

# LTE und mobiles Breitband – ein Versprechen wird eingelöst

**Die 4G-Revolution mit verbesserter  
Bandbreite und Latenz**

*Whitepaper von:*

*Charles Sturman,  
Product Manager LTE-Chips, u-blox*

*Ezra Stein,  
Product Manager LTE-Module, u-blox*

*Carl Fenger,  
Product Communications Manager, u-blox*

*Juli 2013*

UBX-13002142

# Inhalt

<b>Zusammenfassung</b>	3
<b>LTE: der schnellst wachsende Standard in der Geschichte der Telekommunikation</b>	4
<b>Netzbetreiber und das Versprechen mobiler Breitbanddienste</b>	5
<b>Einführung von 4G „Long Term Evolution“ (LTE)</b>	6
<b>Mit LTE: drahtlos auf die „letzte Meile“</b>	7
<b>LTE und mobile Anwendungen für die Mensch-zu-Mensch-Kommunikation</b>	7
<b>LTE und Cloud-basierte Anwendungen</b>	8
<b>LTE und M2M-Anwendungen</b>	9
<b>LTE und die Bandbreiten-Anforderungen für M2M</b>	9
<b>LTE und u-blox</b>	10
<b>Über u-blox</b>	11

## Zusammenfassung

LTE ist die neueste Generation der Mobilfunk-Technologie und der am schnellsten wachsende Telekom-Standard in der Geschichte. Die exponentielle Zunahme von Videoinhalten sowie Cloud-Datenspeicherung erhöhen die Anforderung an die mobile Datenkommunikation enorm. LTE wurde entwickelt, um die Kommunikation von Mensch-zu-Mensch, Mensch-zu-Maschine und auch von Maschine-zu-Maschine effizient zu ermöglichen.

LTE wird zahlreiche Technologie-Trends beschleunigen, wie zum Beispiel Anbindung der letzten Meile, multimedia-reiche Web-Anwendungen, Sicherheitstechnik und Cloud-Computing. Dieses Whitepaper fasst kurz die Geschichte der mobilen Datenvernetzung zusammen und befasst sich danach mit den technischen Innovationen, mit denen LTE das Erscheinungsbild des Internets verbessert.

## LTE: der schnellst wachsende Standard in der Geschichte der Telekommunikation

Die digitale mobile Kommunikation entstand in den 1990er Jahren als Ableger der Festnetztelefonie und wurde unter der Bezeichnung „Global System for Mobile Communications“ (GSM) standardisiert. Dieser Mobilfunk der zweiten Generation (2G) konzentrierte sich zunächst vor allem auf die Sprachübertragung. Im Laufe der Zeit kam die Datenübertragung als nachrangige „Zusatzfunktion“ hinzu, erst in Form von Textnachrichten (SMS) und später in Form von Datenpaketen (über GPRS, in neuerer Zeit HSPA). Inzwischen wird mit SMS, dem ersten kommerziellen mobilen Datendienst, weltweit ein Umsatz von über 100 Milliarden Dollar pro Jahr erzielt!

Zwei Mobilfunkgenerationen später **ist die Datenkommunikation zur treibenden Kraft der Technologie von Mobilfunknetzwerken geworden**. Multimedia-zentrierte Anwendungen und Dienste haben den mittlerweile selbstverständlichen Sprachdienst als Hauptumsatzträger verdrängt. Daher forcieren die Netzbetreiber die Einführung von 4G LTE, so daß damit der **schnellst wachsende Standard in der Geschichte der Telekommunikation** entstanden ist (siehe Abb. 1).

LTE verspricht Bandbreite und Servicequalität auf bisher unerreichtem Niveau, sowohl für mobile Geräte, die von Menschen bedient werden, als auch für Anwendungen in der Kommunikation von Mensch zu Maschine bzw. von Maschine zu Maschine. Diese benötigen erschwingliche Wireless-Konnektivität in hoher Bandbreite, hoher Qualität und mit geringen Verzögerungen (Latenzzeiten).

