

# 4G/5G-Campusnetze und FTS-Einsatz

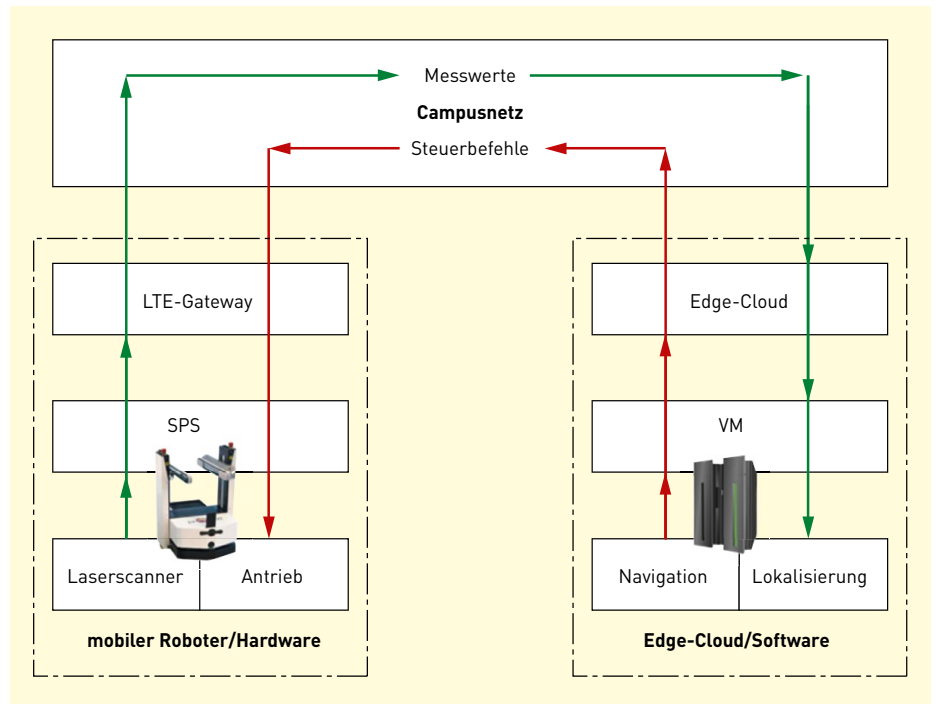
## Fabriksteuerung in Echtzeit mit Edge-Cloud und mobilen Robotern

Mit den kommenden 5G-Campusnetzen werden neue Konzepte für die Intralogistik möglich. Die Deutsche Telekom zeigt mit einem LTE-Campusnetz bei Osram in Schwabmünchen, wie diese schon heute aussehen könnten. Umgesetzt wurde das Projekt von Gestalt Robotics und dem Fraunhofer-IPK Berlin.

Campusnetze sind örtlich begrenzte Mobilfunknetze für die exklusive Nutzung durch das betreibende Unternehmen. Bis der 5G-Mobilfunk in der Breite etabliert ist, können Campusnetze auch mit 4G/LTE-Equipment aufgebaut werden. Die Teilnehmer im privaten Funknetz können beliebig untereinander und mit unternehmensinternen Ressourcen kommunizieren.

### Kombination von Campusnetz und Edge-Cloud

Die Cloud als Synonym für einfach allozierbare Ressourcen bietet zwar auch für die Automatisierungstechnik viele Vorteile, allerdings verhindern die hohen zeitlichen Anforderungen bisher die Nutzung für Steuerungsaufgaben. Werden die Ressourcen der Cloud an den Rand des Netzes verlagert, spricht man von einer Edge-Cloud. Die Edge-Cloud bietet neben kurzen Kommunikationszeiten weiterhin die charakteristischen Eigenschaften, wie „resource pooling“, „rapid elasticity“ oder „measured services“.



1 Kommunikationsschema für einen mobilen Roboter (FTS) im Campusnetz

Die Kombination von Campusnetz und Edge-Cloud an einem Unternehmensstandort ermöglicht nun mobile Automatisierungsanwendungen mit definiertem Zeitverhalten. Im Projekt „Cognitive Edge for Factory“ (CEFF) wird dies am Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik (IPK) in Berlin für einen innovativen Ansatz der Intralogistik erprobt. Hierbei befördert ein fahrerloses Transportsystem (FTS) Zwischenprodukte von einer Übergabestation zu einem Zwischenlager. Eine Herausforderung für das FTS ist die präzise Navigation im Bereich von wenigen Millimetern in geschlossenen Hallen. Ein noch wenig verbreiteter Ansatz basiert auf der Verwendung von Laserscannern zur Umfelderkennung in Kombination mit einer digitalen Karte. Aus den Scannerdaten wird dabei die Position des FTS auf der Karte berechnet. Basierend auf dem Campusnetz und der Edge-Cloud, wird diese Berechnung nun nicht mehr auf dem Transportfahrzeug lokal ausgeführt, sondern auf der Edge-Cloud. Dadurch lassen sich rechenintensive Sensordatenverarbeitung und echtzeitkritische Maschinensteuerungsfunktionen kombinieren.

