

# NB-IoT in der Praxis Ein Anwenderbericht

Von

**Dipl.-Ing. Jens Riedel**  
Teamleiter Entwicklung  
[riedel.jens@ik-elektronik.com](mailto:riedel.jens@ik-elektronik.com)

IK Elektronik GmbH  
Friedrichsgrüner Straße 11-13  
08262 Muldenhammer  
[www.ik-elektronik.com](http://www.ik-elektronik.com)

Stand: 15.03.2019

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Motivation .....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Begriffe, Einordnung .....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Technische Grundlagen .....</b>	<b>4</b>
<b>3.1</b>	<b>Genutzte Frequenzen .....</b>	<b>4</b>
<b>3.2</b>	<b>Sendeleistungen, Link Budget, Strombedarf .....</b>	<b>5</b>
<b>3.3</b>	<b>Übertragungsablauf.....</b>	<b>5</b>
<b>3.4</b>	<b>Datenvolumen, Datenrate, Kosten .....</b>	<b>7</b>
<b>3.5</b>	<b>Roaming, Handover, Ortung.....</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>Ausblick.....</b>	<b>8</b>
<b>5</b>	<b>Weitere Informationen.....</b>	<b>10</b>

## 1 Motivation

Als Entwickler von Funkprodukten haben die Ingenieure bei IK Elektronik sehr vielfältige Aufgaben zu lösen und ein sehr breites Wissensgebiet abzudecken. Neben der Elektronikentwicklung, Messaufgaben, der Softwareentwicklung und dem Projektmanagement ist es zunehmend wichtig auch Konzeptarbeit zu leisten und unsere Kunden und Geschäftspartner bei der Realisierung ihrer gesamten Anwendung oder ihres gesamten Systems zu unterstützen.

Mit dem zunehmenden Interesse unserer Kunden und des Marktes an IoT, dem „Internet of Things“, also der Vernetzung von dezentralen Sensoren und Aktoren mit dem Internet sind auch die Entwickler bei IK Elektronik im Rahmen ihrer Tätigkeit zunehmend mit diesen Themen konfrontiert. Zahlreiche Studien, Vorentwicklungen und Produktentwicklungen konnten in den letzten Monaten und Jahren (bis 2019) bereits bei IK Elektronik durchgeführt werden, beispielsweise für die Smart City, für Smart Home oder auch Smart Metering. Beispiele sind die Überwachung von mobilen Maschinen, die Ablesung von Verbrauchsdaten für Energie oder auch die Umweltsensorik im und um das Haus.

Die Motivation für die vorliegende Abhandlung zum Thema „NB-IoT“ – „Narrow Band Internet of Things“ ist die Zusammenfassung oder besser Sammlung der bisherigen Erfahrungen in Form einer Einführung in das Thema für unsere Kunden, für Entwickler und Interessierte, ohne den Anspruch auf Vollständigkeit oder wissenschaftliche Exaktheit.

Durch die rasche technische Weiterentwicklung auch der Modulwelt und den rasant fortschreitenden Ausbau des NB-IoT Netzes kann die Abhandlung auch nur eine Momentaufnahme zum Zeitpunkt der Erstellung, also Anfang 2019, sein. Am Schluss dieser Abhandlung finden Sie daher eine Reihe von Links mit einer Fülle weiterer vertiefender Informationen.

Allen Lesern wünsche ich jetzt viel Freude und interessante Erkenntnisse beim Lesen.

*Jens Riedel*

## 2 Begriffe, Einordnung

„NB-IoT“ steht für „Narrow Band Internet of Things“ und ist eine Untergruppe des Mobilfunkstandards „LTE“. NB-IoT ist entsprechend den Anforderungen des Internet of Things auf geringen Stromverbrauch, geringe Datenraten sowie hohe Reichweiten konzipiert. In Deutschland wird der Standard „LTE Cat-NB1“ benutzt. Neben LTE Cat-NB1 gibt es auch LTE Cat-M1, welches im gleichen Netz auf den gleichen Frequenzen arbeitet, jedoch höhere Datenraten anbietet.

