

Technical Report Nr. 21, 2022

5G Mobilfunktechnologie

**Aktueller Stand verfügbarer Endgeräte
Hardware, insb. M.2 Module für Release 16**

hochschule 21 – Technical report

Buxtehude:

hochschule 21 gemeinnützige GmbH
Staatlich anerkannte private Fachhochschule
Harburger Straße 6
21614 Buxtehude

Telefon: +49 4161 648 124

Fax: +49 4161 648 123

E-Mail: bibliothek@hs21.de

<http://www.hs21.de>

ISSN 2196-5153



5G Mobilfunktechnologie

Aktueller Stand verfügbarer Endgeräte
Hardware, insb. M.2 Module für Release 16

Jürgen Bosselmann & Thorsten Hermes
hochschule 21

Staatlich anerkannte private Fachhochschule

Harburger Straße 6

21614 Buxtehude

{*bosselmann|hermes*}@hs21.de

23. November 2022

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Die fünf Mobilfunknetzgenerationen	1
1.2	Iterationsschritte des 5G Mobilfunknetzes (Releases)	3
1.3	Wesentlicher (neuer) Funktionsumfang der 5G Releases	3
1.4	Frequenzbereiche des 5G Mobilfunknetzes	4
2	Einige Aspekte 5G Technologie	5
2.1	Empfangs- und Sendetechnik	5
2.2	M.2 Schnittstelle	6
2.2.1	Formfaktoren bzw. typische Abmessungen von M.2 Modulen	7
2.2.2	M.2 Modul- Kodierung	8
2.2.3	Standard-Anschlussbelegung von M.2 Modulen	8
3	Endgeräte	9
3.1	Hardware- Änderungen von Rel. 15 zu Rel. 16	10
3.2	Verfügbarkeit von M.2 Funkmodulen für 5G Release 16	10
3.3	Öffentliche und Nichtöffentliche 5G Netze	12
4	Zusammenfassung und Ausblick	13
4.1	Zusammenfassung	13
4.2	Ausblick	14
	Quellen	15
A	Auswahl von Links zu Herstellern	17
B	Abkürzungen	18

Abbildungsverzeichnis

1	Neue Mobilfunkgenerationen entstanden in etwa alle 10	2
	Jahre; Quelle: [Yadav and Raange, 2020]	
2	Planung der 5G Entwicklung und Implementierung; Quelle: [Rayal, 2016]	3
3	Hauptmerkmale des Releases 16; Quelle:	4
	[5G Americas, 2020]	
4	Weltweites Spektrum der 5G Netzfrequenzen (Global	5
	Snapshot of 5G Spectrum); Quelle: [Sharma, 2021]	
5	Zusätzliche Transceiver-Komponenten zur Erreichung	6
	der 5G Funktionen (5G Drives Large Increases in RF Content), an Beispiel eines Smart-Phones; Quelle: [Fa. Qorvo, 2019]	
6	M.2 Formfaktoren (Maße in mm); Quelle:	7
	[Fa. Delock, 2017]	
7	Schematische Darstellung der Kontakte von Key B, Key	8
	M, Key B+M; Quelle: [Fa. Delock, 2017]	
8	Anschlussbelegung eines M.2 Funkmoduls für 5G von	9
	Fa. Simcom; Quelle: [Fa. Waveshare, 2021]	
9	Übersicht über aktuell kommerziell verfügbare M.2 Mo-	11
	dule für den 5G Netzzugang. Die Release 16 Module sind mit roter Schrift gekennzeichnet. Mit * gekennzeichnete Komponenten haben kein M.2 Format. (kein Anspruch auf Vollständigkeit).	
10	M.2 Funkmodul Cinterion MV32 von Thales / Ericsson	12
	(Rel. 16)	

1 Einleitung

Die *hochschule 21* ist Partner im Projekt „USIN5G“, gem. der Förderrichtlinie „5G Umsetzungsförderung im Rahmen des 5G-Innovationsprogramms“, Förderkennzeichen: 45FGU125_E. Konsortialführer von USIN5G ist der Landkreis Harburg. Projekt- Homepage von „Usage Scenarios For Innovation Networks In 5G“: <http://usin5g.de>

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Dieser Bericht fasst erste Zwischenergebnisse zusammen, im Zusammenhang mit der Einarbeitung der hochschule 21 in die 5G Technologie, um schnellstmöglich zur Nutzung von 5G Technologie und Entwicklung von neuen Hard- und Software- Anwendungen zu kommen.

Insbesondere geht es hier um die Unterschiede der sogenannten 5G Releases bzgl. der verfügbaren Funktionen bzw. Dienste und speziell um aktuell verfügbare kommerzielle Hardware als Endgerät zur Nutzung an einem 5G Campusnetz (oder auch nicht öffentliches Netz, non public network / NPN).

Es wird sich im Allgemeinen mit den Unterschieden der sogenannten 5G Releases bzgl. der verfügbaren Funktionen bzw. Dienste und im Speziellen mit der aktuell verfügbaren kommerziellen Hardware, die als Endgeräte zur Nutzung an einem 5G Campusnetz (oder auch nicht öffentliches Netz, non public network / NPN) verwendet werden können, befasst. Es geht somit hier nicht um sämtliche Funktionen/Features und Releases des 5G Netzwerkes, sondern speziell um heute verfügbare Endgeräte für Nutzer. Der Fokus liegt dabei auch primär auf diejenigen 5G Funktionen, die im Rahmen von USIN5G genutzt werden sollen.

1.1 Die fünf Mobilfunknetzgenerationen

5G (die fünfte Generation des Mobilfunks) ist ein Mobilfunkstandard, der seit 2019 an Verbreitung gewinnt. 5G baut auf dem bestehenden 4G Standard „Long Term Evolution“ (LTE) auf.

