

**White Paper**  
**Mobilfunk-Technologien**  
**Schnelle Datenübertragung dank modernen Übertragungsverfahren**

Technische Produktinformation

Version 1.0

16.08.2010

Das vorliegende White Paper wurde auf Grund der aktuell bekannten Parameter erstellt.  
Es hat in keiner Weise irgendeine rechtliche Verbindlichkeit, sondern rein informativen Charakter.  
Für Fragen oder Anmerkungen zu diesem White Paper stehen wir Ihnen gerne zu Verfügung.

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einführung ins Thema.....</b>	<b>3</b>
1.1	Neue Arbeitsformen .....	3
1.2	Markante Erhöhung der Bandbreiten .....	3
<b>2</b>	<b>Entwicklung der Mobilkommunikation.....</b>	<b>4</b>
2.1	Von analogen zu digitalen Natel-Netzen .....	4
2.2	Evolution der mobilen Datenkommunikation in GSM-Netzen.....	5
2.3	Evolution der mobilen Datenkommunikation in UMTS-Netzen.....	6
2.4	Die vierte Generation vor der Einführung: LTE .....	11
2.5	Geplante Weiterentwicklung: LTE Advanced .....	13
2.6	Ergänzung zu 3G/4G: IP Multimedia Subsystem (IMS) .....	13
<b>3</b>	<b>Wireless Local Area Networks (WLAN) .....</b>	<b>16</b>
<b>4</b>	<b>Glossar .....</b>	<b>18</b>

## **1 Einführung ins Thema**

### **1.1 Neue Arbeitsformen**

Die technische Entwicklung der mobilen Kommunikation hat nicht nur ein ungeheures Tempo angenommen, sondern auch neue Arbeitsformen ermöglicht. Dabei stellt sich oft die Frage, was zuerst erschien: die Henne oder das Ei. Denn einerseits hat der Mensch in den letzten Jahrzehnten durch die zur Verfügung stehenden Verkehrsmittel bereits ein hohes Mass an Mobilität erlangt. Andererseits sind flexible Arbeitsformen durch moderne Kommunikationsmittel erst möglich geworden. Die Frage, ob Erstere durch Letztere angeheizt wurden oder nur unterstützt werden, kann nicht beantwortet werden. Jedenfalls hat der Trend „Arbeiten, wann und wo immer man will“ klar zugenommen. Diese Arbeitsform entspricht am ehesten dem heutigen Kundenbedürfnis im geschäftlichen und privaten Bereich. Sie erlaubt es, tageszeit- oder auftragsabhängig die gerade anstehenden Arbeiten am momentanen Aufenthaltsort zu erledigen. Diese Arbeitsweise erlaubt es zudem, persönliche Bedürfnisse optimal mit den geschäftlichen Bedürfnissen aufeinander abzustimmen. Swisscom hat sich nicht nur als einer der grössten Arbeitgeber in der Schweiz darauf eingestellt, sondern ermöglicht mit ihrer erstklassig ausgebauten Netz- und IT-Infrastruktur auch ihren Kunden die Einführung mobiler Arbeitsplätze. „Business Mobility“ ist darum viel mehr als nur ein Schlagwort. Eine möglichst uneingeschränkte Konnektivität, verbunden mit einer hohen Sicherheit bei der Datenübertragung stellt einen echten Mehrwert für den Nutzer dar, egal, ob es sich um eigene Mitarbeiter oder um Kunden handelt. Allerdings verhinderten bis vor wenigen Jahren langsame mobile Netze eine grössere Verbreitung der mobilen Datenkommunikation. Auch die beim Kunden als zu hoch empfundenen Kosten für die Datenübertragung schränkten die Verbreitung mobiler Arbeitsplätze bisher ein. Dank attraktiver Preispläne und Kombi-Angeboten ist dies heute kaum mehr der Fall.

### **1.2 Markante Erhöhung der Bandbreiten**

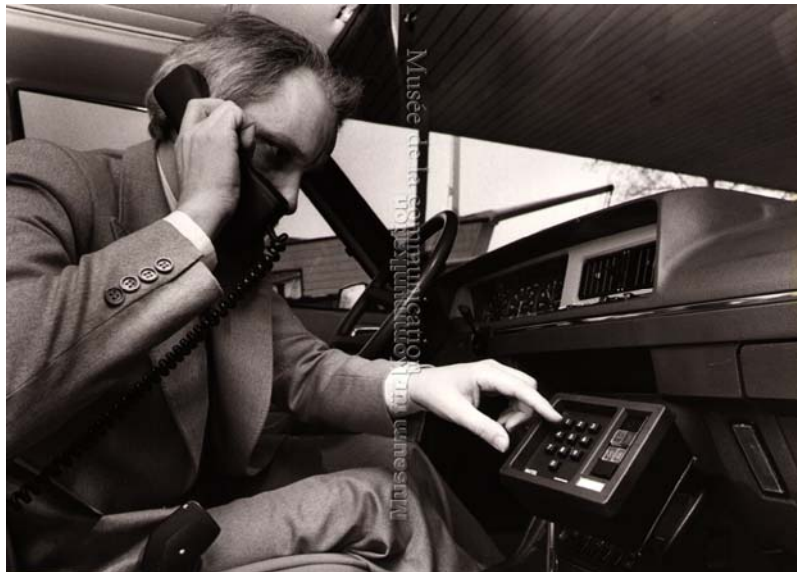
Der Wegfall beider Hinderungsgründe bewirkt seit Jahren einen wahren Bandbreitenboom. Bereits in Festnetzen zeichnet sich seit der Jahrtausendwende ein starker Bandbreitenbedarf ab, dem Swisscom mit einem massiven Netzausbau begegnet. Mit FTTH (Fibre To The Home) werden Bandbreiten von 100 Mbit/s und mehr realisiert. Dieser Trend setzt sich in Mobilkommunikationsnetzen fort. Die transportierten Datenvolumen auf den Mobilfunknetzen von Swisscom haben sich innerhalb eines Jahres verdreifacht und steigen weiter an. Ein Grund ist unter anderem die starke Verbreitung von Smartphones wie iPhone und Blackberry, um nur zwei zu nennen. Im technologischen Rückblick hat sich das gewöhnliche Handy zum Telefonieren dank grossen Fortschritten in der Integration von Bausteinen zu einem multifunktionalen Endgerät gewandelt hat, das für praktisch alle Anwendungen geeignet ist und trotzdem noch Platz in der Hosentasche hat. Ebenso populär sind Notebooks geworden, die in ihren Verkaufszahlen stationäre PCs schon längst überholt haben, ohne wesentlich weniger leistungsfähig zu sein. Als neue Gerätekategorie kamen die Netbooks hinzu, kompakte Arbeitsgeräte für unterwegs. Zur Vernetzung verfügen die meisten Note- und Netbooks zumindest über ein WLAN-Modul (Wireless Local Area Network), viele ausserdem über ein Funkmodul zur Anbindung an öffentliche Mobilkommunikationsnetze. Derart ausgerüstet und über spezielle Protokolle und Schutzmechanismen abgesichert, kann der Benutzer von unterwegs aus wie gewohnt auf alle Unternehmensdaten und auf seine persönlichen E-Mails zugreifen.

