



ERLEBEN, WAS VERBINDET.

# **NARROWBAND IOT HÄLT, WAS ES VERSPRICHT**

## ERKENNTNISSE AUS DER GRÖSSTEN NB-IOT-MESSKAMPAGNE IN GEBÄUDEN

Whitepaper, Januar 2019



## Zusammenfassung

Das NarrowBand-IoT-Netz (NB-IoT) der Deutschen Telekom hat seine Fähigkeiten in der bislang größten NB-IoT-Messkampagne in Gebäuden bewiesen: 100 % erfolgreiche Verbindungsaufbauten („Attaches“) oberirdisch und 95 % erfolgreiche Verbindungsaufbauten in Kellergeschossen. Dies erfüllt und übersteigt sogar die Erwartung, dass NB-IoT eine bessere Leistung als existierende Mobilfunktechnologien wie 2G/3G/4G bietet. Wenn der Verbindungsaufbau erfolgreich war, war auch die Datenübertragung für jeden Messzyklus in nahezu allen Fällen möglich (99,75 %).

Die Messkampagne wurde von der Deutschen Telekom initiiert und unabhängig von der P3 Communications GmbH in Zusammenarbeit mit der ista International GmbH durchgeführt, die den Zugang zu den Messorten ermöglichte. Die Messungen erfolgten für etwa 500 Positionspaare innerhalb und außerhalb von etwa 60 Wohnungen. Ein Positionspaar ist als eine Außenposition und eine entsprechende Innenposition definiert. Die Messergebnisse beweisen die Fähigkeiten von NB-IoT in einem typischen Anwendungsszenario aus der Praxis im Live-Netz der Deutschen Telekom.

## Einleitung

NarrowBand IoT (NB-IoT) ist eine neue Mobilfunktechnologie auf der Basis des globalen 3GPP-Standards, die innerhalb eines lizenzierten Spektrums betrieben wird und speziell für das Internet der Dinge (IoT) entwickelt wurde. NB-IoT weist strikte Energie- und Kostenanforderungen auf und erreicht eine um bis zu 20 dB bessere Abdeckung in Gebäuden verglichen mit 2G. Ein typischer Anwendungsfall ist die Fernauslesung von Heizkostenverteilern, wo die Anforderungen an die Bandbreite gering und stattdessen eine tiefe Gebäudedurchdringung, geringe Betriebskosten und hohe Batterielebensdauer entscheidend sind. Die Deutsche Telekom und ista International, eines der weltweit führenden Unternehmen für die Verbesserung der Energieeffizienz in Gebäuden, haben eine Technologiepartnerschaft geschlossen, um die Leistungsfähigkeit von NarrowBand IoT zu beurteilen.

Das Hauptgeschäftsfeld von ista ist das Submetering, also die individuelle Erfassung und Abrechnung von Verbrauchsdaten von Energie und Wasser. Mit NB-IoT würde jeder Zähler direkten Zugang zum Netz haben, wohingegen derzeit noch ein Gateway erforderlich ist, um die Daten von nahegelegenen Zählern zu erfassen und zu übertragen. Für die Messungen hat die Deutsche Telekom ihr NB-IoT-Live-Netz zur Verfügung gestellt, während ista den Zugang zu den Messorten ermöglicht hat. Die Messungen wurden unabhängig von der P3 Communications GmbH durchgeführt. Das Ziel war, NB-IoT aus einer Ende-zu-Ende-Perspektive zu testen, um den Pfadverlust in Gebäuden zu ermitteln und zudem die Ähnlichkeit der Charakteristika der Funkwellenausbreitung von NB-IoT und LTE zu verifizieren.

## Methodik und Aufbau

Zwei Messgeräte wurden gleichzeitig für die Datenerfassung eingesetzt: Ein Messgerät verwendet ein NB-IoT-Modul für die Verbindung mit dem Netz, und das andere Messgerät verwendet einen Scanner für die passive Messung der Signalqualität. Der Messaufbau ist in Abbildung 1 dargestellt. Auf der Metallplatte ist die Scanner-Antenne montiert. Das weiße Gehäuse an der Frontplatte enthält die Antenne des NB-IoT-Geräts. Die beiden Antennen sind mit dem eigentlichen Scanner bzw. dem NB-IoT-Gerät verbunden. Sie befinden sich in einem Hardtop-Gehäuse, das auch die Batterien enthält. Zweck und Funktion der Geräte sind nachfolgend beschrieben:

- 1. Das NB-IoT-Messgerät für aktive Messungen:** Ein Quectel-BG96-Modul auf einem Entwicklungsboard. Das Gerät verbindet sich mit dem Netz und überträgt UDP-Pakete an einen Server, um sie dann wiederum vom Server zu empfangen. Das Gerät ermöglicht die Rückverfolgung („Tracing“) und damit die Feststellung von Verbindungsaufbauten, Coverage Extension Level, Datenübertragungen, Round Trip Time, RSRP1 und CINR2 für die verbundene Zelle. Das Gerät wurde mit einer externen Antenne im Gehäuse eines typischen Heizkostenverteilers verbunden (weißes Gehäuse in Abbildung 1).