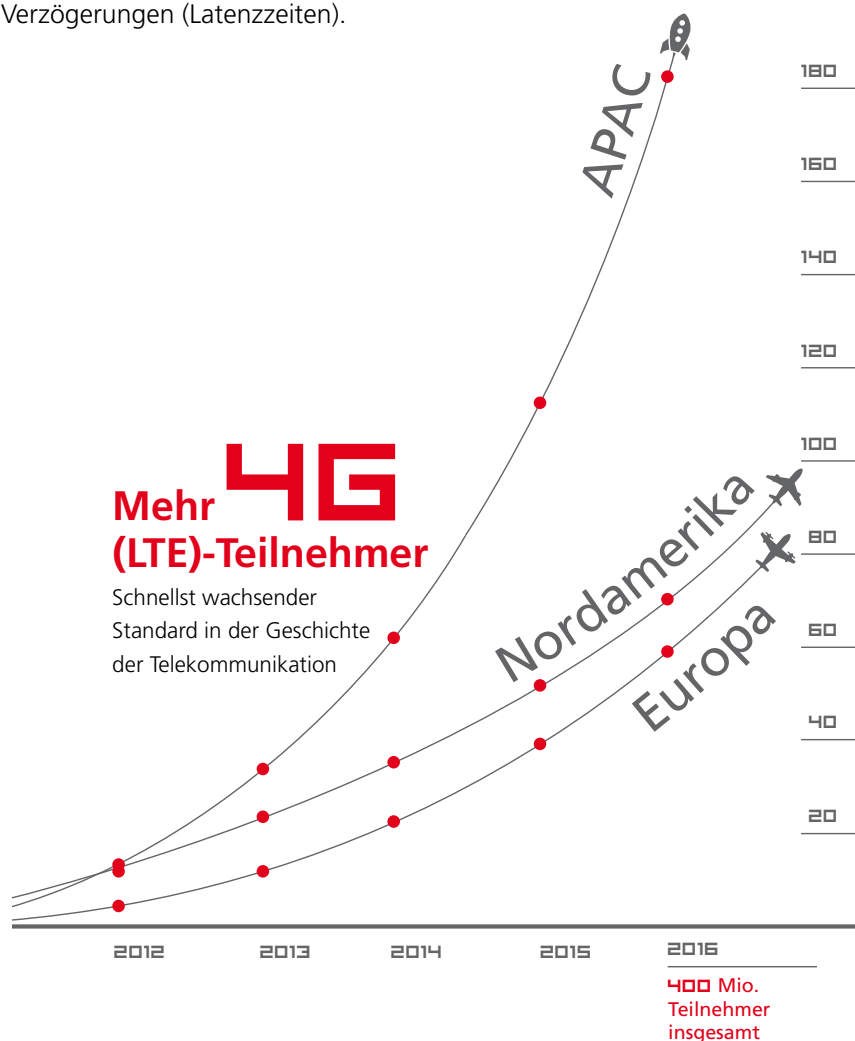


Abb. 1:  
Durch die deutliche Verlagerung der Mobilfunktechnologie in Richtung Datenkommunikation forcieren Netzbetreiber 4G LTE, so dass damit der schnellst wachsende Standard in der Geschichte der Telekommunikation entstanden ist.

## Netzbetreiber und das Versprechen mobiler Breitbanddienste

In den 1990er und 2000er Jahren führten die Netzbetreiber einen harten Kampf um Zeittarife für die Sprachkommunikation und unternahmen den – erfolglosen – Versuch, für den Datenverkehr neue nutzungsabhängige Abrechnungsmodelle („Pay-per-Use“) durchzusetzen. Die Kunden erwarteten jedoch schon bald einen kostenlosen oder nahezu kostenlosen Sprachdienst. Das zwang die Mobilfunkbetreiber, Anreize für die Nutzung der Netze zu schaffen und die Zahl ihrer Sprachdienst-Teilnehmer immer mehr zu erhöhen, um die steigenden Kosten ihrer Netzinfrastruktur abzudecken. Gerade der Siegeszug des Mobiltelefons ließ den durchschnittlichen Umsatz pro Nutzer (ARPU, Average Revenue Per User) immer mehr sinken.

Obwohl die Datendienste als Chance zur Umkehr des Trends zu sinkenden Erlösen aus dem Sprachdienst gesehen wurden, versuchten die Netzbetreiber, eine nutzungsabhängige Abrechnung der Datenübertragung zu etablieren. Bei der Suche nach neuen Einnahmequellen traten die Netzbetreiber mit eigenen, markengeschützten Inhalten und Diensten auf den Plan. Dieses als „Walled Garden“ bezeichnete Konzept war jedoch weiterhin von einer am Sprachdienst orientierten Denkweise bestimmt. Es machte diese frühen Datendienste sehr teuer und unattraktiv für die Nutzer und behinderte die Verbreitung von Datendiensten auf mobilen Geräten.

