

LPWAN – Geeignete Connectivity für IoT?

Srdan Kapor

Telefónica Germany

Business Consultant M2M/IoT

E-Mail: srdan.kapor@telefonica.com

Stand: November 2019

Inhaltsverzeichnis

1. Mobilfunk für IoT.....	2
1.1 Mobilfunk zur drahtlosen Datenübertragung.....	2
1.2 Was bisher geschah.....	2
2. 5G	3
2.1 Anforderungen an 5G.....	3
2.2 Enhanced Mobile Broadband (eMBB).....	4
2.3 Ultra Reliable Low Latency Communication (URLLC).....	5
2.4 Massive Machine Type Communication (mMTC)	6
3. LPWAN – NB-IoT vs. LTE-M	8
3.1 Mobilfunk-Evolution für IoT Anwendungen	8
3.2 Komplementäre Technologien: LTE-M & NB-IoT.....	8
3.3 Weltweiter Roll Out LTE-M und NB-IoT	9

1. Mobilfunk für IoT

1.1 Mobilfunk zur drahtlosen Datenübertragung

Daten über das drahtlose Mobilfunknetz zu übertragen bietet eine Vielzahl an Vorteilen gegenüber drahtgebundenen und anderen drahtlosen LAN Netzen. Drahtgebundene Netze sind ortsgebunden und daher nicht geeignet für bewegliche IoT Use Cases. Bei lokalen drahtlosen Netzen (wie z.B. WLAN) ist die Abhängigkeit des WLAN Betreibers oder die beschränkte Reichweite oft ein Problem.

Das Mobilfunknetz ist fast weltweit verfügbar und bietet eine Möglichkeit unabhängig von lokalen Netzen und ohne Kabel Daten zu übertragen. Verschiedene Geräte können über das Mobilfunk und das Internet/VPN Daten an einen Server/eine Cloud übertragen. Das folgende Bild zeigt den Mobilfunk im kompletten IoT Ökosystem.