Für die Vernetzung von Sensoren und Aktoren im Internet of Things per Funk existieren verschiedene Lösungen:

- Kurzstrecken-Funk vernetzt IoT Geräte innerhalb von Gebäuden und über kurze Entfernungen und wird z.B. mit proprietären Funklösungen, mit Zigbee, ZWave, EnOcean Funk oder WLAN realisiert. Die Schnittstelle, zum Server oder zur „Cloud“ mit den entsprechenden Diensten kann dann über die bekannten Internet-Zugänge erfolgen.
- Flächendeckende Funknetze verbinden IoT Geräte direkt. Hierfür stehen als dominierende Technologien Sigfox, LoRaWAN und NB-IoT zur Verfügung und werden als „Low Power Wide Area“ – Netzwerke (LPWA / LPWAN) bezeichnet (siehe weiterführende Links am Ende dieser Abhandlung).

Betrachten wir NB-IoT werden folgende Vorteile sichtbar:

- Es wird eine vorhandene bzw. im Aufbau befindliche Infrastruktur genutzt (Abschluss bis Ende 2019 von Deutscher Telekom und Vodafone angestrebt).
- Es besteht eine hohe Kanalkapazität, d.h. viele IoT Teilnehmer können gleichzeitig in einer Funkzelle kommunizieren.
- Das Link Budget der Funkverbindung ist hoch. Damit ergeben sich hohe Reichweite bzw. gute Gebäudedurchdringung.
- Die Datenraten sind mit bis zu 250 kBit/s relativ hoch.
- Die genutzten Frequenzbänder werden für Mobilfunk exklusiv genutzt. Damit ergibt sich eine sehr hohe Quality of Services (QoS).
- Teilnehmer können mittels NB-IoT auch geortet werden. Eine Ortung mit einer Genauigkeit im Bereich einiger Meter über Triangulation ist geplant.
- Es besteht die Möglichkeit des Updates der Firmware von NB-IoT Geräten über das Mobilfunknetz (OTA, Over The Air).
- Die Datenübertragung erfolgt verschlüsselt.

Auf der anderen Seite gibt es die folgenden Nachteile von NB-IoT gegenüber Sigfox und LoRaWAN:

- Die Nutzung des Dienstes erzeugt derzeit noch höhere Kosten.
- Der Strombedarf der verfügbaren Module ist relativ hoch. Durch adaptive Regelung der Sendeleistung in Abhängigkeit von den Empfangsverhältnissen ist dieser Stromverbrauch jedoch verringert.
- Die Module und Geräte sind verhältnismäßig teurer. Der Preis für ein einfaches NB-IoT Modul liegt Anfang 2019 bei ca. 5 € bei 50.000 Stück. Bei SigFox oder LoRaWAN sind etwa 3 € möglich.
- Die Datenübertragung erfolgt nicht in Echtzeit, es gibt keine garantierte Latenzzeit.
- Eine internationale Nutzung ist aufgrund der Vielzahl von verwendeten Frequenzen und unterschiedlichen Netzbetreibern und die damit verbundene Roaming-Funktionalität vorab genau zu prüfen.

### 3 Technische Grundlagen

#### 3.1 Genutzte Frequenzen

Für NB-IoT werden aktuell in Deutschland zwei LTE-Frequenzbänder genutzt (siehe rot markiert in der nachfolgenden Tabelle). Gerade für kleine IoT Geräte ist Band 8 günstiger, da auf Grund der höheren Frequenz die Antenne geringfügig kleiner sein kann als für Band 20 und die Konstruktion damit einfacher wird.

Ein einzelnes Frequenzband selbst besteht aus vielen Teilbändern. Bei NB-IoT ist ein solches Teilband nur 200 kHz breit, wodurch sich theoretisch bis zu 175 Teilbänder in den insgesamt 35 MHz eines Frequenzbandes unterbringen lassen.

Band Number	Uplink frequency range / MHz	Downlink frequency range / MHz
1	1920 - 1980	2110 - 2170
2	1850 - 1910	1930 - 1990
3	1710 - 1785	1805 - 1880
5	824 - 849	869 - 894
8	880 - 915	925 - 960
12	699 - 716	729 - 746
13	777 - 787	746 - 756
17	704 - 716	734 - 746
18	815 - 830	860 - 875
19	830 - 845	875 - 890
20	832 - 862	791 - 821
26	814 - 849	859 - 894
28	703 - 748	758 - 803
66	1710 - 1780	2110 - 2200

Tabelle:

NB-IoT Frequenzbänder - Teilbereich der LTE-Bänder mit gleicher Nummerierung - Nutzung in Koexistenz (Parallelnutzung)