Abbildung 1: Messaufbau mit Scanner-Antenne (oben) und Gehäuse, in dem die Antenne für die Speisung des Quectel-BG96-Moduls untergebracht ist

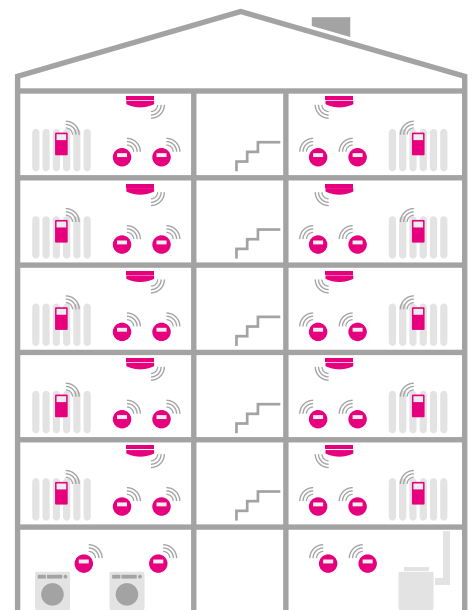


Abbildung 2: Messungen erfolgten in verschiedenen oberirdischen Geschossen sowie in Kellergeschossen

<sup>1</sup> RSRP: Reference Signal Received Power

<sup>2</sup> CINR: Carrier to Interference and Noise Ratio

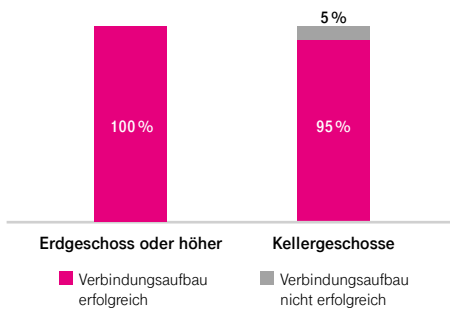


Abbildung 3: Ober- und unterirdische Erfolgsraten für den Verbindungsaufbau in Gebäuden

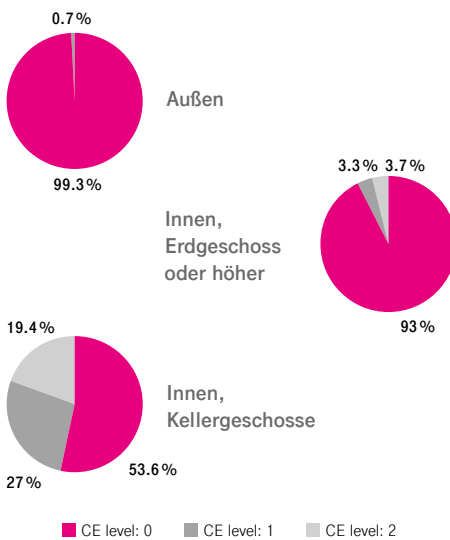


Abbildung 4: Verteilung der CE-Levels außen, innen oberirdisch und innen unterirdisch

CE level	Median Dauer des Verbindungsaufbaus [s]	P95 Dauer des Verbindungsaufbaus [s]
CE level 0	4.5s	15.3s
CE level 1	5.6s	29.4s
CE level 2	19.0s	160.0s

Tabelle 1: Die Dauer des Verbindungsaufbaus hängt vom CE-Level ab

CE level	Median RTT [s]	P95 RTT [s]
CE level 0	2,64s	8.45s
CE level 1	3.19s	11.42s
CE level 2	8.54s	30.79s

Tabelle 2: Die Round Trip Time nimmt mit dem CE-Level zu

<sup>3</sup> Median bedeutet, dass die Hälfte der Messwerte höher und die andere Hälfte niedriger als der Medianwert ist.

**2. Der Scanner für passive Signalanalyse:** Ein Rohde & Schwarz TSME Scanner wurde für passive Messungen der NB-IoT- und LTE900-Signale der Deutschen Telekom verwendet (Band 8). Der Scanner misst hier die Signalstärke und Interferenz der fünf stärksten Zellen (bezüglich der Signalleistung). Der Scanner wurde mit einer vertikal angebrachten Stabantenne verbunden (oben auf der Metallplatte in Abbildung 1).

