



Private Netzwerke für Transport und Logistik

Ein Überblick über die Herausforderungen, Markttreiber, Anwendungsfälle und Trends für private Netzwerke in der Transport- und Logistikbranche



Disruptive Analysis



Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	3
Definition des Verkehrs- und Logistiksektors	4
Wichtige Herausforderungen und Markttreiber	5
4G/5G-Anwendungsfälle in Logistik und Transport	8
Warum private Netze einsetzen?	16
Spektrum-Optionen und Trends	19
Schlussfolgerung und Zukunft auf lange Sicht	22



Zusammenfassung

Der Transport- und Logistiksektor ist eine der vielversprechendsten Branchen für die aufkommenden privaten LTE- und 5G-Netze sowie für angrenzende Technologien wie Edge Computing und neue Wi-Fi6E/7-Versionen.

Häfen, Flughäfen und Lagerhäuser/Fulfillment-Zentren gehören zu den bisher fortschrittlichsten Anwendern, aber auch Bahnhöfe, große Hersteller in der Luft- sowie Schifffahrt und andere zeigen allmählich Interesse. Autobahnbehörden, Eisenbahnnetze und kommunale Nahverkehrssysteme zaudern, wenn sie auch mehr Interesse an einer neutralen Host-Infrastruktur sowie an künftigen Spezialversionen von 5G zeigen, die auf Fahrzeug-zu-Fahrzeug- oder Bahnkonnektivität der nächsten Generation abzielen.

Unternehmen und öffentliche Einrichtungen in diesem (breit gefächerten und vielfältigen) Sektor setzen viele Anwendungen ein, die hohe Anforderungen an die drahtlose Konnektivität in Bezug auf Bandbreite, vorhersehbare Latenzzeit, Sicherheit und Betriebszeit stellen. Videobasierte Anwendungen wie Sicherheitskameras oder ferngesteuerte Fahrzeuge können wichtige private Treiber von 5G sein, insbesondere dort, wo sich Außenbereiche für WLAN als ungeeignet darstellen.

Angesichts gut definierter Standorte und eines wachsenden Lieferanten-Ökosystems werden Verkehrsknotenpunkte und Logistikstandorte schnell zu einem wichtigen Ziel für private Wireless-Anbieter und Lösungsintegratoren.

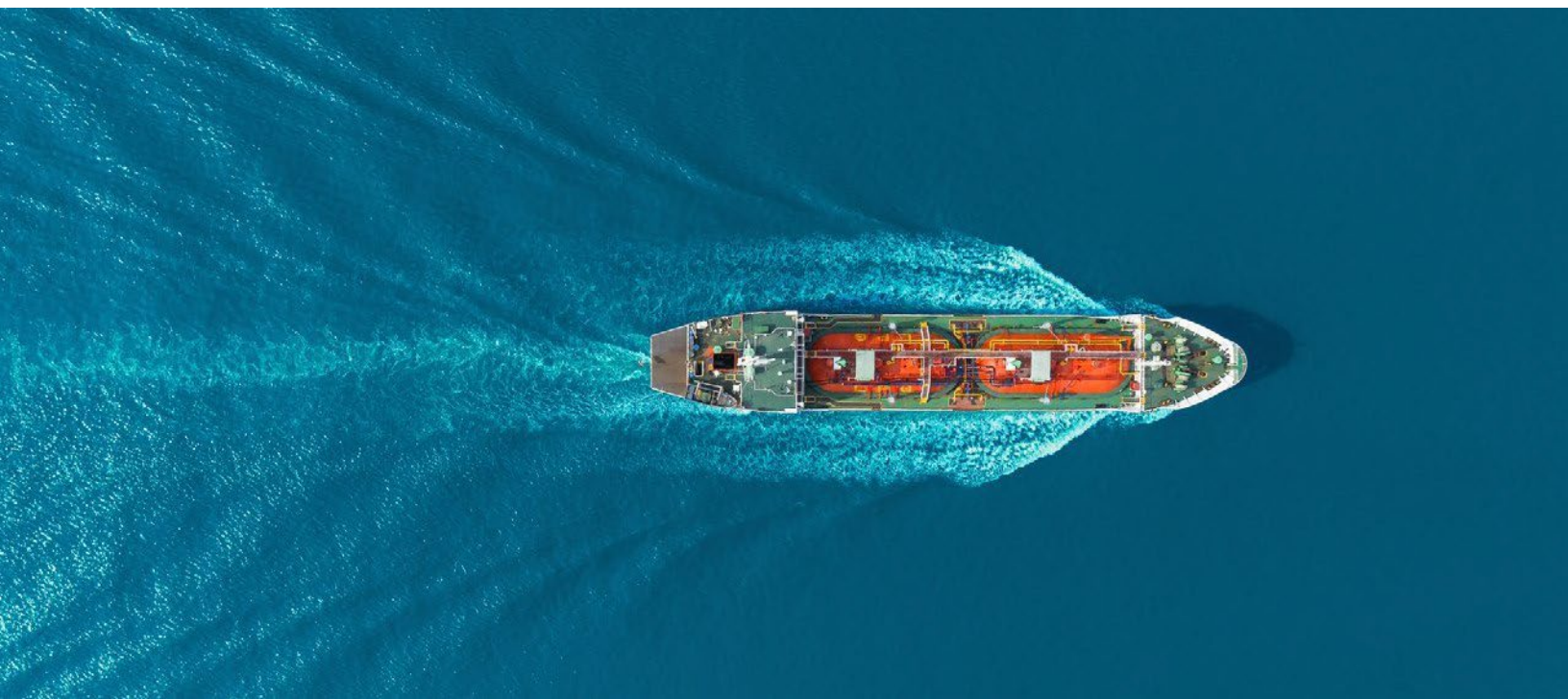
Im Gegensatz zu vielen anderen Branchen verfügen Transportunternehmen und -organisationen seit langem über eine hochentwickelte Netzwerkinfrastruktur, die

häufig in IoT- und Automatisierungssystemen („OT“ oder „Operational Technology“) sowie eher konventionellen IT- und Telekommunikationsanforderungen integriert ist. Da Eisenbahnen, Häfen und Flughäfen zu den kritischen nationalen Infrastrukturen gehören, verfügen sie oft über sehr widerstandsfähige Netze und nutzen spezielle Technologien oder Frequenzen für bestimmte Betriebsanforderungen.

Alle diese Sektoren werden zunehmend automatisiert und datenabhängig und stehen vor wachsenden Herausforderungen im Bereich der physischen und der Cybersicherheit. Als Drehscheiben für die Verteilung von Containern, Massengütern und kleineren Paketen spielen sie auch eine zentrale Rolle bei den aktuellen Verschiebungen in den globalen Lieferketten.

Mit zunehmender Ausreifung der 4G- und 5G-Mobilfunknetze werden diese über die traditionellen Mobilfunknetzbetreiber hinaus „demokratisiert“, da sich die Verfügbarkeit lokaler Frequenzen und Geräte ändert. Private Netze sind nun eine wachsende Realität.

Dies führt zu einer Übereinstimmung von Angebot und Nachfrage nach privaten Mobilfunknetzen für die Vor-Ort-Kommunikation von Mitarbeitern, Automatisierungssystemen, Fahrzeugen, IoT-Sensoren, Kameras und Infrastrukturen. In diesem eBook werden die wichtigsten Anwendungsfälle, Einsatzszenarien und Wege zu privaten 4G- und 5G-Netzen in der Transport- und Logistikbranche aufgezeigt. Dieser Bericht konzentriert sich hauptsächlich auf die Funkaspekte, es ist jedoch wichtig zu erkennen, dass sich das breitere Ökosystem – von Kernnetzen bis hin zu Edge-/Cloud-Computing und Planungs-/Entwurfs-/Testsystemen – parallel dazu entwickelt, zusammen mit einem immensen Ökosystem von Systemintegratoren und Branchenspezialisten.



Definition des Verkehrs- und Logistiksektors



In diesem eBook werden zahlreiche Teilsektoren und Standorttypen im Bereich Transport und Logistik behandelt. Wenn es auch einige gemeinsame Merkmale und Markttreiber gibt, so bestehen doch deutliche Unterschiede in Bezug auf die physische Größe und das Layout der Standorte sowie die Ausrüstungs- und Anwendungsplattformen, alte/alternative drahtlose Technologien, die Aufsicht der Behörden sowie den technologischen Konservatismus.

- 📍 **Verkehrsknotenpunkte**, womit Standorte wie Häfen, Flughäfen, Bahnhöfe und Rangierbahnhöfe gemeint sind.
- 📍 **Logistik**, also die zentralen Einrichtungen für Versand, Lagerung und Sortierung von Containern und Paketen, z. B. Lagerhäuser und Fulfillment-/Vertriebszentren.
- 📍 **Transportnetzwerke**, einschließlich Schienennetze, städtische Nahverkehrs- und Stadtbahnssysteme sowie Straßennetze.

Oft gibt es auch Hybridstandorte, beispielsweise die riesigen Logistik-„Hub“-Standorte von FedEx neben den Flughäfen von Memphis und Indianapolis.

Es gibt auch einige Überschneidungen mit verschiedenen anderen Sektoren, z. B. mit großen Produktionsstandorten. So finden Herstellung und Wartung in der Luft- und Raumfahrt in der Regel in kombinierten Fabriken/Flugplätzen statt, z. B. in den Anlagen von Boeing und Airbus. Ähnliche kombinierte Betriebe gibt es im Schiffbau und in der Eisenbahnproduktion. Bergbau-, Stahl- und Zementunternehmen haben vielleicht

ihre eigenen privaten Eisenbahnlinsen, die von abgelegenen Standorten oder Industriegebieten zu multimodalen Transitknotenpunkten in Häfen oder Städten führen.

Bei Logistikstandorten ist zu beachten, dass viele Besitzer auch große Einzelhandelsnetze (wie Costco und Walmart) oder andere Standorte wie die AWS-Rechenzentren von Amazon betreiben. Diese Nebenbetriebe und deren spezifische Anwendungen werden in diesem Dokument nicht direkt berücksichtigt.



Wichtige Herausforderungen und Markttreiber

Die Nachfrage nach privaten Netzwerken für den Transport- und Logistiksektor wird letztlich durch eine Reihe von nationalen und globalen Veränderungen auf höchster Ebene angetrieben. Hinzu kommen bestimmte lokale Faktoren wie die politische Unterstützung für „Freihäfen“ oder Unternehmenszonen oder Bemühungen um die Modernisierung der Eisenbahnnetze.