„Auch wenn die Historie von 1G bis 4G es vermuten lässt, ist 5G kein Handy-Standard. Smartphones werden natürlich diese Technik auch nutzen,

sie sind aber nur ein Teilbereich der geplanten Anwendungen. Die Hauptsektoren sind „Enhanced Mobile Broadband“, „Massive IoT“ und „Mission-critical Control“ und umfassen also fast alle wesentlichen Funkkommunikationsanwendungen.“ (s. [Kreuzer, 2017])

Deswegen sind die Funkkommunikationsanwendungen, die außerhalb des Smartphonekontextes liegen, Gegenstand dieser Arbeit.

Die Standardisierungsorganisation 3GPP hat im Dezember 2018 mit Release 15 den ersten 5G Standard veröffentlicht, der Funktionen von 5G beinhaltet. Weitere Funktionen wurden mit Release 16 im Juli 2020 festgelegt. Die Abbildung 1 zeigt einen vereinfachten Überblick über die aktuellen fünf Mobilfunkgenerationen.

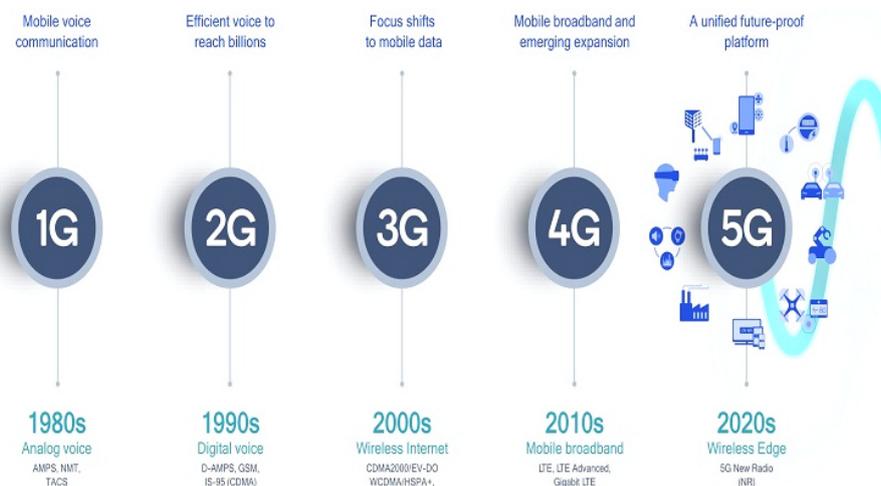


Abbildung 1: Neue Mobilfunkgenerationen entstanden in etwa alle 10 Jahre; Quelle: [Yadav and Raange, 2020]

Die Entwicklung und der Aufbau von 5G Netzwerken ist ein riesiges, weltumspannendes Projekt, an dem viele Firmen und Organisationen beteiligt sind. Entsprechend wird bei der 5G Implementierung kein „Big Bang“ Konzept verfolgt, sondern es gibt einen iterativen Prozess. Ausgehend von 4G (LTE) ist die erste ausgelieferte 5G Version der Release 15. LTE Funktionen werden i.d.R. beibehalten und ausgebaut. 5G ist „rückwärts-kompatibel“ mit 4G (LTE).

Auch muss an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, dass sowohl ein 5G (Infrastruktur-) Netz, als auch 5G Endgeräte erforderlich sind, um zum Beispiel Funktionen des Release 16 (oder gar höher nutzen zu können).

1.2 Iterationsschritte des 5G Mobilfunknetzes (Releases)

Die Abbildung 2 zeigt einen älteren, vereinfachten Zeitplan für die 5G Entwicklung und Implementierung, wo die IMT-2020 Spezifikation (4G) und die 5G Releases 15 bis 17 zu sehen sind. Dieser Zeitplan ist nicht mehr aktuell, der Zusammenhang zwischen ITU und 3GPP sowie die 4G und 5G Releases sind hier aber besonders gut zu erkennen.

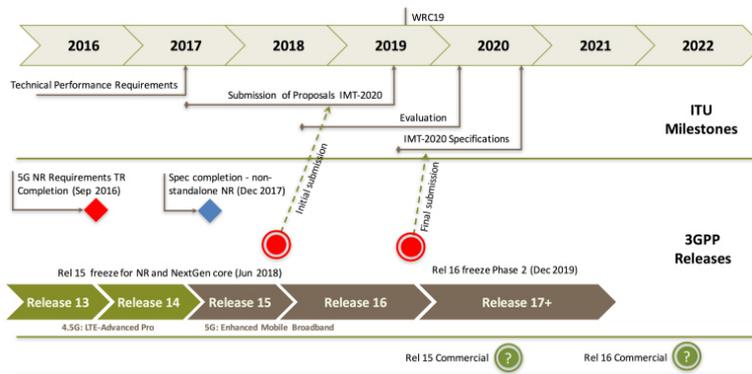


Abbildung 2: Planung der 5G Entwicklung und Implementierung, basierend auf 4G (LTE), das weiter fortgesetzt wird; Quelle: [Rayal, 2016]

5G wird nicht überall auf der Welt zeitgleich ausgerollt und speziell 5G Netze gibt es in der Bundesrepublik noch nicht flächendeckend. Daher ist der offizielle, aktuelle 3GPP Zeitplan für USIN5G zunächst nicht wirklich relevant; aber ein LINK ist hier zu finden: https://www.3gpp.org/images/articleimages/Releases/graphic_version3_SP-200222.jpg

1.3 Wesentlicher (neuer) Funktionsumfang der 5G Releases

Die Abbildung 3 zeigt die wesentlichen Erweiterungen von Release 16 gegenüber Release 15, als Zusammenfassung der U.S. Organisation „5G Americas“.