Beide Antennen wurden auf Metallplatten angebracht, um den Einsatz in der Nähe von Metallheizkörpern zu emulieren – ein Aufbau, der dem praktischen Einsatz von Heizkostenverteiler entspricht, die an Heizkörpern angebracht sind. Dieser Aufbau senkt möglicherweise die Empfangs- und Übertragungsleistung, was in der Praxis häufig vorkommt. Die Messung erfolgt stationär und dauert 5 Minuten pro Position.

Die Messungen erfolgten an über 500 Positionspaaren innerhalb und außerhalb von etwa 60 Wohnungen im Gebiet Köln/Bonn im Mai und Juni 2018. Sie wurden in und vor den Gebäuden durchgeführt. Die Gebäude wurden so ausgewählt, dass sie repräsentativ sind hinsichtlich des Standorts (städtisch, vorstädtisch und ländlich), Größe und Material (Ziegel, Stahl, Glas usw.). Um den Pfadverlust der Funkwellenausbreitung in die Gebäude zu schätzen, besteht jedes Positionspaar aus einem Innen- und einem Außenmesspunkt. Die Position des Außenmesspunkts wird dabei so gewählt, dass er sich zwischen der Basisstation und dem Innenmesspunkt befindet. An beiden Punkten muss das Gerät mit derselben Zelle verbunden sein, um ein gültiges Positionspaar zu erzeugen. Außenmessungen werden grundsätzlich ebenerdig durchgeführt, während Innenmessungen auf verschiedenen Ebenen erfolgten, einschließlich Kellergeschos auf Ebene -1 oder sogar -2, vgl. Abbildung 2.

### Die wichtigsten Ergebnisse

Im Erdgeschoss oder darüber wurde eine **Erfolgsrate für den Verbindungsaufbau („Attach Rate“)** von 100 % beobachtet. In den Kellergeschossen konnte eine Verbindung für 95 % der Messungen erfolgreich hergestellt werden (vgl. Abbildung 3). Bei erfolgreicher Verbindung war auch die Datenübertragung für fast alle Messungen möglich (99,75 %). Die Messdauer war auf 5 Minuten begrenzt. Es ist davon auszugehen, dass eine noch längere Messdauer sogar zu noch besseren Ergebnissen geführt hätte, da ein Verbindungsaufbau ggf. nach mehr als 5 Minuten erfolgreich gewesen wäre. Das bedeutet für die Praxis, dass NB-IoT verglichen mit anderen existierenden Mobilfunktechnologien die höchste Abdeckung in Gebäuden bietet.

Der **Pfadverlust** wird als der Median<sup>3</sup> der Außensignalstärke abzüglich der Innensignalstärke für jedes Positionspaar veranschlagt. Der Pfadverlust für LTE900 und NB-IoT ist ähnlich, wie zu erwarten war, weil sie in demselben Frequenzband arbeiten. Dies unterstreicht wiederum, dass bestehende Ausbreitungsmodelle für LTE900 für die Veranschlagung der NB-IoT-Signalausbreitung herangezogen werden können. Der Pfadverlust aufgeteilt nach Höhe/Ebene ergibt eine statistische Verteilung. Die Ergebnisse im Kellergeschoss zeigen den höchsten Verlust, wie zu erwarten war, mit einem Median Pfadverlust von 25 dB. Im Erdgeschoss betrug der Median Pfadverlust 18 dB, in den höheren Geschossen war er noch geringer. Diese Ergebnisse ermöglichen viel bessere Vorhersagemodelle als normalerweise, wenn feste Werte für eine Innenumgebung herangezogen werden.

Eine Hauptfunktion von NB-IoT ist **Coverage Extension (CE)**, die einen Basis-Level (CE-Level 0) und zwei Coverage-Extension-Levels (CE 1 und CE 2) unterstützt. CE-Levels werden vom Netz auf der Basis der Signalbedingungen (RSRP1 und CINR2) ausgewählt. Eine Maßnahme zur Verbesserung der Abdeckung ist die Erhöhung der Anzahl der Wiederholungen im Uplink und im Downlink. Die Verteilung der Coverage-Extension-Levels ist in Abbildung 4 dargestellt. Außerhalb von Gebäuden war praktisch keine Coverage Extension erforderlich. In Gebäuden war im Erdgeschoss oder darüber

## DIE UNTERNEHMEN

Die **Deutsche Telekom** ist eines der weltweit führenden integrierten Telekommunikationsunternehmen, das Produkte und Dienstleistungen in den Bereichen Festnetz/Breitband, mobile Kommunikation, Internet und IPTV für Verbraucher sowie ICT-Lösungen für Geschäftskunden anbietet.