Swisscom bietet dazu im Fokus der Kundenbedürfnisse ein breites Technologieportfolio, dessen Geschichte, aktueller Stand und weitere Entwicklungen wir in diesem White Paper gerne vorstellen wollen.

## 2 Entwicklung der Mobilkommunikation

### 2.1 Von analogen zu digitalen Natel-Netzen

Der Begriff „Natel“ ist eine eingetragene Marke der Swisscom und in der Schweizer Umgangssprache ein Synonym für ein Mobiltelefon. Er stand in der analogen Mobilkommunikation für Nationales Autotelefon bzw. (mit Einführung der ersten digitalen Generation, genannt Natel D) für Nationales Telefon. Ein Natel-Netz ist demnach ein Netz zur mobilen Kommunikation. Das erste analoge Natel A-Netz entstand in der Schweiz relativ spät (1978), Natel B als zweite Generation folgte bald (1983). Auch wenn die Sende- und Empfangseinrichtungen kompakter wurden, so war immer noch ein rund 12kg schwerer Koffer zu deren Transport nötig. Erst mit dem Selbstwählnetz Natel C (ab 1987) wurden die Endgeräte kompakter und in der Folge langsam kostengünstiger. Zehn Jahre nach der Markteinführung konnte Swisscom den 100'000. Kunden begrüßen. Natel-C basierte auf dem Industriestandard NMT (Nordic Mobile Telephone) mit analoger Sprachübertragung und digitaler Übermittlung der Vermittlungs- und Steuerinformationen. Mittels Akustikkoppler und Analogmodem konnte man bereits kleinere Datenmengen langsam übertragen. Die analogen Netze Natel A bis C kann man unter **1G** (für die erste Generation) zusammenfassen.



(© MfK, Bern)

**Natel A-Telefon (1978):** Die dazugehörigen Übertragungseinrichtungen füllten den halben Kofferraum

Der Wechsel ins Zeitalter der digitalen Mobilkommunikation wurde 1993 anlässlich des Genfer Autosalons mit **2G** (2. Generation) vollzogen. Das weiterhin betriebene Natel D basiert auf dem europäischen GSM-Standard (Global System for Mobile Communications). Erstmals funktionierte ein Mobilfunknetz digital und erfreut die Kunden seitdem mit Rauschfreiheit und Abhörsicherheit. Zudem kann der Kunde sein GSM-Handy dank Roaming fast überall auf der Welt betreiben.

## 2.2 Evolution der mobilen Datenkommunikation in GSM-Netzen

Der ursprüngliche GSM-Standard war allerdings stark auf die Sprachkommunikation ausgerichtet, sodass es zunächst nur wenige Möglichkeiten zur mobilen Datenkommunikation gab, und das mit tiefen Geschwindigkeiten. So waren mit dem leitungsvermittelten **CSD** (Circuit Switched Data) lediglich maximal 9,6 kbit/s, später 14,4 kbit/s möglich. CSD belegte dazu einen ganzen GSM-Kanal (bei nur acht GSM-Kanälen pro Trägerfrequenz) und war funktechnisch gesehen ineffizient. Es entsprach auch nicht dem Charakter der paketorientierten Datenkommunikation. Auch der verbesserte, aber immer noch leitungsvermittelte Dienst **HSCSD** (High Speed Circuit Switched Data) konnte sich nicht durchsetzen. Hier wurden bis zu vier GSM-Kanäle à 14,4 kbit/s zu einem Kanal von bis zu 57,6 kbit/s gebündelt. Viele GSM-Netzbetreiber boten HSCSD ab 2000 zwar an, hatten aber nur wenig Interesse an dessen Verbreitung. Denn HSCSD belegte Funkressourcen im grossen Rahmen, die man dringend für die immer noch boomende mobile Sprachkommunikation brauchte. Erst ab 2001 brachte **GPRS** (General Packet Radio Service) als Teil der GSM-Generation 2.5 (**GSM 2,5G**) eine Besserung. Einerseits wurde damit erstmals ein paketvermittelter mobiler Datendienst geboten. Andererseits wurden die bestehenden GSM-Netzressourcen wesentlich weniger strapaziert. Gleichwohl waren lediglich 30 - 40 kbit/s möglich – nicht gerade ein Geschwindigkeitsrausch für den Kunden, aber immer noch mehr als 9,6 kbit/s. GPRS ist für die meisten Handys beim Abruf von Kurzinfos via WAP (Wireless Application Protocol) bis heute die erste Wahl. Vor allem bei den recht beliebten Portaldiensten hat sich diese Kombination einen festen Platz erobert. So bieten praktisch alle GSM-Betreiber GPRS in ihren Netzen an. Für die mobile Übermittlung grösserer Datenmengen bei Downloads ist GPRS jedoch nur die zweite Wahl. **EDGE** (Enhanced Data Rates for the GSM Evolution) als Evolutionsstufe **GSM 2,75G** leistet hier weitaus mehr.



**BlackBerry Curve 8900:** Business Phone ohne UMTS, aber mit EDGE (© RIM)

EDGE ist wie GPRS Teil des GSM-Standards und in vielen Smartphones und Handys vorhanden. Es nutzt ein optimiertes Modulationsverfahren und wird deshalb oft auch EGPRS (Enhanced GPRS) genannt. EDGE erreicht in der Praxis Bitraten über 100 kbit/s (theoretisches Maximum sind 256 kbit/s). Die Anwendungen decken das Spektrum von GPRS und UMTS ab – etwa für Private das Surfen auf dem mobilen Portal vom EDGE-fähigen Handy aus oder für Unternehmenslösungen die mobile Datenkommunikation vom PDA oder Laptop aus. Etwa ein Viertel aller weltweiten Netzbetreiber rüsten ab 2004 ihre mittlerweile rund 15 Jahre alten GSM-Netze mit EDGE aus, wobei sich in der Praxis zwei Anwendungsszenarien anbieten. In beiden wird EDGE flächendeckend d.h. in allen GSM-Basisstationen implementiert. Im ersten und tendenziell eher seltener anzutreffenden Fall besitzt der Betreiber keine 3G-Lizenz und nutzt EDGE als einzige High-Speed-Technik. T-Mobile mit ihrem US-amerikanischen GSM1900-Netz handhabte das früher so, betreibt heute aber auch 3G-Netze parallel dazu. Daher bietet sich EGDE im zweiten und häufiger realisierten Szenario dann an, wenn der Betreiber UMTS nur an hoch- und höchstfrequentierten Standorten anbietet und UMTS und EDGE intelligent kombiniert – UMTS in den städtischen Gebieten und EGDE in der Fläche. Es können aber auch finanzielle Überlegungen im Sinne eines gestaffelten und nachfrageorientierten UMTS-Netzaufbaus eine Rolle spielen. Um hier ihren Kunden eine flächendeckende mobile Breitbandversorgung zu bieten, wird UMTS in den Ballungszentren und EDGE via GSM an allen Orten angeboten. Und auch wenn eine UMTS-Zelle einmal überlastet sein sollte, sorgt EDGE beim Fallback auf 2,75G für eine reibungslose Datenkommunikation. In Frankreich haben sich alle drei grossen Anbieter (Orange, SFR und Brigs Telecom), in der Schweiz zwei von drei GSM-Anbietern diesem Modell verschrieben, darunter die Swisscom. Auch Betreiber in Polen, Italien, Ungarn, in den Niederlanden und in Schweden sowie Anbieter im asiatischen Raum, z.B. in Indien und Hong Kong, bieten EDGE zur Datenkommunikation in GSM-Netzen an. In den U.S.A. betreibt AT&T EDGE in ihrem GSM1900-Netz. Allerdings sind Investitionen für die notwendigen Software-Updates in den GSM-Basisstationen (BTS) und für zusätzliche Hardware an den Sendestandorten nötig. Weitere Anpassungen sind im GSM Core Network notwendig, nicht jedoch an den Antennen selbst.