Beim Internetzugang über Festnetz führten gleichzeitig **die schnellen Netzwerke über DSL und Kabeldienste**, die ab Anfang der 2000er Jahre zunehmende Verbreitung fanden, **zu einer unersättlichen Nachfrage nach Web-basierten Interaktionen und Diensten**. Dies bewirkte einen spektakulären Anstieg des Internetverkehrs und der Internetanwendungen. Diese Multimedia-zentrierte „Breitband-Internet-Erfahrung“ wurde innerhalb kurzer Zeit für Hunderte Millionen von Menschen in der entwickelten Welt zu einem **wesentlichen Bestandteil des Alltags**.

Die weitere Verbreitung dieser „Breitband-Internet-Revolution“ auf mobile Geräte setzte dann mit der Markteinführung des Apple iPhone 2007 ein. Obwohl das erste iPhone nur EDGE (mit einer Datenübertragungsrates von 236 kbit/s) unterstützte, war es das erste Telefon, das vollen, direkten Webzugriff bot und somit den damaligen „Walled Garden“-Ansatz der Mobilfunkbetreiber umging.

Die Verfügbarkeit eines speziell für das Internet entwickelten Geräts sowie die Umorientierung der Netzbetreiber weg von den immer weniger durchsetzbaren „Pay-per-Use“-Modellen hin zu Flatrate-Abos für den Datendienst führten zu einem enormen Wandel in der Branche. Die Smartphone-Revolution hatte begonnen.

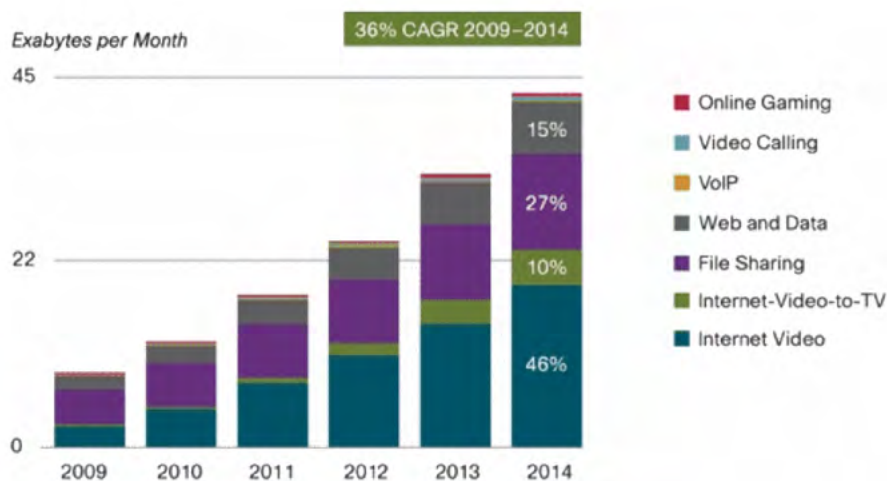


Figure 2:  
Internet Traffic Growth  
(2009 - 2014), Source CISCO

Fünf iPhone-Generationen später erwarten mobile Internetnutzer im Alltag Internetzugang über ihre mobilen Geräte in derselben Geschwindigkeit und Qualität, die sie vom Festnetz gewohnt sind.

Welche Anwendungen werden genutzt und welche verzeichnen in Bezug auf den generierten Datenverkehr das rasanteste Wachstum? **Den größten Anteil am Web-Verkehr haben heute Videodienste** (z. B. YouTube und Internetfernsehen (IPTV)) sowie Filesharing-Dienste (z. B. MediaFire, Dropbox, FilesTube und RapidShare). Der übrige Datenverkehr, u.a. durch Websurfen, VoIP und Online-Spiele, macht nur 20 % der gesamten Bandbreitennutzung aus. Siehe Abb. 2.

Diese enorme Verbreitung von Video-zentrierten Diensten hat den Internetverkehr von rund 75 Petabytes (10<sup>15</sup>) pro Monat im Jahr 2000 auf über 30000 Petabytes pro Monat im Jahr 2012 anschwellen lassen. 2G-Netzwerke sind da hoffnungslos überlastet und 3G-Netzwerke, die nur ein relativ niedriges Qualitätsniveau („Best Effort“) erreichen, haben mit protokolleigenen Beschränkungen zu kämpfen.

