

NARROWBAND IOT BAHNBRECHEND IM INTERNET DER DINGE



ERLEBEN, WAS VERBINDET.

INHALT

Einleitung	3
NB-IoT: Der Bedarf ist da	4
Wettbewerber im LPWA-Marktumfeld	5
Die technischen Grundlagen	6
Geschäftsmodelle und Use Cases	7
Ausblick	10
Glossar	11
Quellen	11



EINLEITUNG

Ob Produktionsmaschinen, Frachtcontainer oder Straßenlaternen – digitale Kommunikation von Geräten und Produkten wird immer selbstverständlicher. Es gilt: Im Internet der Dinge – auf Englisch „Internet of Things“, kurz IoT – wird vernetzt, was sinnvoll vernetzt werden kann. Durch neue, intelligente Geräte und damit verbundene innovative Services und Geschäftsmodelle wird das IoT in den nächsten Jahren Wegbereiter für viele Neuerungen sein und dabei die Geschäftswelt wie auch unseren Alltag signifikant verändern.

Unternehmen aus allen Branchen haben das Zeitalter der Digitalisierung eingeläutet. Sie sind dabei, ihre Produkte und Prozesse zu digitalisieren, um Kundenanforderungen gerecht zu werden und im globalen Wettbewerb zu bestehen. Die Grundlage für diesen disruptiven Wandel und die kommende vernetzte Welt bereiten hierbei Mobilfunktechnologien. Während bestehende Mobilfunknetze bereits eine gute Abdeckung bieten, sind diese Netze jedoch nicht primär für Applikationen vorgesehen, die lediglich hin und wieder kleine Mengen an Daten versenden. Funkmodule, die mit GSM, 3G oder LTE vernetzt sind, haben eine höhere Komplexität und bieten Funktionen wie etwa Sprachkommunikation und Hochgeschwindigkeitsdatenübertragung, die die Kosten nach oben treiben. Eine Batterielaufzeit von einigen Jahren kann hier oft nicht realisiert werden, da weder Netz noch Endgerät die benötigten Energiesparmechanismen unterstützen. Außerdem ist der Empfang innerhalb von Gebäuden oft sehr eingeschränkt. Im Portfolio der verschiedenen Mobilfunkstandards fehlte somit bislang ein entscheidendes Element:

ein Funknetzwerk, das speziell für

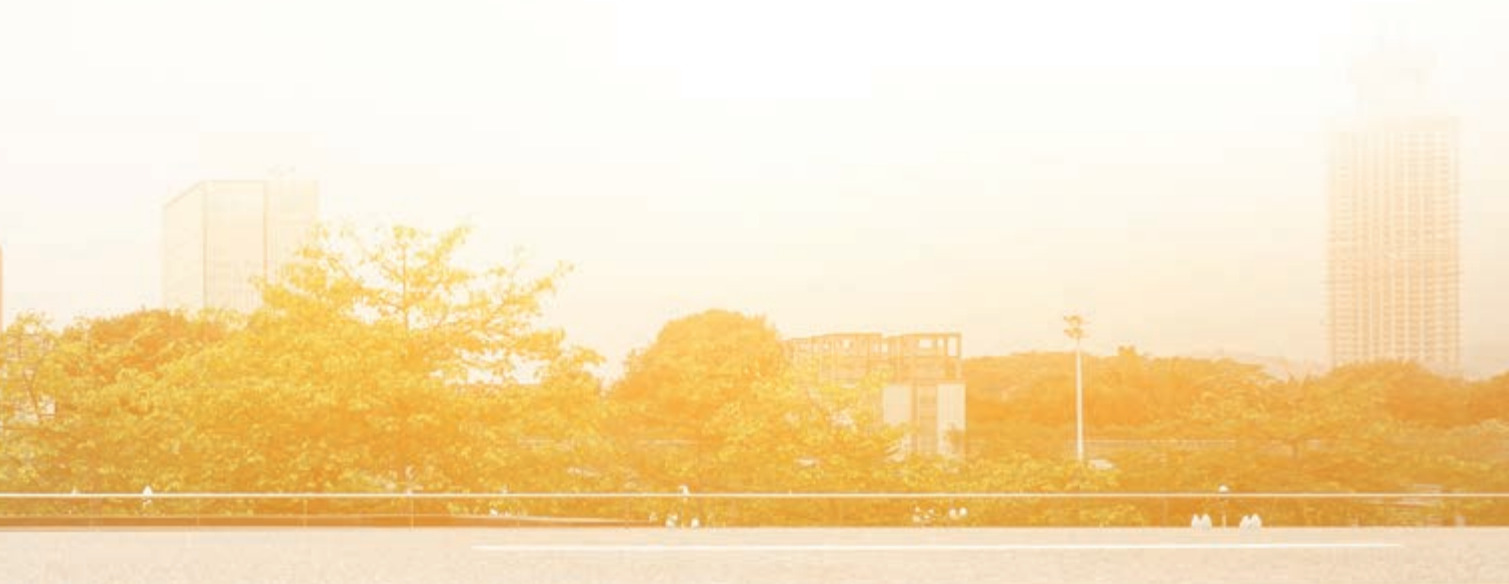
- geringen Energieverbrauch,
- kleine Datenmengen und die
- Übertragung über weite Entfernungen
oder tief innerhalb von Gebäuden vorgesehen ist.