Weiterführende Infos unter: <http://www.3gpp.org/article/gprs-edge>

### **2.3 Evolution der mobilen Datenkommunikation in UMTS-Netzen**

Die technische Entwicklung der mobilen Kommunikation geht rasant weiter. Nichtsdestoweniger verlief 2004 die Einführung von **UMTS** als dritte Mobilfunk-Generation (**3G**) zumindest auf dem Schweizer Markt vergleichsweise unspektakulär. Erstmals wurde gleich zu Beginn die Möglichkeit zur mobilen Datenkommunikation betont – ein Novum. Zudem entstand eine neue Endgerätekategorie in Form von Netzkarten, die einfach in den PCMCIA-Schacht des Notebooks gesteckt wurden. Derart ausgerüstet konnte das Notebook über GSM/GPRS, UMTS oder WLANs Daten austauschen. Swisscom versetzte den Notebook-Eigner zudem mit der Mobile Unlimited<sup>®</sup> Software in die Lage, dank „seamless handover“ netzübergreifend ohne Unterbrechung zu kommunizieren – bis dato ein absolutes Novum und ein echter Wettbewerbsvorteil. Anfangs ermöglichte UMTS Geschwindigkeiten von bis zu 384 kbit/s. Die im Standard proklamierten 2 Mbit/s waren in der Praxis nur unter Hot-Spot-ähnlichen Verhältnissen möglich: nur wenige Nutzer in der Zelle, hohe Signalqualität ohne Funkloch und keine Bewegung des Nutzers. Gleichwohl stellte UMTS gerade in der mobilen Datenübertragung einen Quantensprung gegenüber GSM dar.

*(Weiter auf Seite 7.)*

**Spotlight: Vergleich der Übertragungsverfahren in GSM- und UMTS-Netzen**

Um eine gegenseitige Störung der verschiedenen Mobilfunkgeräte in einem Netz auszuschliessen, gibt es unterschiedliche Verfahren. Das einfachste Prinzip wird beim analogen Radio verwendet, bei dem alle Sender auf verschiedenen Frequenzen arbeiten. Zum Hören eines bestimmten Senders wählt der Empfänger einfach die jeweilige Empfangsfrequenz (Frequenzmultiplex). Der Nachteil dieses Verfahrens liegt auf der Hand: jede mögliche Frequenz benötigt einen eigenen Sender. Weil dieses Verfahren für den Mobilfunk zu aufwändig wäre, wird bei GSM vorwiegend das Zeitmultiplexverfahren verwendet (engl. TDMA, Time Division Multiple Access). Bei TDMA senden auf einer Frequenz verschiedene Geräte nacheinander, wobei jedes Gerät für seine Daten- oder Sprachübertragung jeweils nur einen bestimmten kurzen Zeitschlitz zur Verfügung hat. Ein Kanal umfasst mehrere Zeitschlitze, auf denen alle Geräte nacheinander kommunizieren können.

Im Gegensatz dazu basiert UMTS in Europa auf dem WCDMA-Verfahren (Wideband Code Division Multiple Access). Hier werden alle Daten innerhalb einer Funkzelle auf derselben Frequenz und zum gleichen Zeitpunkt übertragen. Die Trennung der Informationsströme erfolgt über verschiedene Übertragungs-codes, die zwischen Sender und Empfänger ausgehandelt werden. Bewegt sich ein Teilnehmer zum Zellenrand hin, wird der Signalleistungsverlust mit einer Erhöhung der Sendeleistung ausgeglichen. Allerdings steht bei UMTS pro Zelle nur eine maximal zulässige Summe für die Sendeleistung zur Verfügung, die nicht überschritten werden darf (und die im Übrigen von Land zu Land verschieden begrenzt wird). Somit kann die Erhöhung der Sendeleistung für einen Teilnehmer mit einer Absenkung der Sendeleistung für andere Teilnehmer einhergehen. Bei Verkehrsüberlast innerhalb einer Zelle wehrt sich die UMTS-Zelle gegen weitere Versuche, Verkehr in ihr zu erzeugen, indem sie ihren Zellradius verkleinert (so genanntes „Zellatmen“). Die überschüssige Verkehrslast wird auf diese Weise an benachbarte Zellen abgegeben. Sind keine vorhanden oder überlastet, erfolgt der Handover zu GSM. Die Teilnehmer teilen sich auf diese Weise die zur Verfügung stehende Bandbreite der Funkzelle dynamisch und automatisch angepasst. Dies erhöht die Übertragungsgeschwindigkeit und die Netzeffizienz.

Ein weiterer wichtiger Unterschied zwischen GSM und UMTS liegt in der Bandbreite der genutzten Frequenzen. Sie beträgt in 2G-Netzen 200 kHz, bei 3G hingegen 5 MHz. Auf diese Weise werden schnelle Datenübertragungsraten bei UMTS erst möglich, die anfangs bis zu 2 Mbit/s betragen. Heute sind dank HSPA noch höhere Bandbreiten möglich. Die Netzbetreiber nennen derzeit Bandbreiten von bis zu 14,4 Mbit/s im Downlink und 1,4 Mbit/s im Uplink (alle Angaben Bruttobitraten). Noch schnellere Geschwindigkeiten als mit HSPA werden mit HSPA+ realisiert.

(Fortsetzung von Seite 5.)

### Weiterentwicklung von UMTS 3G zu 3,5G

Nicht nur Net- oder Notebooks, sondern auch die Smartphones haben einen wahren Bandbreitenboom ausgelöst – spätestens mit der Einführung des iPhones. Dessen Eigner wollen auch unterwegs stets informiert sein, was auf Facebook so läuft. Daneben sorgen Smartphones z.B. von Samsung, HTC, Sony Ericsson oder Nokia für eine ständige Verbindung des Aussendienstmitarbeiters oder Service Technikers zur Datenbasis seiner Firma. Kurze Entscheidungen können schneller gefällt, Bestellungen schneller ausgelöst werden. Ein Pionier in diesem Gebiet war die kanadische Firma Research in Motion (RIM) mit ihrem Blackberry, dem Wegbereiter der Business-Smartphones. Diese sind durch die ständige Weiterentwicklung bis heute „state-of-the-art“, besonders betreffend Integration in die Unternehmens-IT, Sicherheit und Effizienz der Datenkommunikation.



