



Femtozellen – UMTS-Funknetze des kleinen Mannes

Das mobile Telefonieren ist längst zur selbstverständlichen Realität im Kommunikationsalltag geworden. Das gilt zunehmend auch in der Wohnung, wo meist ein Festnetztelefon zur Verfügung steht. Auf der Grundlage von UMTS (Universal Mobile Telecommunications System), dem Mobilfunkstandard der dritten Generation (3G), stehen jetzt Übertragungsraten von 384 KBit/s bis 7,2 MBit/s zur Verfügung, wodurch sich diese Technik für weit mehr als Telefonieren eignet. Im Zeitalter von YouTube, Multimedia Messaging Service (MMS), mobiler Nutzung von Internet- und E-Mail-Anwendungen usw. ist das Mobiltelefon (im Deutschen eigentlich unpassend „Handy“ genannt) zum überall nutzbaren Kommunikations-Allrounder mutiert. Überall? Die Praxis sieht leider etwas anders aus. Schwache oder gar nicht versorgte Gebiete auf der Mobilfunklandkarte (Funklöcher) sowie Kapazitätsengpässe dort, wo das Funknetz zur Verfügung steht (Abbildung 1), reißen den geneigten Anwender oft aus seinem Traum von der allgegenwärtigen Nutzung der neuen Fähigkeiten seines Handys.

Welche Möglichkeiten hat ein Mobilfunk-Netzbetreiber, eine bessere Netzabdeckung zu erreichen und Kapazitätsengpässe zu beseitigen? Auf den ersten Blick scheinen neue Funktürme das Problem zu lösen. Bei näherem Hinschauen erkennt man die Problematik dieses Ansatzes. Öffentlicher Widerstand gegen eine „Verschandelung“ der Landschaft, die weitverbreitete Furcht vor den Folgen einer zunehmenden Belastung durch elektromagnetische Strahlung (Elektrosmog) und nicht zuletzt die überproportional hohen Kosten haben die Ingenieure nach Alternativen zum immer feiner segmentierten lückenlosen Makrofunkzellenkonzept suchen lassen. Mit der Femtozellentechnologie wurde nun ein Ausweg aus dem Dilemma gefunden (Abbildung 2).

Eine Definition des Femto-Forums (www.femtoforum.org), einer Förderorganisation für die Femtozellentechnologie und ihre Anwendungen, ist an Prägnanz kaum zu überbie-

ten: „Femtozellen sind Funkzugangsknoten mit niedriger Sendeleistung (low-power wireless access points), die in einem lizenzierten Frequenzspektrum arbeiten, um herkömmliche Mobilfunkgeräte mit dem Netz eines Mobilfunkbetreibers unter Nutzung häuslicher DSL- oder Breitbandkabelanschlüsse zu verbinden.“

Klein, kleiner, am kleinsten

Die aus dem Griechischen stammenden Vorsilben Milli (10^{-3}), Mikro (10^{-6}), Nano (10^{-9}), Pico (10^{-12}) und Femto (10^{-15}) beschreiben einen immer kleineren Bruchteil der darauf folgenden Größe. So ist die Femtozelle als eine winzige UMTS-Funkzelle zu verstehen, die den häuslichen Bereich des Mobilfunknutzers abdeckt und über eine Festnetzleitung (üblicherweise der private DSL-Internet-Zugang) mit dem Kernnetz (Core Network) des Funknetzbetreibers verbunden wird.

Ein Mobiltelefon der dritten Generation nimmt seinem Besitzer dabei alle Arbeit ab: Automatisch erkennt es die Gegenwart der Femtozelle, bucht sich ein und stellt seine Funktionalität zur Verfügung. Lediglich der Übertragungsweg hat sich geändert. Er verläuft jetzt nicht mehr über die Funktürme des Netzbetreibers, sondern über den Femtonetz-Access-Point (Funkmodem) und den DSL-Internet-Anschluss des Anwenders (Abbildung 3). Damit wird das UMTS-Funknetz entlastet, und auch an bisher nicht nutzbaren Standorten ohne UMTS-Konnektivität lassen sich ein Mobiltelefon und andere mobile Endgeräte einsetzen.

