

5G – Chance und Herausforderung



5G – Chance und Herausforderung

Mit steigender Verbreitung des Internets der Dinge (IoT) und die Zunahme von Anwendungen im Bereich Industrie 4.0, Smart City und Smart Home spielt 5G eine zentrale Rolle. 5G ist auf dem Vormarsch und wird zukünftig einen erheblichen Anteil am Wirtschaftswachstum aber auch zunehmenden Energiebedarf haben. Mit unserem Whitepaper wollen wir die Möglichkeiten von 5G näher beleuchten. Ist-Zustand, notwendige Voraussetzungen und das Alleinstellungsmerkmal „Zuverlässige Echtzeitkommunikation“ der revolutionären Technologie werden ebenso behandelt wie verschiedene Einsatz-Szenarien.

Inhaltsverzeichnis

1. **Vorwort**
2. **Was ist 5G und was kann man davon erwarten?**
3. **Öffentlicher Verkehr: Passagier-WLAN im Zug oder Bus**
4. **Transportation: Autonomes & teleoperiertes Fahren**
5. **Industrie: Fabrikautomatisierung und Smart City**
6. **Was ist der momentane Stand des 5G-Netzausbaus und was gilt es bei seiner Nutzung zu beachten?**
7. **Zuverlässige Echtzeitkommunikation (uRLLC)**
8. **Funkabdeckung ist eine notwendige, aber nicht hinreichende Voraussetzung**
9. **Zeitliche Entwicklung**
10. **Fazit**



Vorwort

Der Telekommunikationsverkehr über Mobilfunk ist heute weltweit allgegenwärtig. Die Frequenzen bilden hierfür den Grundstock. Die Nutzungsrechte für die 5G-Frequenzen in Deutschland sind begehrt und wurden 2019 für knapp 6,6 Milliarden Euro an insgesamt vier Konzerne versteigert. Zur Versteigerung kamen Blöcke im 2-Gigahertz- und im 3,6-Gigahertz-Frequenzbereich.

Das meiste Geld wurde für die 2-Gigahertz-Blöcke bezahlt, was mit der höheren Reichweite und damit geringerer Anzahl an Basisstationen zu begründen ist.

Spätestens nach der Abschaltung des 3G-Netzes in 2021 stehen nun auch die frei gewordenen Frequenzen für 4G und 5G zur Verfügung. Die fünfte Generation Mobilfunk soll den wachsenden Bedarf an höheren Datenraten und höherem Datenvolumen decken und dabei den Nutzern neue Möglichkeiten und Chancen eröffnen.

Dabei baut die 5G-Technologie auf LTE auf und wird anfänglich vor allem im urbanen Bereich von den Mobilfunkanbietern ausgerollt. Aufgrund der teuer erkauften Lizenzen und der Ausbaukosten muss ein Massenmarkt den hohen Investitionen Rechnung tragen.

Im Fokus ist auch der Ausbau in ländlichen Gegenden, wo heute Kabelnetze und Zugang zu Breitbandtechnologien fehlen. Speziell in der Pandemie hat sich gezeigt, wie Video-on-Demand, online Gaming und die Nutzung von Homeoffice den Bandbreitenbedarf in die Höhe treiben. Mit steigender Verbreitung des Internets der Dinge (IoT) und die Zunahme von Anwendungen im Bereich Smart City und Smart Home spielt 5G ebenfalls eine zentrale Rolle. Gleichfalls sind Augmented Reality, Smart Mobility, V2X-Kommunikation und autonomes Fahren, also überall, wo zuverlässige und schnelle (Zero Latency) Datenübertragungen gefordert sind, zusätzliche Treiber der digitalen Transformation. Für Industrie 4.0 wurden von der Bundesnetzagentur eigene Frequenzen für Campus-Netze reserviert, die gegen Gebühr privat und lokal beschränkt auf Antrag genutzt werden können. 5G ist auf dem Vormarsch und wird zukünftig einen erheblichen Anteil am Wirtschaftswachstum aber auch zunehmenden Energiebedarf haben.

Wir wünschen viel Freude beim Lesen der Lektüre und freuen uns auf gemeinsame Diskussionen sowie Ihre Fragen und Anregungen. Der Text basiert auf einer Zusammenstellung verschiedener Beiträge der Firma [NetModule](#). Wir bedanken uns für die freundliche Genehmigung zur Nutzung von Text und Bildern.