(© Samsung und HTC)

### Android-Handys mit Touchscreen: Samsung Galaxy S (links) und HTC Desire als iPhone-Alternative

Um dem weiter steigenden Bandbreitenbedarf zu entsprechen, sind einerseits neue Standards für eine noch schnellere Datenübertragung erforderlich. Andererseits sind gezielte Netzausbauten abhängig vom lokalen Bedarf unumgänglich. Neben den Endgeräten findet auch bei den Netzstandards eine laufende Weiterentwicklung und Verfeinerung statt. Während bei UMTS 3G noch QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) verwendet wurde, kommt bei der UMTS-Generation **3,5G** ein leistungsfähigeres Modulationsverfahren mit dem Namen 16 QAM (Quadratur Amplituden Modulation) zur Anwendung. Hier hat sich der Oberbegriff **HSPA** (High Speed Packet Access) etabliert, der aus zwei Bereichen besteht: HSDPA (High Speed Downlink Packet Access) für den Download von Daten auf das Endgerät und HSUPA (High Speed Uplink Packet Access) für den Upload von Daten in Richtung Netz (z.B. auf einen Server). Dazu wurden neuartige Codierungen entwickelt, etwa 16 QAM für HSDPA. Während das konventionelle UMTS einen Code pro Funkanal anwendet, werden bei 16 QAM die Übertragungs-codes als gemeinsame Ressource dynamisch genutzt. Der vom Gremium 3GPP (Third Generation Partnership Project) entwickelte UMTS-Standard WCDMA 3GPP Release 5 sieht dazu eine Spreizung des Übertragungs-codes vor, womit abhängig vom so genannten Spreizfaktor bis zu 15 Codes zur Verfügung stehen (siehe Tabelle 1).



Modulation	Inter Transmission Time Interval (TTI)	Durchsatz mit 5 Codes	Durchsatz mit 10 Codes	Durchsatz mit 15 Codes
QPSK	1	1,8 Mbit/s (Cat.12)		
QPSK	2	0,9 Mbit/s (Cat.11)		
QPSK / 16QAM	1	3,6 Mbit/s (Cat.5 & 6)	7,2 Mbit/s (Cat.7 & 8)	14,4 Mbit/s (Cat.9 & 10)
QPSK / 16QAM	2	1,8 Mbit/s (Cat.3 & 4)		
QPSK / 16QAM	3	1,2 Mbit/s (Cat.1 & 2)		

**Tabelle 1: Maximale Datenraten für HSDPA-Endgerätekategorien** (Quelle: 3GPP)

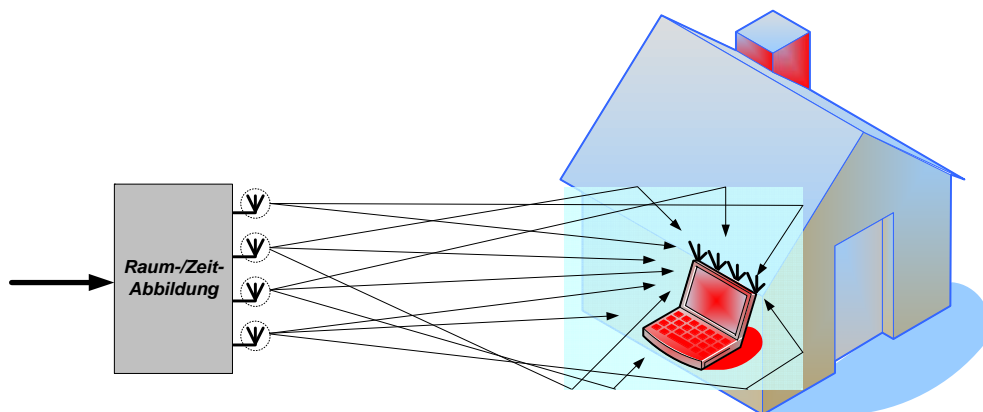
Die Zuteilung der Codes erfolgt dynamisch in einem Intervall von 2 ms, d.h. 500 Mal pro Sekunde (!!!). Diesen Vorgang muss man sich wie einen **Codemultiplex** abhängig von der Zeit vorstellen. Mehrere Nutzer können nacheinander unter Verwendung des gleichen Codes den gleichen Kanal benutzen. Ein Teilnehmer kann damit sogar mehrere Codes für seine Übertragung gleichzeitig verwenden, wovon die erzielbare Übertragungsgeschwindigkeit erheblich profitiert. Die in der Tabelle gezeigten Bitraten sind allerdings theoretische Werte, liegen in der Praxis aber dennoch höher als es heute bei UMTS der Fall ist. Warum das so ist, liegt an der Charakteristik der TCP/IP-Netze (Transmission Control Protocol/Internet Protocol), die mobilen Datenverbindungen eigentlich im Wege steht. Die meisten IP-basierten Datendienste benutzen für die Flusskontrolle der Datenpakete TCP. Dieses Protokoll wurde jedoch primär für Festnetz-basierte Datenverbindungen konzipiert und nicht für Mobilfunkverbindungen mit schwankender Bandbreite. Da es bei Festnetz-Verbindungen kaum gravierende Kanalschwankungen gibt, geht die Flusskontrolle von TCP davon aus, dass der Kanal eine annähernd gleichbleibende Qualität während einer Übertragung aufweist. Kommt es bei einer mobilen Datenübertragung zu Kanalschwankungen, regelt TCP die Menge der gesendeten Datenpakete und somit auch Bandbreite entsprechend zurück, um den Kanalbedingungen gerecht zu werden. Verbessert sich nun die Kanalqualität wieder, regelt TCP die Datenmenge nur sehr langsam wieder herauf. Da es in Mobilfunknetzen z.B. durch Fading-Effekte zu Kanaleinbrüchen kommen kann, wurde die im ersten UMTS-Release versprochene maximale Datengeschwindigkeit von 384kbit/s kaum erreicht. Ein Kanaleinbruch bedingt, dass der Empfänger ein Datenpaket fehlerhaft empfängt, sodass es ein zweites Mal übertragen werden muss. Durch den Gebrauch von TCP in Mobilfunknetzen entstehen somit – je nach Anwendung störende – durchschnittliche Latenzzeiten von 200ms bis 300ms bei UMTS und sogar 700 ms bei GPRS. Dank neuer Mechanismen, mit denen HSDPA auf schwankende Funkkanäle reagieren kann, verringert sich die Latenzzeit bei einem HSDPA-Funkkanal erheblich. Sie liegt in etwa nur noch bei 100 ms, was eine enorme Verbesserung ist. Neuester Evolutionsschritt stellt an einigen Standorten **HSPA+** (auch „HSPA Evolution“ genannt) dar, das im Downlink bis zu 21 respektive 28 Mbit/s bietet. Dazu wird im Mobilfunknetz eine leistungsfähigere Software installiert, welche die höherwertige Modulationsart 64 QAM unterstützt. In den Basisstationen werden zudem neue Hardware und leistungsfähigere Antennen in MIMO-Technik eingebaut. Um die hohen Datenvolumen ins Netz abzuführen, werden ausserdem die Antennenstandorte Zug um Zug mit Glasfasern erschlossen.