Um den erweiterten Funktionsumfang für Release 16 zu erreichen, sind „Physical Layer Enhancements“, d.h. auch Hardwareänderungen sowohl netzseitig, als auch bei den Endgeräten, erforderlich. Auch hier gilt „Abwärtskompatibilität“, zu Release 15 und LTE.

Vertical Expansion		Capacity and Operational Efficiency Enhancement	
<ul style="list-style-type: none"> • IIoT (Industrial IoT) • URLLC • 2-Step RACH 	<ul style="list-style-type: none"> • NR Positioning • NR Unlicensed • V2X 	<ul style="list-style-type: none"> • MIMO Enhancements • MR-DC • Integrated Access and Backhaul (IAB) 	<ul style="list-style-type: none"> • Mobility Enhancements • cross link interference (CLI)/remote interference management (RIM) • UE Power Savings

Abbildung 3: Hauptmerkmale des Releases 16; Quelle: [5G Americas, 2020]

1.4 Frequenzbereiche des 5G Mobilfunknetzes

Wo LTE verfügbar ist, erfüllt es aktuell fast alle Wünsche der Mobiltelefonie. Die Nutzung von LTE nimmt jedoch in Deutschland und weltweit ständig zu (das liegt auch an der mobilen Datennutzung, Videos, etc.), während die verfügbaren Frequenzen und Bandbreiten begrenzt sind. Als Folge werden sich die Zugriffszeiten und Übertragungsdatenraten für den einzelnen Standardnutzer zukünftig verschlechtern. Bisher wurden für G1 bis G4 vorwiegend Frequenzbereiche bis etwa 3 GHz genutzt. Die 5G Frequenzen werden i.d.R. in die drei Gruppen unterteilt: „Low Band“ (unter 1 GHz), „Mid Band“ (1 bis 6 GHz) und „High Band“ (größer 6 GHz).

Frequenz und Wellenlänge sind durch die Lichtgeschwindigkeit miteinander verknüpft:

$$f = 6 \text{ GHz bedeutet } \lambda = 5,0 \text{ cm}$$

$$f = 40 \text{ GHz bedeutet } \lambda = 7,5 \text{ mm .}$$

Entsprechend wird das „High Band“ auch als mm Band oder mmWAVE bezeichnet und dieser Frequenz-Bereich oberhalb von 6 GHz wird von 5G erstmalig zur Verfügung gestellt.

Die nutzbare Datenrate ist (bei gegebener Modulationsart) direkt mit der verfügbaren Bandbreite gekoppelt und hier bietet das „High Band“ ganz neue Möglichkeiten. Generell gilt:

„Der Senderadius eines 5G-Senders hängt neben der Frequenz von vielen weiteren Faktoren ab, wie der Sendeleistung, der Antennenbauart (Antennengewinn) oder der Höhe des Sendemastes. Grundsätzlich gilt, je höher die Frequenz, desto geringer die Sendereichweite. Das liegt maßgeblich an der Freiraumdämpfung, die frequenzabhängig ist.“ (s. [Gutt, 2020])

Weiterhin ist die Dämpfung speziell im hohen Frequenzbereich stark abhängig von Luftfeuchtigkeit und damit auch vom Wetter. Stationäre Satelliten-Uplink-Verbindungen (mit hoher Bandbreite) werden daher bevorzugt im GHz-Bereich und in sehr trockenen Weltregionen installiert.

Die Abbildung 4 zeigt das weltweite Spektrum der 5G Netzfrequenzen.

Die zahlreichen „Lücken“ sind anderen Anwendungen bzw. Anwendern vorbehalten, wie zum Beispiel Polizei und Rettungsdienste, Rundfunk und Fernsehen oder Satellitenkommunikation.

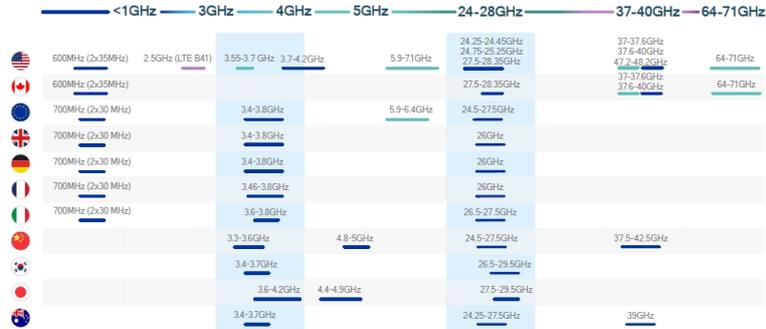


Abbildung 4: Weltweites Spektrum der 5G Netzfrequenzen (Global Snapshot of 5G Spectrum); Quelle: [Sharma, 2021]

Der Abbildung ist auch zu entnehmen, dass die Länder z.T. unterschiedliche 5G Frequenzbänder nutzen, daher gibt es z.T. auch Länderspezifische Transceiver-Varianten.

Die Möglichkeit zur Nutzung von so stark unterschiedlichen Frequenzen mit deren sehr unterschiedlichen Eigenschaften eröffnet bei 5G sehr innovative Features, die weit über die 4G Technologie hinausgehen. Details würden an dieser Stelle zu weit führen.

2 Einige Aspekte 5G Technologie

Im Folgenden wird zunächst die Sende- und Empfangstechnik für den GHz-Bereich angesprochen und anschließend wird die M2-Schnittstelle erläutert.

2.1 Empfangs- und Sendetechnik

Sende- und Empfangskomponenten werden häufig als Transceiver bezeichnet (Receiver und Transmitter) oder einfach auch nur als das „Front End“. Im SHF- Frequenzbereich ist die Technik schon sehr anspruchsvoll; so nutzen nicht alle Smartphone-Hersteller eigene Transceiver-Entwicklungen, sondern integrieren Module von anderen Herstellern (OEM).