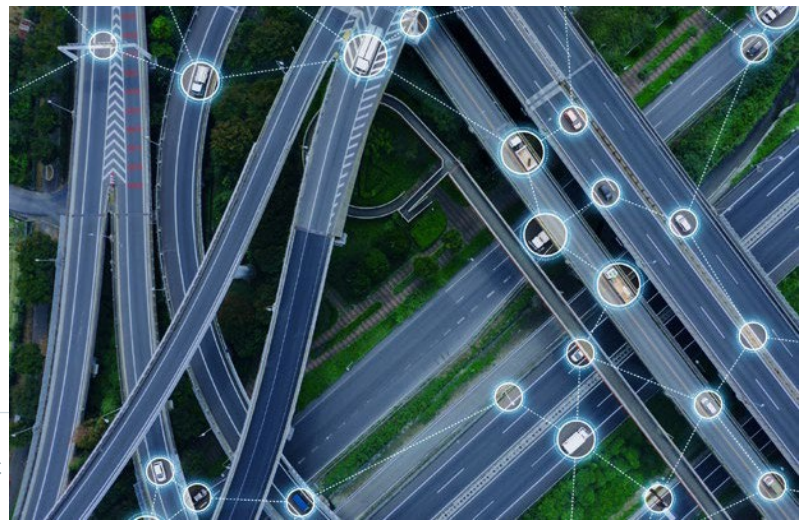
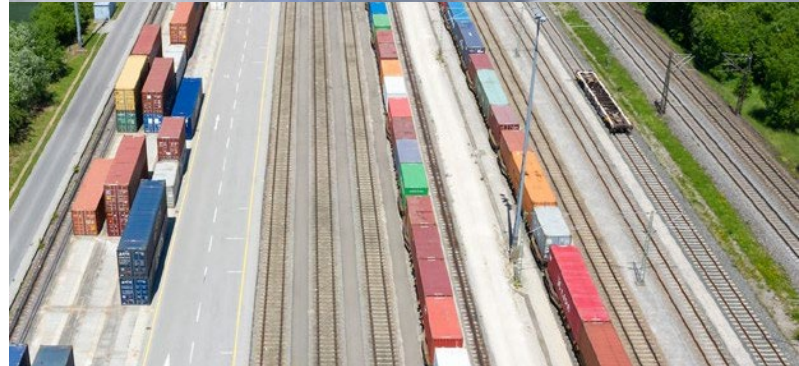
Vereinfacht gesagt, führen all diese Faktoren zu einem höheren Bedarf an Konnektivität, Kontrolle und Informationsflüssen – und dies wiederum zu mehr 4G- und 5G-Netzen sowie WLAN-, Glasfaser- und Wide-Area-Netzdiensten.

Einige der wichtigsten „Megatrends“ für Logistik und Transport sind:

🔴 **Automation und Robotik:** Wie in diesem eBook bereits erwähnt, werden Verkehrsknotenpunkte und Lagerhäuser immer stärker automatisiert. Zwar sind Hafenkräne, Gepäckfördersysteme und fahrerlose Transportsysteme nicht neu, doch werden sie rasch verbessert. Vor allem Roboter und automatisierte Systeme nutzen drahtlose Videokameras zur Erkennung von Paketen, zur Fernsteuerung und für viele andere Zwecke.

🔴 **Daten und Analytik:** Transport- und Logistikunternehmen stehen bei datenintensiven Anwendungen an vorderster Front, von digitalen Zwillingen von Düsentriebwerken und Eisenbahnlokomotiven bis hin zur optimierten Planung und Verpackung von Waren in Fulfillment-Lagern. Besser vernetzte Geräte, IoT-Sensoren und Video-Input können Durchlaufzeiten steigern, Versandfehler reduzieren, den Energieverbrauch senken und vieles mehr. Im Personenverkehr sollte es weniger Verspätungen, sinnvoller verteilte Menschenansammlungen sowie einen besseren Kundenservice geben.

🔴 **Vorausschauende Wartung und Anlagenverwaltung:** Transportsysteme sind kapitalintensiv. Die Kosten für den Ausfall eines Fahrzeugs – oder kritischen Systems in einem Lager oder Flughafenterminal – können immens sein.





Die Nutzung vernetzter Informationen und Sensoren bietet enorme Möglichkeiten für eine „vorausschauende Wartung“, d. h. auftretende Probleme zu beheben, bevor sie kritisch werden, oder die regelmäßige Wartung dann zu planen, wenn sie erforderlich ist, anstatt einem allgemeinen Zeitplan zu folgen. So können beispielsweise Vibrations- und Temperatursensoren „Frühwarnungen“ für Probleme ausgeben, wenn anormale Messwerte festgestellt werden. Es gibt auch offensichtliche Sicherheitsvorteile in Bereichen wie der Luftfahrt und der maritimen Fehlerdiagnose.

🔴 **Verbesserte Sicherheit und Produktivität der Mitarbeiter:**

Arbeitsunfälle werden heute weit weniger toleriert als früher. Mittels Automation und besseren Informationen versuchen Transport- und Logistikunternehmen, die Produktivität der Mitarbeiter zu erhöhen und gleichzeitig die Sicherheit zu verbessern. Das umfasst viele Aspekte, von der Gewährleistung sicherer Abstände zwischen Arbeitern und Fahrzeugen über die schnelle Reaktion auf jeden Zwischenfall bis hin zu verbesserten Aufzeichnungen und Schulung. Eine zuverlässige Kommunikation ist unerlässlich, sowohl über Sprache (oft Push-to-Talk) als auch über einen zunehmenden Bedarf an Videokommunikation und mobilem Zugang zu Unternehmensanwendungen.

🔴 **Klimawandel und Dekarbonisierung:** Die nächsten zehn Jahre werden viele tiefgreifende Veränderungen für Transport- und Logistikunternehmen bringen, da der Planet auf Netto-Null-CO₂-Emissionen zusteuert. Häfen, Flughäfen, Distributionszentren und andere Standorte werden wahrscheinlich neue Stromquellen wie Wind- und Solarenergie, Batteriespeicher vor Ort, möglicherweise Wasserstoffanlagen und Flotten von elektrischen (oft autonomen) Fahrzeugen und Maschinen benötigen. All dies erfordert Konnektivität, ebenso die Überwachung des Energieverbrauchs, die Steuerung, die Datenerfassung und die Berichterstattung.

🔴 **Geopolitik, Re-Shoring und Widerstandsfähigkeit der Lieferketten:** Jüngste Ereignisse wie der Handelskrieg zwischen den USA und China, die Covid-Pandemie und der Krieg zwischen Russland und der Ukraine haben die Risiken globaler (und oft anfälliger) Lieferketten für externe Störfälle deutlich gemacht. Neben einer lokalisierten Produktion müssen auch Versand und Logistik wesentlich effizienter, automatisierter und vernetzter werden, um Sendungen umzuleiten, Bestände zu lagern und neue Papiere und Compliance-Anforderungen zu bewältigen.

🔴 **Cybersicherheit:** Verkehrsknotenpunkte und Lagerhäuser sind Teil der nationalen kritischen Infrastruktur. Die zunehmende Automation sowie cloudbasierte Funktionen bringen neben Effizienzgewinnen auch Sicherheitsherausforderungen mit sich. Alte IT-, Netz- und Betriebssysteme werden verstärkt oder stillgelegt, wenn sie Schwachstellen aufweisen, während die Netzwerke zusätzliche Widerstandsfähigkeit und Redundanz benötigen. Drahtlose Netze können als Backup bei Ausfall von Glasfaser- oder anderen Verbindungen genutzt werden.





Alle diese allgemeinen Faktoren sowie unternehmens- und länderspezifische Trends zusammengefasst führen dazu, dass die Netze folgende Anforderungen erfüllen müssen:

- Hohe Kapazität und geringe Latenz
- Möglichst drahtlos, um Mobilität (z. B. FTS) und Zugang zu Orten zu ermöglichen, an denen die Verlegung von Glasfaserkabeln unpraktisch ist
- Möglichst standardisiert mit einer vielfältigen Lieferkette und breit gefächerten Kompetenzen
- Interoperabel auf der Netzwerkebene und bei den Protokollen für den Nachrichtenaustausch zwischen verschiedenen Systemen und Partnern
- Flächendeckend verfügbar, entweder als Dienst oder auf privater Basis
- Sicher und stabil, insbesondere in sensiblen Bereichen „kritischer Infrastrukturen“ wie Flughäfen und Eisenbahnen
- Geeignet sowohl für große Standorte, wie bedeutende Häfen, als auch für kleinere, wie Bahnhöfe. In einigen Fällen müssen sie möglicherweise auf nationale Autobahn- und Schienennetze ausgeweitet werden
- Niedrigere (oder zumindest vorhersehbare) Kosten pro Standort oder pro Gerät

Außerdem müssen neue Netzsysteme (z. B. 5G oder Wi-Fi 6/6E) mit älteren Konnektivitätsarten integriert werden. Dies umfasst viele verschiedene Arten von Netzwerken, sowohl kabelgebundene als auch drahtlose. Viele der „Industrie 4.0“-Funktionen von 5G werden erst in Zukunft mit den späteren

3GPP-Releases 16 / 17 / 18 verfügbar sein. Dies bedeutet, dass häufig mehrere Technologien in Kombination verwendet werden, wobei eine Vielzahl von Integrations- oder Gateway-Ansätzen erforderlich ist. Kontinuierliche Upgrades und Aktualisierungen sind ebenso wahrscheinlich wie das Hinzufügen neuer Anwendungsfälle.

(Auch außerhalb des Rahmens dieses Dokuments gibt es eine Vielzahl zusätzlicher Veränderungen bei der Netzverwaltung und -steuerung, einschließlich Cloud- und Edge-basierter Kernnetze und Betriebssysteme).





4G/5G-Anwendungsfälle in Logistik und Transport

Angeichts der oben dargestellten Branchenstruktur und -veränderungen, müssen in diesem Bericht zwei Fragenkomplexe behandelt werden:

- ❗ Welche Anwendungsfälle sind für die Mobilfunk-Konnektivität von 4G- und 5G geeignet?
- ❗ Wann ist ein privates 4G/5G-Netz besser geeignet als ein öffentlicher Netzdienst eines Mobilfunkbetreibers/Carriers? (Hinweis: Einige Telekommunikationsunternehmen bieten ihren Unternehmenskunden jetzt vollständig „private“ Netze an)

In diesem Abschnitt werden einige der sich abzeichnenden Anwendungsfälle hervorgehoben, die von der Mobilfunkkonnektivität in der Logistik- und Transportbranche profitieren können, insbesondere Lagerhäuser und Fulfillment-Zentren, Häfen und Flughäfen, die derzeit wahrscheinlich die größten Kunden für private 4G/5G-Netze sind.