Vodafone nutzt **Band 20**, die Deutsche Telekom **Band 8 und Band 20**

### 3.2 Sendeleistungen, Link Budget, Strombedarf

Die Sendeleistung im Endgerät beträgt bis zu 23 dBm (200 mW). Die erste Generation von NB-IoT Funkmodulen sendete immer mit dieser Sendeleistung, auch wenn sich die Basisstation in unmittelbarer Nähe befand. Die aktuelle Generation (2019) von NB-IoT Funkmodulen kann die Sendeleistung adaptiv der Empfangsfeldstärke anpassen und somit die Sendeleistung bei gutem Empfang auf bis zu 0 dBm (1 mW) reduzieren. Die Stromaufnahme sinkt dadurch z.B. von 220 mA auf 70 mA ab. Die Stromaufnahme im Empfangsbetrieb liegt bei ca. 60 mA, im PSM (Power Saving Mode – ein Ruhezustand) liegt sie bei ca. 3  $\mu$ A.

Das maximal zur Verfügung stehende Link Budget (Differenz zwischen Ausgangsleistung des Senders und Eingangsempfindlichkeit des Empfängers) wird mit bis zu 164 dB angegeben, wobei 150 dB unter realen Bedingungen als realistischer erscheinen. Beide Werte gelten für den Einsatz einer externen Antenne. Bei Verwendung einer internen Antenne sollte man auf Grund der schlechteren Antenneneigenschaften noch einmal bis zu 20 dB abziehen.

### 3.3 Übertragungsablauf

Den Ablauf der Übertragung bei NB-IoT zeigt das Bild auf der folgenden Seite.

Genutzt wird das Halbduplexverfahren, wobei die Kommunikation **immer** vom Endgerät (IoT Sensor) initiiert wird. Es ist somit **nicht** möglich von der Server- / Cloudseite direkt Kontakt mit einem NB-IoT Endgerät im Sinne eines Push-Verfahrens der Datenübermittlung aufzunehmen. Es können aber grundsätzlich Daten an das NB-IoT Endgerät übertragen werden, z.B. für ein Firmwareupdate. Hierzu muss im Endgerät mindestens ein Empfangsfenster nach dem Senden geöffnet werden. Die Zuteilung des / der Empfangsfenster erfolgt dann durch die Basisstation (Polling-Verfahren).

Die Anmeldung eines NB-IoT Geräts an der Basisstation muss bei festem Standort bzw. wenn die Funkzelle nicht gewechselt wird nur einmal durchgeführt werden. Dies übernimmt das Funkmodul automatisch. Auch im PSM (Power Saving Mode) bleibt das Funkmodul an der Basisstation bis zu einer Woche lang registriert. Nach Ablauf dieser Zeit muss sich das Endgerät spätestens wieder an der Basisstation melden, wenn eine erneuter Anmeldeprozess und der damit verbundene Energieverbrauch verhindert werden soll.

Es findet immer eine verschlüsselte Übertragung statt. Einzig in der Basisstation liegen die Daten kurzzeitig unverschlüsselt vor und zwar dann, wenn von der einen Verschlüsselung auf die andere gewechselt wird.

Die Latenzzeiten liegen bei gutem Empfang typischerweise unter 1 Sekunde und bei sehr ungünstigen Empfangsbedingungen bei 10 bis 15 Sekunden. Eine maximale Latenzzeit kann auch bei konstant bleibenden Empfangsbedingungen nicht garantiert werden.