Durch die neuen Frequenzbereiche und Features sind Transceiver für 5G besonders anspruchsvoll. Die Abbildung 5 zeigt das Front End eines typischen

5G Transceiver aus Sicht der erforderlichen SHF Komponenten, wie Filter, Mischer, Duplexer, etc.

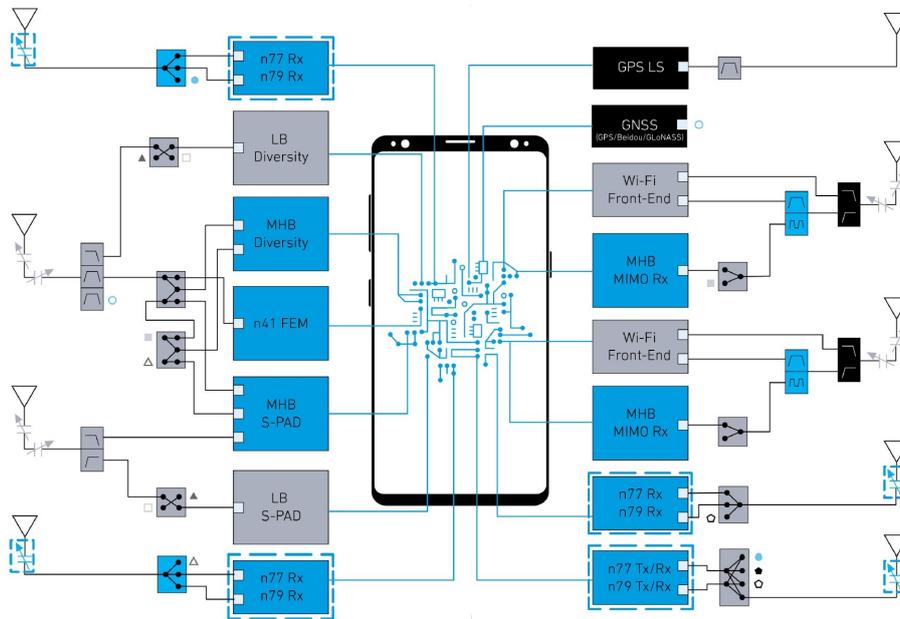


Abbildung 5: Zusätzliche Transceiver-Komponenten zur Erreichung der 5G Funktionen (5G Drives Large Increases in RF Content), an Beispiel eines Smart-Phones; Quelle: [Fa. Qorvo, 2019]

Blau gestrichelt dargestellt sind mit 5G neu dazu gekommene Anteile; die blau ausgefüllten Komponenten haben erheblich größere Anforderungen zu erfüllen (im Vergleich zu LTE). Auffällig sind die je zwei zusätzlichen Send- und Empfangspfade; andere Filtercharakteristika oder Laufzeitanforderungen sind hier nicht sichtbar.

2.2 M.2 Schnittstelle

M.2 ist eine Spezifikation für interne Erweiterungskarten auf PC Mainboards und Notebooks. M.2 wurde als Nachfolger der mSATA Schnittstelle konzipiert und von Intel erstmalig 2012 unter der Bezeichnung Next Generation Form Factor (NGFF) vorgestellt.

M.2 ist flexibler bezüglich Verwendung und Schnittstellenvielfalt, denn über das M.2 Interface können nicht nur SATA Signale übermittelt werden,

sondern auch USB und PCIe. Damit sind erweiterte Funktionen wie z.B. Karten mit WLAN, Bluetooth, GPS oder NFC möglich (vgl. [Fa. Delock, 2017])

Die M.2 Schnittstelle wird von vielen Herstellern auch für sehr kompakte, abgeschirmte Sende- und Empfangs- Funkmodule verwendet (3G, 4G, 5G). Durch den standardisierten M.2-Formfaktor lassen sich die Funkmodule bequem in kompatible Hardware integrieren, z.B. Embedded PCs, Router oder andere Anwendungen für Mobile Computing. So ist ein einfacher Wechsel zu künftigen Funkmodulen möglich. Als Schnittstellen stehen PCIe und USB 3.1 zur Verfügung. Die Module sind zudem für den industriellen Arbeitsbereich von -40 bis 85° C ausgelegt.

Die 5G M.2 Module sind häufig weltweit in 5G-Netzen einsetzbar, abwärtskompatibel zu 4G LTE und 3G UMTS. Einige solcher Funkmodule unterstützen auch die 5G-Kommunikation mit Frequenzen über 20 GHz (Millimeterwellen) und ermöglicht so Datenraten bis 4 Gbit/s im Downlink und 600 Mbit/s im Uplink (auch ohne Millimeterwellen).

Weiterhin enthalten die Module i.d.R. einen integrierten GNSS-Empfänger zur Positionsbestimmung mit GPS-, Glonass-, BeiDou- und Galileo-Satellitensystemen.

2.2.1 Formfaktoren bzw. typische Abmessungen von M.2 Modulen

Allgemein werden M.2 Module mit verschiedenen Formfaktoren gefertigt. Allen gemeinsam ist die standardisierte Anschlussbelegung des 75-poligen Steckverbinders (modulseitig durch vergoldete Leiterbahnen ausgeprägt). Häufig messen 5G Funkmodule 30×42 mm oder 30×52 mm. In der Abbildung 6 sind möglichen Abmessungen dargestellt.