Video-gestützte Anwendungen bestimmen heute zweifellos das Wachstum des Internetverkehrs. Um diese Herausforderung heute und in Zukunft zu meistern, **setzen die Netzbetreiber auf den raschen Wechsel zu LTE.**



Abb. 3:  
LTE bietet 4 Hauptvorteile gegenüber 2G- und 3G-Netzen

### Einführung von 4G „Long Term Evolution“ (LTE)

3G war nur in den Anfangszeiten des Internetwachstums in der Lage, ausreichende Bandbreite bereitzustellen. Ein Ausbau dieser Netze, der mit der erwarteten Nachfrage seitens einer großen Zahl gleichzeitiger mobiler Internetnutzer Schritt hält, wird jedoch nicht möglich sein. Sollte also die Revolution des mobilen Breitband-Internets gefördert werden, war ein neuer Standard erforderlich, der von Grund auf für den mobilen Breitband-Internetzugang konzipiert wurde.

Um die erwarteten Netzwerkanforderungen zu erfüllen, bietet LTE vier Hauptvorteile gegenüber der 2G- und 3G-Technologie:

- 1. Hohe Bruttobandbreite**, bis zu 150 Mb/s im Download und 50 Mb/s im Upload über die heutigen Netze. Das reicht für gleichzeitiges Übertragen von über 8 HDTV-Kanälen aus.
- 2. Effiziente Aufteilung** der Bruttobandbreite unter einer großen Zahl von Benutzern. Das ermöglicht eine kostengünstige Zuteilung des Datenverkehrs entsprechend den Anforderungen unterschiedlicher Endgeräte. So kann zum Beispiel Daten-intensive Kommunikation von Mensch zu Mensch und mit geringer Bandbreite auskommenden Kommunikation von Maschine zu Maschine gleichzeitig abgewickelt werden.
- 3. Senkung der Betriebsausgaben (OPEX)** durch eine einfachere Netzwerkarchitektur und eine höhere spektrale Effizienz (doppelt so hoch wie bei HSPA und 30-mal so hoch wie bei UMTS).
- 4. Garantierte Obergrenze für die Latenzzeiten**, typischerweise etwa 10 ms, also unterhalb der menschlichen Wahrnehmungsschwelle.

Im Zusammenspiel ermöglichen diese Attribute die Bereitstellung erschwinglicher mobiler Datendienste mit hoher Servicequalität und zufriedenstellendem Reaktionsverhalten, die interaktive Anwendungen wie Video-on-Demand, Social Media, Sprachkommunikation und Online-Spiele sowie Web- und Cloud-basierte Anwendungen unterstützen.

## Mit LTE: drahtlos auf die „letzte Meile“

Die erste Aufgabe von LTE wird sein, den Nutzern mobiler Geräte die gleiche Breitbandverföhrung zu bieten, die sie von Kabel- und DSL-Anschlüssen gewöhnt sind. Einfach ausgedröckt: Es wird keinen wahrnehmbaren Qualitätsunterschied zwischen dem Festnetzanschluss und dem Mobilgerät geben. Auch wird LTE bald schon Kabel und DSL auf der „letzten Meile“ ersetzen, nämlich dann, wenn derselbe Preispunkt wie bei den Festnetzdiensten erreicht ist. Das heißt, die Funktechnologie LTE wird zur Alternative der DSL- und Kabeldienste für den Internetzugang.

Eines der ersten Haupteinsatzgebiete von LTE werden **mobile Router** sein, um WLAN-Hotspots in öffentlichen Verkehrsmitteln, bei Veranstaltungen, in den Stadtzentren, in Wohngebäuden und an abgelegenen Orten bereitzustellen.



Abb. 4:  
Mit LTE erhalten mobile Dienste eine neue, Video-gestützte Dimension

## LTE und mobile Anwendungen für die Mensch-zu-Mensch-Kommunikation

LTE bedeutet nicht nur Breitband-Internet für Mobilgeräte in gleicher Güte wie über Festnetz, sondern auch eine neue Dimension für mobile Dienste. Nutzer wollen häufig zu Hause auf andere Inhalte zugreifen als unterwegs. Die Dienste, die mobilen LTE-Teilnehmern zugänglich sind, werden durch Positionsdaten erheblich aufgewertet. In Kombination mit präzisen, von einem Positionierungssystem wie GPS/GNSS bereitgestellten Ortungsdaten wird LTE mobile Nutzer mit einer ganzen Reihe visuell angereicherter, ortsbezogener Dienste versorgen können. Hierfür einige Beispiele:

- **Gesteigertes Einkaufs- und Reiseerlebnis**

Sehen ist unser wichtigster Wahrnehmungssinn, mit dem wir über 80 % aller Informationen über die Welt aufnehmen. Daher werden viele mobile Dienste durch Video-zentrierte LTE-Dienste aufgewertet, zum Beispiel beim Einkaufen oder auf Reisen.