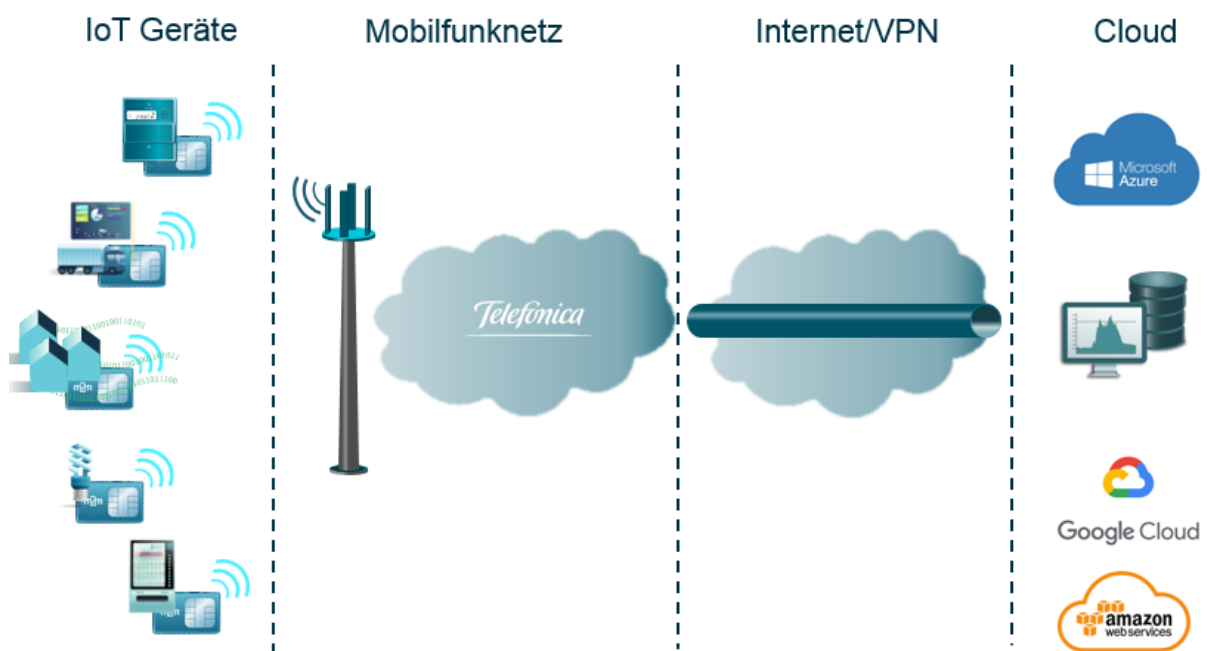


Abbildung 1: IoT Ökosystem

1.2 Was bisher geschah...

Der Mobilfunk wurde über Jahre weiterentwickelt. Anfangs stand im Vordergrund die Telefonie. Die Menschen wollten auch mobil telefonieren wollen und nicht an das heimliche Festnetz gebunden sein. Mit der wachsenden Wichtigkeit des Internets wollten die Menschen auch das Internet mobil genauso nutzen, wie sie es von zu Hause gewöhnt sind. Seit der ersten Internetfähigkeit der mobilen Geräte im 2G-Netz (GPRS) wurde das mobile Internet stetig weiterentwickelt. Das 3G-Netz war ein wichtiger Meilenstein für die mobile Datennutzung die das breitbandige mobile Internet erst ermöglichte. Mit 4G wurden die Errungenschaften des 3G-Netzes nochmals verbessert und es war möglich noch mehr Daten zu übertragen. Durch den Fortschritt des mobilen Internets wurden auch IoT Anwendungen über den Mobilfunk ermöglicht. Die Evolution der mobilen Datenübertragung von 2G bis 4G wird in der folgenden Darstellung gezeigt:



Abbildung 2: Evolution des mobilen Internets von 2G zu 4G

Die kommende 5G-Generation stellt nicht mehr nur eine Evolution der bisherigen Standards dar. Es handelt sich vielmehr um einen Anwendungsfallbezogenen Mobilfunk-Standard, der nicht nur den Fokus auf die Erhöhung der Bandbreite hat. Vielmehr werden für verschiedene Anwendungen verschiedene Bedarfe gedeckt.

2. 5G

2.1 Anforderungen an 5G

Beim 5G Standard kann man durch die einfache Erhöhung des Datendurchsatzes nicht alle Anforderungen decken. Auch sind die theoretischen Höchstdatenbreiten mit den gegebenen Frequenzen bei 4G fast erreicht.

Die Anforderungen des 5G-Standards sind u.a. eine Bandbreite von $>10\text{Gbp/s}$, eine Latenzzeit von $<1\text{ms}$ und es soll möglich sein >1 Millionen Geräte pro km^2 über Mobilfunk anzubinden. Die folgende Abbildung zeigt die drei wichtigsten Anforderungen an 5G.

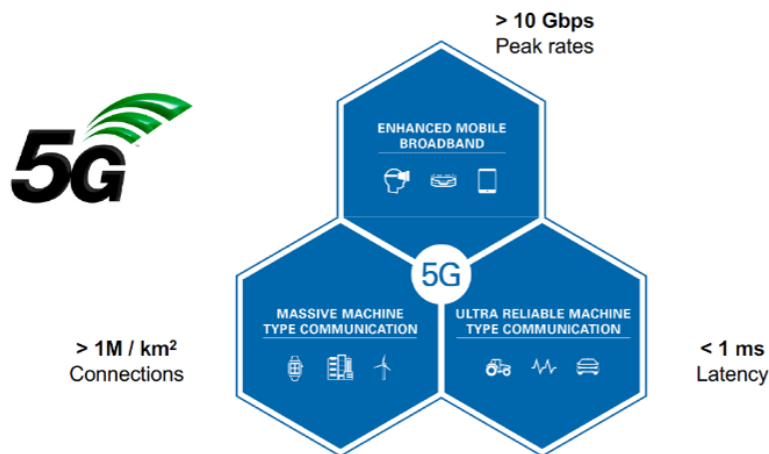


Abbildung 3: Anforderungen an 5G

Da technisch nicht alle Anforderungen gleichzeitig erreichbar sind und teilweise konkurrieren, gibt es drei verschiedene Use Case Gruppen bei 5G: eMBB (enhanced Mobile Broadband), URLLC (Ultra Reliable Low Latency Communication) und mMTC (massive Machine Type Communication). Die folgende Abbildung zeigt das 5G Dreieck mit den drei Anwendungsgruppen dar.