Diese Lücke schließt Narrowband IoT (NB-IoT). Das „3rd Generation Partnership Project“ (3GPP), eine weltweite Kooperation mit Beteiligung der Deutschen Telekom für Standardisierungen im Mobilfunk, hat in seiner Release-Version 13 eine Reihe neuer, für das IoT optimierter Schmalbandtechnologien veröffentlicht. Das Release beinhaltet zwei neue „User Equipment“(UE)-Kategorien im LTE-Netz: LTE Cat-M1 (eMTC) und LTE Cat-NB1 (NB-IoT). Während Ersteres grundsätzlich für ein breites Spektrum von IoT-Anwendungen geeignet ist, aber dadurch höhere Anforderungen an Endgeräte und Netze stellt, zeichnet sich NB-IoT vor allem durch seine kosten- und energieeffizienten Eigenschaften aus.

Dadurch wird Narrowband IoT zum echten Wegbereiter zahlreicher IoT-Anwendungen. Wo vorher Geräte und Maschinen entweder aufgrund technischer Voraussetzungen oder ökonomischer Beweggründe nicht vernetzt werden konnten, wirkt NB-IoT bahnbrechend und macht das Internet der Dinge massentauglich.

Aus genau diesem Grund treibt die Deutsche Telekom diese neue Netztechnologie voran. Das vorliegende Whitepaper positioniert zuerst die neue Netzwerktechnologie innerhalb des Internets der Dinge und klärt über deren Bedeutung und Möglichkeiten auf. Anschließend wird das Marktumfeld beleuchtet.

Was ist die zugrunde liegende Technik – Low Power Wide Area (LPWA) – und welche anderen Wettbewerber gibt es? Nach einer Erläuterung der technischen Grundlagen von NB-IoT widmet sich das Papier den wirtschaftlichen Möglichkeiten. Zum Abschluss werden die interessantesten und beispielhaftesten Anwendungen von NB-IoT vorgestellt und es wird ein Blick Richtung Zukunft geworfen.



NB-IOT: DER BEDARF IST DA

Die **große Vielseitigkeit von IoT-Anwendungen** stellt die dahinter liegende Technik vor große Herausforderungen. Einerseits gibt es in fast allen Bereichen des Berufs- und Privatlebens einen Bedarf an Vernetzung, andererseits benötigen verschiedene Applikationen auch unterschiedliche technische Voraussetzungen. Beispielsweise ist für kritische M2M-Kommunikation, etwa bei der Fernsteuerung von Maschinen, Echtzeitkommunikation über hochverfügbare zuverlässige Verbindungen notwendig. Dies kann LTE oder zukünftig der 5G-Mobilfunk leisten.

Will man ein Netzwerk über eine geringe Distanz aufbauen, um zum Beispiel Computer oder Tablets in einem Heimnetzwerk miteinander zu verbinden, funktionieren LAN oder WLAN ausgezeichnet. Ein ganz anderer Fall sind etwa vernetzte Wettersensoren, die Landwirten dabei helfen, Daten für ihre tägliche Arbeit zu erheben. Sie befinden sich häufig in abgelegenen Gegenden und verfügen über keinen Stromanschluss.

Solche Anwendungsfälle benötigen eine Technik, die über weite Entfernungen eine flächendeckende Netzabdeckung gewährleisten und per Batterie betrieben werden kann.

