforderungen an ein Assistenzsystem für Flurförderzeuge – und hier speziell für Gabelstapler, die von allen Anwendungen das größte Marktvolumen haben – gesamthaft erfassen und passende Assistenzlösungen entwickeln zu können, hat Bosch eine detaillierte Analyse potenzieller Problemsituationen durchgeführt. Mitgewirkt haben dabei unterschiedliche Verbände, Vertreter von Berufsgenossenschaften und Firmen, unter anderem des produzierenden Gewerbes, des Baustoff- und Getränkehandels, des Einzelhandels sowie aus dem Verleih- und Service-Geschäft.

Auf diese Weise wurde beispielsweise im Rahmen von Workshops, Veranstaltungen mit Fahrern, Beobachtungstagen in Betrieben und Einzelinterviews ermittelt, welche Arbeitssituationen bei der Gabelstaplernutzung besonders problembehaftet sind. Über alle Branchen hinweg nannten die Teilnehmer dabei das Rückwärtsfahren mit dem Stapler an erster Stelle. Sie bemängelten insbesondere schlechte Übersichtlichkeit und Ergonomie. An zweiter Stelle stand das langsame Fahren mit beladener Gabel und häufigen Richtungsänderungen, etwa beim Rangieren. In beiden Situationen lenken die notwendigen ständigen Blickrichtungswechsel vom Fahrgeschehen ab und vergrößern die Unfallgefahr. Das deckt sich auch mit Erhebungen der DGUV, nach denen 55 Prozent der Unfälle bei Rückwärtsfahrt und sogar 98 Prozent bei langsamem Tempo erfolgen. 90 Prozent der Verletzten standen dabei zu nah am Stapler, der erforderliche Sicherheitsabstand zum Gerät wurde also nicht eingehalten.

Aus den Ergebnissen der Anforderungsanalyse sowie ergänzenden DGUV-Erhebungen zu Unfallverläufen,



Multikamerasystem

deren Häufigkeit und Schwere lassen sich drei besonders unfallträchtige Standardsituationen (Use-Cases) beim Betrieb von Gabelstaplern identifizieren. Erstens ist das Anfahren beziehungsweise Fahren auf den oftmals engen Gängen und Wegen, wo die Gefahr einer Kollision mit Personen oder anderen Objekten besteht, zweitens werden in unübersichtlichen Kreuzungsbereichen zwischen den Regalreihen querende Personen oder Fahrzeuge übersehen und drittens kommt es zu Unfällen beim Rangieren während des Be- und Entladens, etwa wenn Paletten mit Ware in Regale oder LKW eingelagert werden.

Zusammengefasst muss ein Assistenzsystem, das Staplerfahrer wirksam bei ihrer Arbeit unterstützt, die generelle Rundumsicht um das Fahrzeug und speziell die Sicht auf den Fahrweg bei Rückwärtsfahrten oder Blindspots durch die Gabelbeladung verbessern, um insbesondere die drei oben genannten Situationen zu entschärfen.

### Multikamerasystem

In einem von Bosch durchgeführten Benchmarkvergleich verschiedener Sensorkonzepte kristallisierte sich das optische Sensorsystem mit Kameras für die Anforderungen bei Gabelstaplern als besonders geeignet heraus. Bilddarstellungs- und -aufbereitungsfunktionen lassen sich mit einem kamerabasierten System naturgemäß sehr viel besser umsetzen und vom Bediener interpretieren als mit anderer Sensorik. Das Assistenzsystem von Bosch besteht aus vier kompakten Nahbereichskameras und einem Steuergerät, das eine 360°-Darstellung des aktuellen Fahrzeugumfelds

erzeugt und dem Fahrer auf seinem Monitor im Cockpit anzeigt. Je nach aktueller Arbeitssituation kann der Fahrer zwischen unterschiedlichen Ansichten auf seinem Monitorbild schalten. Die Bildschirmdarstellung – ob Einzelansichten, 360°-Rundumsicht sowie Vollbild oder Splitscreen – lässt sich vom Fahrer konfigurieren. Zudem schaltet das System in Abhängigkeit von der Fahrzeugbewegung automatisch in die passende Bildansicht, ohne dass der Fahrer diese aufwendig im Bedienmenü einstellen muss.