### Cloudbasierte Transportrobotersteuerung

Als Projektpartner implementierte die Gestalt Robotics GmbH die Lokalisierung und die Navigation des mobilen Roboters (FTS), und das Fraunhofer-IPK entwickelte ein neues Konzept zur Handhabung der Produkte und der verteilten Steuerungstechnik. Der Laserscanner tastet die Umgebung in einer definierten Ebene ab und sendet die Daten zur Auswertung an die Edge-Cloud. Zusammen mit weiteren Zustandswerten der FTS-Telemetrie summiert sich der Datenstrom je Transportfahrzeug von etwa 300 kByte/s auf über 25 GB/Tag.

Die Positionsbestimmung und die Bahnplanung zwischen definierten Wegpunkten werden mit Hilfe der Karte in der Edge-Cloud ausgeführt. Dabei werden sowohl frei befahrbare als auch gesperrte Flächen berücksichtigt, um beispielsweise das Befahren von Treppen oder Fluchtwegen zu vermeiden. Spontane Hindernisse, wie Mitarbeiter oder temporär abgestellte Gegenstände, werden erkannt und umfahren, sofern dies möglich ist. Sollte ein Umfahren nicht möglich sein, wartet das FTS, bis der Weg wieder frei ist. Aus der aktuellen Position und dem zu fahrenden Weg werden die Stellgrößen für die



IPK

2 Transportfahrzeug mit Lastaufnahme-mittel für die Spulen

beiden Antriebsräder abgeleitet und über das Campusnetz an das Transportfahrzeug übermittelt. So ist ein geschlossener Regelkreis, ausgehend von der abgetasteten Umwelt über den Laserscanner, die Edge-Cloud bis hin zu den Antrieben, realisiert (Bild 1). Die Performance des Campusnetzes hat so einen direkten Einfluss auf die Regelgüte des mobilen Roboters.

### Material-Handhabung und Übergabestationen

Die automatisierte Handhabung der zu transportierenden Lasten wurde vollständig neu entwickelt (Bilder 2 und 3). Beim Transportgut handelt es sich um einen auf Spulen aufgewickelten Draht von mehreren Kilogramm Gewicht, wobei diese Spulen auf ihren Flanken rollen können. Für die Handhabung der Spulen wurden Übergabestationen konzipiert, die über ein rein passives System den Transport der Spulen innerhalb der Station sowie auf das FTS und von diesem herunter realisieren. Hierzu wird eine schiefe Ebene in der Station und auf dem FTS verwendet, sodass die Spulen allein aufgrund der Schwerkraft rollen. Das Abladen an der Zielstation geschieht durch einfaches Kippen der Spulenaufnahmevorrichtung auf dem FTS.

Für eine sicher reproduzierbare Übergabe ist eine hohe Präzision beim Anfahren des FTS an die Station erforderlich. Hierbei sind ein seitlicher Versatz von weniger als 1 cm und eine Distanz von wenigen Millimetern zwischen FTS und Station notwendig. Um die Übergabe abzusichern, erfassen zusätzliche Sensoren an der Übergabestation die Position des FTS. Erst wenn die Station der Edge-Cloud meldet, dass das FTS eine geeignete Position erreicht hat, wird der Übergabeprozess ausgelöst. Bild 4 zeigt schematisch die am Materialtransport beteiligten Komponenten.



3 Abgeschlossene Übergabe der Spulen vom Transportfahrzeug an die Station

### Verteiltes Steuerungssystem im LTE-Campusnetz

Aus Übergabestationen, Transportfahrzeug, Bediengerät und Edge-Cloud entstand ein verteiltes, rückgekoppeltes Steuerungssystem, das über das Campusnetz verknüpft ist. Ein Vorteil des Campusnetzes im Vergleich zu WLAN ist die nahtlose Übergabe (seamless handover) zwischen den Antennenbereichen. So können sich Teilnehmer auch auf weiten Strecken ohne Verbindungsabbrüche bewegen. Aktuelle Messungen haben ergeben, dass das Campusnetz bei Osram in Schwab-