Florian Keile
Produktmanagement
m2m Germany

Was ist 5G und was kann man davon erwarten?

5G ist die fünfte Generation von Mobilfunknetzen und der Mobilfunkstandard der Zukunft. Er bietet etliche Vorteile gegenüber den bisherigen Standards (2G, 3G, 4G):

- Deutlich höhere Bandbreiten und damit die Erhöhung möglicher gleichzeitig stattfindender Zugriffe auf Internet- und Netzwerkdienste.
- Nahezu ein verzögerungsfreier Verbindungsaufbau und sehr kurze Latenzzeiten ermöglichen den verbesserten Austausch von Echtzeitinformationen.
- Durch neue Sicherheitsvorkehrungen wird die Datenübertragung deutlich sicherer, belastbarer und zuverlässiger.

5G wird den Alltag weltweit verändern,– sei es in der Industrie, im urbanen Umfeld oder in Bezug auf unsere Mobilität

5G & Öffentlicher Verkehr: Passagier-WLAN im Zug oder Bus

Mobilität ist ein zentrales Thema der 5G Technologie. Insbesondere der öffentliche Verkehr im städtischen Bereich sowie zwischen den Stadt-Zentren bietet vielfältige Anwendungsoptionen und Chancen. Deswegen wurden auch 100 Mbit/s entlang von Schienen und Autobahnen bei der Frequenzvergabe in Deutschland gefordert.

Schon heute bieten viele Anbieter im öffentlichen Verkehr Internet-Services in ihren Fahrzeugen an, die von den Fahrgästen ausgiebig genutzt werden. Das Angebot stößt jedoch bei hoher Auslastung an seine Verfügbarkeitsgrenzen.

Mit den deutlich höheren Übertragungsbandbreiten und kürzeren Latenzzeiten von 5G kann man dem erhöhten Datenaufkommen begegnen und ausreichend Internetzugang sicherstellen. Darüber hinaus sind die Betreiber in der Lage, über dieselben Kommunikationskanäle zusätzliche Dienste für die Passagiere anzubieten, wie Fahrgast- oder Allgemeininformationen, Infotainment und lokalisierte Werbung. Des Weiteren können Betreiber diese Kanäle für eigene Betriebszwecke nutzen, selbst für sicherheitskritische Anwendungen wie Videoüberwachung, e-Ticketing und Betriebsdatenübermittlung. Der größeren Bandbreite und dem erhöhten Sicherheitskonzept sei Dank!



Transportation: Autonomes & teleoperiertes Fahren

Selbstfahrende Fahrzeuge oder Transportsysteme, die sich ohne oder mit reduziertem Eingriff eines menschlichen Fahrers zielgerichtet fortbewegen, sind auf dem Vormarsch. Zielsetzung ist es, u.a. Unfälle, Zeitverschwendung sowie unnötige Schadstoffemissionen zu vermeiden. Eine Vielzahl von Unternehmen beschäftigen sich mit Lösungen für diese Anwendung.

Die Vorteile der 5G Nutzung bei autonom fahrenden Fahrzeugen aller Art wie bei Bussen oder fahrerlosen Logistikfahrzeugen sind eine schnellere, zuverlässigere und damit verbesserte Echtzeitübertragung der Sensordaten, die wiederum ein höheres Maß an Sicherheit gewährleisten können. Die Datensicherheit wird durch die in 5G enthaltenen Sicherheitsvorkehrungen gewährleistet. D.h. kein Unbefugter kann auf das Fahrzeug zugreifen.