Die möglichen Betrachtungsmodi sind:

- ▶ 3D-Topview („BirdView“): Aus den Kameradaten berechnet das System eine Draufsicht auf das Fahrzeug von oben, sodass der Fahrer das gesamte Umfeld des Fahrzeugs einsehen kann. Bewegt sich das Fahrzeug, wandert auch das Monitorbild des Umfelds mit. Die Draufsicht wird dabei über eine Projektion räumlich dargestellt, was in der Praxis zu einer realistischen Darstellung von erhabenen Objekten wie Personen, Regalen oder Waren führt. Der Topview-Zoom (manuell und fahrzeuggeschwindigkeitsabhängig) bietet einen automatischen Fokus zum zielgenaueren Manövrieren des Fahrzeugs an engen Stellen.
- ▶ Panorama-Ansicht: In diesem Modus wird der Sichtbereich der Front- oder Heckkamera auf 180° geöffnet, insbesondere hilfreich beim Rückwärtsfahren aus Rolltoren, da der Kameraöffnungswinkel größer als der Sichtbereich des Fahrers ist und die Kamera früher aus dem Rolltor neigt als der Kopf des Fahrers.

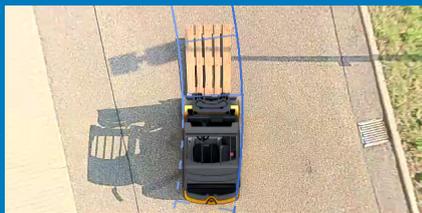
Als Feature kann der Fahrer die Trajektorie der Fahrspur mit Entfernungskindikatoren als Manövrier- und Positionierungshilfe in das Displaybild einblenden. Diese Funktion unterstützt den Fahrer einerseits beim Fahren und Rangieren, andererseits aber auch bei einem Wechsel des Staplerbedienpersonals. In diesem Fall ist dem neuen Fahrer der vorher eingestellte Lenkwinkel oftmals nicht bekannt, sodass das Fahrzeug beim Anfahren abrupt die Richtung wechseln kann. Unfälle entstehen dann oft, wenn der Stapler eine Person touchiert, die im direkten Nahbereich des Fahrzeugs steht, etwa um den Transportauftrag mit dem Staplerfahrer zu besprechen, oder wenn der Stapler direkt in eine Regalreihe lenkt.

Darüber hinaus bietet das System eine virtuelle Kameraschwenkfunktion. Dabei dreht das Kamerabild zum Beispiel bei der Frontsicht digital mit dem Lenkwinkel mit, um den für den Fahrer relevanten Sichtbereich besser einzufangen. Bei der Erzeugung der Ansichten nutzt Bosch einen Hochleistungs-Grafikprozessor. Durch ihn wird insbesondere beim Stitching – also dem Zusammenfügen einer gesamten Ansicht aus den Einzelperspektiven der Kameras – im Bereich der Bildüberlappung eine hohe Bildqualität und -detailtreue erreicht. Im Staplerbetrieb führt das dazu, dass der Bediener keine Objekte im Monitorbild übersieht und Objekte am Übergang zwischen zwei Kamerabereichen nicht doppelt dargestellt werden.

## Sichtassistent

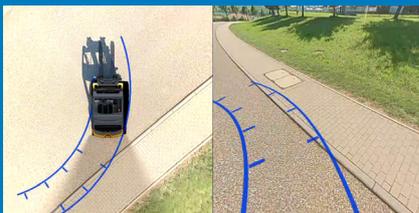
Je nach Arbeitssituation kann der Fahrer zwischen unterschiedlichen Ansichten auf seinem Monitorbild schalten

### 360°-Rundumsicht



3D Draufsicht

### Manöver- & Positionierungs-Hilfe



Dynamische Fahrspureinblendung in Abhängigkeit des Lenkwinkels mit Distanzindikatoren und Farbauswahl

### Panorama View



Panoramaansicht sieht mehr als der Fahrer mit seinem Sichtbereich

### Automatischer Draufsicht Zoom



Automatische Zoom-Funktion, um langsame Manöver in beengten Umgebungen zu vereinfachen

### Virtueller Kameraschwenk



Digitales Schwenken der Kamera abhängig vom Lenkwinkel, ermöglicht dem Fahrer mehr des relevanten Bereichs zu überblicken

### Dynamisches Stitching



Umschaltung der Stitching-Linien in Abhängigkeit der Fahrtrichtung und dem Kamerasichtfeld



### Automotive-Ethernet Schnittstelle



### Diagnose- und Kalibrierungs-Tool

Einfache und schnelle Kalibrierung durch den Kunden für verschiedene Fahrzeugvarianten möglich.

