

### Das Thema im Überblick

Die mobilen Endgeräte wie Smartphones und PDAs setzen sich im Mobilfunkbereich immer mehr durch, weil sie Multimedia-Anwendungen gut darstellen können. Für die Datenübertragung dieser multimedialen Inhalte müssen die Mobilfunknetze immer leistungsfähiger werden. Der Mobilfunkstandard LTE stellt Datenübertragungsraten von bis zu 100 Mbit/s im Download bereit. Die Autoren beschreiben diesen neuen Standard aus Anwender- und Betreibersicht und gehen detailliert auf die genutzten Modulationsverfahren und Antennensysteme ein.

# Technische Grundlagen von LTE-Mobilfunknetzen

Nach einer Studie verdoppelt sich der mobile Datenverkehr weltweit bis 2013 jährlich. Um den Bandbreitenbedarf zu decken, wird zurzeit der LTE-Standard eingeführt. In Stockholm und Oslo beispielsweise kann bereits seit Dezember 2009 in einem LTE-Netz mithilfe von USB-Sticks gesurft werden. Viele Mobilfunkbetreiber testen LTE zurzeit in Pilotprojekten und beginnen mit den Planungen und Vorbereitungen zum Ausbau ihrer Netze und Standorte. Nach einem kurzen Rückblick auf die Entwicklung der mobilen Datenübertragung beschreibt dieser Beitrag die technischen Grundlagen der LTE-Technik und geht dabei besonders auf die Luftschnittstelle ein.

### Die Autoren



Von links nach rechts:

Dr. Bernhard Liesenfeld entwickelt Verfahren und Algorithmen zur Planung und Optimierung von Funknetzen unterschiedlicher Standards.

Manfred Lustig ist bei T-Systems International GmbH verantwortlich für Training und Support für Mobilfunkplanungssysteme, zu denen auch PegaPlan zählt.

Dr. Albert Weller leitet bei T-Systems International GmbH die Abteilung Network Planning Systems.

Eckhard Oppermann arbeitet an der Entwicklung von Softwaresystemen zur Planung und Optimierung von Funknetzen und ist Projektleiter für die Entwicklung des Funknetzplanungstools PegaPlan von T-Systems International GmbH.

Dr. Jürgen Beyer ist seit einigen Jahren in der Weiterentwicklung von Verfahren für die UMTS- und LTE-Funknetzplanung tätig.

### Nutzen LTE

#### Anwendersicht

In Abwandlung von „Moore's Law<sup>1</sup>“ steigen die Nutzeranforderungen bezüglich der zu übertragenden Daten exponentiell an. Die mobile Übertragung von Informationen beschränkte sich früher auf die reine Sprachübertragung oder Kurzmitteilungen. Inzwischen gehören das Versenden von E-Mails und das Surfen im Internet zu den Standardanwendungen für Mobilfunkgeräte. Zukünftig benötigen Mobile-TV- oder andere Mobile-Media-Anwendungen also immer höhere Bandbreiten. Aber nicht nur die Bandbreite, sondern auch die Menge der gesendeten und empfangenen Daten wird daher exponentiell ansteigen. Die bestehenden Mobilfunktechnologien weisen viele Einschränkungen auf und können somit diesen zukünftigen Anforderungen nicht mehr gerecht werden:

- Die maximal erzielbaren Datenraten betragen unter optimalen Übertragungsbedingungen 20 Mbit/s bis 30 Mbit/s.
- Die Ausnutzung des Frequenz-Spektrums entspricht nicht mehr dem aktuellen Stand der Technik.
- Die End-to-End-Verzögerungszeiten liegen im Bereich von einigen hundert Millisekunden und sind nicht für Real-Time-Anwendungen geeignet.
- Die Architektur des Netzes ist tief verschachtelt und schlecht für eine IP-Struktur geeignet.
- Der Aufbau und der Betrieb des Netzes sind mit hohen Kosten verbunden.

Aufgrund der neuen Techniken werden für den Anwender die Kosten pro übertragenem Bit fallen (Bild 1).

<sup>1</sup> **Moore's Law:** Sagt nach heutiger Sicht aus, dass sich die Packungsdichte der Transistoren auf PC-Prozessoren alle 18 Monate verdoppelt.