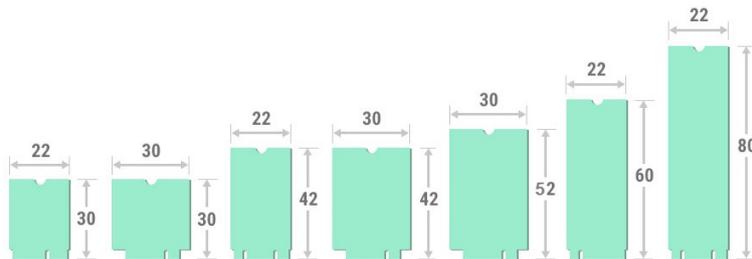


Abbildung 6: M.2 Formfaktoren (Maße in mm); Quelle: [Fa. Delock, 2017]

2.2.2 M.2 Modul- Kodierung

Es gibt zwei verschiedene M.2 Anschlussbelegungen für Slot 2 oder Slot 3 und um falsche Zuordnungen möglichst zu vermeiden, werden verschiedene Kodierungen in Form von einer oder zwei Unterbrechungen der Kontaktreihe verwendet. Die Abbildung 7 zeigt Varianten, Key B Slot wird i.d.R. für M.2 Funkmodule verwendet.

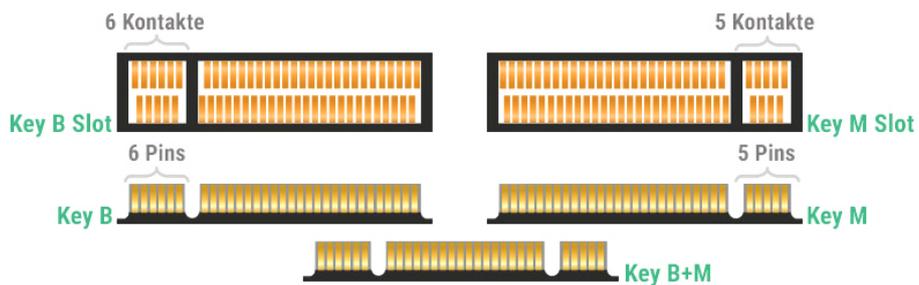


Abbildung 7: Schematische Darstellung der Kontakte von Key B, Key M, Key B+M; Quelle: [Fa. Delock, 2017]

2.2.3 Standard-Anschlussbelegung von M.2 Modulen

Die M.2 Schnittstelle war ursprünglich für Speichermedien entwickelt worden. Ein Beispiel für die Signal- Anschlussbelegung eines Funkmoduls zeigt die Abbildung 8.

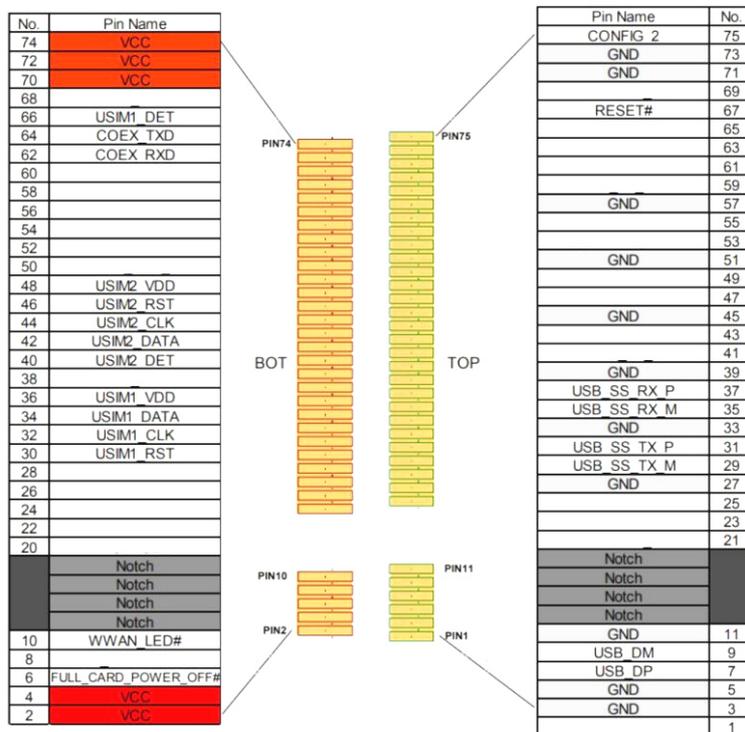


Abbildung 8: Anschlussbelegung eines M.2 Funkmoduls für 5G von Fa. Simcom; Quelle: [Fa. Waveshare, 2021]

3 Endgeräte

„5G New Radio (NR) ist das erste Mobilfunksystem, das nicht in erster Linie für menschliche Benutzer konzipiert wurde, sondern für die Vernetzung von Gegenständen, Fahrzeugen und Maschinen aller Art. Es bildet die Grundlage für das kommende Internet der Dinge.“(s. [Kottkamp et al., 2022])

Entsprechend sind beispielsweise folgende Endgeräte (UE) für Anwender besonders relevant:

- Smartphones
- Notebooks, Tablets, Laptops
- Router
- Fahrzeuge
- Drohnen

- Maschinen
- ...

D.h. Telefonie steht bei 5G NICHT im Vordergrund, sondern bei den Anwendungen handelt es sich überwiegend um Datenschnittstellen oder auch Positionierungssysteme.

Nachfolgend werden die aktuellen Endgeräte sowie die M.2 Funkmodule behandelt.

3.1 Hardware- Änderungen von Rel. 15 zu Rel. 16

Wie in Kap. 1.3 bereits erwähnt, hat Release 16 eine Reihe von neuen Features, die auch Hardware- Änderungen bei den User- Endgeräten erfordern. Z.B.