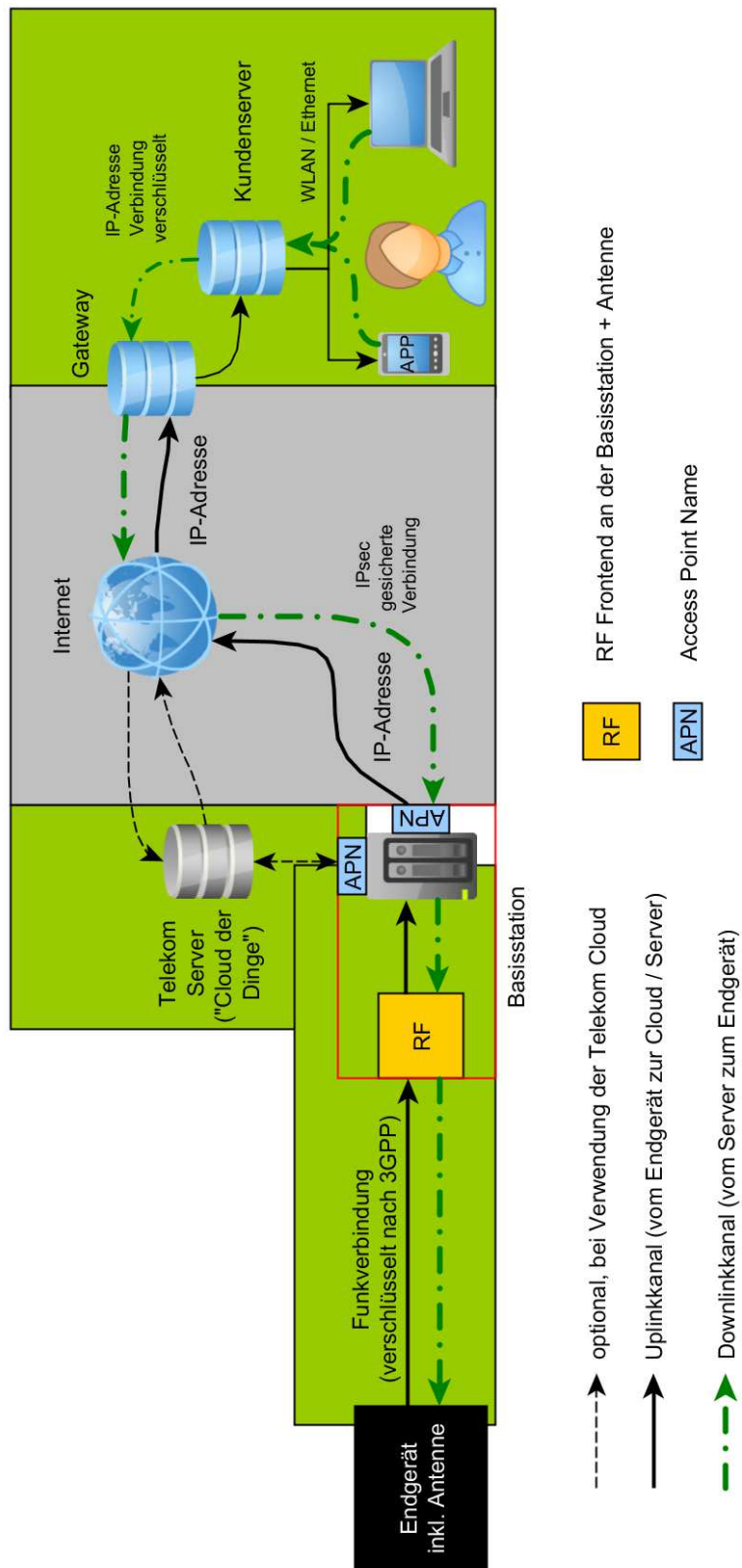


Bild:  
Übertragungsablauf bei NB-IoT am Beispiel Telekom

### 3.4 Datenvolumen, Datenrate, Kosten

Die maximale Datenrate bei NB-IoT beträgt 250 kBit/s. Die aktuelle Generation von NB-IoT Funkmodulen verwendet / unterstützt Datenraten von 25 kBit/s („single tone“) bis 250 kBit/s („multi tone“).

Das kleinste Datenpaket, das im Mobilfunknetz der Deutschen Telekom im Moment möglich ist, besteht aus 10 kBytes Nutzdaten pro Gerät und Monat. Das Abrechnungsmodell basiert darauf, dass alle IoT Endgeräte eines Anwenders ihr Datenvolumen in einen Pool über 1 Jahr einbringen, d.h. wenn ein Endgerät etwas weniger Daten verbraucht, dann kann ein anderes Endgerät mehr Daten versenden. Eingerechnet wird auch das Datenvolumen das durch Firmwareupdates (NB-IoT Modul oder eigener Mikrocontroller) verbraucht wird.

Bei einem Datenvolumen von 10 kBytes pro Monat können rein rechnerisch pro Tag 333 Byte Nutzdaten übertragen werden. Dies ist für viele IoT Sensoren und Anwendungen ausreichend, um z.B. einmal täglich einen Status oder aktuelle Messwerte zu übertragen.

### 3.5 Roaming, Handover, Ortung

Aktuell sind im NB-IoT-Netz **kein Roaming** oder andere Handover-Mechanismen, wie aus dem GSM- oder UMTS-Netz bekannt, verfügbar. D.h. bei Übergang eines NB-IoT-Geräts von einer Mobilfunkzelle in eine andere Zelle ist stets eine Neuanmeldung des Geräts im Mobilfunknetz erforderlich.