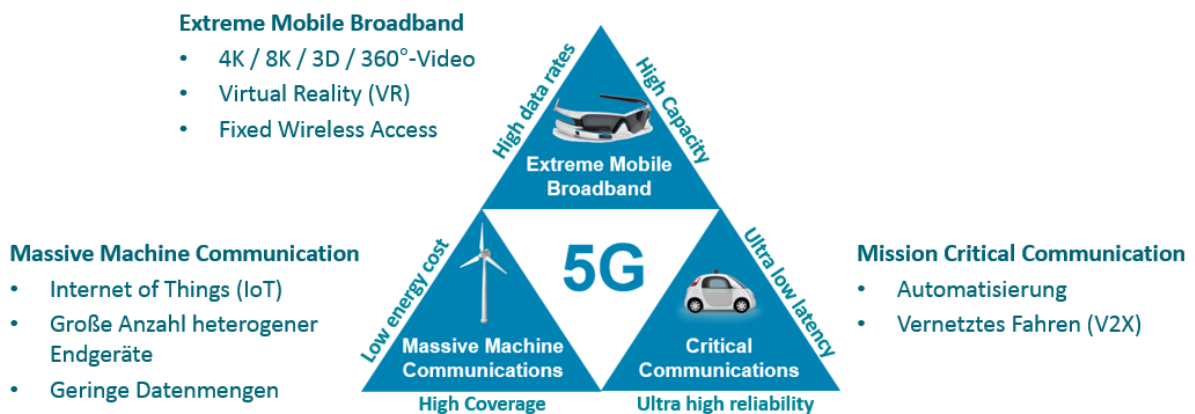


Abbildung 4: 5G Dreieck mit den drei Use Case Gruppen

2.2 Enhanced Mobile Broadband (eMBB)

Eine Evolution von 4G in Bezug auf die verbesserte Bandbreite stellt eMBB (enhanced Mobile Broadband) dar. Da diese Anwendungen aus dieser Anwendungsgruppe oft „nur“ eine verbesserte Bandbreite bieten durch Erhöhung der Frequenzen und einer Vielzahl von Antennen werden diese Anwendungen auch die ersten 5G-Anwendungen sein. Folgende Anwendungen sind insbesondere bisher in diese Anwendungsfallgruppe einzuordnen: Augmented Reality, Virtual Reality und Fixed Wireless Access. Augmented Reality und Virtual Reality sind Anwendungen die aufgrund der benötigten hohen Datenraten erst durch die Evolution des 4G Standards richtig ermöglicht werden. Bei Fixed Wireless Access (FWA) handelt es sich um einen DSL Ersatz über Mobilfunk. Erst die sehr hohen Frequenzbereiche (oberhalb von 24GHz) ermöglichen Datenraten von bis zu mehreren Gbit/s ohne Festnetzanschluss. Telefónica Deutschland hat in einem Piloten die FWA-Technologie in

Hamburg getestet. Die folgende Abbildung zeigt die physikalischen Eigenschaften der verschiedenen Frequenzbereiche.

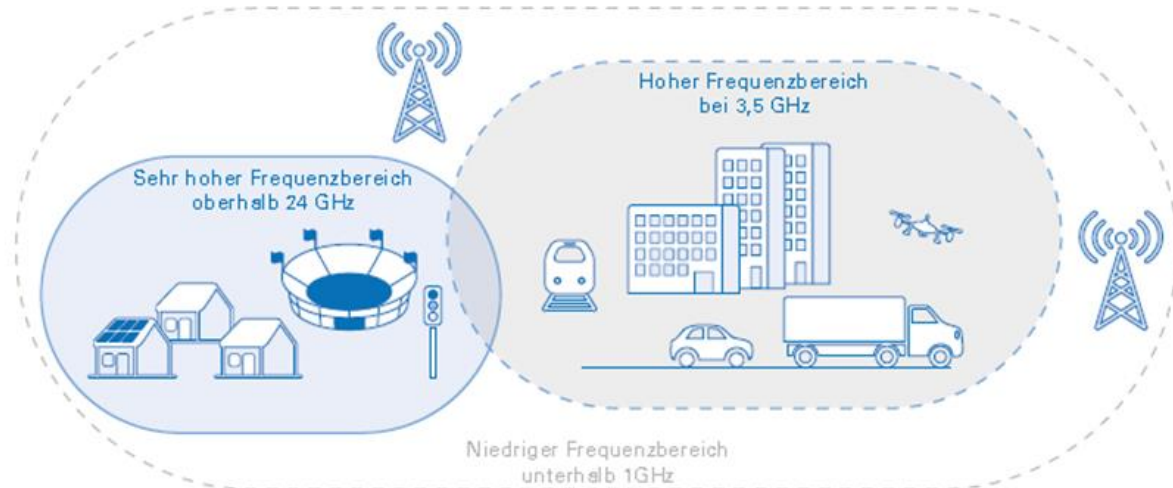


Abbildung 5: Die verschiedenen Frequenzen die für 5G genutzt werden

Die Frequenzen oberhalb von 24GHz haben eine Lichtähnliche Eigenschaft, d.h. es reicht eine Wand zwischen Antenne und Empfangsgerät damit das Signal nicht mehr ankommt. Vorteil der hohen Frequenzbereiche sind die hohen Datenraten.