Komplexe Technik

Ein grobes Blockschaltbild eines UMTS-Netzes ist in Abbildung 4 dargestellt. Die in der Ellipse zusammengefasste UTRAN-Funktionalität (UMTS Radio Access Network: UMTS Funk-Zugangnetz) ist in einem Femto-Funkmodem (genauer: dem fBSR – Femto Base Station Router) von der Größe einer WLAN- oder DECT-Basisstation integriert. Das lässt

die Komplexität des privaten Mini-Mobilfunknetzes erahnen. Der Anwender wird davon freilich nichts merken. Er nutzt sein mobiles Endgerät wie bisher, nur eben, dass dieses im Indoor-Betrieb nicht mehr über eine Funk-Makrozelle, sondern via DSL-Anschluss mit seinem Provider verbunden ist. Man unterscheidet zwei Femto-Betriebsmodi. Der Public Mode lässt das Einbuchen von jedermann zu. Damit sind Szenarien ähnlich einem WLAN-Hot-Spot möglich. Die Femtozelle wird so zum Teil des öffentlichen UMTS-Netzes. Im Private Mode ist der Femtozellenzugang nur für autorisierte Nutzer, die in einer Zugangskontrollliste eingetragen sein müssen, gestattet.

Einfache Anwendung

Damit sich Femtozellen im großen Maßstab durchsetzen, ist Plug-and-Play-Funktionalität notwendig. Der fBSR muss sich automatisch beim Netzprovider anmelden und eine Vielzahl von Informationen selbsttätig sammeln: Sende- und Empfangsfrequenzen, Nachbarzellen, Sendepiegel, Zell-Identität, Zugangskontrollliste, Qualitätsvorgaben usw. Zur Anpassung an Veränderungen im umgebenden Zellulernetz muss im Betrieb eine periodische Optimierung der Betriebsgrößen stattfinden. Durch eine solche dynamische Parametrisierung stellt sich der fBSR auf Veränderungen in seinem Funkfeld ein, wie sie ein neuer Femtozellennachbar oder ein veränderter Aufstellungsort verursachen können.

Nutzen für alle Beteiligten

Für den Netzbetreiber sind Femtonetze finanziell attraktiv, weil er sich teure Investitionen in den Ausbau seines Funknetzes spart und zugleich dessen verfügbare Übertragungskapazität steigert. Zudem entstehen ihm keine Übertragungskosten für die leitungsgebundene Integration der Femtozelle in sein Kernnetz, weil dafür ja der vom Teilnehmer bezahlte DSL-Anschluss herangezogen wird. Das verbessert die

Wettbewerbssituation der Mobilfunknetzbetreiber, indem diese den Festnetzanbietern Geschäftsanteile abnehmen. Eine Studie (www.femtoforum.org/femto/Files/File/Femto%20Forum%20Business%20Case%20Whitepaper.pdf), welche die Signals Research Group für das Femto-Forum erstellt hat, zeigt, dass der Femtozellenansatz für die Mobilfunknetzbetreiber aus Ertragsicht sehr attraktiv ist.

Das Femto-Forum ist eine 2007 gegründete Non-Profit-Organisation bestehend aus Mobilfunkanbietern, Soft- und Hardwareherstellern, Contentanbietern und weiteren Unternehmen der Informationstechnik. Diese haben sich die Förderung der Entwicklung und Akzeptanz von Femtozellentechnologie und -produkten als optimale Technologie zur Bereitstellung von mobilen Premiumdiensten in Ballungsgebieten und mittelständischen Unternehmen auf die Fahnen geschrieben. Durch Femtonetztechnologie und -anwendungen lassen sich der Studie zufolge die Dienstleistungskosten des Mobilfunkproviders senken und neuartige, für den Kunden interessante Produkte generieren.

Aber auch für den Nutzer einer Femtozelle ergeben sich zahlreiche Vorteile. Tote Zonen oder schwache Signale gehören in seiner Wohnung der Vergangenheit an. Die Übertragungsgeschwindigkeit in seiner Femtozelle kann deshalb deutlich höher sein als über die Makrozellenstruktur des Providers. Schließlich verfügt sein Mobiltelefon oder ein anderes mobiles Endgerät jetzt über eine bessere Signalqualität, und er muss sich die Bandbreite nicht mehr mit anderen Nutzern teilen. Wegen der geringen räumlichen Ausdehnung der Femtozelle sind zudem nur geringe Sendeleistungen erforderlich, was die Hochfrequenzbelastung sowohl durch das Mobiltelefon am Kopf als auch durch den Femtozellenrouter stark absenkt. Dadurch werden die in den Leitlinien der Internationalen Kommission zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung (ICNIRP = International Commission on non-ionizing radiation protection) festgelegten Grenzwerte, die auch von