## Multikamerasystem als Nachrüstlösung

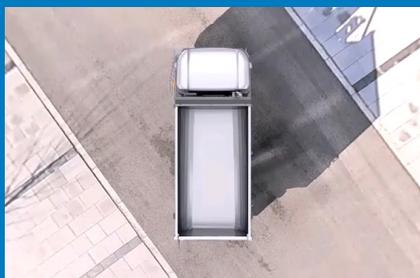
Erfahrungsgemäß haben Flurförderzeuge wie Gabelstapler eine hohe Nutzungsdauer. Damit auch Bestandsfahrzeuge vom Sicherheitsplus durch das Multikamerasystem profitieren können, hat Bosch eine spezielle Lösung für die Nachrüstung des Systems entwickelt. Das Komplettpaket besteht aus vier kompakten Nahbereichskameras samt Steuergerät, einem universellen Kabelbaum, einem 10-Zoll-Touch-Display sowie einem Set aus Kamerahaltern. Es umfasst damit alles, was für die schnelle und problemlose Montage notwendig ist. Bei der Entwicklung des Systems wurde besonderer Wert auf eine hohe Funktionsgüte unter allen Nutzungsbedingungen gelegt. Beispielsweise sorgt die durchgängig digitale Kamertechnik für eine hohe Bildqualität auch bei widrigen Lichtverhältnissen, etwa in der Dämmerung, bei schlechter Beleuchtung der Arbeitsumgebung oder bei Gegenlicht. Das hochauflösende Display gewährleistet eine

sehr gute Bilddarstellung und Ablesbarkeit, auch bei direkter Sonneneinstrahlung oder schnellen Helligkeitswechseln. Durch ein stabiles Gehäuse aus pulverbeschichtetem Aluminium-Druckguss ist das Display auch für den rauen Einsatz, etwa im Außenbereich, geeignet.

Alle Funktionen der Nachrüstlösung werden durch eine Touch-Oberfläche auf dem Display gesteuert, sodass keine weiteren Tastenfelder in das Staplercockpit integriert werden müssen. Über das intuitiv bedienbare Menü kann beispielsweise zwischen den einzelnen Kameraansichten des Systems gewechselt werden. Dabei stehen Einzelansichten vorne/hinten und die 360°-Rundumsicht im Vollbild oder Splitscreen, Bird-View und Panorama-View zur Auswahl. Insbesondere die Panorama-Ansicht bietet durch den erweiterten Sichtbereich auf 180° ein erhebliches Mehr an Sicherheit beim Rangieren an unübersichtlichen Stellen.

## Bosch Retrofit-Kit

### 360°-Rundumsicht



3D Draufsicht

### 360°-Rundumsicht/Rück-/Front View



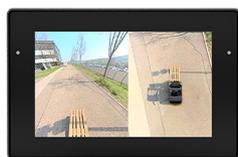
Split-Screen

### Panorama View



Panoramaansicht sieht mehr als der Fahrer mit seinem Sichtbereich

## Retrofit-Kit



1x  
10-Zoll-Touch-Display



1x  
Steuergerät



4x  
Nahbereichskamera



4x  
Kamerahalter



1x  
Universellen Kabelbaum



Übersicht Komponenten

## Anwendungsspezifische Systementwicklung

Bosch legt Assistenzsysteme und -funktionen für Flurförderzeuge, aber auch für andere Industrie- und Off-Highway-Anwendungen wie beispielsweise Bau-, Agrar- und Kommunalfahrzeuge, maßgenau auf die jeweiligen Anforderungen aus. Dazu wurde ein flexibel einsetzbarer und kombinierbarer Sensorbaukasten mit Ultraschall-, Radar- und Kamerasystemen entwickelt. Bei Gabelstaplern bieten sich aufgrund des besonderen Einsatzprofils vor allem Multikamerasysteme an. Sie verfügen über eine hervorragende Bildwiedergabe für die Monitordarstellung.