Andere Sektoren wie Schienennetze und Bahnhöfe verfügen oft über Mobilfunkabdeckungssysteme oder neutrale Host-Infrastrukturen für den Zugang zu öffentlichen Mobilfunknetzen, aber dedizierte private Systeme sind selten, abgesehen von den alten GSM-R-Eisenbahnnetzen für kritische betriebliche Kommunikation.

(Zukünftige 5G-Varianten wie FRMCS werden das ändern, sind aber noch Jahre entfernt).

Während es insgesamt sicher Hunderte von Anwendungen gibt – und einige wie die allgemeine Büro-IT aus Gründen der Übersichtlichkeit weggelassen wurden – sind die folgenden typisch für die Bestrebungen vieler Unternehmen in diesen Sektoren.

Fahrzeugtelemetrie und Zustandsüberwachung

Moderne Transport- und Logistikfahrzeuge erzeugen riesige Datenmengen, die von Motoren, Batterien, Getrieben, Rädern, Hydrauliksystemen und externen Sensoren für Temperatur, Vibration und vielen anderen Variablen stammen. Dies gilt ebenso für Hafenkräne, Container- und Passagierschiffe, Zuglokomotiven, Lastwagen und insbesondere Flugzeuge.

Die Daten werden für verschiedene Zwecke verwendet, von der vorbeugenden Instandhaltung (um beginnende Probleme zu erkennen, bevor Schäden entstehen) bis hin zur vorgeschriebenen Aufzeichnung. Einige Daten werden unmittelbar für betriebliche Zwecke verwendet, andere zur Optimierung der Leistung, zur Senkung des Energieverbrauchs, zur Verbesserung der Wartungspraktiken und zur Einspeisung in „digitale Zwillinge“ (siehe unten).

Züge und Flugzeuge können einen schnellen „Batch“-Upload von Telemetriedaten benötigen, wenn sie in einen Bahnhof einfahren oder in einem Flughafenterminal stehen, vielleicht nur für ein paar Minuten am Stück. Es müssen unter Umständen Gigabytes oder Terabytes in kurzer Zeit übertragen werden, und zwar ohne Unterbrechung durch eine Überlastung des WLANs oder die Konkurrenz um die Nutzung öffentlicher Mobilfunknetze.



Neue Anwendungen für Logistik und Transport durch Konnektivität

Fahrzeugtelemetrie-Sensor- und Videodaten von Lastwagen, Kränen usw.	AGVs und Fernsteuerung Automatische oder ferngesteuerte Fahrzeuge	AR/VR Erweiterte und virtuelle Realität
Automationsystemsteuerung von Lagern und Hofsystemen	Robotik Lagerroboter	Software-Downloads Update der IT-Systeme während der Logistik/Lieferung
Metrologie Inspektions- und Messsysteme	Standort Präzise Güter-Verfolgung und -Positionierung	Arbeitssicherheit Annäherungs- und Sicherheits-Stopp-Funktionen
Standortweite Netzwerke Mitarbeiterkommunikation und Internet-/Cloud-Zugang	Digitale Zwillinge Sensordaten und virtuelle Anlagenmodelle	Video-Überwachung Sicherheit vor Ort

+ Drohnen + Hunderte mehr

März 2022 | Copyright Disruptive Analysis Ltd 2022

Während einige Telemetriedaten über öffentliche 4G/5G-Mobilfunk- oder Satellitennetze übertragen werden müssen – beispielsweise Lastwagen auf der Straße oder Schiffe auf dem Meer –, wird ein großer Teil der Daten „auf dem Gelände“ in Häfen, Flughäfen, Logistikzentren und anderen privaten Umgebungen erzeugt oder gesendet. Die Nutzung von privatem 5G wird ein wichtiger Wegbereiter für diese Art von Anwendungen sein.

Automatisierte oder ferngesteuerte Fahrzeuge (AGVs und Teleoperation)

Für den Transport von Containern, Paketen oder Materialien innerhalb von Lagergebäuden oder an größeren Standorten – beispielsweise in Häfen – werden verschiedene Arten von mobilen Fahrzeugen und Materialflusssystemen vor Ort und lokal eingesetzt. Innerhalb von Gebäuden folgen fahrerlose Transportsysteme (FTS) in der Regel bestimmten Bahnen und bewegen sich aus Sicherheitsgründen eher langsam und getrennt von menschlichen Mitarbeitern. Für größere Außenbereiche wie Containerhäfen werden bedeutend größere mobile Einheiten eingesetzt. Schienengebundene Portalkräne (RMG) bewegen sich auf Schienen entlang der Kaikante, während Straddle-Carrier oder gummibereifte Portalkräne (RTG) einen größeren Bewegungsspielraum auf den Containerhöfen haben.

Es gibt eine deutliche Verlagerung hin zur Fernsteuerung oder vollständigen Automation von AGVs und Kränen. Dies verringert das Risiko der Ermüdung der Mitarbeiter, beseitigt Sicherheitsrisiken und erleichtert die Personalbeschaffung. Man nutzt vernetzte Kameras (manchmal zehn oder mehr) sowie andere Sensoren wie LiDAR, um die Umgebung zu analysieren, insbesondere für den sicheren Einsatz in denselben Bereichen wie menschliche Bediener.

Künftig dürften auch auf Flughäfen vermehrt automatisierte

Schlepper, Frachttaktoren und Gepäckwagen zum Einsatz kommen, von denen einige bereits von menschlichen Bedienern auf dem Vorfeld ferngesteuert werden. Mit hochauflösenden Kameras und ausreichend leistungsfähigen Netzen sollte es machbar sein, einen zentralen Kontrollturm für die Fernsteuerung eines großen Hafens oder Flughafens zu nutzen.

5G ist dafür eine ideale Konnektivitätsoption, da es einen zuverlässigen Upload von Videosignalen mit hoher Kapazität und einen Downlink mit geringer Latenz für Steuersignale über weite Bereiche unterstützt, zumal die Dichte der Kameras und Höhe einiger Kräne eine Herausforderung für die WLAN-Abdeckung darstellen. Zukünftige URLLC-Fähigkeiten (Ultra Reliable Low Latency) werden eine engere Edge-Cloud-Integration und -Überwachung sowie präzise Interaktionen mit anderen Maschinen wie Förderbändern, Hebeseystemen oder Andockstellen/elektrischen Ladestationen ermöglichen.

Aufgrund der kritischen Bedeutung und der Auswirkungen auf die Sicherheit solcher Fahrzeuge ist anzunehmen, dass die Netzwerke eine überlappende, redundante Abdeckung aufweisen müssen, wobei jede Einheit über eine gute Verbindung zu zwei oder mehr Zellen verfügen muss.

AR/VR-Prozesse und Schulungen

Bestimmte Transport- und Logistikstandorte sind frühe Anwender von Augmented- und Virtual-Reality-Technologien – ein Bereich, der allmählich auch unter dem Begriff „Metaverse“ zusammengefasst wird. AR-Headsets und -Brillen ermöglichen es den Mitarbeitern, freihändig an komplexen Aufgaben wie dem Beladen von Fahrzeugen zu arbeiten oder die richtigen Produkte aus Lagerregalen auszuwählen. Sie können Daten zur Identifizierung von Sendungen sehen, Wartungsanweisungen in ihr Blickfeld bringen oder Experten aus der Ferne konsultieren.

Neben den Einsätzen vor Ort sind XR-Anwendungen auch für „Back-Office“-Aufgaben wie Produktentwicklung und Schulung nützlich. Designer können VR nutzen, um neue Flugzeug- oder Zuginnenräume zu visualisieren. Simulationen können das Verhalten von Passagieren oder Mitarbeitern in neuen Flughafenterminals oder Bahnhöfen ermitteln. Eine breite Palette von Schulungsaufgaben kann von AR/VR-Techniken profitieren.

Wenn auch WLAN und kabelgebundene Verbindungen für AR/VR heute dominieren, wird die 4G- und 5G-Konnektivität für Szenarien im Freien oder bestimmte Spezialanwendungen immer wichtiger. Mobilfunkverbindungen – wie auch Wi-Fi6/6E – können auch AR-Streaming in Echtzeit ermöglichen, wobei



einige Grafikaufgaben auf Edge-Computing-Ressourcen ausgelagert werden. Dadurch wird die auf dem Headset oder Tablet selbst benötigte Rechenleistung reduziert, die Batterielebensdauer verlängert und das erforderliche Gewicht verringert. Die Datenübertragung für die Haptik (Berührung/Sensorik) erfordert ebenfalls geringe Latenzen und hohe Durchsatzgeschwindigkeiten.

Obwohl derzeit nur wenige XR-Headsets 5G-Chipsätze integrieren, können sie mit einem Mobilfunkmodem oder mobilen Gateway verbunden werden. Zukünftige Designs könnten Mobilfunkoptionen enthalten, insbesondere für die Nutzung in Unternehmen.

Automationssysteme

Neben dem Bewegen von Fahrzeugen und Robotern ist die Automation das Herzstück vieler Logistikanlagen – insbesondere von Lagerhäusern und Fulfillment-Zentren. Sie verfügen über äußerst komplexe Anordnungen von Förderbändern, Sortiersystemen, Sammelbehältern und anderen Elementen. Ähnliche automatisierte Systeme gibt es auch in den Gepäckabfertigungsbereichen von Flughäfen oder in einigen Bereichen von Häfen und Eisenbahnnetzen.

Diese Systeme benötigen mehrere Rechen- und Kommunikationsebenen, von der Steuerung einzelner Maschinen mit Hilfe von SPS (speicherprogrammierbaren Steuerungen) bis hin zu Kameras und Gewichtssensoren zur Identifizierung bestimmter Sendungen oder deren Sortierung nach Typ.

All dies erfordert Konnektivität mit extrem hohen Anforderungen an die Zuverlässigkeit sowie niedrige und oft deterministische – d. h. vorhersehbare – Latenzzeiten.