Die Frequenzbereiche um 3,5GHz wurden Anfang des Jahres durch die BNetzA versteigert und sind die bisher höchsten kommerziell verfügbaren Frequenzen. Obwohl die 3,5GHz Frequenzen nicht so hoch sind wie die Frequenzen für FWA, sind sie dennoch ebenfalls für hohe Datenraten geeignet und weniger für die Flächendeckung.

Die Frequenzbereiche unter 1GHz eignen sich sehr gut für die Flächendeckung und haben gute Durchdringungseigenschaften.

2.3 Ultra Reliable Low Latency Communication (URLLC)

Bei URLLC handelt es sich um verschiedenen Use Cases die eine hohe Zuverlässigkeit des Netzes und eine geringe Latenzzeit benötigen. Da für diese Anwendungen die Standardisierung noch nicht komplett abgeschlossen ist und alle Netzkomponenten neu aufgestellt werden müssen, zählen diese Anwendungsfälle zu den späteren 5G Anwendungen. Zwei wichtige Vertreter dieser Gruppe von Anwendungsfällen ist die Automatisierung in der Fabrik (Industrie 4.0) und das autonome Fahren.

Im Zusammenhang mit Industrie 4.0 sind die privaten 5G Netze wichtig, da bei diesen die sensiblen Unternehmensdaten das Netz nicht verlassen und dadurch auch die Kommunikation zwischen verschiedenen bspw. Robotern ohne Verzögerung läuft (da die Daten nicht durch das komplette Mobilfunknetz geschickt werden). Damit sich die Industrie selber private Netze aufbauen kann, vergibt die BNetzA auch lokale private Frequenzen für die Industrieunternehmen.

Beim autonomen Fahren ist die Zuverlässigkeit und die geringe Verzögerungszeit entscheidend. Damit überhaupt autonomes Fahren möglich ist, muss sichergestellt werden, dass das Fahrzeug mit anderen Verkehrsteilnehmern und der Infrastruktur zuverlässig kommunizieren kann.

2.4 Massive Machine Type Communication (mMTC)

mMTC ist wahrscheinlich die wichtigste Anwendungsfallgruppe für den heutigen Event. mMTC deckt eine Vielzahl von verschiedenen Use Cases ab mit einer Vielzahl von Geräten die in den kommenden Jahren überall installiert werden. Sektoren in denen mMTC eingesetzt wird sind u.a. Smart Cities, Smart Utilities, Umweltmonitoring, Connected Buildings, nicht kritische Industrial IoT Anwendungen, Einzelhandel, Asset Tracking. Die Anwendungen sind vielfältig. Jegliche Sensoren die nicht-kritische Daten übertragen gehören zu dieser Anwendungsfallgruppe. Wasserzähler, Stromzähler, Tracking-Geräte, Kaffeemaschinen, Parksensoren u.v.m.

Für diese Use Cases eignen sich LPWA-Netze. LPWAN bedeutet „Low Power Wide Area Networks“ und deckt Anwendungen ab in denen Batteriesparsamkeit und/oder die Durchdringung wichtig ist. Somit sind LPWA Netze besonders gut für die mMTC Anwendungen geeignet. Es gibt nicht nur LPWA Netze die ein 5G Standard werden sollen, sondern auch proprietäre, also nicht von der 3GPP standardisierte Netze. Die folgende Abbildung zeigt die bekanntesten LPWA Netze.