Industrie: Fabrikautomatisierung

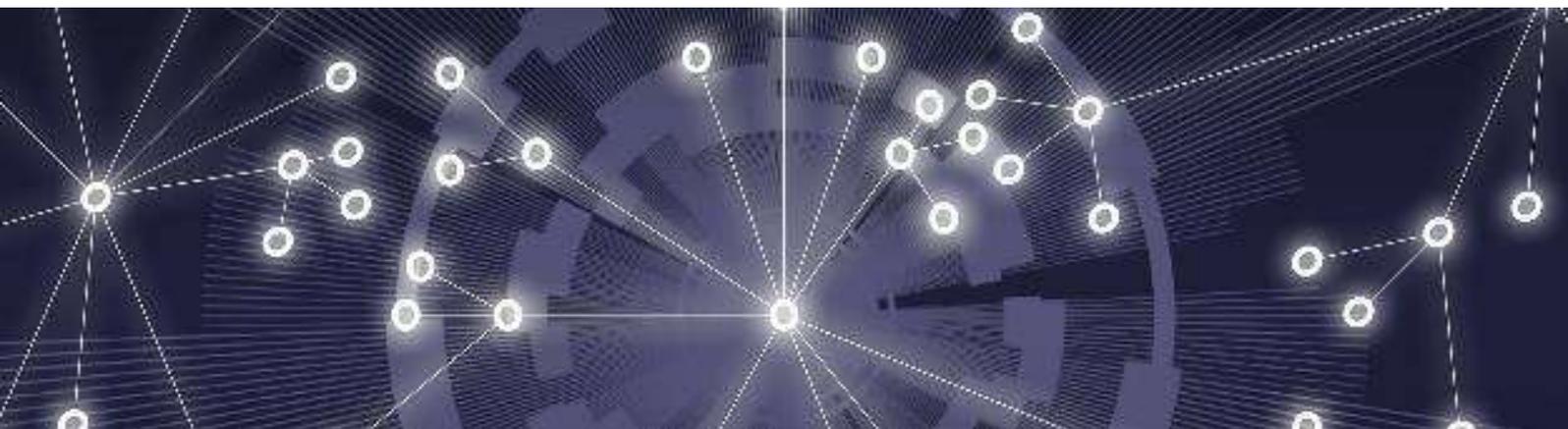
Industrie 4.0 ist das Synonym für die umfassende Digitalisierung der industriellen Produktion. Sie soll mit moderner Informations- und Kommunikationstechnik verzahnt werden, um intelligente und digital vernetzte Systeme zu schaffen. Ziel ist es, durch weitestgehend selbstorganisierte Produktion die ganze Wertschöpfungskette zu optimieren. IoT ist dabei eine Schlüsseltechnologie. Durch die Verwendung von KI-Techniken entstehen Unmengen von Daten, die verarbeitet werden müssen.

Aufgrund der erhöhten Bandbreite von 5G und der verbesserten Schnelligkeit und Zuverlässigkeit, insbesondere bei der Echtzeitverarbeitung, können Sie als Nutzer die Fabrikautomatisierung effektiver gestalten. Auch hier ist die sichere Datenübertragung aufgrund der in 5G enthaltenen Konzepte gewährleistet. Es wird erwartet, dass 5G der erste industriefähige Funkstandard wird.

Smart City

Welche Bedeutung hat 5G für die Gesellschaft in einer Smart City? Es führt zu einer verbesserten Echtzeit-Vernetzung und damit zur effizienteren und nachhaltigeren Nutzung von Ressourcen, zu Kosteneinsparpotenzialen, mehr Sicherheit, besserer Unterhaltung, intelligenteren Stromnetzen für reduzierte CO₂-Emissionen, vernetzten Fahrzeugen, die durch Kommunikation Unfälle vermeiden, schnelleren Bereitstellung von Rettungsdiensten und verbesserten Warnmechanismen durch vernetzte Sensoren.





Was ist der momentane Stand des 5G-Netzausbaus und was gilt es bei seiner Nutzung zu beachten?

Der 5G-Netzausbau ist in einigen Ländern bereits weit fortgeschritten. In der Schweiz war bereits Ende 2019 für 90 Prozent der Bevölkerung 5G verfügbar, – in Deutschland liegt man seit März 2021 bei 80 Prozent. In Europa wird der 5G-Ausbau vorwiegend durch die Nutzung bestehender LTE-Frequenzbänder vorangetrieben, so auch in Deutschland. Der Preis für die erhöhten Datenraten ist der gestiegene Bedarf an Bandbreite in höheren Frequenzbändern und damit kleinere Zellen. Das führt zu eingeschränkter Abdeckung des 5G-Netzes.

Daher ist es ratsam, vor Einsatz von 5G einige Fragestellungen zu prüfen.