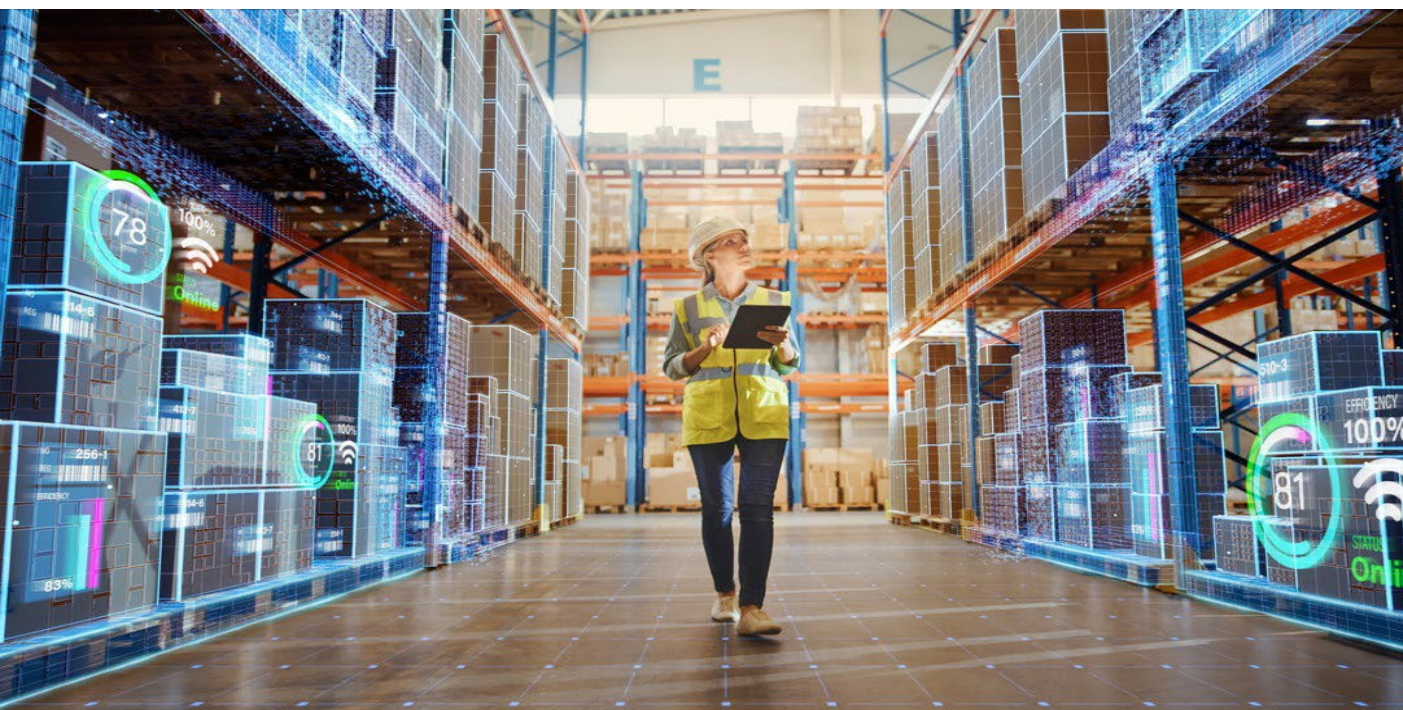
In der Vergangenheit waren Glasfaser, WLAN und verschiedene proprietäre drahtlose Lösungen weit verbreitet, 5G bietet nun jedoch das Potenzial für größere Flexibilität und/oder niedrigere Kosten in der Zukunft. Es funktioniert auch in Umgebungen mit vielen Metallstrukturen und elektromechanischen Störungen besser.

Dennoch sind reine 5G-Lagerhäuser oder -Häfen höchst unwahrscheinlich. Die meisten Anbieter von Automationssystemen arbeiten mit mehreren Netzwerktypen und integrieren das für die jeweilige Maschine und Anwendung am besten geeignete.

Konnektivität für Mieter und Fahrgäste

Unternehmen in der Transport- und Logistikbranche können über bis zu drei verschiedene „Zielgruppen“ für die Konnektivität verfügen:

- 🔴 Ihre eigenen Mitarbeiter, Systeme und Maschinen
- 🔴 Die Öffentlichkeit, insbesondere als Fahrgäste
- 🔴 Andere Geschäftsmieter, wie Einzelhändler in Bahnhöfen, Speditionen oder Versicherungsunternehmen in Häfen, Fluggesellschaften und Catering-Unternehmen in Flughäfen usw.



Die beiden zweiten Kategorien machen die Standorteigentümer im Wesentlichen zu „halbstaatlichen“ Netzbetreibern. Sie müssen entweder vor Ort einen Zugang zu nationalen 4G/5G-Mobilfunkanbietern bereitstellen oder diese Gruppen vielleicht in ein privates Mobilfunknetz als eine Art verwalteten Dienst einbinden. Viele werden auch WLAN nutzen.

Einige Standorte, z. B. Lagerhäuser, sind möglicherweise einfacher, da man sich nicht mit Gruppen von Drittanbietern befassen muss.

Zu den Anwendungsfällen für 4G/5G für „Mieter und Fahrgäste“ gehören die typische Smartphone-Nutzung durch Verbraucher oder Geschäftsanwendungen in verwandten Branchen, wie dem Einzelhandel oder dem Gastgewerbe.

Es gibt eine breite Palette an Technologieoptionen für die Abdeckung auf dem Gelände/in Innenräumen und die Bereitstellung von drahtlosen „neutralen Host“-Diensten für Mobilfunknetzbetreiber. Die Mobilfunkabdeckung auf Schiffen und in Flugzeugen in internationalen Gewässern oder im Luftraum bringt eigene Herausforderungen für die Vernetzung mit sich, die in diesem eBook nicht behandelt werden.

Robotik

Roboter – sowohl feste „Arme“ als auch mobile Einheiten – werden im gesamten Transport- und Logistiksektor eingesetzt. Je nach Definition überschneiden sich einige von ihnen mit anderen Kategorien, z. B. fahrerlosen Transportfahrzeugen (AGVs). Zu den Trends gehören:

- „Demokratisierung“ von Robotern in immer mehr Industriezweigen, da die Kosten sinken und die Anforderungen an die Automation steigen.
- Der Personalmangel in vielen Bereichen – vor allem in solchen, die repetitive und langweilige Arbeiten oder Tätigkeiten in gefährlichen oder schmutzigen Umgebungen erfordern – treibt die Einführung von Robotern voran.
- Industrieroboter werden zunehmend vernetzt und instrumentiert, mit zusätzlichen Sensoren, Kameras und Rückmeldesystemen sowie umfangreichen Daten-/Telemetrieübertragungen. Dies erfordert eine Echtzeit-Konnektivität.
- Wachsende Bedeutung von „Co-Bots“ oder kooperativen Robotern, die im Tandem mit menschlichen Bedienern arbeiten.
- Laufende Entwicklung der „Cloud-Robotik“, um den Bedarf an kostspieliger integrierter Sensorik und Datenverarbeitung in jedem Roboter zu verringern.

Lagerhäuser und Fulfillment-Zentren werden immer stärker automatisiert. So müssen beispielsweise im elektronischen Handel und bei der Auslieferung an Verbraucher mehrere Artikel „kommissioniert“ und zu gemischten Paketen für den Versand zusammengestellt werden. An einigen Standorten werden herkömmliche Regale und Gänge mit gestapelten Paletten oder großen Kisten verwendet, während andere „Behälter“ mit kleineren Produkten haben, die von oben mit einem

Roboter einzeln entnommen werden können.

Sendungen und Lieferungen müssen auch aus Lkw und Containern be- und entladen werden – eine komplexe Aufgabe angesichts der unterschiedlichen Größen, Gewichte und Zerbrechlichkeit sowie der Notwendigkeit, dass die Fahrer der Endzusteller in der Lage sein müssen, die einzelnen Pakete an jeder Haltestelle zu entnehmen.

Auch in Häfen und Flughäfen wird eine breite Palette von Robotersystemen eingesetzt, sowohl für die Interaktion mit den Passagieren in den Terminals als auch für betriebliche Aufgaben. Zu den Anwendungsfällen gehören:

- Passagier-Service-Roboter, die in mehreren Sprachen interagieren, Flug- und Gate-Informationen bereitstellen, Menschen im Flughafen zu Serviceschaltern führen, bei der Gepäckabgabe behilflich sind und so weiter.
- Mobile Check-in-Schalter, die sich automatisch in überfüllte Bereiche begeben können, um die Wartezeiten zu verkürzen.
- Reinigungsroboter
- und Systeme zum Be- und Entladen von Frachtcontainern



All dies verstärkt den Bedarf an mehr (und besserer) drahtloser Konnektivität für die Robotik. Auch hier wird 5G vielfach als wichtiger Wegbereiter gesehen. Geringe Latenzzeiten und hohe Zuverlässigkeit sind unerlässlich, um Kollisionen zu vermeiden oder eine Fernsteuerung im Falle von Problemen zu ermöglichen. Einzelne Lagerhäuser können über Tausende von einzelnen Robotern verfügen, die sich über sehr große Anlagen, einschließlich Außenbereiche, verteilen.

Darüber hinaus sind die verbesserten Ortungs-/Positionsbestimmungsfunktionen von 5G in Lagerhallen sehr wichtig und erlauben auch eine genauere Erkennung der Nähe von Menschen und mobilen Robotern. WLAN bleibt ebenfalls wichtig – und spätere Versionen wie Wi-Fi6E und das künftige Wi-Fi7 werden dazu beitragen –, kann aber in Bereichen mit vielen Metallarbeiten für Überlastung oder Störungen anfällig sein.

Massen-Software-Downloads

Ein neuer 4G/5G-Anwendungsfall in der Logistik ist die Verwaltung von Software-Downloads für Produkte in der Lieferkette. Vor allem Autos und andere Fahrzeuge können bei der Ankunft in einem bestimmten Land individuelle Softwareinstallationen (oder Updates) erhalten. Es ist zum Beispiel üblich, große Fahrzeuglager neben den Verschiffungshäfen einzurichten, in denen möglicherweise Tausende von Fahrzeugen auf ihre Weiterlieferung warten.

Moderne Fahrzeuge – sowie andere Produkte, z. B. Industrieanlagen und Unterhaltungselektronik – können viele Gigabytes an Software in ihren Steuerungssystemen enthalten. Die Möglichkeit, Aktualisierungen „vor Ort“ herunterzuladen, ist von großem Nutzen. Dies kann jedoch erhebliche Netzkapazitäten erfordern, oft in Außenbereichen mit begrenzter öffentlicher Netzabdeckung. Auch die Sicherheit ist von großer Bedeutung.