Bei anderen Flurförderzeugen wie beispielsweise den Hubarbeitsbühnen, nutzt Bosch Ultraschallsensoren zur Arbeitskorb-Absicherung von Blindbereichen. Seit Anfang 2022 ist das neue 24-V-Ultraschallsensorsystem für die Nahfeldüberwachung des Arbeitsbereichs in zwei Ausführungen auf dem Markt. Auch wenn sich die Hardware der beiden 24-V-Systeme gleicht, gibt es Unterschiede bei der Verarbeitung der Sensordaten und damit beim Funktionsumfang. Während das einfachere System nur die reine Distanz zu einem Hindernis misst, bietet die Highend-Lösung zusätzlich eine Objektlokalisierung. Für die weiterführende Automatisierung von Arbeitsmaschinen werden Ultraschallsysteme mit Safety-relevanten Funktionen zur Umfelderkennung immer wichtiger. Gegenüber anderen Systemen wie Laserscannern haben moderne Ultraschallsensorsysteme einen hohen Kostenvorteil bei guter Leistungsfähigkeit, auch unter schwierigeren Bedingungen. Für den Off-Highway-Bereich wird hierfür ab 2024 die erste Safety-Variante des Ultraschallsensorsystems Off-Highway von Bosch mit Performance Level C nach ISO 13849 im Markt verfügbar sein.

Radarsysteme haben einen sehr großen Detektionsbereich, sodass auch entfernte Objekte zuverlässig erkannt und getrackt werden. Ihre Robustheit gegen Umwelteinflüsse wie Regen, Schnee, Staub und Nebel prädestiniert sie für Off-Highway-Anwendungen wie Baumaschinen oder Landwirtschaftsfahrzeuge.

Für alle Assistenzsysteme von Bosch gilt, dass sie sich problemlos in die Fahrzeugelektronik integrieren lassen. Im Bereich der Flurförderzeuge unterstützt das Kommunikationsprotokoll dazu beispielsweise schon heute künftige Elektronikschnittstellen, deren Standardisierung aktuell mit Hochdruck vom Verein Deutscher Ingenieure (VDI) und den Herstellern betrieben wird<sup>[3]</sup>.

## Zusammenfassung und Ausblick

Von Gabelstaplern und anderen Flurförderzeugen geht ein hohes Unfallrisiko aus. Beim Fahren und Rangieren des Staplers müssen die Fahrer daher permanent das gesamte Umfeld des Geräts und zudem die Ladung auf der Gabel im Blick haben. Das setzt sie unter Dauerstress und kann zu gesundheitlichen Problemen führen. Das Multikamerasystem von Bosch für Gabelstapler entschärft besonders unfallträchtige Situationen, indem es die Rundumsicht um das Fahrzeug und speziell die Sicht auf den Fahrweg bei Rückwärtsfahrten oder Blindspots durch die Gabelbeladung verbessert. Dazu wird eine 360°-Darstellung des aktuellen Fahrzeugumfelds erzeugt und dem Fahrer auf seinem Monitor angezeigt. Je nach aktueller Arbeitssituation kann der Fahrer zwischen unterschiedlichen Ansichten auf seinem Monitorbild schalten. Damit bietet das System eine perfekte Rundumsicht. Personen und andere Objekte im Umfeld des Gabelstaplers werden so besser geschützt und das Stressniveau des Fahrers bei der Bedienung reduziert. Für Bestandsfahrzeuge ist eine schnell und einfach montierbare Nachrüstlösung verfügbar. Neben dem Multikamerasystem runden Radar- und Ultraschallsysteme die Off-Highway-Umfeldsensorik von Bosch ab.

## Literaturhinweise

- [1] Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (Hrsg.): Statistik Arbeitsunfallgeschehen 2020. Online: <https://publikationen.dguv.de/widgets/pdf/download/article/4271>, aufgerufen am 10. April 2022
- [2] Berufsgenossenschaft Holz und Metall (Hrsg.): Gabelstapler. Online: <https://publikationen.dguv.de/widgets/pdf/download/article/310>, aufgerufen am 10. April 2022
- [3] VDI-Gesellschaft Produktion und Logistik (Hrsg.): VDI 4482: Assistenzsysteme für Flurförderfahrzeuge. Online: <https://www.vdi.de/richtlinien/details/vdi-4482-assistenzsysteme-fuer-flurfoerderzeuge>, aufgerufen am 10. April 2022

## Weitere Infos

[www.bosch-mobility-solutions.com](http://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 Softwarepezialist 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](http://www.bosch-engineering.com)