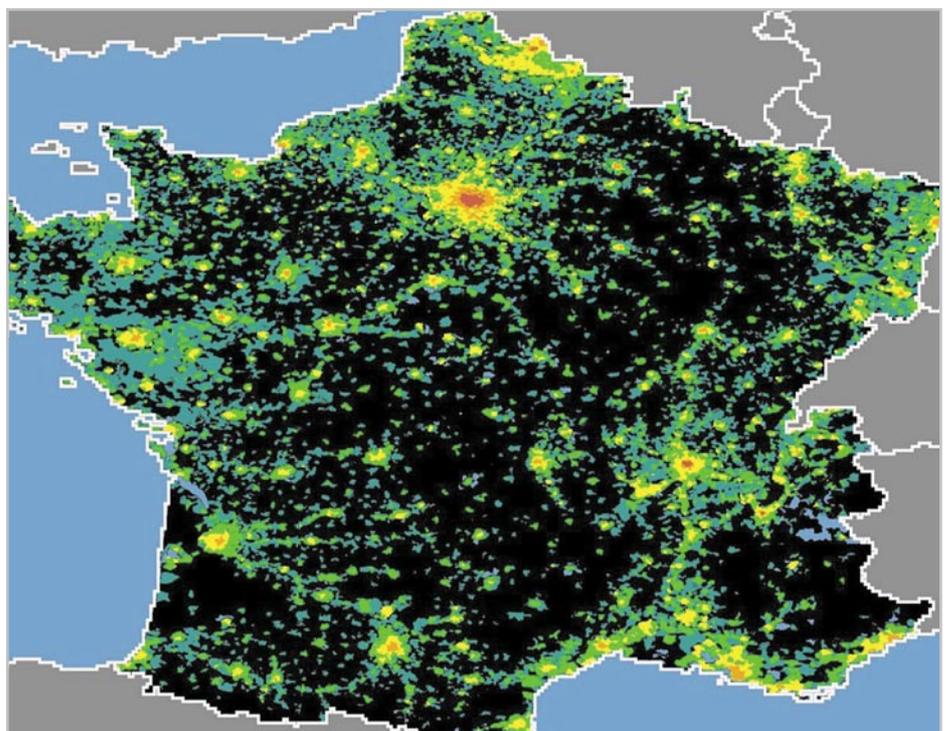


Bild 1: An der Karte der Mobilfunk-Teilnehmerdichte in Frankreich wird das Problem klar: entweder zu viele Nutzer (Gelb, Braun, Dunkelbraun) oder keine Verfügbarkeit von Mobilfunkdiensten (Schwarz) (Quelle: Femto-Forum).

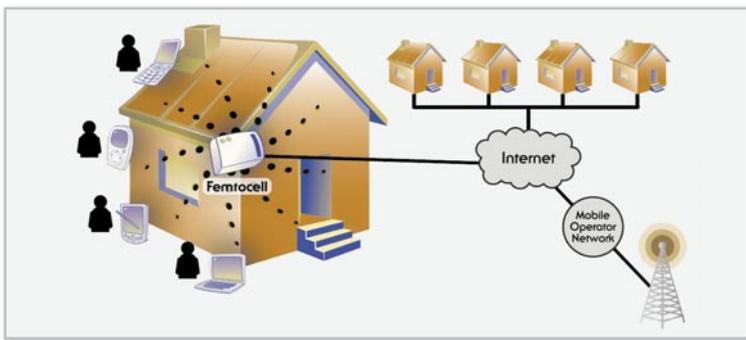


Bild 2: Das Femtozellenkonzept in schematischer Darstellung (Quelle: Femto-Forum)



Bild 3: Der fBSR 9365 BSR Femto von Alcatel-Lucent unterscheidet sich äußerlich nicht von einem handelsüblichen WLAN-Access-Point (Quelle: Alcatel-Lucent).

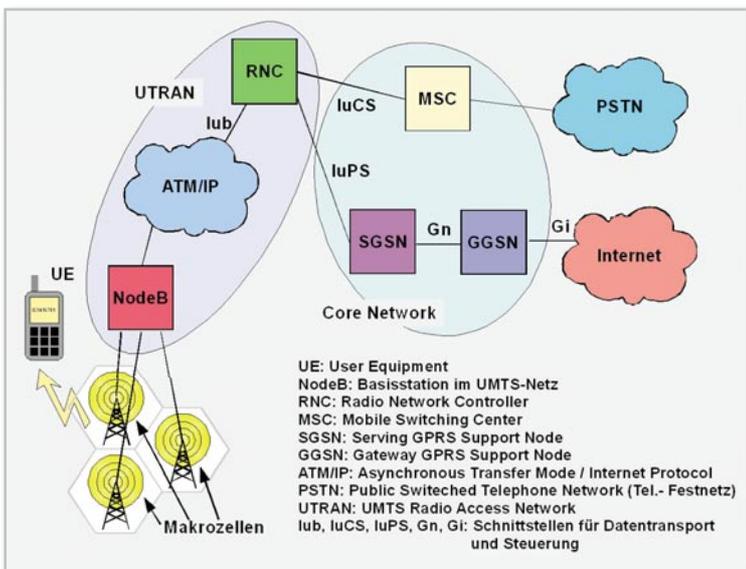


Bild 4: Ein fBSR integriert die grundsätzlichen Funktionen eines UMTS Radio Access Networks (UTRAN).