Private 4G/5G-Netze bieten einen Mechanismus für diese Art von Anwendung, zumal die Fahrzeuge in der Regel über integrierte Modems und eine Stromquelle verfügen. Neben Autos könnte ein ähnlicher Ansatz auch in anderen Verkehrskontexten verwendet werden, z. B. für das Hochladen von Inhalten auf Unterhaltungssysteme in Flugzeugen oder auf die „digitale Aktentasche“ von Piloten.

Metrologie

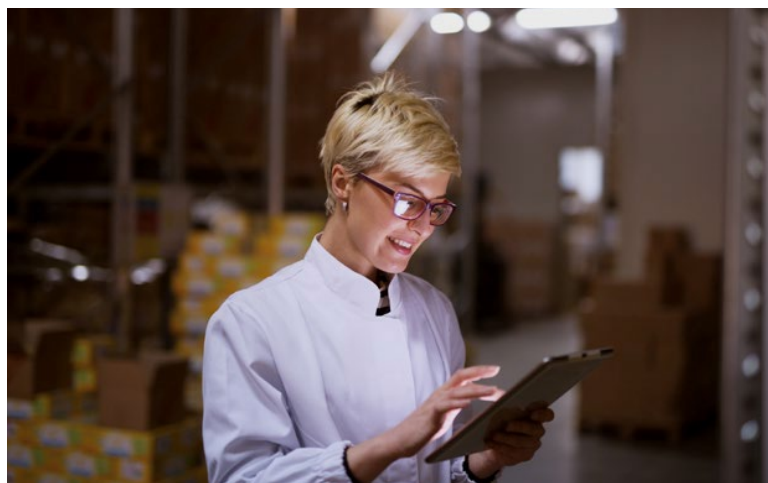
Metrologie bedeutet „die Lehre vom Messen“. Es handelt sich um einen weit gefassten Begriff, der eine Vielzahl von Tätigkeiten und Systemen umfasst. In der Industrie, z. B. im Verkehrswesen, in der Logistik und im Maschinenbau, steht er jedoch häufig für den Einsatz von Kameras oder Lasern zur Messung (oder Prüfung) von Objekten.

Im Zusammenhang mit diesem eBook finden sich die wichtigsten Beispiele für die Metrologie in der Produktion und Wartung von Flugzeugen, Zügen und anderen Fahrzeugen, die aus Gründen der Zuverlässigkeit und Sicherheit eine präzise Technik erfordern.

So werden beispielsweise Flugzeuge und ihre Triebwerke regelmäßig auf winzige Risse oder andere Anzeichen eines möglichen Ausfalls überprüft. Dies geschieht oft in den großen Hangars rund um bedeutende Flughäfen. Auch bei Schiffen, Lokomotiven, Lastwagen, Bussen und anderen Fahrzeugen gibt es strenge Wartungsvorschriften.

Ein weiteres Einsatzgebiet für die Messtechnik ist die Logistik und die Lagerhaltung – sei es für Qualitätsprüfungen vor dem Versand, die Messung der Verpackungsgröße für eine effiziente Beladung oder für spezielle Anwendungsfälle wie die Temperaturerfassung bei gelagerten Arznei- und Lebensmitteln.

Einige Messgeräte können Millionen von Messwerten pro Sekunde erfassen und so täglich Terabytes an Daten erzeugen, zusätzlich zu den „normalen“ Videoübertragungen für ähnliche Zwecke. Diese Daten können durchaus von KI-gestützten Ansätzen genutzt werden, um Muster zu analysieren oder Fehler zu erkennen, die für das menschliche Auge nicht sichtbar sind. Machine-Vision-Systeme vor Ort oder an einem anderen Edge-Computing-Standort können solche Daten analysieren, idealerweise in Echtzeit.



Einige Messsysteme werden zwar mit anderen Geräten verdrahtet sein, aber es besteht auch ein Bedarf an Mobilität und Tragbarkeit. Solche Geräte nutzen zunehmend drahtlose Netze mit hoher Leistung und hohem Durchsatz – vor allem, wenn sie in Kombination mit Robotern oder Drohnen eingesetzt werden. 5G wird sicher in einigen Bereichen eine wichtige Rolle spielen, vor allem an Orten, die nur schwer mit Glasfasernetzen verbunden werden können.

Präzise Ortung und Positionierung von Gütern

In Logistik- und Transportumgebungen gibt es zahlreiche Anwendungen für die Ortung von Gütern und die Echtzeitpositionierung. Roboter und FTS müssen bestimmte Regale oder Lagerplätze finden. Sie müssen auch genau an Ladestationen andocken, den Standort von Fehlern präzise aufzeichnen und sichere Abstände zu menschlichen Mitarbeitern gewährleisten.

Beispielsweise müssen Flughafengüter wie Aluminium-Versandkisten, Gepäckwagen und Unterlegkeile sowie andere Güter wie Gepäckwagen, die häufig bewegt werden, verfolgt und lokalisiert werden.

Ähnliche Anforderungen gibt es in Bahnhöfen, Häfen, Logistikzentren und anderen vergleichbaren Standorten.

Eine genaue Ortung kann die Produktivität und Auslastung der Anlagen verbessern und das Risiko von Diebstählen durch „Geo-Fencing“ innerhalb bestimmter Grenzen verringern. Ortungstechnologien tragen auch zur vorbeugenden Instandhaltung bei, indem sie sicherstellen, dass die Gegenstände an den richtigen Orten gelagert werden.

Es ist bereits möglich, eine Reihe von Drahtlostechnologien (einschließlich privater Einsätze von 4G NB-IoT) für die Verfolgung von Gütern zu nutzen, aber eine Echtzeit-Ortung, insbesondere in Gebäuden, ist schwierig.

Spätere Versionen von 5G, insbesondere ab 3GPP Release 17, werden eine hochpräzise Standortverfolgung bis in den Zentimeterbereich ermöglichen. In einem ausgereiften privaten Netz könnte dies in Flugzeughangars und -terminals, Abfertigungszentren und an anderen Orten vielfältige Anwendungsmöglichkeiten bieten. Die Verknüpfung privater und öffentlicher Netze könnte es auch ermöglichen, dass Fluggäste ihr Gepäck verfolgen oder Privatpersonen und Unternehmen Paketsendungen und Lieferungen lokalisieren können.

Arbeitssicherheitssysteme

Eine wichtige Anwendung für private Netze in Transport, Logistik und anderen industriellen Bereichen ist die Möglichkeit für Unternehmen, die Sicherheit ihrer Mitarbeiter effektiver zu gewährleisten. Dies ist wichtig für den Ruf, die Einhaltung von Vorschriften, die Haftung und aus anderen Gründen. Hier gibt es eine Reihe von Elementen, die eine gute Konnektivität erfordern:

- Videokameras und Analysen werden eingesetzt, um die Einhaltung von Sicherheitsvorschriften zu gewährleisten (z. B. das Tragen von Schutzhelmen und Warnwesten) oder um aktiv auf gefährliche Situationen zu achten.
- Näherungserkennungssysteme und virtuelle Umzäunungen, die Roboter oder autonome Fahrzeuge von menschlichen Mitarbeitern fernhalten können.
- Echtzeit-Überwachung des Gesundheitszustands der Arbeitnehmer (Überwachung der Herzfrequenz, Sturzerkennung usw.), insbesondere in den gefährlichsten Bereichen einer Baustelle (z. B. auf Bahnhöfen oder in Tanklagern) oder bei Alleinarbeitern.
- Zuverlässige, drahtlos vernetzte Sicherheits-Stopp-Tasten, mit denen automatisierte Systeme angehalten werden können, wenn ein Arbeiter in Gefahr ist.

Je nach Standort können diese Funktionen sowohl innerhalb von Gebäuden, z. B. Lagerhallen, als auch im Freien auf einer Hafen- oder Flughafentrampe und sogar in unterirdischen Bereichen oder im Inneren von Fahrzeugen erforderlich sein.



„Intelligente Arbeitskleidung“ wie Helme oder Jacken ist mittlerweile mit eingebauten Mobilfunkgeräten erhältlich.

Privates 4G/5G ermöglicht eine zuverlässige Konnektivität mit maßgeschneiderter Abdeckung und Betriebszeitgarantie, die über öffentliche Netze kaum machbar wäre, selbst an Orten, die mit WLAN nur schwer zu erreichen sind.

Standortweite Netzwerke und Mitarbeiterkommunikation

Häfen, Flughäfen und Logistikzentren umfassen Gebiete mit einer Breite von bis zu 10 km. Viele verfügen über ein eigenes Straßennetz sowie über Freiflächen, die sich über lange Strecken über Start- und Landebahnen oder am Wasser hinziehen können. Bestimmte Verkehrsbereiche wie Eisenbahnen und Straßennetze überspannen natürlich noch größere Entfernungen. Personal, Anlagen und Fahrzeuge können von der Einsatzzentrale weit entfernt sein und müssen in Echtzeit erreichbar und kontrollierbar sein.

Für solche Standorte sind standortweite (oder „Gelände“-) Netze, die sowohl Außen- als auch Innenbereiche abdecken, unerlässlich. Oft ist ein Teil oder der gesamte Standort schlecht durch öffentliche Mobilfunknetze abgedeckt.

Zuverlässige standortweite Konnektivität wird für verschiedene Anwendungen und Servicefunktionen benötigt, dazu gehören:

- Güterüberwachung/Ortung
- „Situationsbewusstsein“ in Bezug auf Umweltaspekte wie den Wetterstatus
- Standortweite Fahrzeugsteuerung
- Sicherheits- und Überwachungskameras, Einbruchmeldeanlagen, Alarmanlagen usw.
- Allgemeine IT-, Internet- und Cloud-Konnektivität für Handheld-Geräte und Smartphones der Mitarbeiter vor Ort.
- Kritische Mitarbeiterkommunikation wie Sprach- oder Video-Push-to-Talk (PTT), Alarmierungssysteme und verschiedene Formen der Zusammenarbeit und „Unified Communications“.
- Gateways und Hubs, die zur Verbindung von Gruppen von Kameras, Sensoren und anderen Geräten verwendet werden.
- Örtliche Koordinierung zwischen mehreren Organisationen, z. B. Verbindungspersonal, Treibstoffunternehmen, Gepäckabfertiger, Caterer und Reinigungskräfte, die ein Flugzeug in 20-30 Minuten „umdrehen“.

4G/5G-Mobilfunknetze sind viel flexibler als herkömmliche standortweite UKW-Funkgeräte oder PMR-Systeme (privater Mobilfunk) mit weitaus größerer Kapazität. WLAN kann für kleine Standorte wie z. B. Bahnhöfe verwendet werden,



ist aber für größere Einrichtungen weniger praktikabel. Die Möglichkeit, private SIM-Karten an das betreffende Personal – oder Auftragnehmer und Lieferanten – auszugeben, erlaubt die einfache Einrichtung von „geschlossenen Benutzergruppen“.