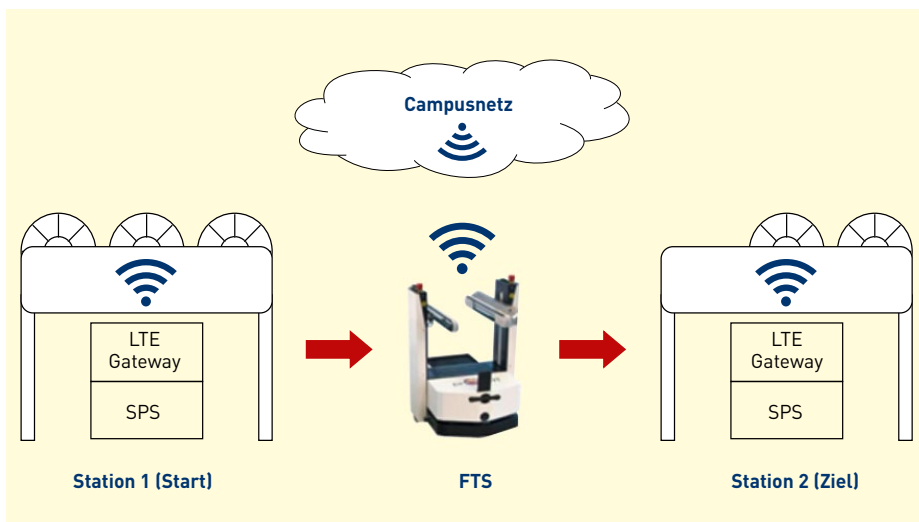
münchen eine mittlere Latenz von 18 ms und einen Jitter von 2 ms aufweist. Erst durch diese Eigenschaften ist die Echtzeit-Steuerung des mobilen Roboters (FTS) möglich.

Die Antennen- und Netzwerktechnik des Campusnetzes versorgt dabei nicht nur die lokalen Campusnetz-Teilnehmer; durch das Dual-Slice-Verfahren wird zudem ein öffentliches Netz ausgestrahlt. So erhalten die Mitarbeiter über die Campusnetz-Antennen eine zusätzliche Mobilfunkabdeckung für ihre Mobiltelefone. Der Netzwerkverkehr des Campusnetzes verlässt dabei niemals das Gelände, da durch das Local-Breakout-Verfahren alle Campusnetz-Daten sofort zur internen Verarbeitung an die Edge-Cloud umgeleitet werden.

### Zusammenfassung und Ausblick

Für die Einbindung eines fahrerlosen Transportfahrzeugs (FTS) hat die Deutsche Telekom erstmals ein LTE-Campusnetz auf dem Betriebsgelände von Osram in Schwabmünchen installiert. Es stellt exklusive Netzwerkressourcen bereit und gewährleistet, dass die übermittelten Daten nie das Unternehmensnetz verlassen. Darauf aufbauend, wurde ein robotergestützter Materialtransport innerhalb der Fabrik umgesetzt. Die von der Gestalt Robotics GmbH realisierten Softwaredienste zur Lokalisierung und Navigation können so auf einer Edge-Cloud berechnet werden. Als Bindeglied zwischen manuellen und automatischen Prozessen kommen vom Fraunhofer-IPK neu entwickelte Materialübergabestationen mit LTE-Gateways zum Einsatz.

Die Edge-Cloud-basierte Steuerung kann nun auch komplexeste Planungsaufgaben vom Flottenmanagement bis zum KI-gestützten Materialfluss für die gesamte Fabrik übernehmen. Die Anbindung von weiteren LTE-Endgeräten ermöglicht eine Vielzahl neuer Anwendungen. Diese sind dabei nicht auf die Steuerung von Transportfahrzeugen beschränkt. Die große Bandbreite des Netzes erlaubt u. a. auch die funkbasierte Anbindung von Kameras, so dass automatisierte Vollständigkeits- und Qualitätsprüfungen durch cloudbasierte Bildverarbeitungsdienste umsetzbar werden.



4 Konfiguration und Ablauf des Materialtransports (Spulen)

**Dipl.-Ing. Moritz Chemnitz,**  
Stellvertretender Abteilungsleiter  
Prozessautomatisierung und Robotik am  
Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen  
und Konstruktionstechnik (IPK) in Berlin



**Dipl.-Ing. Axel Vick,**  
Wissenschaftlicher Mitarbeiter am  
Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen  
und Konstruktionstechnik (IPK) in Berlin



**Prof. Dr.-Ing. Jens Lambrecht,**  
Gründer und Geschäftsführer der Gestalt  
Robotics GmbH sowie Fachgebietsleiter  
Industry Grade Networks and Clouds an der  
Technischen Universität Berlin