Die nächste Generation von Mobilfunknetzen (NGMN), zu denen auch LTE gehört, arbeitet im Festnetz durchgehend mit einer IP-Architektur und im Funknetz mit der aktuellsten RAN-Technik. Die Datendurchsätze und Latenzzeiten dieser Mobilfunktechniken sind in Bild 2 dargestellt. Der LTE-Standard liefert

- Datenraten von mindestens 100 Mbit/s im Downlink und 50 Mbit/s im Uplink und
- geringe Latenzzeiten von unter 10 ms (End-to-End).

Weiterhin ergeben sich für die zukünftigen Mobilfunknetze folgende Leistungsmerkmale:

- All-IP-Architektur des Netzes mit offenen Interfaces und Einbinden von bestehenden Systemen.
- Nahtloser Übergang von In- und Outdoor sowie von verschiedenen Teil-Netzen.
- Leistungsstarke, attraktive und kostengünstige Endgeräte sind einsetzbar.

Die „Next Generation Mobile Networks“ beschreiben die Entwicklung der Mobilfunktechnologie nach der 3G. [1] Es handelt es sich hierbei nicht um eine neue Technologie oder einen neuen Standard von Mobilfunknetzen im klassischen Sinn, sondern um Technologien, die ein Minimum von Anforderungen erfüllen müssen. Im Vordergrund steht nicht die Technik, sondern die Bereitstellung von Diensten (Services) für den Endnutzer. Diese Erbringung von Services in einer „überragenden Qualität“ wird als wesentliches Leistungsmerkmal betont. Die zugrunde liegende Technik kann vielfältig sein. Der Service bestimmt die Technik. Hierbei kann beispielsweise der Sprachdienst noch über GSM bereitgestellt werden, das Mobile-TV hingegen über OFDM-basierende LTE-Funknetze transportiert werden.

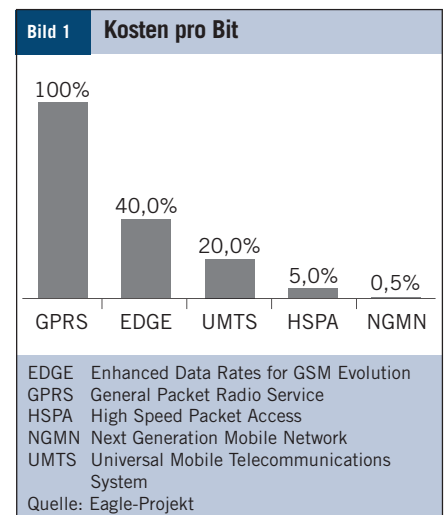
**Betreibersicht**

Die Mobilfunknetze der zweiten und der dritten Generation entwickelten die Funktechnologie zwar weiter, die Grundlage des Betriebs war jedoch weiterhin auf der ersten Generation stehen geblieben. Neben den technischen Eigenschaften spielen bei

LTE auch die Eignung für den technischen Betrieb, die Kosteneffizienz und die Interoperabilität eine wesentlich stärkere Rolle als in den vorangegangenen Technologien. Das äußert sich auch in den entsprechenden Gremien, die diese Technologie vorantreiben. Waren es bei der Dritten Generation (3G) noch überwiegend die Systemhersteller, sind bei NGMN die Betreiber der Netze die treibenden Kräfte.

Das Ziel des Einsatzes der neuen Mobilfunkgeneration ist es, die Kosten für den Betreiber deutlich zu senken. Dies geschieht auf mehreren Ebenen [2]:

- Die bestehenden Vermögenswerte sollen soweit wie möglich wieder verwendet werden. Dazu gehören z.B. die Anlagen, die Standorte mit den Mietverträgen und die technische Infrastruktur.
- Der Aufbau soll kostengünstig sein.
- Mit der Technik soll eine schnelle und flexible Reaktion auf geänderte Kundenbedürfnisse möglich sein.
- Schnelle Reaktion auf geänderte Anforderungen sollen durch neue Technologien möglich sein.



- Der Betrieb muss kostengünstig sein. Das bedeutet, dass Optimierungen, Anpassungen und das Verhalten bei Ausfällen einzelner Komponenten weitgehend automatisch behandelt werden. Aufwendige und teure manuelle Eingriffe sollen möglichst vermieden werden.

Um die genannten Anforderungen erfüllen zu können, entwickeln die Netzbetreiber die bestehenden Netze weiter und ersetzen sie schrittweise durch neue Verfahren (Bild 3).