- **Multimedia-gestützte Navigation**

LTE wird den Nutzern mehr bieten als einen virtuellen Pin und eine rote Wegmarkierung auf einer Karte. Sie werden sich ihre Reiseziele bereits vor der tatsächlichen Ankunft ansehen sowie Sehenswürdigkeiten entlang der Reiseroute vorab anzeigen können.

## Neue Social-Media-Anwendungen

Die Jugendlichen der heutigen Internetgeneration sind oft bereits im Alter von 12 Jahren Experten in Sachen Social Media. Sie kommunizieren mit Freunden, Angehörigen und Kollegen bevorzugt über Anwendungen wie Facebook und Twitter. Während gegenwärtig in erster Linie Text und Fotos ausgetauscht werden, wird LTE die Integration von Videos, ob aus dem Cache abgerufen oder in Echtzeit abgespielt, in die Kommunikation über die sozialen Netzwerke erleichtern und so die soziale Interaktion im Web bereichern.

## LTE und Cloud-basierte Anwendungen



Abb. 5:  
Cloud Computing und LTE  
ergänzen einander und treiben  
sich gegenseitig voran

Die **Migration von professionellen und persönlichen Anwendungen zur Cloud** ist heute ein allgemeiner Trend im IT-Bereich. Deutliche Beispiele hierfür sind weit verbreitete Unternehmensanwendungen wie CRM, ERP, Finanz- und Webkonferenz-Lösungen, beispielsweise von salesforce.com, SAP, Oracle (Oracle Fusion) und Citrix Systems (GoToMeeting).

Beispiele für Anwendungen im Konsumgüter-Segment sind Facebook, Google Cloud, Vimeo, Spotify und Dropbox. Sie bieten den Nutzern nicht nur die Möglichkeit, miteinander zu kommunizieren und zu interagieren, sondern auch, die Speicherung und Verarbeitung großer Datenmengen in die Cloud auszulagern. Die Server für die Speicherung, Verarbeitung und Bereitstellung von Daten sind oft Tausende Kilometer entfernt. Daher kommt es vor allem auf schnellen Zugriff und geringe Verzögerungen (Latenzzeiten) bei Uploads und Downloads an.

Cloud Computing verstärkt also zwei Trends bei mobilen Geräten:

- **Auslagerung der Speicherung und Verarbeitung großer Datenmengen** in die Cloud. Dies ermöglicht kleinere mobile Geräte mit einfacherer Elektronik und Software und erheblich geringerem Stromverbrauch.
- **Erhöhter Bedarf an drahtlosen Hochgeschwindigkeitsverbindungen**, um Daten ohne wahrnehmbare Verzögerungen hoch- und herunterzuladen.

Beide Trends werden von **LTE tadellos unterstützt. Als komplementäre Technologien sorgen also Cloud Computing und LTE** für gegenseitige Akzeptanz auf dem Markt.



## LTE und M2M-Anwendungen

Nicht nur bei den Anwendungen für die Kommunikation von Mensch zu Mensch schafft LTE neue Möglichkeiten für Verbesserungen, sondern auch bei der Kommunikation und Interaktion zwischen Mensch und Maschine bzw. nur zwischen Maschinen. Beispiele für bandbreitenintensive Anwendungen sind mobile Router, Fernüberwachungs-, Gesichtserkennungs-, Telemedizin-Systeme, digitale Werbedisplays, Verkaufsautomaten und Kassenterminals (POS).

Die bei LTE garantierten **geringen Latenzzeiten sind besonders für zeitkritische Anwendungen interessant**, z. B. in den Bereichen Industriesteuerung, Fahrzeugsicherheit, Verkehrsüberwachung und Finanzwirtschaft, denn Industrieroboter und automatisierte Finanztransaktionen erfordern Reaktionen innerhalb von Sekundenbruchteilen.