#### **Begründung:**

Die Art der Anwendungen, für die NB-IoT verwendet wird, erfordert keine Handover, da es keinen kontinuierlichen Datenstrom gibt. Es genügt, auch für standortbezogene Eigenschaften, wenn sich das NB-IoT Gerät an einem anderen Ort erneut einbucht. Demnach wählt sich das NB-IoT Gerät immer dann ein, sobald die Funkverbindung zu der letzten eingebuchten Zelle nicht mehr verfügbar ist. Die Datenübertragung beim Einbuchen wird nicht als Datenvolumen gezählt und ist daher für die Abrechnung nicht relevant. Ob bei der Einbuchung zusätzliches kostenpflichtiges Datenvolumen anfällt, ist abhängig von der Anwendung.

#### **Roaming allgemein:**

Die grundlegenden technischen Anforderungen für das Roaming sind bereits erfüllt, da NB-IoT auf LTE basiert. Die Verfügbarkeit des Roamings hängt ab vom NB-IoT-Ausbau in den jeweiligen Ländern sowie von den Roamingvereinbarungen zwischen den Mobilfunknetzbetreibern ab. Derzeit wird ein Minimum-Feature-Set von der GSMA (der weltweiten Vereinigung der Mobilfunkanbieter) definiert, um die internationale technische Kompatibilität zu gewährleisten, die von allen Mobilfunknetzbetreibern unterstützt wird, die NB-IoT-Roaming anbieten. Erst erfolgreiche Tests für zukünftiges Roaming im europäischen Verbund wurden von den Netzbetreibern Deutsche Telekom und Vodafone bereits Mitte 2018 vermeldet. (siehe <https://www.telekom.com/de/medien/medieninformationen/detail/erfolgreicher-nb-iot-roaming-test-in-europa-526398>).

#### **Ortung:**

Die Information, in welcher Funkzelle sich das Endgerät befindet, liegt immer vor. Mit dieser „Cell-ID“ kann eine grobe Standortbestimmung durchgeführt werden. Da der Durchmesser einer Funkzelle in Abhängigkeit von der Umgebung stark schwankt und z.B. in ländlichen Ebenen bis zu 70 km betragen kann ist diese Ortungsmöglichkeit sehr grob, kann für einige Anwendungen jedoch bereits ausreichend sein. Mit Hilfe von Triangulation soll eine Positionsbestimmung mit einer wesentlich höheren Genauigkeit ermöglicht werden. Dieses Verfahren wird auch im GSM-Netz schon seit Jahren verwendet. Wann dieses Verfahren von allen Beteiligten für NB-IoT umgesetzt wird, ist noch nicht bekannt.

#### 4 Ausblick

NB-IoT wird für die Vernetzung von Sensoren und Aktoren in naher Zukunft weite Verbreitung finden. Mit weiter fallenden Preisen für die NB-IoT Funkmodule und einer weiteren Reduzierung des Stromverbrauchs dieser Module wird die Technik sicherlich auch für Geräte interessant, bei denen sehr geringe Kosten und sehr lange Batterielaufzeiten wichtig sind, z.B. Heizkostenverteiler, Aufsatzmodule für Wasserzähler oder Rauchwarnmelder. Durch die neue Technologie der eSIM werden nicht nur die Gerätekosten reduziert, sondern auch den Einsatz der Technik in Geräten, die hohen Umwelтанforderungen bzgl. Vibration und Schock ausgesetzt sind ermöglicht.

Wenn es den Herstellern der NB-IoT Module zukünftig gelingt, den Stromverbrauch des in den Modulen verbauten Mikrocontrollers zu reduzieren, dann kann bei vielen Anwendungen auf einen externen Mikrocontroller verzichtet werden, was die Gerätegröße und auch den Gerätepreis weiter reduzieren wird.

Neben NB-IoT werden auch die anderen LPWAN Funktechnologien wie Sigfox und LoRaWAN in Koexistenz mit NB-IoT bestehen. Denn NB-IoT ist und wird auch nicht für alle Anwendungen geeignet sein. Der Markt bleibt also auch weiterhin sehr spannend und herausfordernd und wird durch NB-IoT, aber auch Bluetooth Low Energy (BLE) sehr bereichert.