- TSN (time sensitive networks)
- terminal positioning and location
- Network Slicing
- Side Link / Relay function
- Rel-16 NR inter-band CA/Dual Connectivity
- Rel-16 NR inter-band Carrier Aggregation

<https://www.3gpp.org/technologies/carrier-aggregation-on-mobile-networks>
<https://www.3gpp.org/specifications-technologies/releases/release-16>

Ein simples update der Firmware auf den M.2 Modulen reicht daher nicht aus, um für Rel. 16 vorbereitet zu sein. Release 16 erfordert andere M.2 Funkmodule, als Release 15. Und diese sind kommerziell (in Deutschland) zur Zeit noch nicht so umfangreich verfügbar ...

3.2 Verfügbarkeit von M.2 Funkmodulen für 5G Release 16

Einige der Anwendungen (use cases) des USIN5G Projekts werden definitiv 5G Technologie des Release 16 (oder besser sogar Release 17) erfordern. Details zu den geplanten Anwendungen würden an dieser Stelle zu weit führen.

Insbesondere gehören die unter Abschnitt 3.1 aufgeführten ersten vier Features dazu.

Abbildung 9 zeigt eine Übersicht der M.2 Funkmodule verschiedener Hersteller. Komponenten gem. Release 16 Spezifikation sind mit roter Schrift markiert (Rel. 17 M.2 Module sind auf dem Markt noch nicht verfügbar.).

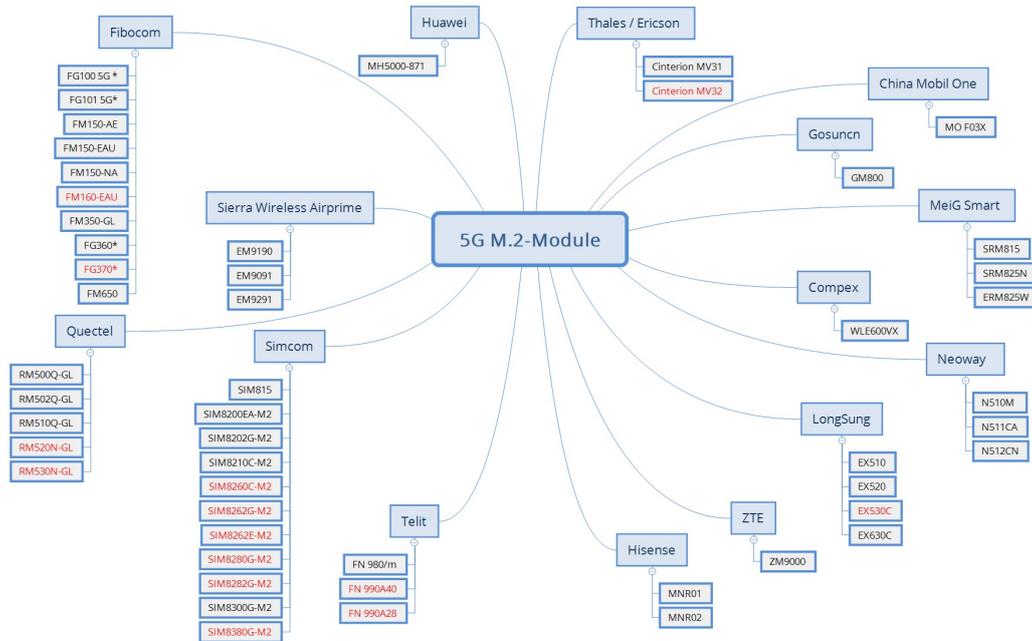


Abbildung 9: Übersicht über aktuell kommerziell verfügbare M.2 Module für den 5G Netzzugang. Die Release 16 Module sind mit roter Schrift gekennzeichnet. Mit * gekennzeichnete Komponenten haben kein M.2 Format. (kein Anspruch auf Vollständigkeit).

Um früh in praktische Tests einsteigen zu können, wurden ab Mitte 2022 verschiedene Rel. 16 Funkmodule im Ausland bestellt. Zu dem Zeitpunkt war die Auswahl noch erheblich geringer als im November 2022.

Bis heute ist keines der bestellten Rel. 16 M.2 angekommen - während mehrere Rel. 15 Module nach wenigen Tage geliefert wurden. Eine Ausnahme ist das MV32 der Fa. Thales / Ericsson¹. Nach einer kurzen Kontaktaufnahme mit dem europäischen Hersteller wurde uns ein Entwicklungsmuster des neuen Cinterion MV32 M.2 Moduls kostenfrei und unbürokratisch zur Verfügung gestellt².

¹Unser erstes (und bisher einziges) 5G Funkmodul der neuesten, verfügbaren Generation.

²Dafür bedanken wir uns herzlich an dieser Stelle!

Abbildung 10 zeigt ein Foto dieses M.2 Moduls. Es misst 30 x 52 x 2,6 mm und bietet je eine PCIe3.0/4.0 und USB 3.1 Schnittstelle. Weiterhin wird Dual SIM unterstützt und es sollen Treiber für Windows® 11, Linux® Kernel 5.10.x+ und Android 11+ zur Verfügung stehen. Das ist aktueller Forschungsgegenstand an der hochschule 21 bzw. im USIN5G Projekt

Die Dual Sim Fähigkeit könnte beim (räumlichen) dynamischen Wechsel von Campusnetz (Non Public Network) auf ein öffentliches Netz und zurück sehr hilfreich sein. Siehe dazu den folgenden Abschnitt 3.3.



Abbildung 10: M.2 Funkmodul Cinterion MV32 von Thales / Ericsson (Rel. 16)

3.3 Öffentliche und Nichtöffentliche 5G Netze

„Neben den öffentlich sichtbaren 5G-Anlagen etwa für die Telefonie, Internet oder das vernetzte Auto sind auch private 5G-Netze denkbar.