GRUNDLAGENTECHNIK: LOW POWER WIDE AREA

Eine so große Reichweite bei möglichst geringem Energieverbrauch bieten LPWA-Netzwerke. LPWA, laut Machina Research eine der derzeit am schnellsten wachsenden IoT-Technologien, definieren die Analysten anhand zweier Charakteristika:

- **Low Power:** Der geringe Energieverbrauch macht den Betrieb mit einer einzigen AA-Batterie über viele Jahre möglich, selbst wenn stündliche Messungen erfolgen und Faktoren wie Selbstentladung und Zersetzung der Batterie mit einbezogen werden.
- **Wide Area:** Die Technologie übermittelt Signale auch unter herausfordernden Einsatzbedingungen wie in Städten, wo viele Hindernisse die Funkwellenübertragung stören, oder unterirdisch.

Aufgrund dieser Eigenschaften kommen LPWA-Netzwerke häufig dort zum Einsatz, wo andere Funknetze nicht effizient genug sind. Bluetooth, WLAN und ZigBee sind nicht für Übertragungen auf langen Distanzen geeignet; klassische mobile Machine-to-Machine(M2M)-Technologie auf Basis von 2G bis 4G ist meist kostspielig in Anschaffung und Betrieb. Zusätzlich haben entsprechende Endgeräte einen hohen Energieverbrauch. Dagegen ergänzt die LPWA-Technik diese bereits existierenden Mobilfunknetze und erlaubt eine Vernetzung weit auseinanderliegender Endpunkte zu geringen Kosten bei gleichzeitig niedrigem Stromverbrauch. Das daraus erwachsende Potenzial liegt auf der Hand: Durch die Kostenreduktion werden zahlreiche Geschäftsmodelle im Internet of Things erst profitabel; die Unabhängigkeit von einer fest installierten Stromquelle erhöht zudem die Flexibilität bei der Auswahl der Einsatzorte.

Schaubild 1: Designziele von NB-IoT laut 3GPP



Hohe Gebäudedurchdringung: 20 dB mehr als GPRS



Batterielaufzeit: mehr als 10 Jahre mit zwei AA-Batterien bei NB-IoT-typischem Verbrauchsmuster



Kosten: weniger als 5 US-Dollar pro Modul (mittelfristiges Industrieziel)



Frequenz: Nutzung des lizenzierten Spektrums



Standardisierung: nach 3GPP

WETTBEWERBER IM LPWA-MARKTUMFELD

Es gibt zahlreiche unterschiedliche Technologien für LPWA-Netzwerke, die sich vor allem hinsichtlich Standardisierungsgrad und Spektrumsnutzung unterscheiden. Die Analysten von Machina Research teilen sie in sechs unterschiedliche Kategorien ein: LoRa, UNB (zum Beispiel Sigfox), RPMA, Cellular, Weightless und Solution-Centric LPWA. Narrowband IoT gehört, gemeinsam mit LTE-M und EC-GSM, in dieser Einteilung zu den sogenannten Cellular-Technologien.

TOP ODER FLOP: WELCHE IST DIE ZUKUNFTSFÄHIGSTE LPWA-TECHNOLOGIE?

Vier Kriterien werden künftig entscheiden, welche Arten der Low-Power-Wide-Area-Netze sich durchsetzen:

- **Frequenznutzung:** LPWA-Netze können in lizenzierten oder unlizenzierten Spektren ausgerollt werden.
- **Einsatzmodelle:** Abhängig von der Netzabdeckung sowie der geplanten Nutzerstruktur sind zahlreiche Modelle möglich. Diese reicht von privaten Single-Tenancy-Anwendungen auf einem einzigen Gelände bis zu öffentlich zugänglichen internationalen Netzen.
- **Batterielaufzeit:** Dieses Kriterium ist so stark von dem jeweiligen Einsatzszenario abhängig, dass pauschale Angaben dazu nicht möglich sind. Technologien, die hier für verschiedene Use Cases eine klare Mindestlaufzeit ausweisen, sind für den Nutzer vorteilhaft.
- **Downlink:** Die Fähigkeit zum Herunterladen von Daten auf Endgeräte ist für LPWA essenziell, in Zukunft noch mehr als heute. Die meisten IoT-Anwendungen sind darauf angewiesen; Geräte, die lediglich Daten ohne Quittung (Acknowledgement) versenden, wird es immer weniger geben.