Video-Überwachungssysteme

Im Verkehrs- und Logistiksektor besteht ein erheblicher Bedarf an Videoüberwachung und videobasierter Analyse für betriebliche Zwecke. Standorte wie Häfen, Lagerhäuser und Flughäfen müssen unbedingt auf Sicherheitsrisiken wie terroristische Bedrohungen, Feuer, Einbruch und Diebstahl oder andere illegale Aktivitäten überwacht werden, und zwar potenziell auf großen Flächen, sowohl in Gebäuden als auch im Freien. Sowohl die Überwachung des Geländes als auch die lokale Videoüberwachung der sensibelsten Bereiche, z. B. der Gepäckabfertigung, sind unerlässlich.

Einige Teilsektoren wie die Luftfahrtindustrie und der Schiffbau sind zusätzlichen Risiken durch geopolitische Akteure oder Spionage ausgesetzt.

Die drahtlose Konnektivität mit 4G und 5G ermöglicht zusätzliche Kapazitäten für hochauflösende Bilder sowie eine geringere Latenzzeit. Kameras werden zunehmend an mobilen Geräten wie Fahrzeugen, Robotern und Drohnen angebracht, was natürlich einen drahtlosen Zugang erfordert. Während die meisten Kameras eine Verkabelung für die Stromversorgung benötigen, können selbst kabelgebundene Einheiten mit einem 5G-fähigen Hub oder Gateway verbunden werden.



maschinellern Sehen eine zusätzliche Automation sowie eine sofortige Alarmierung bei Anomalien ermöglichen.

Weitere Anwendungsfälle

Es gibt zahlreiche weitere Anwendungsfälle für private Netze und 5G im Bereich Verkehr und Logistik. Einige werden sehr sektorspezifisch sein. Beispiele sind:

- Drohnen, die für verschiedene Aufgaben eingesetzt werden, von der Zustellung von Papieren an Schiffe, die darauf warten, am Hafen anzulegen, bis hin zur Inspektion von Materialbeständen außerhalb von Lagerhäusern. Einige werden 5G-Verbindungen zur Videoübertragung oder -steuerung nutzen.
- Fester drahtloser Zugang von zentralen Gebäuden zu anderen abgelegenen Orten auf großen Grundstücken, wie Wachhäuser, Hangars oder Lagereinheiten.
- Private Mobilfunknetze, die auf Schiffen oder in Flugzeugen eingesetzt werden.
- Eisenbahnsignalisierung und Rangieraufgaben in Bahnhöfen, einschließlich der Einhaltung branchenspezifischer Sicherheitsanforderungen.
- Verwaltung und Wartung von Autobahnen (z. B. Anschluss von Eis- und Nebelsensoren)
- Umweltüberwachungssensoren (z. B. für Luft- oder Wasserverschmutzung) in Häfen und Flughäfen.



Warum private Netze einsetzen?

Die zweite oben genannte Frage steht im Mittelpunkt dieses Berichts. Warum sind diese Anwendungsfälle besser für private 4G/5G-Dienste als für öffentliche Netzdienste von Mobilfunkbetreibern geeignet?

Es gibt fünf Hauptgründe, die Disruptive Analysis zur Diskussion von privatem 5G heranzieht:

- 📶 Abdeckung
- 📶 Kontrolle
- 📶 Kosten
- 📶 Cloud -Integration
- 📶 Kompensation (oder Monetarisierung)

In den folgenden Abschnitten werden diese Aspekte ausführlicher beschrieben, da sie auf typische Logistik- und Transportsektoren zutreffen.

Abdeckung

Ein Hauptgrund für die Nutzung privater 4G/5G-Dienste anstelle öffentlicher MNO-Dienste sind die Einschränkungen der Netzabdeckung. Mobilfunknetzbetreiber neigen dazu, ihre Netze in Gebieten mit hoher Bevölkerungsdichte oder entlang von Hauptverkehrsstraßen aufzubauen. (Oft sind in ihren Frequenzlizenzen Bedingungen an die Abdeckung in Bezug auf die Wohnbevölkerung festgelegt).

Allerdings befinden sich Häfen und Lagerhallen in der Regel weit entfernt von größeren Bevölkerungszentren und normalen Wohn- und Geschäftsvierteln. Infolgedessen sind die Anlagen vieler Transport- und Logistikunternehmen oft relativ schlecht abgedeckt. Selbst dort, wo die öffentliche Versorgung recht gut ist – z. B. auf Flughäfen – konzentriert sich die RAN-Planung meist auf die Start- und Landebahn und die Passagierterminals, nicht aber auf die Wartungs- und sonstigen Betriebsbereiche des Flugplatzes im weiteren Sinne.

Darüber hinaus ist die Funkabdeckung innerhalb von Gebäuden besonders schlecht für Lagerhäuser, da hier häufig Metall und Beton verwendet werden, es im Vergleich zu anderen Standorten weniger Fenster gibt und verschiedene Formen von Abschirmungen und internen Metallarbeiten vorhanden sind. In Flughäfen können die Gebäude



Nachfragen: Die 5 Punkte des privaten Mobilfunks



■ Primärer Grund für Transport und Logistik

April 2022 | Copyright Disruptive Analysis Ltd

und andere Servicefunktionen unterirdisch liegen, während in Häfen eine gute Funkabdeckung über Wasserflächen hinweg erforderlich sein kann.

Kontrolle

Neben der Abdeckung ist dies für die meisten Transport- und Logistikunternehmen der wichtigste Aspekt privater Netze. Viele Unternehmen, insbesondere Häfen, Flughäfen und automatisierte Logistik- und Umschlagzentren, haben extrem hohe Kosten für Ausfallzeiten und sind sehr auf die Sicherheit des Netzwerks bedacht.

Wenn Unternehmen 4G/5G-Mobilfunksysteme besitzen und betreiben, können sie viele Netzwerkparameter selbst definieren und optimieren und die direkte Verantwortung für QoS, Zuverlässigkeit, Leistung und Berichterstattung übernehmen. Eine Reihe von Häfen betreibt beispielsweise „vollständig redundante“ Mobilfunkstandorte, bei denen jeder einzelne Turm offline gehen kann, wobei die vollständige Abdeckung und der Betrieb am gesamten Standort aufrechterhalten wird. Luftfahrt-Wartungszentren, die in hohem Maße Video-Uplinks von Videoinspektionen und Messsystemen nutzen, können die Funkgeräte lokal konfigurieren, um das Verkehrsgleichgewicht widerzuspiegeln.

Private Netze erlauben es Unternehmen auch, ihre eigenen Mechanismen für Redundanz und Cybersicherheit zu wählen, die sich an branchenspezifischen Best Practices und Vorschriften orientieren. Dies ist besonders wichtig in Bereichen wie dem Schienenverkehr, wo es schon lange eigene Standards und Compliance-Ansätze gibt.

Längerfristig könnten einige der hier genannten Sektoren über verschiedene APIs und „Netzwerkexpositions“-Funktionen ein benutzerdefiniertes „Slice“ eines öffentlichen 5G-MNO-Netzes erwerben, aber dies bleibt ein unerprobtes Modell und ist erst dann in vollem Umfang verfügbar, wenn künftige Versionen der 5G-Technologie (3GPP Releases 17 / 18) weit verbreitet sind.

Es kann auch erforderlich sein, den privaten Mobilfunkbereich mit anderen Konnektivitätssystemen zu integrieren – wie PMR/LMR für kritische Kommunikation oder bestehende WLAN-Installationen. Die zusätzliche Komplexität und nötigen Anpassungen können Betreiber

öffentlicher 5G-Netze für diese Aufgaben ungeeignet machen.

Kosten (und Risikovermeidung)

Transport- und Logistikunternehmen nutzen traditionell öffentliche 4G/5G-Netze eher seltener vor Ort, abgesehen von Fahrzeugflotten, die auf Onsite- und Offsite-Konnektivität angewiesen sind, oder Passagierterminals, die eine gute Abdeckung durch MNOs benötigen.

Sie verwenden jedoch oft andere teure, proprietäre (und manchmal fast veraltete) Funksysteme für Push-to-Talk-Kommunikation oder Datenkonnektivität mit geringer Geschwindigkeit. Private 4G/5G-Netze können sowohl für geringere Betriebskosten als auch einen höheren Datendurchsatz zur Unterstützung neuer Anwendungen sorgen. Weitere potenzielle Kosteneinsparungen durch private Mobilfunknetze ergeben sich aus der Verringerung des Bedarfs an neuen Glasfaserkabeln, insbesondere für Sicherheitskameras oder IoT-Geräte an unzugänglichen Stellen wie Dächern.

Komplexere Kostenberechnungen könnten in Zukunft anstehen, wenn Mobilfunknetzbetreiber versuchen, verwaltete 5G-Dienste (vielleicht in Form von „Netzwerk-Slices“) an Unternehmen in diesem Sektor zu verkaufen. Diese werden hauptsächlich mit privaten Mobilfunkangeboten konkurrieren, obwohl verschiedene Mischformen wahrscheinlich sind. Tatsächlich verkaufen einige Mobilfunknetzbetreiber jetzt dedizierte 4G/5G-Lösungen vor Ort als private Netze selbst.

Cloud

Während bestimmte Teilsektoren, wie der Schienenverkehr, bei der Einführung von Cloud-Technologien „konservativ“ sind, zeigen andere, wie die Logistik, eine wachsende Verbindung zwischen privaten Mobilfunk- und Cloud-Plattformen. Die Schnittstelle besteht in der Regel





in der Nutzung von Edge Computing vor Ort oder in der Nähe. (Bemerkenswert ist, dass Amazon neben seinen AWS-Cloud-Services – und jetzt auch seinen eigenen privaten 5G-Funktionen – eigene Distributionslager betreibt.

Hier gibt es zwei miteinander verknüpfte Trends:

- ❶ Private Netze werden direkt durch Edge-Server ermöglicht, die Softwareelemente wie Netzkerne beherbergen können, die über Virtualisierung und Container bereitgestellt werden. Transportknotenpunkte sind ideale Standorte für Edge-Computing-Knoten, sowohl für ihre eigenen Zwecke als auch allgemeiner, weil sie in der Regel über eine ausreichende Verfügbarkeit von Strom, Glasfaser-Backhaul und gute Sicherheit verfügen.
- ❷ Viele der Anwendungen, die in diesem eBook als private 4G/5G-Nutzungsfälle für Transport/Logistik aufgezeigt werden, könnten selbst Edge-Server nutzen. Videoanalyse, Robotik, ferngesteuerte Fahrzeuge, IoT-Überwachung, vorbeugende Wartung und „digitale Zwillinge“ sind gute Beispiele.