Diese Mobilfunknetze sind auf eine Fläche beschränkt und vom öffentlichen Mobilfunknetz logisch und/oder physisch getrennt. Sie können in Fabriken, Minen und anderen anspruchsvollen Umgebungen für die Vernetzung von Robotern, Maschinen, Sensoren und Automatisierungssteuerungen zum Einsatz kommen.“ (s. [Badman, 2019])

Solche „nicht öffentlichen Netze“ werden auch als „non-public-networks / NPN“ oder als „Campusnetze“ bezeichnet. Nichtöffentliche 5G Netze unterscheiden sich in mehreren Aspekten von öffentlichen Netzen, insbesondere bzgl. des (eingeschränkten) Zugangs und einiger Sicherheitsaspekte. Details würden hier zu weit führen. Aber: Typische Endgeräte wie Smart-Phones sind insbesondere für den Betrieb in öffentlichen Netzen vorgesehen; einige Geräte lassen sich somit nicht ohne Weiteres in Campusnetzwerken (NPN) betreiben.

Für das USIN5G Projekt soll ein Campusnetz im „Technologie- und Innovationspark“/TIP in 21244 Buchholz/Nordheide genutzt werden. Mögliche Einschränkungen bzgl. der Nutzung von Endgeräte müssen daher berücksichtigt werden.

Gem. Information der Technischen Universität Kaiserslautern/TUK³ sind Einschränkungen bzgl. non-public-networks bei M.2 Modulen bisher nicht bekannt.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Die wesentlichen Erkenntnisse und Ergebnisse zur Verfügbarkeit der Hardware für 5G User in Deutschland, für Release 15 und speziell Release 16 des GPP Standards folgen an dieser Stelle.

Das ist noch am Beginn des USIN5G Projektes des Landkreises Harburg. Vorschläge für nachfolgende Schritte runden das Kapitel inhaltlich ab.

4.1 Zusammenfassung

Interessante Endgeräte für 5G Anwendungen bedienen weniger die eigentliche Sprachkommunikation oder Telefonie, sondern vielmehr sehr anspruchsvolle Datenübertragungs- und Positionsbestimmungstechniken. Eine Möglichkeit besteht darin, Smart-Phones als Hardware-Schnittstelle für solche Anwendungen zu verwenden, zum Beispiel mit Hilfe eines „Hot Spots“ oder mittels Kabel und USB-Schnittstelle. Wesentliche Komponenten eines Smartphones werden dann gar nicht verwendet und diese Geräte sind zur Nutzung in privaten Netzwerken häufig gar nicht vorgesehen. Der erforderliche Bauraum ist größer als unbedingt erforderlich und es entstehen unnötige Kosten.

Eine eigene Transceiver-Entwicklung für 5G Netze ist dagegen technisch außerordentlich anspruchsvoll und würde den Rahmen vieler Anwendungsprojekte bei weitem sprengen. Eine günstige Alternative ist die Nutzung von sehr kompakten Funkmodulen mit einer sogenannten M.2 Schnittstelle. Kompakte M.2 Funkmodule können in Smartphones, Laptops, Fahrzeugen, Drohnen oder auch Modems für Anlagen und Geräten der Automatisierungstechnik integriert werden. Solche Module werden inzwischen in großer Vielfalt auch für 5G Technologie angeboten; speziell auf Basis des ersten kommerziell verfügbare 5G Standes, Release 15. 5G Release 16 bietet einen größeren Funktionsumfang; aber dieser Stand ist noch recht neu und kommerziell verfügbare Funkmodule sind noch sehr rar.

³vom Netzwerktreffen im Juni 22

Diese Arbeit gibt eine Übersicht über Hersteller und aktuell verfügbare M.2 Funkmodule für 5G Release 16. Dabei wird auch aufgezeigt, welche neuen Funktionen des Rel. 16 für das Projekt USIN5G von besonderem Interesse sind, die Rel. 15 gar nicht bereitstellen kann.

4.2 Ausblick

Die Auswahl und Beschaffung von 5G Transceivern war erst der erste Schritt bzgl. der erforderlichen 5G Hardware. Als nächstes muss die Integration mit einem Schnittstellenadapter (HAT) und einem Mikrocontroller oder Prozessor erfolgen. Hier gibt es mehrere interessante Alternativen, die bereits in Arbeit sind. Dann werden einfache Basis- Tests mit Zugang zum öffentlichen 5G Netz (verschiedener Provider und Standorte) und zum privaten 5G Netz des Landkreises Harburg (in Buchholz) erfolgen. Dual SIM sollte hier spannende Möglichkeiten eröffnen.

Geplant sind natürlich Untersuchungen zu Up- / Downlink- Datenraten und Latenzzeiten, aber auch zur Durchdringung in geschlossenen Räumen u.a. in Abhängigkeit von Antennengewinn und -Charakteristik der Infrastruktur. Spezielle Release 16 Funktionalität kann erst genutzt werden, wenn das Campus-Netzwerk diese auch zur Verfügung stellt und das ist abhängig vom Zeitplan des Providers.

Wir sind sehr gespannt auf die 5G Performance insgesamt und die Unterstützung der neuen Applikationen des USIN5G Projektes.