NB-IOT: DER KÖNIGSWEG IM LPWA-NETZ

Doch wie schlägt sich Narrowband IoT in diesen Kategorien? Durchweg vorteilhaft: Durch die Nutzung der bereits existierenden Netzinfrastruktur kann schnell ein flächendeckender Ausbau erreicht werden. Ziel von großen Anbietern wie der Deutschen Telekom ist es, auch gemeinsam mit Partnern eine nahtlose internationale Netzabdeckung sicherzustellen. Etablierte, international tätige Betreiber garantieren höhere Sicherheitsstandards. Darüber hinaus unterstützt NB-IoT die modernen 3GPP-Sicherheitsstandards, die mittels einer am Gerät angebrachten physischen SIM (UICC) Authentifizierung, Signalschutz und Datenverschlüsselung auf höchstem Niveau sicherstellen.

Im Vergleich zu Technologien im unlizenzierten Spektrum kann NB-IoT durch die Nutzung eines lizenzierten Spektrums die Problematik von Interferenzen deutlich reduzieren. Anbieter können bestimmte Frequenzen für die Übertragung ihrer Dienste garantiert freihalten und in Kombination mit einer automatischen Datenpriorisierung eine höhere Dienstgüte (QoS) zusagen. Zudem macht NB-IoT eine enorm hohe Anzahl vernetzter Objekte pro Funkzelle – circa 50.000 Geräte – möglich. Und auch beim Thema Downlink punktet NB-IoT: Selbstverständlich können über diese Variante des LPWA-Netzes Daten in beide Richtungen gesendet werden.

Im Hinblick auf das mittelfristig absehbare hohe Produktionsvolumen von standardisierten NB-IoT-Modulen können außerdem günstige Stückkosten erreicht werden. All dies schafft für Anwender eine hohe Investitionssicherheit.

Schaubild 2: Verschiedene Funktechnologien im Überblick

	NB-IoT	LoRa	Sigfox	GSM (Rel. 8)	LTE (Rel. 8)
LTE user equipment category	Cat-NB1	N/A	N/A	N/A	Cat. 1
Range	< 35 km	< 15 km	< 50 km (rural areas) < 10 km (urban areas)	< 35 km	< 100 km
Max. coupling loss	164 dB	155 dB	164 dB	144 dB	144 dB
Spectrum	Licensed LTE: In-band, guard-band, stand-alone	Unlicensed < 1 GHz	Unlicensed < 868 MHz	Licensed GSM bands	Licensed LTE: In-band
Bandwidth	180 kHz (200 kHz carrier bandwidth)	< 500 kHz	< 200 Hz	200 kHz	LTE carrier bandwidth 1,4–20 MHz
Max. data rate*	2–170 kbps (DL) 0,6–250 kbps (UL)	0,3–50 kbps (DL/UL)	100 bps (DL/UL)	< 500 kbps (DL/UL)	< 10 Mbps (DL) < 5 Mbps (UL)

*Max. data rates provided are instantaneous peak rates.

DIE TECHNISCHE GRUNDLAGEN

Um die Technologie sowohl kostengünstig als auch zukunftsfähig zu gestalten, wurde bei der Spezifizierung von Narrowband IoT auf Synergienmöglichkeiten mit LTE geachtet. So fiel die Wahl auf Technologien, die das Potenzial von NB-IoT durch Softwareupdates auf existierende LTE- oder GSM-Infrastrukturen nutzen.

GÜNSTIGE DATENÜBERTRAGUNG ENTSCHIEDEND

Mit den in Release 13 spezifizierten NB-IoT-Standards hat die 3GPP NB-IoT auf das Wesentliche reduziert: optimiert auf die eher seltene Übertragung kleiner Datenmengen über weite Distanzen. Dafür nutzt NB-IoT eine sehr robuste und störungsempfindliche Art der Funkübertragung. Diese Übermittlung lässt sich, verglichen mit heutigen Smartphones, über vergleichsweise wenig komplexe Funkmodule realisieren. Dadurch benötigen diese simplen Module wenig Strom und ermöglichen es, verbunden mit einer geringen Anzahl zu übertragender Datennachrichten, Geräte über längere Zeit – mehrere Jahre – autonom auch unter schwierigen Empfangsverhältnissen mit einfachen Batterien zu versorgen. Die geringere Komplexität macht darüber hinaus eine preisgünstige Herstellung der Funkmodule möglich.