Ein weiterer, wichtiger Vorteil von LTE-Geräten ist die **extrem einfache Installation**: Es werden keinerlei Kabel benötigt. Das ermöglicht die sofortige Einrichtung eines Unternehmensnetzwerks mit hoher Bandbreite und seine Verwaltung aus der Ferne, und das praktisch ohne Hardware-Konfiguration und zu erheblich gesenkten IT-Kosten.

Letzten Endes **werden LTE-Geräte die menschlichen Nutzer zahlenmäßig überholen**. Prognosen zufolge wird die Zahl der drahtlos verbundenen M2M-Geräte die Zahl aller anderen Arten vernetzter Geräte bis 2020 übersteigen, siehe Abb. 6.

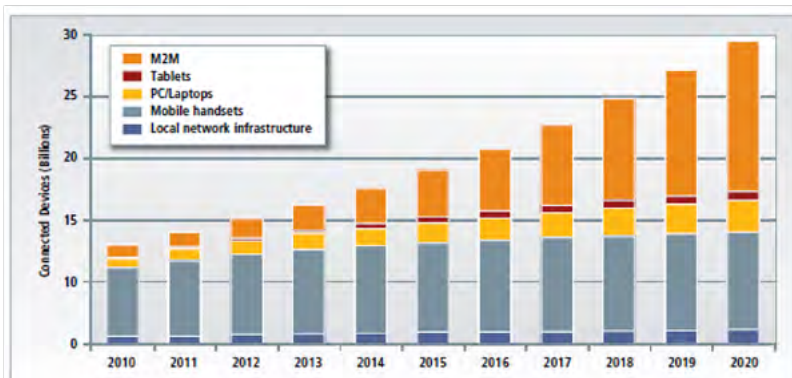


Abb. 6:  
Das Wachstum der M2M-  
Anwendungen  
(Quelle: GSM Association)

## LTE und die Bandbreiten-Anforderungen für M2M

Die typischen Übertragungsraten für M2M-Kommunikation liegen heute zwar wesentlich unter denen, für die LTE ausgelegt ist, es ist jedoch damit zu rechnen, daß spezifische M2M-Anwendungen erweitert oder neue entwickelt werden, die die mit LTE verfügbare Bandbreite ausschöpfen werden. Hier einige Beispiele für denkbare neue M2M-Anwendungen:

- Überwachung von Verkaufsautomaten mit kommerziellen Videodisplays
- Verkaufsterminals im Einzelhandel mit Live Helpdesk oder Anzeige von Produkt-Demos
- Drahtlose Fernüberwachungskameras
- Telemedizin-Systeme für Ferndiagnose und Gesundheitsversorgung aus der Ferne
- Multimedia-gestützte Werbe- und Informationsanzeigesysteme
- Gesichtserkennungssysteme zum Schutz der inneren Sicherheit
- Wireless-Router für Infotainment-Systeme in Fahrzeugen
- Selbsttätig navigierende, mit Videokamera ausgerüstete Mini-Drohnen für die Sicherheits-, Verkehrs-, Unfall- und Brandüberwachung sowie die Beobachtung und Lenkung von Menschenmengen

Dabei ist eins zu bedenken: Bislang hat jeder Standard einer neuen Mobilfunk-Generation zum Anwachsen des Datenverkehrs und zur Ausschöpfung der gesamten verfügbaren Bandbreite geführt. Das wird bei LTE nicht anders sein!

## Die Zukunft gehört LTE

LTE wird langfristig die Zukunft aller Mobilfunknetze sein und die letzten, auslaufenden 2G- und 3G-Netzwerke überdauern. Viele M2M-Betreiber betrachten LTE schon jetzt als natürliche Wahl für langfristig angelegte Dienste.

Bei großräumig verteilten und in abgelegenen Gebieten installierten Systemen ist die Nachrüstung Hunderter oder Tausender dezentraler Geräte mit hohen Kosten verbunden. Daher dürfte es sinnvoll sein, die Technologie der Zukunft bereits jetzt in das Design einfließen zu lassen. Das bedeutet, entweder von vornherein LTE-Modems vorzusehen oder zumindest für ein zukunftssicheres Hardware-Design zu sorgen, um die Kosten späterer Modem-Upgrades so gering wie möglich zu halten.