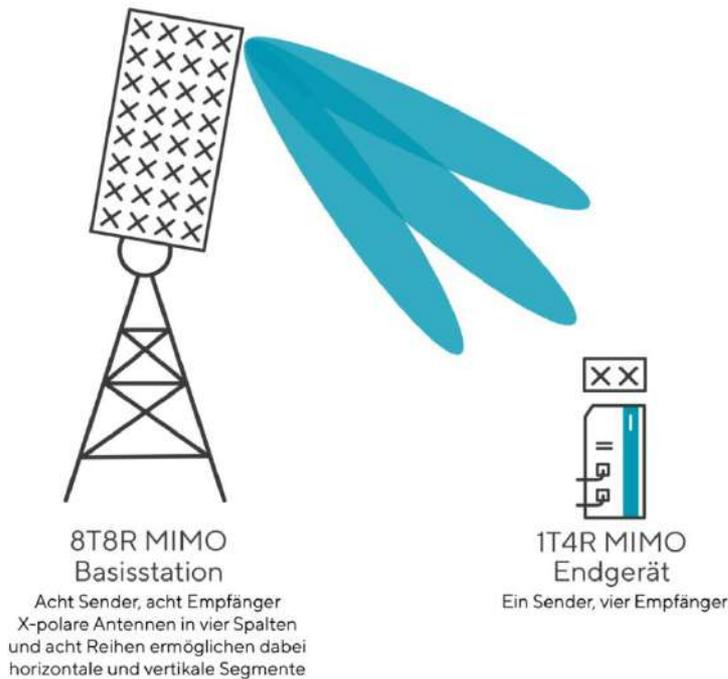
- Wie gut ist die Abdeckung im Einsatzgebiet?
- Ist es möglich, die angestrebten Datenraten in Uplink (Endgerät zur Infrastruktur) und Downlink (Infrastruktur zum Endgerät) zu erreichen?
- Kann 4x4 MIMO eingesetzt werden (aus Platzgründen) und was ist die optimale Antenneninstallation?
- Und generell: Bringt 5G in der Praxis wirklich mehr als LTE, d.h. lohnt sich die Investition?

Bezug nehmend auf die letzte Frage muss erwähnt werden, dass der 5G-Router zurzeit gar nicht durchgängig im 5G Modus arbeiten kann, sondern aufgrund des oben genannten Abdeckungsproblems auf LTE oder manchmal sogar auf UMTS zurückfallen wird.

	LTE (-A)	5G NR
Maximum Bandbreite	20 MHz @SCS 15 kHz	50 MHz @ SCS 15 kHz 100 MHz @ SCS 30 kHz 200 MHz @ SCS 60 kHz 400 MHz @ SCS 120 kHz
Minimum Bandbreite	1,5 MHz	5 MHz
Maximum Carrier Aggregation	5 (aktuell)	16
Modulation	64 QAM, LTE-A 256 QAM	256 QAM
Modulation Access Scheme	CP-OFDM DL SC-FDMA UL	CP-OFDM DL CP-OFDM UL & DFT-SOFDM
iFFT Grösse	1200	3300
Subframe Länge	1 ms	1 ms und Minislots
Slot Länge	7 Symbole	14 Symbole, Minislots 2,4, 7
Channel Coding	Turbo Coding	LDPC (data), Polar (control)

Beide Standards gibt es sowohl im Frequenz-Duplex- als auch im Zeit-Duplexverfahren. D.h., dass für das Sprechen und Hören entweder verschiedene Frequenzen oder nacheinander verschiedene Zeitschlitze benutzt werden. Gleichzeitiges Sprechen und Hören erzeugt Störungen und macht das Decodieren schwieriger, aber es ist bei 5G möglich.

Einer der wesentlichen Unterschiede ist, dass 5G für MIMO entwickelt wurde, während MIMO bei LTE eine Option ist. Hier kommt die Kanalreziprozität voll zur Geltung. Beim Senden und Empfangen auf der gleichen Frequenz vereinfacht sich die Bestimmung der Kanalparameter wesentlich. Die Basisstation kann 64 Empfangs- und Sendeantennen auf einen Sektor vereinen, im Millimeterwellenbereich noch mehr. Mathematisch kann man das Ganze als Beamforming betrachten.



Bildquelle: NetModule

Man sollte MIMO keinesfalls mit Empfangs-Diversität verwechseln. Bei einem Verfahren (Diversität) schaltet man zwischen den Antennen und wählt das beste Signal aus, beim anderen (MIMO) sendet und empfängt man auf allen Antennen ein jeweils verschieden codiertes Signal. Ein phasencodiertes Signal führt dann zu einer Änderung des Antennendiagramms.