IK Elektronik bleibt auch weiterhin Ihr erster Ansprechpartner wenn es um die Realisierung Ihrer Funklösung geht und stellt sein vorhandenes Knowhow auch im Bereich NB-IoT für Ihre Funkprodukte zur Verfügung.

Ein mögliches Zukunftsszenario für die Verbreitung und Verwendung der unterschiedlichen Funktechnologien im Bereich der Sensoren- und Maschinenkommunikation zeigt das Bild auf der folgenden Seite.



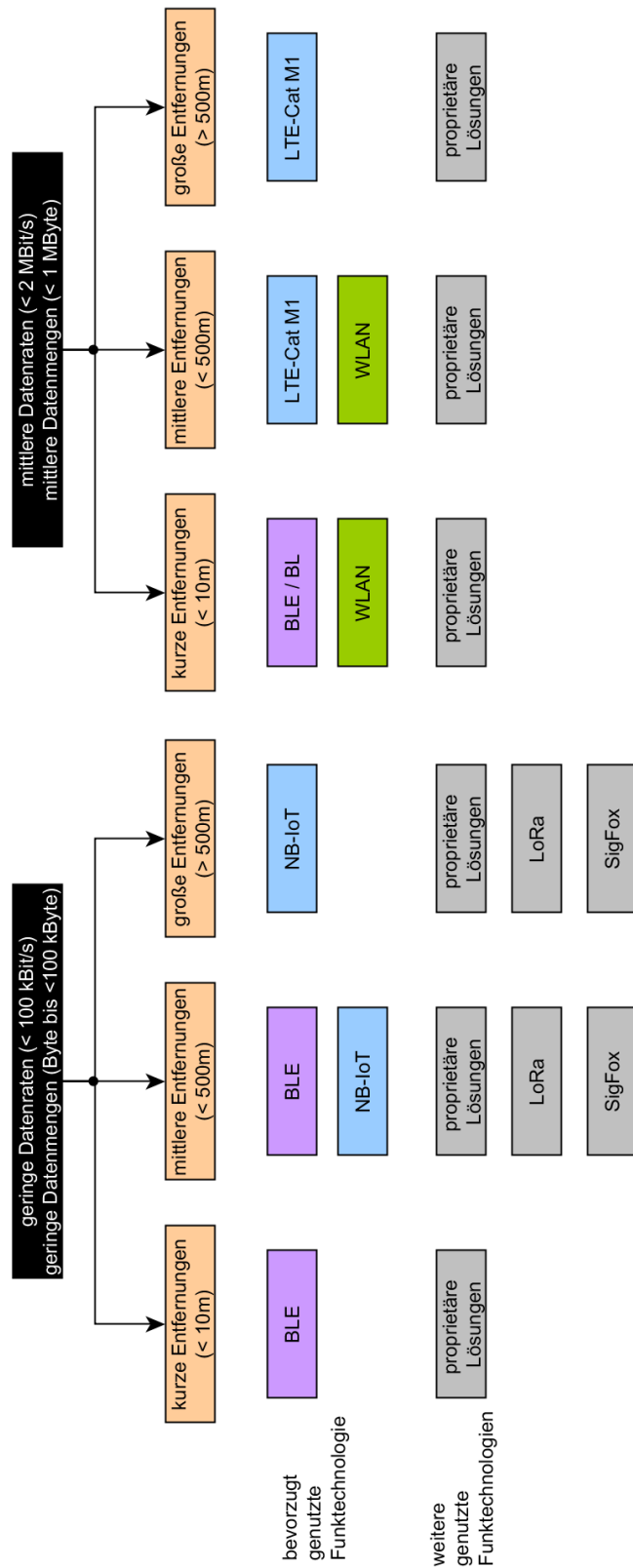


Bild:

Übersicht zu Funkstandards für verschiedene Abdeckungen und Anwendungen

## 5 Weitere Informationen

### LPWAN-Netze:

<https://www.vodafone.de/business/loesungen/internet-of-things.html>

<https://iot.telekom.com/iot-de>

<https://www.sigfox.com/en>

<https://lora-alliance.org/>

### NB-IoT-Modulhersteller (Auswahl):

<https://www.u-blox.com/de/solution/technology/narrowband-iot-nb-iot>

<https://www.telit.com/m2m-iot-products/mobile-iot/>

<https://www.quectel.com/product/list/lpwa-iot-module.htm>

### GSMA:

<https://www.gsma.com/iot/>

### IK Elektronik:

<https://www.ik-elektronik.com/geschaeftsfelder/elektronikentwicklung/>