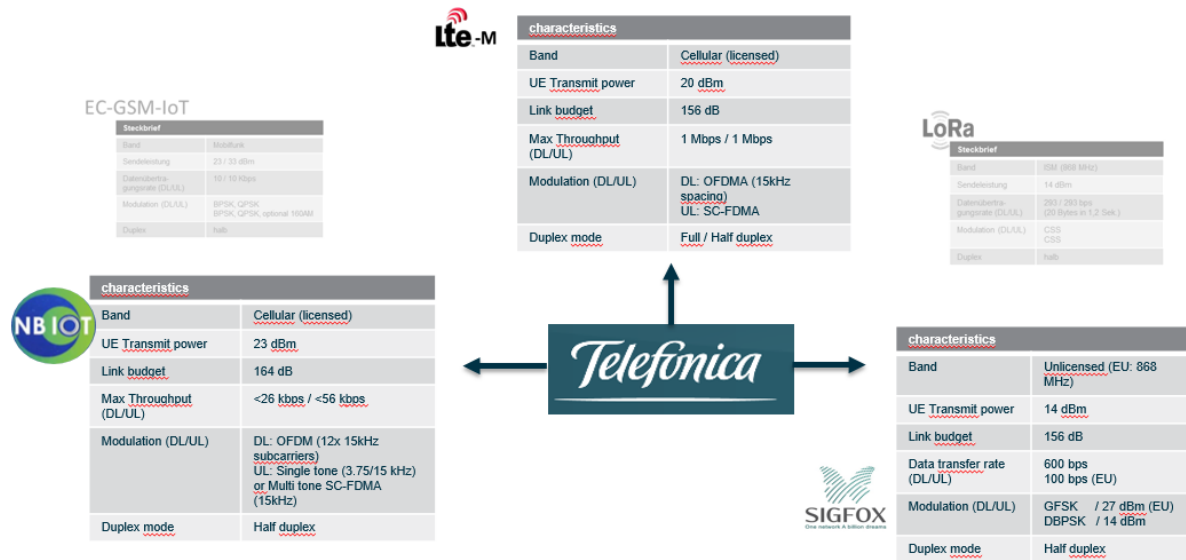


Abbildung 6: LPWA Netze

Neben den klassischen Mobilfunk LPWA Netzen, wie NB-IoT und LTE-M, gibt es auch weitere LPWA Netze, wie Sigfox und LoRa. Telefónica führt neben NB IoT Netzen auch LTE-Cat.M (vereinfacht LTE-M) Netze ein. Daneben ist Telefónica Anteilseigner und Vertriebspartner von Sigfox.

Die entscheidenden Vorteile von LPWA Netzen sind auf der folgenden Abbildung gezeigt.



Abbildung 7: Vorteile von LPWA Netzen

Es soll in Zukunft möglich sein, bis zu eine Millionen Geräte innerhalb eines Quadratkilometers zu vernetzen. Zusätzlich ist die Technologie sehr stromsparend, d.h. die Lebensdauer von Geräten die batteriebetrieben sind und damit nicht in Nähe einer Steckdose stehen müssen, wird um ein vielfaches erhöht. Die Reichweite und Durchdringung ist ebenfalls ein wichtiger Aspekt von LPWAN. Damit können nun Geräte auch Daten übertragen von Standorten an denen es bisher nicht möglich war, wie z.B. aus dem Keller, von abgelegenen Bauernhöfen etc. Ein weiterer großer Vorteil von LPWA Netzen sind die Kosten der benötigten Geräte. Die benötigten Module für die LPWA Kommunikation sind einfacher und dadurch deutlich günstiger. Damit könnten sich Anwendungen rechnen, die sich bisher nicht gerechnet haben.

Zusammengefasst lassen sich die 5G Use Cases in frei verschiedene Anwendungfallgruppen einteilen: eMBB, URLLC und mMTC.

Die erste Gruppe eMBB hat dabei den Fokus auf die Erhöhung der Bandbreite. Das Ziel wird durch bspw. höhere Frequenzen und mehrere Antennen erzielt.

Die zweite Gruppe URLLC hat den Fokus auf Zuverlässigkeit und geringe Verzögerungen im Netz. Das Ziel wird insbesondere durch Edge Computing und Network Slicing erzielt. Die Priorisierung im Netz (Network Slicing) von verschiedenen Datenpaketen ermöglicht erst Anwendungen wie das autonome Fahren, da es sich hier um lebenswichtige Datenpakete handelt die bevorzugt im Netz behandelt werden müssen. Das Edge Computing reduziert die Antwortzeiten indem die Kommunikation in der Nähe der physischen Gegenstände stattfindet und die Datenpakete nicht durch das komplette Netz geschickt werden müssen.