Offensichtlich sind die Antennen an der Basisstation größer und der Verstärker leistungsfähiger als am Endgerät. Den 64 Antennen im städtischen bzw. 8 im ländlichen Gebiet stehen 1, 2 oder 4 Antennen gegenüber, die auch nicht alle senden, aber zu mindestens empfangen können.

MIMO funktioniert anders als Sende- und Empfangsdiversität. An der Basisstation wie auch am Endgerät gibt es mehrere Antennen für die Übertragung und den Empfang. Im Gegensatz zu LTE, wo MIMO nur eine Option ist, wurde 5G entwickelt, um das Beste aus der Übertragung herauszuholen. Der Preis, der gezahlt werden muss, ist eine große Anzahl von Antennen an der Basisstation und am Gerät. Je höher jedoch die Frequenz, desto kleiner sind die Antennen.

Die Tabelle zeigt die theoretisch maximale Datenrate, wenn 100 MHz vollständig zur Verfügung stehen würden. In der Realität stehen bei 3.5 GHz jedoch davon nur 70% für den Downlink und 20% für den Uplink zur Verfügung.

Basisstation gNB	Endgerät gUE	Downlink (DL)		Uplink (UL)	
		Sub Matrix	Mbit/s	Sub Matrix	Mbit/s
8T8R	1T4R	4x4	2337	SISO	625
64T64R	2T8R	8x8	4674	2x2	1250
64T64R	4T4R	4x4	2337	4x4	2500

Bildquelle: NetModule

Nachdem es sich um theoretische Werte nach dem Standard TS38.306 handelt, sollten diese Werte natürlich unter realistischen Bedingungen getestet werden.



Zuverlässige Echtzeitkommunikation (uRLLC)

Für kommerzielle Anwendungen ist das Alleinstellungsmerkmal von 5G die zuverlässige Echtzeitkommunikation. Natürlich ist die Funkverbindung nicht ganz in Echtzeit, aber es wird deterministisches Verhalten erzielt, während LTE sich für die Endkunden immer noch wie ADSL anfühlt. Natürlich funktioniert auch LTE gut, wenn man dort Sprache mit 12.2 kbps über eine Cat.6 Verbindung betreibt.

Es geht aber nicht nur um die Luftschnittstelle, denn in der Kommunikationskette ist das Gesamtergebnis nur so gut wie sein schwächstes Glied. Während die 5G Luftschnittstelle als „New Radio“ bezeichnet wird, entsteht sozusagen im Schatten eine ganz neue Architektur des Kernnetzes, das Next Generation Core Network. Dieses ist nicht mehr hierarchisch aufgebaut, sondern Anwendungen werden an einen Bus parallel aufgehängt. Damit kann man einfach neue Services hinzufügen, ohne das vorherige Kartenhaus einstürzen zu lassen. Slicing ist dann die Fähigkeit, diese Anwendungen isoliert von dem Endgerät, über die Luftschnittstelle, das Übertragungsnetz zum Kernnetz, zu führen. Im Vergleich dazu hat sich das LTE Kernnetz (EPC), welches auf IMS basiert, als zu komplex herausgestellt, um einfach neue Services auszuprobieren.