Abb. 7:  
4G LTE-Modulreihe TOBY-L1  
von u-blox

## LTE und u-blox

u-blox blickt mit sehr positiven Erwartungen in die Zukunft der 4G LTE-Technologie. Wir arbeiten schon jetzt mit Pionieren der Branche zusammen, um neue Produkte zu entwickeln. Erst kürzlich haben wir mit TOBY-L1 eine Palette kompakter, kostenoptimierter LTE-Datenmodems speziell für drahtlose M2M-Produkte auf den Markt gebracht.

## LTE-Modul TOBY: Wichtige Merkmale

- LGA-Modul nur für LTE mit äußerst geringen Abmessungen: 24.8 x 35.6 x 2.8 mm
- LTE Cat. 3, 100 Mb/s im Download, 50 Mb/s im Upload
- Einfache Migration von den UMTS-, CDMA- und GSM-Modulen von u-blox
- Varianten für Verizon (USA) und europäische Netzbetreiber
- Erweiterter Betriebstemperaturbereich: -40 bis +85°C
- Hergestellt in gemäß ISO/TS 16949 zertifizierten Fabriken

## Nested Design für 2G – 3G – 4G

TOBY ist Layout-kompatibel zu den Modulreihen SARA (2G) und LISA (3G) von u-blox. „Nested Design“ bedeutet für u-blox im Kern, Kontinuität bei Formfaktor und Software zu gewährleisten, damit die Kunden ihre Produkte

bei jeder neuen Generation unserer Module problemlos aufrüsten können.

Der wichtigste Vorteil ist einfach erklärt: Die Kunden müssen nicht jedes Mal, wenn u-blox eine verbesserte Version seiner Module auf den Markt bringt, ihr Platinen-Design ändern. Sie brauchen nur das neue Modul auf der bisher verwendeten Platine anzubringen und mit dem Testen zu beginnen!

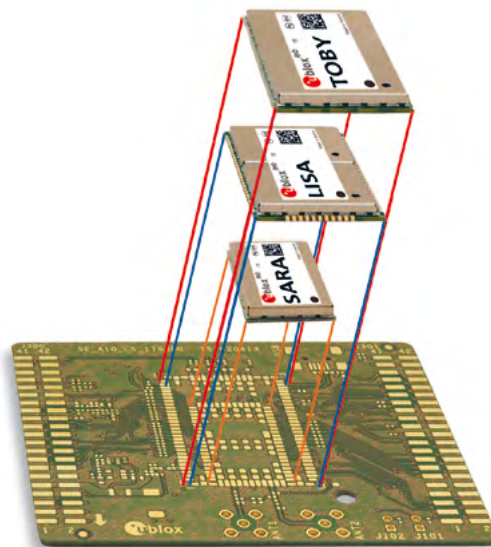


Abb. 8:  
Nested Design von u-blox:  
Layout-kompatible Modulreihen  
SARA (2G), LISA (3G) und  
TOBY (4G)

## Über u-blox

Die Schweizer u-blox AG (SIX:UBXN) ist der weltweit führende Anbieter von Halbleitern, Modulen, Software und Lösungen für Systeme im Bereich der Positionierung und drahtlosen Kommunikation für den Konsumgüter-, Industriegüter- und Automobilmarkt. Unsere Lösungen ermöglichen Menschen, Fahrzeugen und Maschinen, ihre exakte Position zu lokalisieren und via Stimme, Text oder Video drahtlos zu kommunizieren.

Mit einem breiten Portfolio von Chips, Modulen und Software ist u-blox einzigartig positioniert, um seinen OEM-Kunden innovative, persönliche, professionelle und M2M-Lösungen schnell und kosteneffektiv zu ermöglichen. Der Hauptsitz von u-blox liegt in Thalwil, Schweiz. Durch Zweigniederlassungen in Europa, Asien und den USA ist u-blox auch global präsent. ([www.u-blox.com](http://www.u-blox.com))

Copyright © 2013 u-blox AG

Alle Rechte vorbehalten. Kein Teil dieser Publikation darf reproduziert, in Datenbanken gespeichert oder übertragen werden, in irgendeiner Form oder mit irgendwelchen Mitteln, elektronisch, mechanisch, Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes, ohne die vorherige Erlaubnis der Copyright-Inhaber einzuholen.

Herausgeber: u-blox AG, Juli 2013

Fragen oder Anregungen in Bezug auf die in diesem Dokument enthaltenen Informationen können eingereicht werden:

u-blox AG  
Zürcherstrasse 68  
8800 Thalwil  
Schweiz  
[info@u-blox.com](mailto:info@u-blox.com)