In den nächsten Jahren wird es sicher eine noch stärkere Integration mit privaten Netzen und Edge-Cloud-Anforderungen im Verkehrs- und Logistiksektor geben.

Die wachsende Bedeutung von Automatisierung und Cybersicherheit wird den Bedarf an besseren (und widerstandsfähigeren) drahtlosen Netzen für kritische Infrastrukturen erhöhen, oft auch mit „sovereigener“ Cloud/Rechenleistung vor Ort.

Kompensation / Monetarisierung

Einige der hier behandelten Verkehrssektoren, wie Flughäfen, können durch das Angebot von Konnektivitätsdiensten für Mieter vor Ort, z. B. Fluggesellschaften, Catering-Unternehmen und andere, direkt mit 4G/5G Geld verdienen. Der Flughafen Heathrow im Vereinigten Königreich hat beispielsweise eine eigene Geschäftseinheit für kommerzielle Telekommunikation, die gemeinsam mit der Industriegruppe SITA betrieben wird.

Auch auf bestimmten Schiffen und in Flugzeugen werden private Mobilfunknetze genutzt, die ihren Passagieren Zugangs- oder Roaming-Dienste anbieten.

Künftig könnten private Netze an Verkehrsstandorten auch neutrale Host-Funktionen für öffentliche Mobilfunkbetreiber anbieten – gewissermaßen eine „Abdeckung als Dienst“.

Spektrum-Optionen und Trends

Überblick

Eine wichtige Voraussetzung für private Netze im Verkehrs- und Logistiksektor ist der Zugang zu geeigneten Frequenzen für private 4G/5G-Installationen.

Entscheidungen und Trends in diesem Bereich beinhalten eine Vielzahl von Abwägungen in Bezug auf Abdeckung, Kapazität, Kosten, Geräteverfügbarkeit – und ebenso Politik und Regulierung.

Dies steht auch in direktem Zusammenhang mit dem Potenzial von „reinen“ privaten Netzen, die von Unternehmen oder Spezialisten betrieben werden, im Gegensatz zu Netzen, die als verwalteter Dienst von einem etablierten Telekommunikationsunternehmen bereitgestellt werden, das in erster Linie öffentliche 4G/5G-Netze betreibt.

Obwohl die meisten für Mobilfunknetze geeigneten Frequenzen auf exklusiver regionaler/nationaler Basis an öffentliche Mobilfunkbetreiber (MNOs) vergeben wurden, hatten einige Verkehrssektoren wie Bahn und Luftfahrt aus betrieblichen Gründen Zugang zu bestimmten dezidierten Frequenzbändern. Neben den Versorgungsbetrieben wird der Verkehrssektor oft als „kritische nationale Infrastruktur“ betrachtet und von den Regulierungsbehörden anders behandelt als kommerzielle Sektoren, wie das verarbeitende Gewerbe, die Logistik oder lokale Verkehrsbetriebe. Die letztgenannten Gruppen hatten in der Vergangenheit weitaus weniger direkten Zugang zu solchen Haupt-Mobilfunkbändern, ohne seltene und komplexe Leasingvereinbarungen.

Dies ändert sich nun rasch, da unterschiedliche nationale Regulierungsbehörden lokale Lizenzen oder verschiedene Formen gemeinsam genutzter Frequenzen zur Verfügung stellen – und Geräte-/Chiphersteller beginnen, sie ebenfalls zu unterstützen. Wie oben erwähnt, sind die Mobilfunknetzbetreiber auch offener für eine Reihe von neuen Beteiligungsmodellen, einschließlich der Schaffung privater



Für private Netze in den Bereichen Verkehr/Logistik gibt es im Großen und Ganzen drei Frequenzoptionen:

- **Low-Band:** Manchmal sind dünne Frequenzbereiche unter 1GHz verfügbar, die sich gut für die Abdeckung großer Gebiete eignen, aber nur eine geringe Kapazität haben. Diese Optionen eignen sich am besten für kritische Kommunikation (wie Push-to-Talk) oder schmalbandige Sensordaten und Kontrollsysteme. Sie sind ideal für Straßen- und Schienennetze sowie für sehr große Standorte wie Flughäfen und Häfen.
- **Mid-Band:** Für die Abdeckung von Lagerhallen, Passagierterminals, Bahnhöfen und Flugzeughangars in Gebäuden und auf dem gesamten Gelände ist das Mittelbandspektrum zwischen 2 und 6 GHz im Allgemeinen optimal. In diesem Bereich werden heute die meisten privaten 4G/5G-Systeme eingesetzt.
- **mmWave-Bands:** Typischerweise im Bereich von 26-60 GHz, höhere Bänder werden für 5G erörtert, sind aber noch selten – sie könnten sich aber in Zukunft als besonders nützlich für hoch konzentrierte Anwendungen erweisen, die eine große Bandbreite benötigen. Der zusätzliche „Headroom“ macht es auch einfacher, Netze mit extrem niedrigen Latenzzeiten zu schaffen. Einige Indoor-Versorgungssysteme für Flughäfen nutzen mmWave.



Bänder, die weltweit erhältlich sind.

CBRS und andere Mid-Band-Optionen

Für eine standortspezifische oder regionale Abdeckung stellen immer mehr Länder Teile des Mittelbandspektrums für Verkehrs- und Logistikunternehmen und -organisationen zur Verfügung. In der Regel basiert dies auf einer Form der gemeinsamen Nutzung von Frequenzen mit manueller oder datenbankgestützter Lizenzvergabe für bestimmte Bereiche und Bandrechte. Sektoren wie Häfen und Lagerhaltung/Logistik gehören zu den einflussreichsten Stimmen, die Regierungen und Regulierungsbehörden von möglichen wirtschaftlichen Vorteilen überzeugen.

Zu den wichtigsten Beispielen gehören:

- 🇺🇸 **USA:** In den USA wurde das CBRS-Band zwischen 3,55 und 3,7 GHz auf einer gemeinsamen und mehrstufigen Basis zur Verfügung gestellt, wobei der dynamische Zugang von einer Reihe von automatisierten SAS-Anbietern (Spectrum Access System) verwaltet wird. Die höchste Ebene der etablierten Nutzer (vor allem die Marine) verfügt über das ultimative Vorkaufsrecht, aber eine Reihe von Unternehmen – vor allem John Deere – haben PAL-Lizenzen (Priority Access Licenses) erworben, die einen fast garantierten Zugang zu Teilen des Bandes auf Bezirksbasis ermöglichen. Dies eignet sich gut für private Netze und kann durch den bedarfsgerechten GAA-Zugang (General Authorised Access) ergänzt werden. Derzeit sind nur 4G-LTE-Geräte für die Verwendung mit CBRS verfügbar, dies dürfte aber in den nächsten 1-2 Jahren auf 5G-Produkte ausgeweitet werden. Dieses Band hat bereits ein großes Ökosystem angezogen und ist wahrscheinlich dem „Spektrum-auf-Anfrage“ und der breiten Demokratisierung privater Netze am nächsten.
- 🇩🇪 **Deutschland:** Das 3,7-3,8-GHz-Band ist für die Lizenzierung lokaler privater Netze mit 4G- oder 5G-Infrastruktur reserviert. Lizenznehmer können bei der nationalen Regulierungsbehörde Rechte für bestimmte

Campusgröße. Unternehmen des verarbeitenden Gewerbes, insbesondere der Automobilindustrie und des Maschinenbaus, gehören zu den eifrigsten Nutzern.

- 🇫🇷 **Frankreich:** Ein 40-MHz-Bereich des 2,6-GHz-Bandes wurde für kritische Kommunikation und industrielle Breitbandnutzung zur Verfügung gestellt. Während es sich bei den anfänglichen Nutzern hauptsächlich um „Infrastruktur“-Organisationen wie Flughäfen und Eisenbahnen handelte, hat sich die Nutzung im Laufe des Jahres 2021 und Anfang 2022 auf die Industrie verlagert. Darüber hinaus haben einige der 5G-Mittelbandlizenzen der Mobilfunkbetreiber für 3,4-3,8 GHz regulatorische Vorgaben für die Zusammenarbeit mit Unternehmen in privaten Netzen.
- 🇬🇧 **Großbritannien:** Das 3,8-4,2-GHz-Band ist für die lokale 5G-Nutzung verfügbar, sofern die etablierten Lizenznehmer geschützt werden. Außerdem gibt es kleine Zuweisungen bei 1,8 GHz (dem ursprünglichen DECT-Schutzband) und 2,3 GHz. Öffentliche Mobilfunkbetreiber wie EE und Vodafone arbeiten ebenfalls an der Einrichtung lokaler privater Netze, auch für die Industrie.
- 🇯🇵 **Japan:** Frequenzen zwischen 4,6-4,9 GHz für lokale 5G-Netze sind verfügbar
- 🇹🇼 **Taiwan:** Frequenzen sind im 4,8-GHz-Band für privates 5G verfügbar.

Eine Reihe anderer europäischer Länder und das EU-Beratungsgremium für Regulierungsfragen RSPG haben auch das 3,8-4,2-GHz-Band für eine künftige gemeinsame Nutzung durch Unternehmen vorgeschlagen. In vielen anderen Ländern, darunter Spanien, Indien und Saudi-Arabien, laufen Regulierungsinitiativen oder Konsultationen über geeignete Optionen für die Industrie im Mittelband.

Andere Märkte bieten die Möglichkeit, die den Mobilfunkbetreibern zugewiesenen nationalen Frequenzen auf lokaler Ebene zu leasen (z. B. in Australien, Schweden und Dänemark) oder regionalen Betreibern, die sich auf Industrienetze spezialisiert haben, normale Lizenzen in dünn besiedelten Gebieten zu erteilen (z. B. in Teilen Kanadas).

Die wichtigste Ausnahme dürfte China sein, das nach wie vor tendenziell die nationale MNO-Lizenzierung bevorzugt.

Erwähnenswert ist auch das Potenzial für die Nutzung unlizenzierter 2,4-GHz-, 5-GHz- und zunehmend auch 6-GHz-Bänder für privates 4G/5G – auch wenn der fehlende Interferenzschutz die Möglichkeiten für unternehmenskritische Anwendungen einschränken könnte.