Die dritte Gruppe, auf die weiterhin der Fokus gelegt wird, hat den Fokus auf die Anbindung einer Vielzahl von Geräten mit relativ unkritischer Kommunikation, bspw. ist es egal ob ein gemessener Temperaturwert an einem Standort um einige Sekunden später am Server ankommt. Für diese Anwendungen werden die existierenden Netztechnologien weiterentwickelt. Somit ist die Verfügbarkeit dieser Netze schnell gegeben. Für die Anwendungen bekommen NB IoT und LTE M immer mehr an Bedeutung. Die weiteren Ausführungen fokussieren sich auf genau diese genannten

Mobilfunktechnologien die besonders geeignet sind relativ unkritische Daten von Sensoren zu übertragen.

3. LPWAN – NB-IoT vs. LTE-M

3.1 Mobilfunk-Evolution für IoT Anwendungen

Bisher waren die Netze, wie gezeigt, darauf aus, immer mehr Bandbreite durch das Netz zu schicken. Faktoren wie Kosten der Geräte und Batterielebensdauer wurden größtenteils vernachlässigt.

Die Kosten für die Mobilfunkmodule haben sich, gemessen am Preis der Hardware von mehreren hundert Euro, nur geringfügig voneinander unterschieden. Durch das IoT wurden die Kosten der Hardware immer wichtiger. Im Unterschied zu Smartphones sind beispielsweise Heizungsähler deutlich einfacher. Es werden nicht mehr GPS, NFC, Kamera und andere teure Technologien eingebaut. Ein Heizungsähler muss nur einen digitalen Wert übertragen. Damit der Business Case beim Heizungsähler aufgeht, muss die Hardware möglichst gering sein.

Auch die Batterielebensdauer hat seit den IoT Geräten enorm an Wichtigkeit gewonnen. Beispielsweise können Container die weltweit verschifft werden, nicht immer an den Strom angeschlossen werden und müssen daher mit einer Batterie auskommen. Ein wichtiges Merkmal für die Reedereien ist, wie lange die Trackinggeräte autark mit der Batterie die Container verfolgen können. Würde eine tägliche Aufladung wie bei Smartphones nötig sein, dann würden die Kosten des Trackings den Nutzen deutlich übersteigen.

Daher entwickelt sich der Mobilfunk einerseits zu immer komplexerer Technologie mit mehr Datendurchsatz und andererseits zu immer einfacheren, batteriesparsamen Technologie. Die folgende Abbildung zeigt diesen Trend.

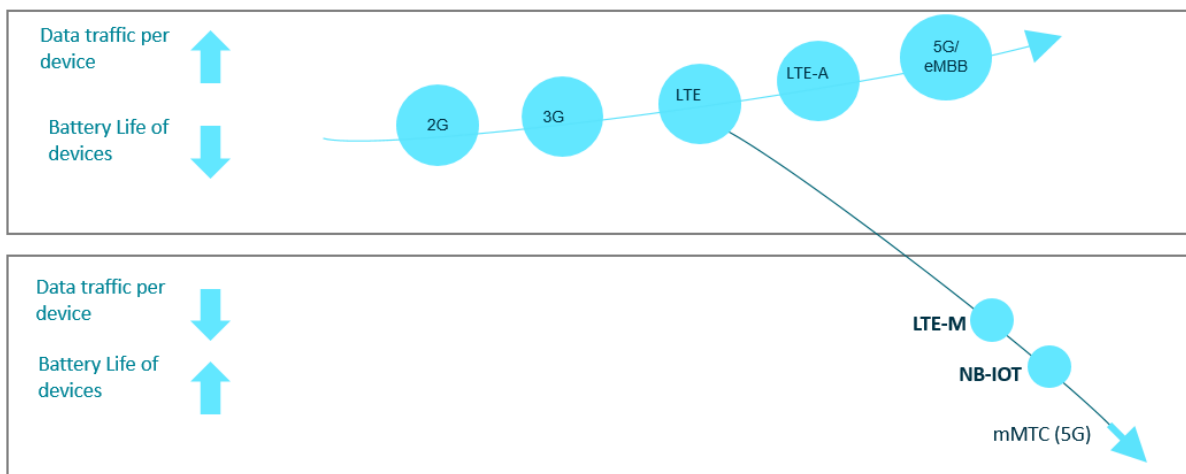


Abbildung 8: Gegenläufige Evolution des Mobilfunks

3.2 Komplementäre Technologien: LTE-M & NB-IoT

Die zwei LPWAN Technologien NB-IoT und LTE-M sind keine Substitute, sondern vielmehr Komplementäre. LTE-M ist etwas breitbandiger, hat etwas geringere Latenzzeiten und bietet die Möglichkeit Anrufe zu tätigen. NB-IoT dagegen ist noch einfacher, günstiger und bietet eine bessere Durchdringung/Verfügbarkeit.