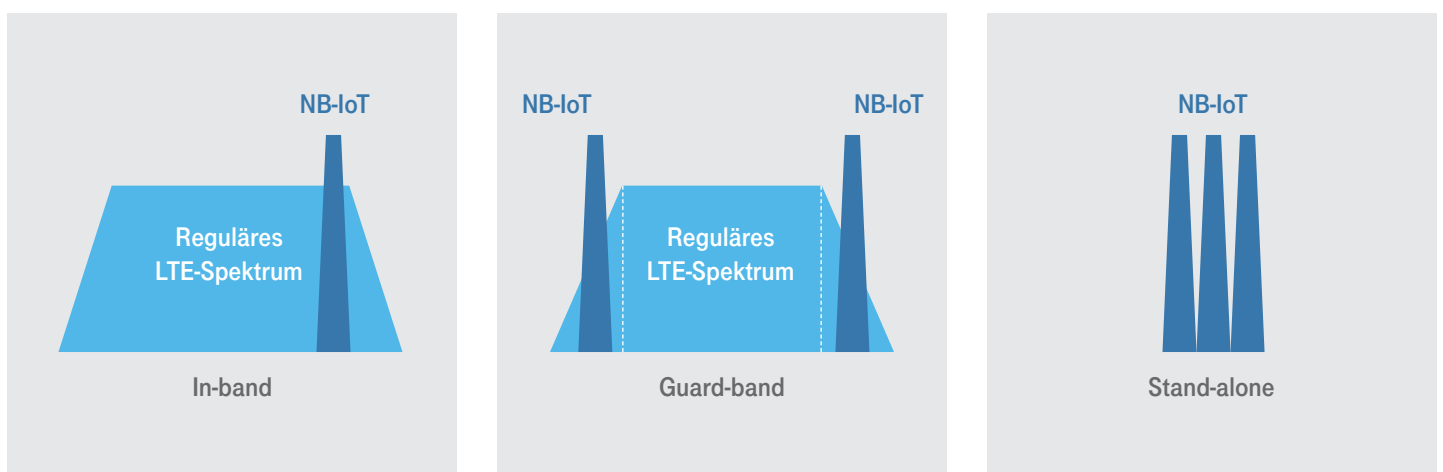
FLEXIBILITÄT IM BETRIEBSMODUS

Spektrum ist eine endliche und ohnehin bereits knappe Ressource, daher muss NB-IoT mit so wenig wie möglich davon auskommen und mit bestehenden Funksystemen koexistieren. Um dies zu erreichen, wurde bei der Entwicklung berücksichtigt, dass NB-IoT drei verschiedene Optionen zur Realisierung des Funknetzes in einem vorhandenen Funkspektrum bietet:

- **Stand-alone:** Ein mögliches Szenario ist die Verwendung gegenwärtig genutzter GSM-Frequenzen. Mit ihrer Bandbreite von 200 kHz bleibt immer noch ein Schutzintervall von 10 kHz an beiden Seiten des Spektrums bestehen.
- **Guard-band:** Eine zweite Möglichkeit besteht in der Nutzung freier Ressourcenblocks innerhalb eines LTE-Sicherheitsfrequenzbands.
- **In-band:** Der dritte Weg ist die Inanspruchnahme eines Ressourcenblocks innerhalb der LTE-Frequenz.

Der Zugang zum NB-IoT-Funknetz funktioniert bei NB-IoT-Geräten grundsätzlich wie in jedem LTE-Funknetz. Hat das Gerät die entsprechende Funkfrequenz und -zelle gefunden, kommuniziert es mit dem Funknetz und meldet sich mit seiner Identität an. Diese Identität ist Basis für eine gesicherte und verschlüsselte Datenübertragung. Für NB-IoT wurden zusätzlich spezielle Prozeduren definiert, die dem Gerät erlauben, für längere Zeit in einen Ruhemodus zu gehen und dadurch weiter Strom zu sparen.

Schaubild 3: Diese Spektren kann NB-IoT nutzen



GESCHÄFTSMODELLE UND USE CASES

NB-IoT macht das Internet der Dinge massentauglich – und ist somit wegweisend für zahlreiche neue Geschäftsmodelle. Wer hier erfolgreich sein will, muss technisch auf dem neuesten Stand sein. Nötig ist jedoch auch ein Kulturwandel: weg von der Produkt-, hin zur Serviceorientierung mit dem Kunden im Zentrum. Denn gerade im IoT lassen sich ursprünglich sehr ähnliche Geräte mit internetbasierten Services im Sinne des Anwenders aufwerten. Unternehmen müssen, gemeinsam mit Anbietern wie der Deutschen Telekom, aus den technischen Möglichkeiten des NB-IoT ein betriebswirtschaftliches, gewinnbringendes Anwendungsszenario entwickeln. Hierfür bildet die Netztechnologie lediglich die Grundvoraussetzung.