Weiterführende Infos unter: <http://www.3gpp.org/RAN>

**Spotlight: Multiple Input, Multiple Output (MIMO)**

Stetig steigende Übertragungsgeschwindigkeiten bedingen nicht nur neue oder optimierte Codecs, sondern auch neue Antennentechnologien. Drahtlose Netze basierend auf MIMO operieren mit mehreren Sende- und Empfangsantennen inklusive aufwändiger digitaler Signalverarbeitung. Dadurch verbessert sich der Signal-Rausch-Abstand, was sich positiv auf den Datendurchsatz und die Netzabdeckung auswirkt. Dies ist besonders in einem so genannten „Non-line-of-sight“-Versorgungsgebiet von Bedeutung, also einer Empfangssituation ohne Sichtverbindung zwischen fester Sendeantenne und mobilem Empfänger. Bei MIMO wird die gleiche Information über verschiedene Antennen parallel ausgesendet und empfangen. So kann der Datendurchsatz ohne neue Funklizenzen erhöht werden.

Das technische Grundprinzip von MIMO kommt bereits seit Jahren bei WLANs zum Einsatz. Dabei nutzt der Raummultiplex die räumlich statistischen Eigenschaften eines Funkkanals mehrfach aus. Dies allein erhöht die Gesamtsendeleistung nicht zwingend. Jedoch wird die Übertragung ständig neu an die wechselnden Eigenschaften des Kanals angepasst. Alle Schichten des Kommunikationssystems müssen eine hohe Flexibilität ausweisen. Eine grosse Herausforderung besteht etwa darin, komplexe Sende- und Empfangssysteme für Mehrantennensysteme so in der verfügbaren Hardware zu implementieren, dass diese unter Echtzeitbedingungen einwandfrei laufen. Die dazu erforderliche hohe Rechenleistung bedingt heute grosse Akkuleistungen im Endgerät.



**Funktionsprinzip von MIMO (Multiple Input, Multiple Output) (© R. Sellin)**

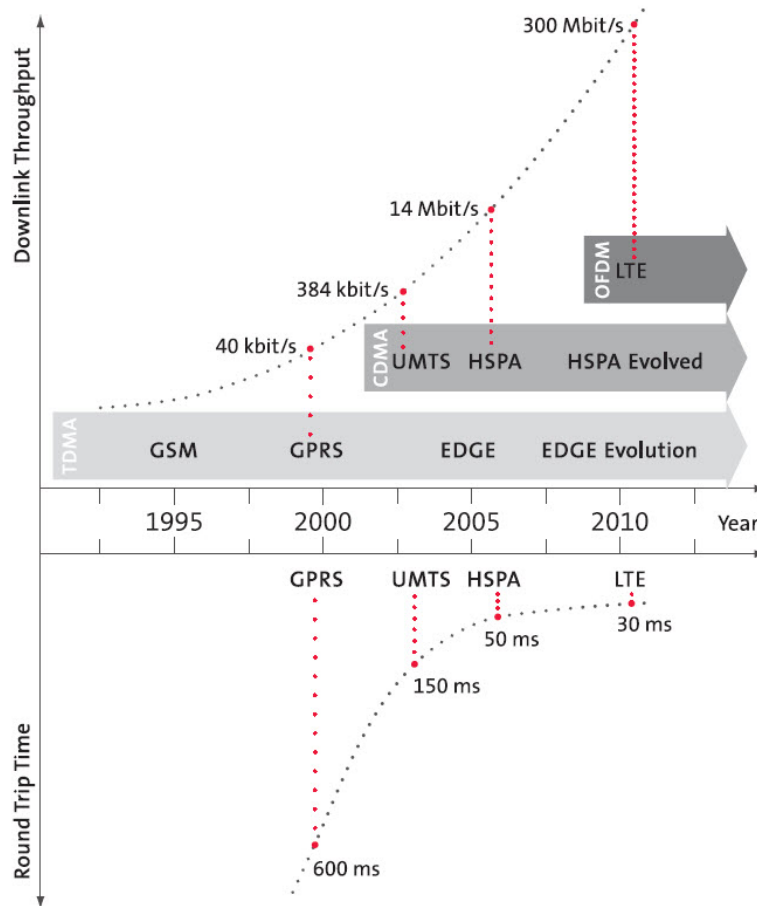
Das volle Potential von Mehrantennensystemen entfaltet sich dann, wenn ein optimiertes Gesamtsystem mit mehreren Teilnehmern zum Einsatz kommt. Der Schlüssel dazu ist eine intelligente Ressourcenvergabe zur Vergrößerung der Gesamtsystemkapazität – immer unter Beibehaltung der Gesamtsendeleistung. Seit 2006 sind hier bedeutende Fortschritte erzielt worden, etwa am Fraunhofer Institut für Nachrichtentechnik in Berlin ([www.hhi.fraunhofer.de](http://www.hhi.fraunhofer.de)) in Zusammenarbeit mit Alcatel-Lucent, Ericsson, Nokia Siemens Networks und anderen Telekomlieferanten.

## 2.4 Die vierte Generation vor der Einführung: LTE

Prinzipiell stehen für **4G** zwei Technologien zur Verfügung: WiMAX und Long Term Evolution (LTE). Die Funklizenzen für WiMAX wurden in der Schweiz zwar versteigert, jedoch an das BAKOM zurückgegeben, da kein kommerzielles Netz aufgebaut wurde. Diese 4G-Technologie ist zu bestehenden Mobilfunknetzen inkompatibel, was einen kostenintensiven Netzaufbau bedingt hätte. In Deutschland wurden ab 2007 zwar einzelne WiMAX-Netze aufgebaut, dies jedoch nur in wenigen Städten und Regionen. Die erzielten Bandbreiten liegen weit unter 1 Mbit/s und taugen kaum als DSL-Ersatz, wie anfangs behauptet. Auch bei den Ausrüstern geht das Interesse an WiMAX zurück. Der weltweit grösste Datennetzwerklieferant Cisco gab im März 2010 bekannt, keine WiMAX-Basisstationen mehr zu entwickeln. Stattdessen werden in der Schweiz der UMTS-Ausbau und der LTE-Aufbau gezielt vorangetrieben. Beide Technologien teilen die zur Verfügung stehende Bandbreite unter den Benutzern einer Funkzelle sehr effizient auf. Die vorhandene UMTS-Infrastruktur wurde schon bisher über HW- und SW-Erweiterungen ständig weiterentwickelt und dadurch immer leistungsfähiger, etwa bei der Einführung von HSPA in UMTS-Netzen. Bei HSPA+ mit 21 Mbit/s reicht im ersten Schritt ein SW-Upgrade. Bei 28 Mbit/s hingegen ist neben neuer SW auch eine neue HW erforderlich. Dabei kommt MIMO zum Einsatz, eine hoch entwickelte Mehrantennentechnik (siehe Textkasten oben), die sich bereits in WLANs bewährt hat. MIMO verbessert die Empfangsqualität, erhöht den Datendurchsatz und verringert gleichzeitig die Latenz. Es wird auch bei LTE eingesetzt werden.