Die folgende Abbildung zeigt Anwendungen die LTE-m bzw. NB-IoT geeignet sind.



Abbildung 9: Komplementäre Technologien - NB-IoT und LTE-M

Die klassischen LTE-M Anwendungen sind Wearables, Auszüge oder auch die vorgeschriebenen Smart Meter für Stromzähler die von der Bundesregierung vorgeschrieben sind.

Die klassischen NB-IoT Anwendungen sind Sensoren die nur wenige Daten übertragen und stationär sind, z.B. Heizungsähler, Temperatursensor, CO2 Messsensor.

Dabei sollte beachtet werden, dass im Gegensatz zu den konventionellen Mobilfunk-Technologie (2G, 3G, 4G) die Verfügbarkeit von LTE-M und NB-IoT noch eingeschränkt ist und nicht alle Länder planen beide komplementäre Technologien in Zukunft auch einzusetzen.

3.3 Weltweiter Roll Out LTE-M und NB-IoT

Die folgende Abbildung der GSMA zeigt den aktuellen Stand (November 2019) des Roll Outs der beiden Technologien weltweit.

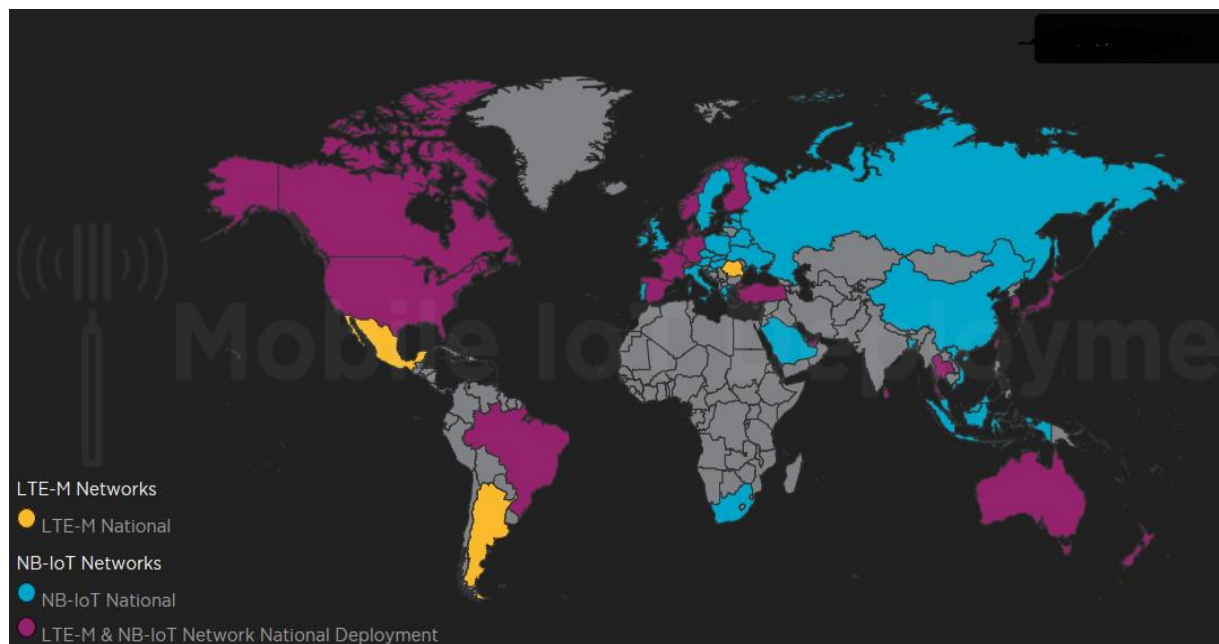


Abbildung 10: Weltweiter Roll Out von LTE-M und NB-IoT

Die Grafik beinhaltet weder die aktuelle Abdeckung in dem jeweiligen Land noch die Pläne der Länder. Für Deutschland ist die NB-IoT zum jetzigen Zeitpunkt viel weiter als die LTE-M Abdeckung.