Die hohe Abdeckung zum günstigen Preis ermöglicht eine Vielzahl attraktiver Einsatzfelder. Paradebeispiele sind etwa die Landwirtschaft, wo Wettersensoren eine bessere Planung von Pflanzenschutzmitteln erlauben. Auch der Logistiksektor profitiert von Narrowband IoT: Sobald der Netzausbau weit genug fortgeschritten ist, lässt sich der Versand von Gütern weltweit verfolgen. Und zu Hause können vernetzte Wasserzähler oder einfache Bestellknöpfe für Verbrauchsgüter mit NB-IoT betrieben werden.

Um die Vorteile und den Mehrwert von NB-IoT zu verdeutlichen, werden im Folgenden Anwendungsfälle aus besonders geeigneten Branchen erläutert.

SMART METERING

Anwendungen aus dem Versorgungssektor (Utilities) bieten ein gutes Beispiel für Narrowband IoT. Intelligente Zähler – Smart Meter – etwa für Heizung, Wasser oder Strom sind aufgrund mehrerer Eigenschaften besonders für NB-IoT prädestiniert, sofern hier keine regulatorischen Hürden bestehen. Hierzu zählen unter anderem eine hohe Anzahl von Geräten, eine geringe zu übertragende Datenmenge sowie die Tatsache, dass die Zähler sich in Gebäuden und dort oft auch in Kellern befinden, wo der Empfang schwierig ist.

Der Wasserverbrauch in Mehrfamilienhäusern wird auch heutzutage meist lediglich manuell abgelesen. Einige Unternehmen haben zwar schon begonnen, diesen Vorgang zu digitalisieren, teilweise mithilfe lokaler Gateways in Mehrfamilienhäusern und auch Nahfunk-basierter Walk-by-Lösungen, die keinen direkten Zugang zur entsprechenden Wohnung mehr erfordern. Insgesamt ist es aber noch kostspielig, Smart Meter kommunikationsfähig zu machen. Langfristiges Ziel muss es daher sein, jeden einzelnen Zähler digital einsehbar zu machen und direkt zu vernetzen.

Hierbei wird NB-IoT eine große Rolle spielen. Eine hohe Signalstärke mit guter Gebäudedurchdringung macht den Einsatz in nahezu allen





Gebäudeteilen möglich. Einzelne NB-IoT-Module sowie die zugehörige Konnektivität sind wesentlich günstiger als der traditionelle Mobilfunk und benötigen weniger Komponenten, etwa kein separates Gateway. Betreiber sparen Zeit und Kosten, da die Zähler nicht mehr manuell abgelesen werden und dank der langen Batterielaufzeiten keine Wartung benötigen. Der private Nutzer wiederum gewinnt an Komfort, da er nicht mehr auf den Ableser warten muss. Hinzu kommt ein Informationsgewinn, mit dem sich das Nutzungsverhalten optimieren lässt.

SMART WASTE MANAGEMENT

Die meisten Städte arbeiten in der Müllentsorgung – egal, ob privater oder gewerblicher Abfall – mit einem festen Zeitplan. Intelligentes Abfallmanagement basiert hingegen auf dem Prinzip, Mülltonnen nach Bedarf, wenn sie voll sind, zu leeren. Dabei messen Sensoren den Füllstand der

Müllbehälter und senden die erhobenen Daten per NB-IoT an einen Cloud-Server zur Datenauswertung und Berechnung der effizientesten Route. Anwendungen zum Smart Waste Management müssten heute überwiegend traditionellen Mobilfunk nutzen und wären daher zu kostspielig. Hier bietet NB-IoT eine günstige Alternative, die zudem Aufladen oder häufige Batteriewechsel an den Modulen überflüssig macht. Außerdem ist der Standort der Müllcontainer flexibel: Auch Sensoren in Kellern oder Garagen können problemlos Daten versenden.