Das weltweite Interesse an **LTE** als 4G-Technologie steigt und entsprechende Frequenzen werden in nächster Zeit versteigert. Der Übergang von 3G zu 4G wird flussend vollzogen und bringt weitere Verbesserungen bei der mobilen Internet-Nutzung. LTE nutzt eine neue Access-Technologie (Orthogonal Frequency Division Multiplex Access, kurz OFDMA) mit einer neuen Netzarchitektur, unter anderem mit neuen Basisstationen und einem neuen Kernnetz (Core Network). Wo immer möglich werden LTE-Netze auf Basis bestehender Senderstandorte aufgebaut. LTE wird zurzeit in Feldversuchen getestet. Dessen kommerzielle Einführung in der Schweiz ab 2012 erwartet. Nach der Frequenzversteigerung im Laufe von 2011 wird die Einführung wie bereits bei UMTS schrittweise erfolgen, zunächst insbesondere an stark frequentierten Orten mit hohem Datenvolumen. Theoretisch (d.h. unter Laborbedingungen) sind bis zu 300 Mbit/s im Download und 75 Mbit/s im Upload möglich. In der ersten Ausbauphase rechnet man unter idealen Bedingungen etwa mit bis zu 150 Mbit/s im Download und 50 Mbit/s im Upload. In den ersten kommerziell betriebenen LTE-Netzen in Stockholm und Oslo werden diese Werte mit tiefer Verkehrslast als Bruttobitratens bereits erreicht.

Im nördlichen Nachbarland Deutschland wurden die LTE-Frequenzen im Frühjahr 2010 versteigert. Die Markteinführung wird für Ende 2010/Anfang 2011 erwartet, wobei als Anwendungen die mobile Datenübertragung klar im Vordergrund steht. Vor allem Anwendungen wie Video-Streaming in HD-Qualität, Videokonferenzen und Netzwerkspiele profitieren vom höheren Durchsatz und den geringeren Latenzzeiten. Im Gegensatz zu GSM und UMTS wird LTE keine Sprachkanäle bereitstellen. Ausnahmen bilden VoIP-Anwendungen wie Skype, für die LTE zwar durchaus geeignet sein wird, die aber keinesfalls im Vordergrund stehen werden. Aus diesem Grund werden die ersten 4G-Handys als Hybrid-Modelle gefertigt, die für Telefonate zusätzlich einen UMTS- und/oder einen GSM-Chip besitzen. Mit LTE-Handys ist allerdings kaum vor 2011 zu rechnen. Klarer Schwerpunkt der LTE-Endgeräte werden daher USB-Sticks („Surf-Sticks“) bilden, welche den Net- und Notebooks eine schnelle Datenverbindung bereitstellt.



**Technologie-Entwicklung im Bereich der mobilen Breitbandkommunikation** (© Ericsson)

So kommt die Idee hinter 4G der Realität ein gutes Stück näher – mobiles Breitband-Internet mit hohen Bandbreiten. Durch die verbesserte Antennentechnik bei LTE sollen sich der Notebook- und später der Smartphone-Betrieb gegenüber 3G-Netze während der Fahrt weiter verbessern. Damit wird xDSL zwar nicht überflüssig, jedoch können dank LTE auch in abgelegenen Landesteilen attraktive Serviceangebote entstehen – ähnlich wie heute bei UMTS. Dabei ist es durchaus denkbar, dass mit LTE verbundene WLAN-Router diese Haushalte mit Breitbandinternetdiensten versorgen. Dabei sind die Router per Funk mit der LTE-Basisstation verbunden und verteilen die Daten per WLAN oder Netzwerkkabel im Haus. Natürlich könnte man sich auch pro PC einen Surfstick anschaffen. Wie UMTS dringt auch LTE nicht optimal zu den Endgeräten in Gebäuden durch, sodass LTE-Router (womöglich mit Aussenantenne) die bessere Möglichkeit darstellen.

Weiterführende Infos unter:

<http://www.3gpp.org/LTE>

<http://www.ltemobile.de/lte-technik/sprachuebertragung-im-lte-netz>

## 2.5 Geplante Weiterentwicklung: LTE Advanced

Bereits heute wird in der Standardisierung an der Weiterentwicklung von LTE gearbeitet, genannt „LTE Advanced“. Hier sollen noch weniger Interferenzen auftreten und somit die Funkkanäle noch besser ausgenutzt werden. Bei LTE Advanced sollen die Basisstationen wesentlich enger zusammen arbeiten, in dem beispielsweise Informationen über Nutz- und Störsignale ausgetauscht werden. Damit werden Störsignale besser isoliert und unterdrückt, was eine bessere spektrale Effizienz erlaubt. (Damit ist die Anzahl der Bits pro Sekunde gemeint, die pro genutztes Hertz übertragen werden kann.) Darüber hinaus können Nutzsignale, die durch Mehrwege-Ausbreitung mit zeitlichem Versatz bei den Basisstationen ankommen, mit der neuen Technik besser wieder addiert werden. Dadurch wird ein besserer Signal-Rausch-Abstand erzielt, statt nur (wie bisher) die verzögert eintreffenden Signale einfach zu unterdrücken.

Auch bei den Netzarchitekturen werden neue Wege beschritten. In GSM- und auch bei UMTS-Netzen war bisher stets eine übergeordnete „Master-Basisstation“ für die Aussendung von Daten verantwortlich – eine BSC (Base Station Controller) bei den GSM- und ein RNC (Radio Network Controller) bei UMTS-Netzen. Bei Ausfall dieser Instanz oder Störungen daran sind im Fehlerfall jeweils alle daran angeschlossenen Basisstationen ebenfalls betroffen. Bei LTE Advanced wandert intelligente Technik zunehmend in jede einzelne Basisstation, die untereinander zudem verstärkt vernetzt sind. Dadurch wird das gesamte Mobilfunknetz weniger fehleranfällig und sorgt für effizientere Datenübertragung. Als Ziel wurden 500 Mbit/s im Upload erreichen und 1 Gbit/s im Download definiert (maximale Übertragungsrate unter idealen Bedingungen).

Weiterführende Infos unter:

<http://www.3gpp.org/LTE-Advanced>

## 2.6 Ergänzung zu 3G/4G: IP Multimedia Subsystem (IMS)

Bis vor wenigen Jahren wurde es kaum für möglich gehalten, dass IP seine Rolle als universelles Transportprotokoll einnehmen könnte. Dank zahlreicher funktionaler Erweiterungen überträgt IP sogar hoch aufgelöste Bewegtbilder, wie es z.B. Swisscom TV beweist. Jedoch erfordert die Verwendung von IP als Brücke zwischen Fest- und Mobilfunknetzen eine weiterentwickelte Steuerung aller angebotenen Dienste. Hier kommt das IP Multimedia Subsystem (IMS) ins Spiel, das ebenfalls durch das Gremium 3GPP definiert wurde. IMS steht für eine NGN-Architektur (Next Generation Networks) und ermöglicht das Betreiben von Multimedia-Diensten auf bestehenden und künftigen Fest- und Mobilfunknetzen. IMS unterstützt die Konvergenz von Daten, Sprache und diversen Netzzugangstechnologien über eine einzige, IP-basierte Infrastruktur. Es soll die Lücke zwischen der traditionellen Telekommunikations- und der Internet-Technologie schliessen. Dank IMS können öffentliche Netzbetreiber neuartige, innovative und einfach zu nutzende Dienste anbieten, welche deren Kunden über nur ein Endgerät nutzen können.