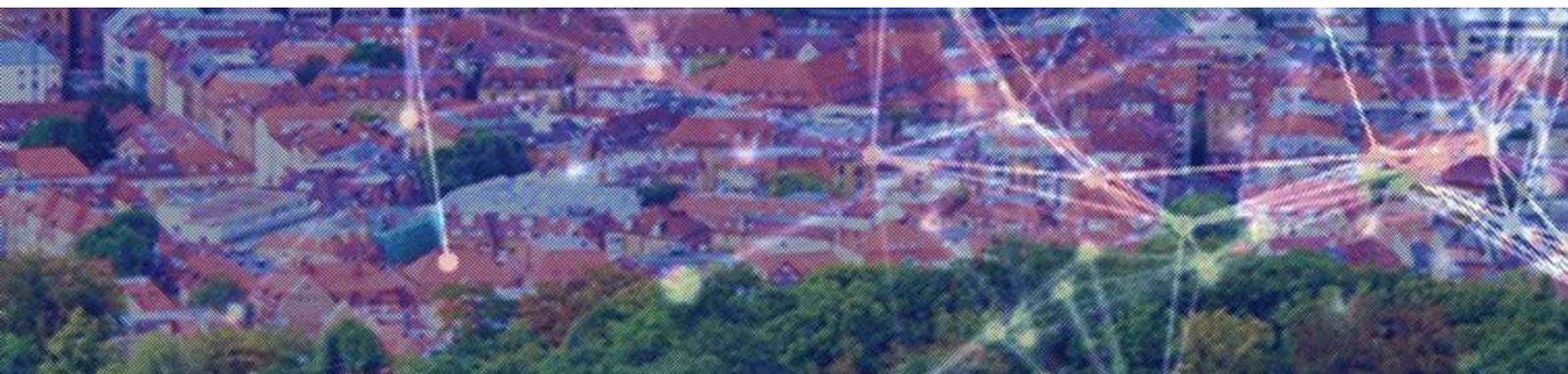
Noch scheuen Mobilfunkbetreiber die Investitionen in das neue Kernnetz. Die sogenannte „non-standalone architecture“ ist ein Zwitter, bei dem die Datenströme in der Mitte aus der 5G Basisstation herausgeführt werden und dann in die bestehende LTE-Basisstation und das Kernnetz weitergeleitet werden. Selbstredend ist, dass neue Anwendungen sowie Echtzeitkommunikation so nicht möglich sind.

Funkabdeckung ist eine notwendige, aber nicht hinreichende Voraussetzung

Früher wurden erst Straßen gebaut und dann füllte man sie mit Autos wie von Geisterhand. Aber würde das auch für 5G funktionieren? Ist es ausreichend, eine allgegenwärtige Abdeckung vorzuschlagen, dass die Menschen von LTE auf 5G umsteigen? Es ist unbestritten, dass die Netzbetreiber zunächst die 5G-Abdeckung anbieten müssen, bevor ein Ökosystem errichtet wird. Hier gibt es kein Henne-Ei-Dilemma. Der Preis für hohe Datenraten ist mehr Bandbreite in den höheren Frequenzbändern und konsequenterweise erhält man damit kleinere Zellen. Bei öffentlichen Verkehrsmitteln bedeutet dies explizite Abdeckung entlang von Straßen und Bahnen.

Hohe Datenraten, wie sie bei 5G erwartet werden, gehen nicht ohne eine gewisse Signalstärke einher. Um bei 256 QAM 8 Bit gegenüber 6 Bit bei 64 QAM pro Symbol zu übertragen, braucht man einfach mehr Leistung und das ganz besonders am Zellenrand.