Typ	SI-Skala	typ. Reichweite	typ. Ausgangsleistung
Macro-Zelle	10 ⁹	1km – 70 km +	20W - 60W
Micro-Zelle	10 ⁶	0,1km – 1,0 km +	5W - 10W
Pico-Zelle	10 ⁻¹²	im Gebäude	0,1W - 0,5W
Femto-Zelle	10 ⁻¹⁵	im Raum	0,02W - 0,1W

Bild 5: Die Strahlenbelastung durch ein fBSR ist geringer als bei heute handelsüblichen schnurlosen DECT-Telefonen.

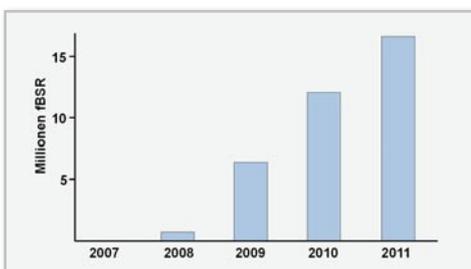


Bild 6: So rasant könnte sich der Femtozellenmarkt entwickeln (Quelle: Alcatel-Lucent).

der Europäischen Gemeinschaft übernommen wurden, mit großem Abstand eingehalten.

Einen Leistungs- und Reichweitenvergleich der verschiedenen UMTS-Zellentypen zeigt Abbildung 5. Der fBSR deckt die Femtozelle mit einer Hochfrequenzenergie von gerade mal 20 bis 100 mW ab, deutlich weniger als die bei schnurlosen DECT-Telefonen maximal zulässigen 250 mW. Die geringen erforderlichen Sendeleistungen des mobilen Endgerätes verlängern zudem die Betriebsdauer seiner Akku-Ladung beträchtlich.

Voraussetzungen für den Markterfolg

Als Voraussetzung für den erfolgreichen massenhaften Einsatz der Femtozellentechnologie müssen sowohl die Erwartungen der Netzprovider als auch die der Endanwender erfüllt werden. Dafür sind erhebliche technische Herausforderungen zu überwinden. Für die Netzprovider muss z. B. sichergestellt werden, dass es zu keinen Interferenzen zwischen den privaten Femtozellen und den öffentlichen Makrozellen kommt. Zudem ist für ihn die nahtlose Integration in seine bestehende UMTS-Struktur ein wichtiges Entscheidungskriterium.

Der Mobilfunkkunde will die Femtozellentechnik einfach nutzen, ohne mit ihren Fallstricken in Berührung zu kommen, und an den Vorteilen seines Providers in Form günstigerer Tarife teilhaben. Letztlich entscheiden die problemlose und zuverlässige Funktion und eine kreative Vermarktung über den Femtozellen-Markterfolg.

Die Prognosen von Alcatel-Lucent sind jedenfalls sehr optimistisch (Abbildung 6) und werden von einer ABI-Research-Studie sogar noch übertroffen. Danach werden bereits in zwei Jahren weltweit 102 Millionen Anwender über 32 Millionen Access-Points Femtozellentechnologie nutzen. Wenn die Vorhersagen eintreffen, wird die Femtozelle rasant in die Haushalte einziehen und der Industrie große Umsätze bescheren.

In Feldversuchen und „Friendly-User-Tests“ wollen Mobilfunkbetreiber (T-Mobile, Vodafone u. a.) sowie Gerätehersteller (Motorola, NEC ...) die Leistungsfähigkeit, Benutzerfreundlichkeit und Kompatibilität der Technik untersuchen und so den problemarmen „Roll out“ vorbereiten. Die Halbleiterproduzenten haben ihren Beitrag schon in Form der Entwicklung und Herstellung zahlreicher verfügbarer Femtozellenchips geleistet und hoffen nun natürlich auch auf einen schnellen „Return on Investment“.

Es ist durchaus möglich, dass in Zukunft die Funktionalitäten von WLAN-, DSL-, DECT- und Femtorouter und bei Nutzung von IP-Telefonie auch der Telefon-Nebenstellenanlage zusammen mit dem IP-Ethernet-Switch in einem Gerät zusammengefasst werden. Das wäre das ideale Produkt für den zentralen Verteiler im Zentrum eines multimedialen wohnungsweiten Kommunikationsnetzes, wie es die Norm DIN EN 50173 in ihrem Teil 4 beschreibt. Die viel beschworene Konvergenz der Medien und ihrer Zugangstechnologien könnte nicht besser demonstriert werden.

In welchem Ausmaß die Femtozellentechnik die klassischen Drahtlosprodukte im heimischen Umfeld ergänzt oder gar verdrängt, ist ungewiss. Das Zeug zu einer „Killerapplikation“ hat sie jedenfalls.