Ein wichtiges Ziel von IMS ist die Tatsache, dass identische Dienste über verschiedene Zugänge angeboten werden. Dabei spielt es keine Rolle, über welches Netz der Benutzer (fix, mobil) oder von welchem Ort (Inland, Ausland) auf die IMS-Serviceplattform zugreift. Für Voice over IP (VoIP) wird zum Beispiel die durch 3GPP standardisierte Implementierung vom Session Initiation Protocol (SIP) genutzt. SIP ist ein Signalisierungsprotokoll für Aufbau, Modifizierung und Beendigung von Verbindungen zwischen Mensch und Maschine oder zwischen mehreren Menschen. Diese Verbindungen können für Telefonanrufe und

Multimedia-Konferenzen oder zur Verteilung von Multimedia-Diensten genutzt werden. Die Kommunikation kann dabei aus einzelnen Komponenten (Sprache, Text, Bilder, Video) oder aus einer Kombination dieser Teile bestehen. Diese Möglichkeit lässt eine Individualisierung der Dienste zu, wobei die Sicherheit der Kommunikation vollumfänglich gewährleistet ist. Bestehende Telefonsysteme, gleich ob paket- oder leitungsvermittelt, werden dabei voll unterstützt.

Auch in der Schweiz tut sich einiges in Richtung IMS. So hat die Ericsson AG in Bern mit dem Fraunhofer-Institut FOKUS in Berlin eine Partnerschaft für IMS vereinbart. Beide Partner haben ihre jeweiligen IMS-Umgebungen gekoppelt und testen neue IMS-Anwendungen. Fraunhofer FOKUS unterstützt die Ericsson AG bei der Durchführung von Entwickler- und Kundenforen. Ihr wurde exklusiv die Facebook-Anwendung von Fraunhofer FOKUS zur Verfügung gestellt. Hier wird die Telekommunikationswelt auf Basis von IMS in die Web-Welt integriert. Ziel der Kooperation ist die Förderung einer schnelleren Einführung von IMS-Anwendungen in den Massenmarkt. Auch Prototypen von universellen Endgeräten wie „Berta“ werden in Bern getestet. Ericsson als Anbieter kommerzieller IMS Ende-zu-Ende-Systeme und das Fraunhofer-Institut FOKUS als eines der führenden Forschungs- und Entwicklungszentren für NGNs ergänzen sich dabei. Beide Partner verfügen bereits über IMS-Testumgebungen für NGNs, auf denen Netzbetreiber und Entwickler Anwendungen wie Web 2.0 und IPTV testen können.



**Prototyp eines universellen multimedialen Endgerätes mit Anbindung an schnelle Netzwerke**

(Prototyp „BERTA“ © Ericsson)

Die grössten Chancen hat IMS im Bereich öffentlicher Netze. Es ist hier eine wichtige Ergänzung zu UMTS und LTE und ermöglicht neue konvergente Dienste nicht nur auf schnellen Festnetzanschlüssen, sondern auch auf schnellen Mobilnetzen. Ein gewichtiger Grund für die IMS-Einführung liegt in der Bereitstellung einer besseren Methode zur Abrechnung von Multimediadiensten. So kann der Abruf einzelner angebotener Produkte individuell oder pauschal mit einer Flatrate tarifiert werden. Neue Dienste innerhalb verschiedener Netzbetreiber scheiterten bisher oft an fehlenden Abrechnungsmechanismen. In der Schweiz hat Ericsson eine IMS-Lösung an Swisscom geliefert. Die Schweden stellen das IMS-Kernnetz, unterstützende Systeme, Anwendungsserver und weitere Dienstleistungen (Netzintegration etc.) bereit. Für Swisscom ist IMS ein wichtiger Baustein bei der Migration der heutigen Fest- und Mobilfunknetze zu All-IP-Netzen. Durch den schrittweisen Wegfall proprietärer Plattformen sinken die Betriebskosten. Neue Multimediaangebote lassen sich einfacher und preiswerter entwickeln und verschmelzen. Mit Hilfe von IP-basierten Plattformen wie IMS werden Festnetz-Telefonie, Fernsehen, Internet und Mobilfunklösungen zu integrierten Kommunikations- und Multimedia-Anwendungen vereint. So dient künftig beispielsweise nur noch ein einziges Adressbuch bei der Nutzung von Handy, Festnetz-Telefon, TV oder Computer. TV-Sendungen lassen sich auf Wunsch direkt auf das Handy eines Kollegen übermitteln, ohne dass dieser erst umständlich danach suchen müsste.

Swisscom hat als einer der ersten europäischen Telekomanbieter mit der schrittweisen Umstellung auf IMS begonnen. Ein darauf aufgebauter, rein IP-basierter Internet- und Voice-over-IP-Anschluss (VoIP) wurde von Juli 2008 bis April 2009 von rund 1000 Swisscom-Mitarbeitern und -Kunden getestet. Daraus gewann Swisscom wichtige Erkenntnisse, die in neue Produkte, Prozesse sowie in Service- und Supportleistungen einfließen. Auf diese Weise sollen bestmögliche Telekommunikations- und Multimedia-Services in gewohnter Qualität, Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit im Angebot erscheinen. Seit 11. Mai 2009 bietet Swisscom mit Infinity plus zunächst Testkunden, dann Infinity Neukunden das erste IP-basierte Produktbündel an. Infinity plus ist die VoIP-Variante des bestehenden Angebots Infinity mit schnellem Internetanschluss (bis zu 20 Mbit/s) und Gratis-Telefonie ins Schweizer Festnetz. Die Kundenanschlüsse werden mit Infinity plus für künftige integrierte Zusatzdienste vorbereitet, die erst auf reinen IP-Netzen möglich sein werden. Als nächstes werden kleine und mittlere Unternehmen (KMUs) und schliesslich Grosskunden von Swisscom in den Genuss von IMS kommen.