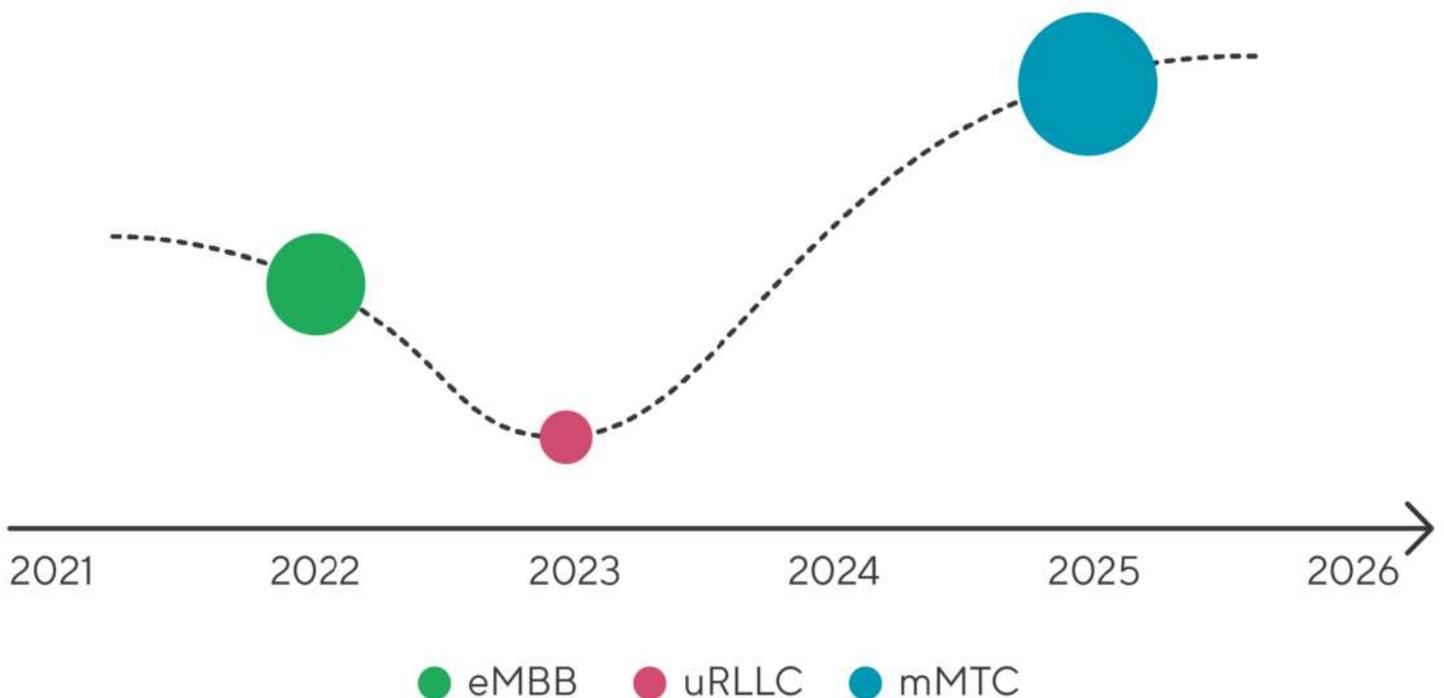
Während GSM noch leicht über dem Spektrum des Fernsehens lag, stößt 5G in den Bereich der Millimeterwellen vor, denn dort gibt es noch freies Spektrum für relativ breite Kanäle. Der Preis, der dafür zu zahlen ist, ist hoch. Waren Zellen in den ländlichen Gegenden noch in der Größenordnung von 10 km, muss man sich bei 3.5 GHz mit Hunderten von Metern begnügen. Für den Musiker und Physiker ist es nachvollziehbar: Bei jeder Oktave verliert man die Hälfte der Reichweite. Der Mobilfunkbetreiber muss dementsprechend mehr in Infrastruktur investieren. Verführend ist dann der Etikettenschwindel 5G in Frequenzbändern anzubieten, wo die propagierten Datenraten einfach nicht zu erzielen sind.



Zeitliche Entwicklung

Es gibt mittlerweile ein 5G-fähiges iPhone und auch 5G-Router (CPE) für zu Hause. Offensichtlich sind wir noch in der Anfangsphase und die Frage, die sich stellt, ist: Wann werden wir ein selbsttragendes Ecosystem haben? In einer Studie vom Januar 2020 "The 5G Era - New horizons for advanced electronics" schreibt McKinsey, dass die Marktentwicklung in Wellen stattfinden wird. Die erste Selbstständigkeit erlangt das Konsumenten-Segment im Jahr 2022. Der blaue Kreis in der Zeichnung zeigt das relative Geschäftspotenzial. Gefolgt wird diese Welle mit Anwendungen von zuverlässiger Echtzeitkommunikation. Die dritte Welle hat im Jahr 2025 ihren Höhepunkt und betrifft die IoT Anwendungen. Das Ganze scheint zwar in der Zukunft zu liegen, aber die Grundlagen - die Funkversorgung und das 5G-Kernnetz - müssen bereits heute geschaffen werden.

5G Business Opportunity vs. Take Off



Bildquelle: NetModule



Fazit

Es gibt einige grundlegende Fragen, die vor einer Einführung beachtet werden müssen:

1. Wie hoch ist das Abdeckungslevel?
2. Ist es möglich, die angestrebten Datenraten in Uplink (Endgerät zur Infrastruktur) und Downlink (Infrastruktur zum Endgerät) zu erreichen?
3. Was ist die optimale Antenneninstallation, damit MIMO im Empfangs- und Sendepfad funktioniert?
4. Ist es möglich, den Router so zu installieren, dass Kabelverluste minimiert werden?
5. Ist 5G in der Praxis wirklich besser als LTE und lohnt sich die Investition?