Quellen

- [5G Americas, 2020] 5G Americas (2020). The 5G Evolution: 3GPP Releases 16-17. <https://www.5gamericas.org/5g-evolution-3gpp-releases-16-17/>. zuletzt aufgerufen am 18.11.2022.
- [Badman, 2019] Badman, L. (2019). Was sind private 5G-Netze und für wen sind sie sinnvoll? *computer weekly*. <https://www.computerweekly.com/de/antwort/Was-sind-private-5G-Netze-und-fuerwen-sind-sie-sinnvoll>, zuletzt aufgerufen am 18.11.2022.
- [Fa. Delock, 2017] Fa. Delock (2017). Die M.2 Schnittstelle. <https://www.delock.de/infotehk/M.2/M.2.html>. zuletzt aufgerufen am 18.11.2022.
- [Fa. Qorvo, 2019] Fa. Qorvo (2019). 5 Points to 5G. <https://www.qorvo.com/resources/d/qorvo-5-points-to-5g-mobile-5g-brochure>. zuletzt aufgerufen am 18.11.2022.
- [Fa. Waveshare, 2021] Fa. Waveshare (2021). SIM8262E-M2/SIM8202G-M2 5G HAT for Raspberry Pi, quad antennas 5G NSA, multi-band, 5G/4G/3G, with case. <https://www.waveshare.com/SIM8202G-M2-5G-HAT-B.htm>. zuletzt aufgerufen am 18.11.2022.
- [Gutt, 2020] Gutt, E. (2020). 5G-Sender Reichweite mit verschiedenen Frequenzen. <https://ltemobile.de/5g-sendereichweiten-mit-unterschiedlichen-frequenzen/>. zuletzt aufgerufen am 21.11.2022.
- [Kottkamp et al., 2022] Kottkamp, M., Pandey, A., Raddino, D., Roessler, A., and Stuhlfauth, R. (2022). *5G New Radio – Fundamentals, procedures, testing aspects*. Rohde & Schwarz.
- [Kreuzer, 2017] Kreuzer, M. (2017). Die Zukunft der Funkkommunikation – 5G NR – die Luftschnittstelle konkretisiert sich. <https://www.elektroniknet.de/kommunikation/mobilfunk/5g-nr-die-luftschnittstelle-konkretisiert-sich.139203.html>. zuletzt aufgerufen am 18.11.2022.
- [Rayal, 2016] Rayal, F. (2016). Will 5G be the Last 'G'? <http://frankrayal.com/2016/08/08/will-5g-be-the-last-g/>. zuletzt aufgerufen am 18.11.2022.

[Sharma, 2021] Sharma, A. (2021). Standalone and the 5G Private Network Opportuni. *Pipeline*, 17(10). <https://pipelinepub.com/agility-2021/DRAN-standalone-5G-private-networks>, zuletzt aufgerufen am 18.11.2022.

[Yadav and Raange, 2020] Yadav, R. and Raange, S. (2020). 5G, 5G speed, technology, architecture, implementation and concerns. <https://www.techferal.com/5g-5g-speed-technology-architecture-concerns/>. zuletzt aufgerufen am 18.11.2022.

A Auswahl von Links zu Herstellern

Nachfolgend sind exemplarische Links zu den Herstellerangaben bzw. Datenblättern der Rel. 16 fähigen M.2 Module angeführt. Zum Teil ist für die „data sheets“ eine Anmeldung/Registrierung beim Hersteller erforderlich. Teilweise sind die Datenblätter auch ohne Registrierung bei Distributoren abrufbar (ohne Wertung, in alphabetischer Reihenfolge):

- Fibocom 5G-Modul FM160-EAU (M.2 module 3GPP Release 16 - 5G deployments)
<https://www.fibocom.com/en/products/5G-FM160-EAU.html>
- LongSung EX530C 5G (M.2 module 3GPP Release (Rel) 16? - 5G deployments)
<https://en.sekorm.com/doc/2231828.html>
- Quectel RM520N-GL (M.2 module 3GPP Release 16 - 5G deployments)
https://www.quectel.com/wp-content/uploads/2022/07/Quectel_RM520NSeries_5G_Specification_V1.1.pdf
- SIMCOM SIM8262E (M.2 module 3GPP Release 16 - 5G deployments)
<https://www.simcom.com/product/SIM8262E-M2.html>
- Thales / Ericsson Cinterion 5G MV32 (M.2 module 3GPP Rel. 16 - 5G deployments)
<https://www.thalesgroup.com/en/markets/digital-identity-and-security/iot/iotconnectivity/products/iot-products/mv32-modem-card>
<https://iot.thalesgroup.com/MV32-datasheet>
- Telit FN 990Axx (M.2 module 3GPP Release 16 - 5G deployments)
<https://www.telit.com/devices/fn990axx/>
<https://dz.telit.com/file/download/2391>

B Abkürzungen

Abkürzung	Bedeutung
3GPP	third generation partnership project (last version is 5G)
5G RAN	5G radio access network
CSP	communication services provider
GNSS	global navigation satellite system
GPS	global positioning system
HAT	hardware attached on top (Hardware Adapter für Mikrocontroller)
IAT	integrated access and backhaul
IMT-2020	spezifikation für 4G / LTE
IMSI	international mobile subscriber identity
IoT	internet of things
ITU	international telecommunication union
LK-H	Landkreis Harburg
LTE	long term evolution (4G)
M.2	siehe NGFF (PC / Mobile Schnittstelle)
MIMO	multiple input - multiple output
MR-DC	multi radio access technology – dual connectivity
mSATA	mini serial AT attachment (PC Schnittstelle)
NGFF	next generation form factor (PC / mobile Schnittstelle)
NFC	near field communication
NPN	non public network
NR	new radio
OEM	original equipment manufacturer
OFDM	orthogonal frequency division multiplexing (Modulationsart)
O-RAN	O-RAN
PCIe	peripheral component Interconnect express (PC Schnittstelle)
PLMN	public land mobile network
RACH	random access channel
RAN	radio access network
RAT	radio access technology
Rel.	release (techn. 5G Ausgabestand)
TSN	time sensitive network
UMTS	universal mobile telecommunication system (3G)
USIN5G	usage scenarios for innovation networks in 5G (Projektbezeichn.)
URLLC	ultra reliable low latency communications
V2X	vehicle to X