**ista International** ist eines der weltweit führenden Unternehmen, das Energiemanagement-Dienstleistungen für mehr Energieeffizienz in Gebäuden anbietet. ista ist auf die Aufzeichnung, Abrechnung, Visualisierung und das Management von Wärme und Wasser in 24 Ländern weltweit spezialisiert.

**P3 Communications GmbH** bietet weltweite Managementberatung und technische Lösungen, unabhängige Prüfdienstleistungen, Projektmanagement, strategische Beratung und technische Beratung an.

## IMPRESSUM

Deutsche Telekom AG  
Friedrich-Ebert-Allee 140  
53113 Bonn, Deutschland  
iot.telekom.com



für 93 % der Messungen weiterhin keine Coverage Extension erforderlich. Bei Messungen im Keller von Gebäuden wurde jedoch in 27 % der Fälle CE-Level 1 und in 19 % der Fälle CE-Level 2 verwendet. Die CE-Level 1 und 2 benötigen mehr Energie für die Datenübertragung. Dennoch zeigen die Ergebnisse, dass selbst unter ungünstigen Bedingungen eine lange Batterielebensdauer zu erwarten ist.

Die Median **Dauer des Verbindungsaufbaus<sup>4</sup>** („Attach Duration“) hängt vom CE-Level ab, wie in Tabelle 1 dargestellt. Ein neuer Verbindungsaufbau erfolgt für jede Messung. Die Median Dauer des Verbindungsaufbaus für CE-Level 0 und CE-Level 1 ist vergleichbar, etwa 5 Sekunden. Für CE-Level 2 steigt sie auf 19 s. Der P95<sup>5</sup>-Wert zeigt, dass der Verbindungsaufbau manchmal sehr lange braucht, insbesondere bei Coverage-Extension-Level 2.

Die **Round Trip Time (RTT)<sup>6</sup>** ist in Tabelle 2 dargestellt. RTT ist die Zeit zwischen dem Senden und dem erneuten Empfang eines Pakets, sodass sie von Uplink- und Downlink-Kanalbedingungen beeinflusst wird. Die Median RTT für CE-Level 0 und 1 beträgt wenige Sekunden. Ein großer Abstand ist zwischen CE-Level 1 und 2 zu beobachten, wenn die Anzahl der Wiederholungen um ein Vielfaches zunimmt. Für alle CE-Levels gibt es Messpunkte, bei denen die RTT sehr viel länger als die Median RTT ist. NB-IoT funktioniert jedoch insgesamt auch unter schlechten Funkbedingungen, einschließlich bei Zelleninterferenz. Zudem hätten eine kürzere RTT und Dauer zur Verbindungsherstellung nur sehr begrenzte positive Auswirkungen auf praktische Nutzungsszenarien.

### Fazit und Ausblick

Die bislang größte NB-IoT-Messkampagne in Gebäuden hat die Effektivität von Narrow Band IoT im Live-Netz der Deutschen Telekom bewiesen. NB-IoT funktioniert bereits gut. Mehr Geräte mit verbesserten Funkeigenschaften werden kommen, und weitere Optimierungen werden die NB-IoT-Netzleistung weiter verbessern. Mit der Einführung von NB-IoT, die schnell vorangeht, und immer mehr Chipsätzen, Modulen und Geräten, die Marktreife erreichen, ist jetzt der richtige Zeitpunkt für Unternehmen, um ihre NB-IoT-Lösungen zu entwickeln und von dieser Technologie zu profitieren. NarrowBand IoT hat eine herausragende Position im IoT-Ökosystem als sicheres und zuverlässiges Kommunikationsmedium für verschiedene Anwendungsfälle. Die Technologie wird langfristig unterstützt und wird der IoT-Branche einen wesentlichen Schub geben.

<sup>4</sup> Dauer des Verbindungsaufbaus („Attach Duration“): Dauer ab der ersten Attach Request-Meldung bis zur ersten Activate Default EPS Bearer Context Accept- oder Attach Complete-Meldung.

<sup>5</sup> P95 bedeutet, dass für 95 % der Messwerte die Dauer des Verbindungsaufbaus unter dem angegebenen Wert liegt und für 5 % der Messwerte darüber liegt.

<sup>6</sup> Round Trip Time (RTT): Durchschnittliche Zeit für eine 64-Byte-Payload zwischen dem Hochladen des Pakets zum Server und dem nachfolgenden Herunterladen vom Server, gemittelt über zehn Uploads/Downloads pro Messposition.