### **3 Wireless Local Area Networks (WLAN)**

Streng genommen zählen die IEEE-Standards (Institute of Electrical and Electronics Engineers) der Serie 802.11x ebenfalls zur mobilen Kommunikation. Diese umfangreiche Serie enthält die technischen Spezifikationen für unterschiedliche Wireless Local Area Networks (WLAN). Deren Wurzeln gehen in die Mitte der 1990er Jahre zurück. Beflügelt durch den Erfolg des Ethernets (IEEE 802.3) und der Mobilkommunikation in öffentlichen Netzen kam man beim IEEE auf die Idee, auch der Ethernet-Schnittstelle Mobilität zu verleihen. Der erste Standard aus der 802.11x-Familie wurde bereits 1997 veröffentlicht. Nach der 802.11b folgten in den Folgejahren 802.11a, g und h. Weitere 802.11x-Standards werden laufend entwickelt, so auch die noch junge 802.11n. Eingaben ans IEEE haben stets dann die besten Chancen, wenn sie von einer möglichst grossen Gruppe spezifiziert und eingereicht werden. Zum Thema 802.11n haben sich insgesamt 27 Unternehmen aus dem Bereich WLAN im Enhanced Wireless Consortium (EWC) unter der Leitung von Intel zusammengefunden. Zu den EWC-Mitgliedern zählen unter anderem Apple, Atheros, Broadcom, Buffalo, Cisco, Conexant, D-Link, Lenovo, Linksys, Netgear, Sanyo, Sony, Ralink und Toshiba. Der erste Entwurf des Standards IEEE 802.11n (Draft 1.0) wurde im Januar 2006 verabschiedet. Danach dauerte es einige Jahre mit mehreren weiteren Entwürfen, bis der endgültige Standard im September 2009 endlich verabschiedet wurde.

Bei IEEE 802.11n handelt es sich um Weiterentwicklungen der bestehenden Standards 802.11a/b/g. Im 802.11n-Standard werden mehrere Techniken kombiniert. Hier wird das Trägersignal zwischen vier unterschiedlichen Phasen verschoben. Zudem werden die Daten in Muster kodiert, die besonders leicht voneinander und vom Rauschen zu unterscheiden sind. Die Standards 802.11a/g nutzen Techniken, die das Funkspektrum in mehrere parallele Übertragungskanäle aufteilen. Ziel ist die Vermeidung von Interferenzen zwischen benachbarten Kanälen und die Aufteilung der Datenströme auf alle Kanäle, wodurch lokale Interferenzen minimiert werden. Zur Entwicklung schnellerer Netzwerke gibt es prinzipiell zwei Möglichkeiten: Mehr oder breitere Kanäle. Der 802.11n-Standard nutzt beide Möglichkeiten und lockt mit Bitraten von bis zu 600 Mbit/s. Problematisch wirkt sich nach wie vor die Nutzung lizenzfreier Frequenzbänder aus. Dort können keine weiteren Kanäle nebeneinander in den international zugewiesenen Frequenzbändern bei 2,4 GHz und 5 GHz untergebracht werden. Daher überlagert 802.11n mehrere Kanäle auf denselben Frequenzen. Das dazu genutzte MIMO-Verfahren arbeitet mit mehreren Sendern und Empfängern mit separaten Antennen.

Hierbei werden die minimalen Unterschiede der physischen Abstände zwischen Sende- und Empfangsantenne zur Unterscheidung der Signale genutzt. Sobald das Netzwerk die Grösse dieser Unterschiede berechnet hat, kann es auf mathematischem Wege die kombinierten Signale von jedem Kanal entflechten, auch wenn sie dieselbe Frequenz nutzen. Theoretisch kann jede Kombination zweier Antennen vollständig zur Datenübertragung genutzt werden, sodass mit jeweils zwei Sende- und Empfangsantennen vier räumliche Kanäle zur Verfügung stehen. Die zweite Massnahme bei 802.11n ist die Erhöhung der Kanalbandbreite. Statt der bisher 20 MHz breiten Kanäle werden zur nochmaligen Verdoppelung des Datendurchsatzes 40 MHz genutzt. Aber ganz ausschalten lässt sich die Physik auch hier nicht: Wenn jeder einzelne Kanal doppelt so breit ist, halbiert sich in einem vorgegebenen Frequenzband die Anzahl der Kanäle. Für vorhandene Benutzer dieser Bänder gibt es dadurch viel weniger Ausweichmöglichkeiten auf andere Kanäle.

Der erste 802.11b-Standard verfügt über maximal 12 Kanäle im 2,4-GHz-Band, wobei die exakte Zahl je nach Land variiert. Der 802.11g-Standard begrenzt diese Zahl im Prinzip auf drei Kanäle (1, 6 und 12),



wobei man die Access Points in der Praxis immer noch auf einen beliebigen Kanal von 1 bis 12 einstellen kann. Durch die Erhöhung der Bandbreite auf 40 MHz werden die Kanäle so breit, dass die Gefahr von Interferenzen deutlich steigt, wenn man physisch benachbarte Sender nicht auf die Kanäle 1, 6 und 12 legt. Die zentrale Frage ist: Was passiert bei einem Wechsel zu einem Sender nach 802.11n-Standard, der ja bereits ohne den Funksalat der Vorgängersysteme eine hohe Empfindlichkeit für Interferenzen zwischen zwei Kanälen besitzt und die Signale herausrechnen muss? Zudem muss darauf hingewiesen werden, dass viele 802.11a/b/g-Geräte nicht dafür ausgelegt sind, Interferenzen von benachbarten Kanälen abzuweisen. Dies kann zu Problemen hinsichtlich der Nutzung lizenzfreier Frequenzbänder führen. Denn wer will schon die Verantwortung dafür tragen, wenn ein bisher gut funktionierendes Funknetz nach 802.11b/g Störungen zeigt, weil ein neuer Nachbar das Band völlig regelkonform nach 802.11n ebenfalls nutzt. Auf der anderen Seite sorgt die MIMO-Technik nach Angaben erster 802.11n-Nutzer mit intelligenter Ausnutzung mehrerer empfangener Antennensignale für eine bessere Funkausbreitung und -versorgung.

Weiterführende Infos unter:

<http://www.ieee802.org/11/>



Überblick zu den IEEE-Standards und -Entwürfen der Serie 802.11x (© R. Sellin)

#### 4 Glossar

<b>3GPP</b>	Third Generation Partnership Project
<b>CSD</b>	Circuit Switched Data
<b>EDGE</b>	Enhanced Data Rates for the GSM Evolution
<b>GPRS</b>	General Packet Radio Service
<b>GSM</b>	Global System for Mobile Communications
<b>HSCSD</b>	High Speed Circuit Switched Data
<b>HSDPA</b>	High Speed Downlink Packet Access
<b>HSPA</b>	High Speed Packet Access
<b>HSUPA</b>	High Speed Uplink Packet Access
<b>IEEE</b>	Institute of Electrical and Electronics Engineers
<b>IMS</b>	IP Multimedia Subsystem
<b>IP</b>	Internet Protocol
<b>LTE</b>	Long Term Evolution
<b>MIMO</b>	Multiple Input, Multiple Output
<b>MVA</b>	Mobile VPN Access
<b>QAM</b>	Quadrature Access Modulation
<b>QPSK</b>	Quadrature Phase Shift Keying
<b>SIM</b>	Subscriber Identity Module
<b>SIP</b>	Session Initiation Protocol
<b>UDM</b>	Unlimited Data Manager
<b>UMTS</b>	Universal Mobile Telecommunications System
<b>VPN</b>	Virtual Private Network
<b>WLAN</b>	Wireless Local Area Network
<b>WiMAX</b>	Worldwide Interoperability for Microwave Access