Durch die Optimierung der Abholrouten lassen sich Logistikkosten für Müllwagen und Treibstoff signifikant reduzieren. Für gewerbliche und private Endkunden lohnt sich das Modell ebenfalls: Sie bezahlen nach anfallendem Müll und überlaufende Tonnen gehören der Vergangenheit an. Auch motiviert das Modell dadurch zu einem umweltbewussteren Verhalten.



WHITE GOODS MONITORING

Kühlschränke, Waschmaschinen, Trockner, Backöfen, Geschirrspüler – diese sogenannten „White Goods“ zu vernetzen bringt nicht nur dem Endverbraucher Vorteile durch mehr Komfort. Vernetzt eröffnen Sie auch den Herstellern ganz neue Geschäftsmodelle. So könnte es zukünftig etwa die Möglichkeit geben, eine Waschmaschine nicht mehr kaufen zu müssen, sondern nach dem „As a Service“-Prinzip lediglich zu mieten und pro Waschgang und Verbrauch zu bezahlen.

Dieser strategisch langfristige „Pay per Use“-Ansatz sorgt nicht nur für mehr Kundenservice und -bindung. Im laufenden Betrieb sammelt der Hersteller Daten, die er in die Entwicklung neuer Geräte einfließen lassen kann. NB-IoT ist dank seiner guten Gebäudedurchdringung auch hier wieder bestens geeignet und deutlich einfacher umsetzbar als technische

Alternativen wie WLAN oder Bluetooth. Auch wenn die Waschmaschine im Waschkeller steht, ist eine lückenlose Datenübertragung stets gewährleistet.



AUSBLICK

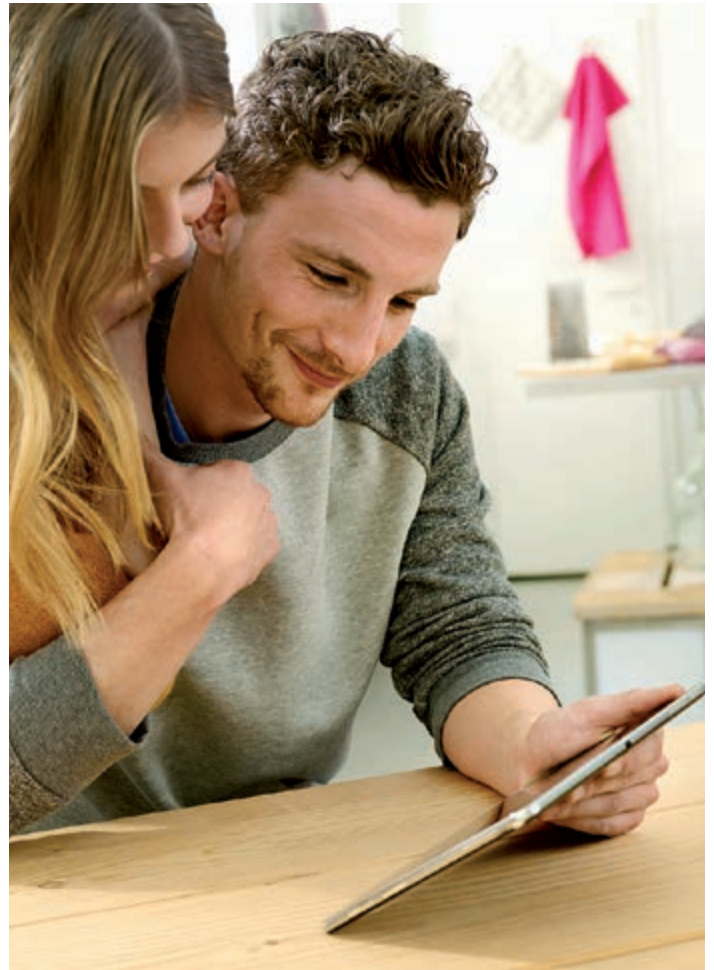
Narrowband IoT verfügt durch seine Alleinstellungsmerkmale über das Potenzial, das Internet der Dinge und die Welt um uns herum nachhaltig zu verändern. Und die Technologie steht erst am Anfang. Mit der erfolgten Standardisierung im Juni 2016 wurde der Grundstein für die weitere Entwicklung gelegt; das kommende 3GPP-Release 14 (geplant für Mitte 2017) führt diese fort. Nach dem derzeitigen Planungsstand soll die Technologie um Methoden zur Positionsbestimmung, Roaming, Multimedia-Broadcast-Services, Mobilitäts- und Servicekontinuität sowie weitere technische Details für ein größeres NB-IoT-Anwendungsfeld erweitert werden.