Sub-1GHz-Optionen

Low-Band-Frequenzen sind für die Logistik nur begrenzt relevant, eignen sich aber sehr gut für die private Weitverkehrskommunikation im Schienen- oder Straßenverkehr. Die gute Ausbreitung in Innenräumen und unter der Erde kann auch für IoT und missionskritische Sprachkommunikation nützlich sein, z. B. an Flughäfen.

Eine Reihe von Märkten stellt solche Bänder zur Verfügung

🇺🇸 **USA:** Nach einer FCC-Entscheidung im Jahr 2020 hat eine Reihe von Lizenznehmern Zugang zu 900-MHz-Frequenzen, wobei 6 MHz für die Breitbandnutzung und 4 MHz für die Schmalbandnutzung zur Verfügung stehen. Insbesondere ein großer Frequenzinhaber, Anterix, arbeitet mit einer Reihe lokaler Versorgungsunternehmen zusammen, um eine geeignete Infrastruktur zu schaffen. Es ist unklar, ob dies auch für das verarbeitende Gewerbe gelten würde.

🇳🇴 **Norwegen:** Eine Reihe von Öl- und Versorgungsunternehmen verfügt über 700-MHz- und 900-MHz-Frequenzen für private Offshore-Netze – auch hier kann dies für bestimmte spezialisierte Hersteller, die den Energiesektor beliefern, relevant sein.

Es ist auch möglich, schmalbandige IoT-Versionen von 4G (NB-IoT & LTE Cat-M) in den verschiedenen Sub-GHz-Zuweisungen zu nutzen, sei es lizenziert oder unlizenziert.

mmWave

Eine Reihe von Ländern, darunter Deutschland, das Vereinigte Königreich, Finnland, Malaysia und Japan, stellen 26-GHz-, 28-GHz- oder andere Hochbandspektren für die lokale Nutzung zur Verfügung. In den USA, Italien und Südkorea prüfen einige Mobilfunknetzbetreiber auch die Möglichkeiten für private mmWave-Netze. Diese zielen meist auf Innenräume/Geländestandorte wie Lagerhallen und Minen sowie auf Bereiche mit hoher Passagierdichte, wie Flughafenterminals, ab. Aber auch in Bereichen wie Häfen und Bahnhöfen gibt es Potenzial.

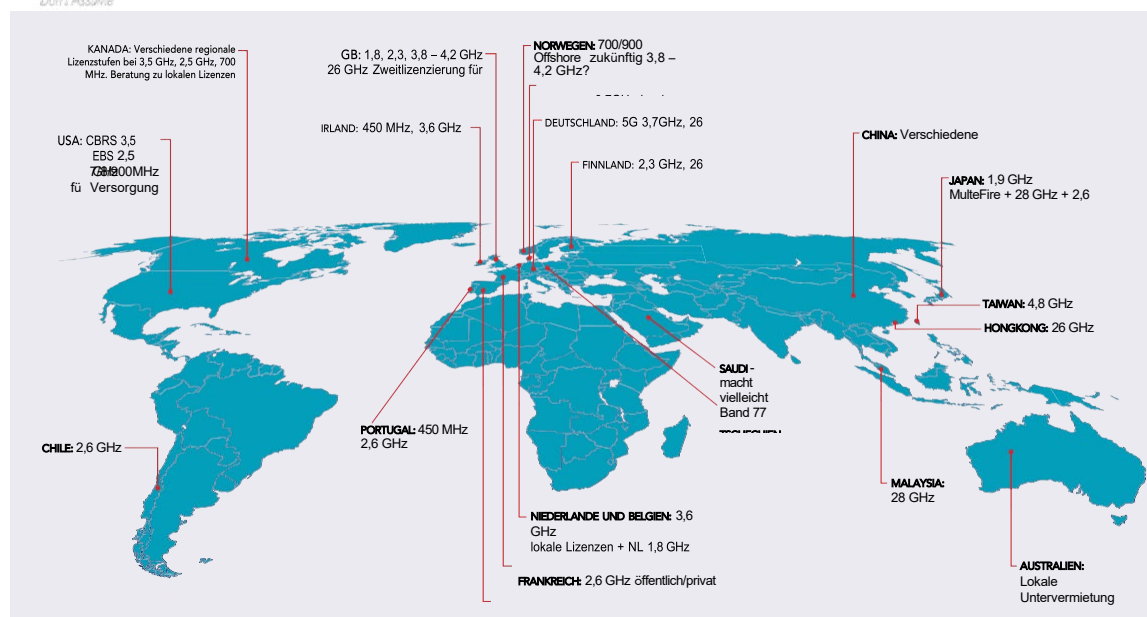
Hauptanwendungsfälle sind die lokale Nutzung mit hoher Kapazität, z. B. ferngesteuerte Fahrzeuge oder hochauflösende Kameras, insbesondere bei der Montage an Fahrzeugen, Kränen oder Robotern.



Disruptive Analysis

Don't Assume

Einführung neuer Frequenzbänder für nicht-öffentliches



März 2022 |
Copyright Disruptive Analysis Ltd 2022

Schlussfolgerung und Zukunft auf lange Sicht

Der Transport- und Logistiksektor ist bereits einer der Vorreiter bei der allgemeinen Einführung privater Mobilfunknetze. Er verbindet die frühen Sektoren, die „kritische Kommunikation“ erfordern, mit fortschrittlicheren Anwendungen von privatem 4G/5G im Bereich der IoT/OT-Konnektivität (Betriebstechnologie).



Zu den eifrigsten Befürwortern privater Mobilfunknetze gehören heute Schifffahrts- und Flughäfen, die auf mittelgroßen Geländen mehrere hochwertige Anwendungsfälle mit einem hohen Maß an technischen Fähigkeiten und drahtloser Konnektivität kombinieren. Viele der wertvolleren Funktionen finden im Freien statt, wo WLAN und Glasfaserkabel eine schlechte Alternative darstellen.

Moderne Lagerhäuser und Fulfillment-Zentren bilden eine weitere Kategorie, in der private 4G/5G-Verbindungen schnell angenommen werden, was durch ein hohes Maß an Automation und eine explosionsartige Zunahme von neuen „Greenfield“-Standorten im Zuge des E-Commerce-/Lieferbooms begünstigt wird, die von Grund auf mit Robotern und IoT-Systemen ausgestattet sind.

Dieser Bericht konzentriert sich zwar auf die Funkaspekte von privatem 4G/5G, aber es ist wichtig zu erkennen, dass sich das breitere Ökosystem – von Kernnetzen bis hin zu Edge Computing und Planungs-/Entwurfs-/Testsystemen – gemeinsam mit einer großen Anzahl von Systemintegratoren und vertikalen Spezialisten entwickelt.

Die 5G-Technologie für Unternehmen wird immer ausgereifter, insbesondere mit den transportbezogenen Funktionen der 3GPP-Versionen 16/17/18. Zusammen mit der breiteren Verfügbarkeit lokaler oder dedizierter

Frequenzen dürfte es in den kommenden Jahren eine anhaltende gesunde Dynamik geben. Bis 2025 könnte es Tausende von privaten Netzen in Verkehr und Logistik geben, vielleicht sogar Zehntausende.

Auch wenn Greenfield-Logistik-/Lagerstandorte „primär 5G“ sein können, werden in den meisten Fällen bereits umfangreiche Installationen anderer Netztechnologien vorhanden sein. Häfen, Flughäfen, Bahnhöfe und ähnliche Organisationen werden eine komplexe Reihe von Netzwerk- und Drahtlostechnologien für unterschiedliche Zwecke unterhalten – von WLAN-Konnektivität für Passagiere bis hin zu Radarsystemen und speziellen Zug- bzw. Flugsicherungsprotokollen. Es wird auch viele etablierte Anbieter geben, beispielsweise Unternehmen, die Luftfahrtsysteme oder Züge herstellen, die häufig als Vertriebskanäle oder Integratoren für Konnektivitätssysteme (oft unter eigenem Namen) fungieren werden. Die 5G-Branche muss sich in oder um diese etablierten Unternehmen herum einfügen.

Tabelle: Beispiele für private 4G/5G-Einsätze/-Tests im Transport-/Logistikbereich

Unternehmen	Land	Sektor/Zweck	Spektrum/Besitzer
Hafen von Southampton	GB	Abdeckung von Kfz-Transport/Lagerung	Lokal gemeinsam genutzt, 3,4-3,8 GHz
Flughafen Heathrow	GB	Rampenfahrzeuge und andere Anwendungen	3,5 GHz (3 UK-Band)
Flughafen Brüssel	Belgien	Viele Einsatzmöglichkeiten, u. a. Sicherheitskameras, IoT, Drohnensteuerung, automatisierte Fahrzeuge	3,5 GHz (LTE + 5G)
Flughafen CDG Paris	Frankreich	Gruppen-Sprach- und Datenkommunikation am Flugsteig für die Flugzeugabfertigung. Auch im Hangar einsetzbar	2,6 GHz LTE + 5G-Tests
Lufthansa Technik	Deutschland	Triebwerkswartung / Ferninspektion	3,7 GHz, privates 5G-Band
Bahnhof St Pancras London	GB	IoT-Zustandsüberwachung von Bahnhöfen	3,8-4,2 GHz 5G
Amazon-Fulfillment-Zentren	GB	Lkw-Steuerung/Kameras außerhalb des Amazon-Lagers	CBRS, privates LTE
Ferrovial / Silvertown Tnl	Polen	Automation/Daten beim Bau von Straßentunneln	3,8-4,2 GHz, privates 5G
Tokyu Railways	Japan	Erprobung von 5G-Kameras + KI zur Erkennung von Gleisanomalien + auf der Plattform zum sicheren Schließen von Türen	Vermutlich 4,6-4,9 GHz, lokales 5G-Band
Hafen von HaminaKotka	Finnland	Video und Analytik, Fahrzeuge, Arbeiter-PTT etc.	2,6 GHz, privates LTE
Hafen von Rotterdam	NL	Container-Umschlagfahrzeuge	3,7-3,8 GHz, lokales LTE
Saab	Schweden	IoT in der Luft- und Raumfahrtindustrie	1,8 GHz LTE, 3,7 GHz 5G
Zyter	USA	Intelligentes Lagersystem, einschließlich AGVs, AR/VR, digitaler Zwilling und IoT-Sensoren	CBRS, privates LTE
Ondas Networks	USA	Kritische Kommunikation für Eisenbahnen der Klasse 1	900 MHz, privates LTE

Quelle: Disruptive Analysis



www.ibwave.com