Beginnend mit der letzten Frage müssen wir eingestehen, dass in vielen Fällen der Router gar nicht im 5G-Modus arbeiten wird, sondern aufgrund des oben diskutierten Abdeckungsproblems eben auf LTE oder manchmal sogar auf UMTS zurückfallen wird.

Die Minimierung der Kabellänge bzw. des direkten Anschlusses des Routers an die Antenne ist eine zu überprüfende Option. MIMO ist der Schlüssel, um die angestrebten Datenraten zu erreichen. Hier haben Netzbetreiber eine gewisse Erfahrung auf der Basisstations-Seite.

Ein typischer Treiber für 5G wäre der Einsatz von Videoüberwachung in Zügen oder Bussen. Hochauflösende Kameras erzeugen hohe Datenraten und benötigen eine gewisse Synchronisation, damit das Bild weder flimmert noch ruckelt. In jeder mobilen Kommunikationstechnologie und auch bei 5G ist die Kommunikation zwischen Endgerät und Basisstation die Achillessehne, die richtig dimensioniert werden muss.

Die Datenblätter von 5G-Smartphones zeigen optimistische Datenraten auf. In der Praxis dürften diese selbst unter besten Bedingungen niedriger ausfallen. Für die Planung und Umsetzung eines Dienstes im öffentlichen Verkehr ist es jedoch essenziell zu wissen, wie viel von den Datenraten in der Praxis übrig bleiben, um ein funktionierendes Geschäftsmodell aufzubauen zu können.

5G wird durchaus einen Beitrag zum globalen Wirtschaftswachstum leisten. Dennoch bieten sich hierbei nicht nur Vorteile wie kürzere Latenzzeiten und maximale Übertragungsraten – sondern auch Herausforderungen, die es zu beachten gilt. Von 5G zu profitieren, heißt auch, sich korrekt vorzubereiten und erst dann zu investieren, wenn es sich auch lohnt!

Text und Bilder mit freundlicher Genehmigung von Netmodule
NetModule AG, Maulbeerstrasse 10, CH-3011 Bern

Die in dem Text verwendeten Abkürzungen sind als 5G–Abkürzungsverzeichnis online abrufbar.
https://www.netmodule.com/uploads/files/technologien/5G/5G_abkuerzungen.pdf

Was m2m Germany für Sie tun kann

Als Spezialist für M2M und IoT Lösungen unterstützt die m2m Germany GmbH seit mehr als 10 Jahren Ihre Kunden bei der Umsetzung von Digitalisierungsprojekten und versteht sich als „Enabler“ neuer Geschäftsmodelle und Möglichkeiten wie Big Data und Co.

Der technische Fokus liegt dabei auf modernen Funktechnologien wie LTE, Bluetooth, LoRa oder NB-IoT.

Dabei kann m2m Germany auf langjährige Erfahrung aus Entwicklungs- und Forschungsprojekten zurückgreifen und begleitet Ihre Kunden von der Idee über die Projektierung, Prototyping und Serienentwicklung bis hin zum After-Sales- Service.



Mit Ihrem 20-köpfigen Team und kurzen Entscheidungswegen arbeitet m2m Germany auf Augenhöhe mit mittelständischen Unternehmen und liefert Großunternehmen die notwendige Agilität und Flexibilität in Digitalisierungsprojekten.

Als Distributor namhafter Hersteller und über Partnerschaften mit Spezialisten vom Gehäusedesign über Elektronikfertigung bis hin zur Cloud- und BI-Lösung, kann m2m Germany auf Wunsch als One-Stop-Shop komplette Lösungen aus einer Hand liefern.

Durch die eigene Entwicklungsabteilung und diverse Kooperationen mit Hochschulen und Forschungseinrichtungen, sowie zahlreichen, prämierten Produktinnovationen, belegt m2m Germany seine wireless Technologie Kompetenz.

Lösungen von m2m Germany werden in der industriellen Automatisierung, beim Remote Management & Monitoring, in der Telematik, beim Flottenmanagement und für Transport/Logistik eingesetzt.

....we make your business wireless

©2021 m2m Germany GmbH. Alle Rechte vorbehalten.
Alle anderen Unternehmens- und Produktnamen sind Marken der jeweiligen Firmen.



m2m Germany GmbH
Am Kappengraben 18-20
61273 Wehrheim

+49 (0) 6081 587 3860
vertrieb@m2mgermany.de
www.m2mgermany.de