Hinzu kommt: Neben konkreten Vorteilen für bekannte IoT-Anwendungen eröffnet NB-IoT als Teil des 5G-Programms auch spannende Zukunftsperspektiven mit vollkommen ungeahnten Möglichkeiten, welche die Deutsche Telekom als einer der Marktführer von Anfang an mit vorantreibt. Die Einführung von 5G wird die massive Verbreitung des Internets der Dinge durch neue Fähigkeiten wie die Möglichkeit zum offenen Vielfachzugriff – etwa Resource Spread Multiple Access (RSMA) – oder eine höhere Reichweite weiter fördern. Zusätzlich soll 5G neue Dienstleis-

tungen wie einsatzkritische Steuerung ermöglichen, etwa in den Bereichen Robotik, Luftfahrt, Gesundheitswesen, Industriesteuerung und Fahrzeugentwicklung. Besonders hier ist eine Verbesserung der Latenz und der Verfügbarkeit erforderlich. Alles in allem wird 5G eine entscheidende Rolle in der Weiterentwicklung des Internets der Dinge spielen – als eine einheitliche, noch mächtigere Konnektivität für die Zukunft.

GLOSSAR

- 1G/2G/3G/4G/5G: Mobilfunkstandards
- 3GPP: 3rd Generation Partnership Project
- dB: Dezibel
- EC-GSM: Extended Coverage GSM
- eMTC: Enhanced Machine Type Communications
- GPRS: General Packet Radio Service
- GSM: Global System for Mobile Communications
- IoT: Internet of Things
- kHz: Kilohertz
- LAN: Local Area Network
- LPWA: Low Power Wide Area
- LTE: Long Term Evolution
- LTE-M: LTE for Machine Type Communications
- M2M: Machine to Machine
- NB-IoT: Narrowband Internet of Things
- QoS: Quality of Service
- RPMA: Random Phase Multiple Access
- RSMA: Resource Spread Multiple Access
- SIM: Subscriber Identity Module
- UE: User Equipment
- UICC: Universal Integrated Circuit Card
- UNB: Ultra Narrow Band
- WCDMA: Wideband Code Division Multiple Access
- WLAN: Wireless Local Area Network



QUELLEN

- A comprehensive look at Low Power, Wide Area Networks, Link Labs, 2016
- Activity in LPWA increases, while cellular M2M is developing slowly: an overview of recent IoT events, Analysys Mason, 2016
- Cellular networks for massive IoT, Ericsson, 2016
- Ericsson Mobility Report, Ericsson, 2015
- Ericsson Technology Review, Volume 93, 2016
- www.3gpp.org
- www.ingenu.com
- www.nwave.io
- www.sigfox.com
- www.telecomtv.com/articles/iot/mobile-operators-look-to-take-charge-of-iot-friendly-lpwan-development-12760/
- www.weightless.org/
- <https://de.scribd.com/document/273973068/UHF-Regulations-Sub-GHz-ISM>
- <https://www.lora-alliance.org/>
- Low Power Wide Area Internet of Things: Market Forecasts and MNO Approaches, Pyramid Research, 2016
- LPWA Technologies, Unlock New IoT Market Potential, Machina Research, 2015
- LPWA: disruptive new networks for IoT, Machina Research, 2015
- LTE evolution for IoT connectivity, Nokia Corporation, 2016
- Machina Research, LPWA market tracker, 2016
- Machine-to-Machine – exploring potential operator roles, Ericsson, 2014
- Narrowband Internet of Things Whitepaper, Rohde & Schwarz, 2016
- NB-IoT – Enabling New Business Opportunities, Huawei, 2015
- Paving the path to Narrowband 5G with LTE Internet of Things (IoT), Qualcomm, 2016
- The market for LPWA connectivity will be far more complex than for cellular, Machina Research, 2015
- The new Narrowband IoT 3GPP standard brings cellular-based LPWA one step closer, Machina Research, 2015
- Unlocking the potential of the Internet of Things, McKinsey & Company, 2015
- With 3 billion connections, LPWA will dominate wide area wireless connectivity for M2M by 2023, Machina Research, 2015

IMPRESSUM

Deutsche Telekom AG
Landgrabenweg 151
53227 Bonn
Website: m2m.telekom.com



ERLEBEN, WAS VERBINDET.