

Die Zukunft der Mobilten Kommunikation: Mobil und risikoarm kommunizieren

brennpunkt

Ausgabe 24.01.2013 - Version 1

Handys, Smartphones, Laptops und Tablet-Computer sind aus den meisten Lebensbereichen kaum noch wegzudenken. Sie sind gleichzeitig Kommunikationsgerät, Informationsquelle, Arbeitsgerät und Spielzeug. Die dabei transferierten Datenmengen entstehen hauptsächlich bei dem inzwischen alltäglichen Video- und Audiostreaming, dem sog. Cloud-Computing und den digitalen Rundfunkdiensten wie TV (z.B. DVB-T, ip-TV usw.) und Hörfunk (DAB+ usw.). Zusätzlich nehmen im Hintergrund verschiedene digitale Optimierungsfunktionen für z.B. erhoffte Energieeinsparungen flächendeckend ihre Dienste auf (Smart-Meter / „intelligente“ Zähler), Straßenverkehrsfluss (smart-car-tracking / „intelligente“ Verkehrsleitsysteme) und häusliche Überwachungsdienste (smart-living-home / „intelligentes Haus“). Grundlage all dieser Informationssysteme sind meist drahtlose Übertragungstechniken mittels elektromagnetischer Wellen mit hoher Frequenz.

Die Herausforderung an eine zukunftsfähige Mobilkommunikation (MK) besteht darin, die Nachteile der Mikrowellentechnologie auf ein Minimum zu reduzieren und die bisher erzielten technischen Entwicklungen für hohe Datenraten und Strahlungsminimierung auszubauen. Die mit der heutigen Mobilkommunikation verbundenen gesundheitsschädigenden Auswirkungen elektromagnetischer Felder können zukünftig vermieden werden, und damit den heute bereits betroffenen Elektrohypersensiblen wieder Lebensraum und Lebensqualität eingeräumt werden.

Die nachstehend skizzierten Leistungs- und Qualitätsmängel der heutigen Mobilfunknetze sollten von der Industrie, den Nutzern und den Politikern als Anlass genommen werden, möglichst schnell einen Paradigmenwechsel in der Mobilfunk-Politik vorzunehmen.

Die Entwicklung ist auf all diesen Gebieten so rasant, dass viele Experten vor zwei Problemen schon in der nahen Zukunft warnen:

1. Die Nutzungsintensität wird in den nächsten Jahren so **stark zunehmen**, dass die Datentransferkapazitäten und die Anzahl der Nutzerkanäle überhaupt **nicht mehr ausreichen** und sich diese Dienste auf Grund hoher Sendeleistungen **gegenseitig noch mehr stören** werden.
2. Menschen werden immer mehr und sehr viel länger sehr hohen Strahlungsintensitäten ausgesetzt, die **schwere gesundheitliche Folgen** haben können.

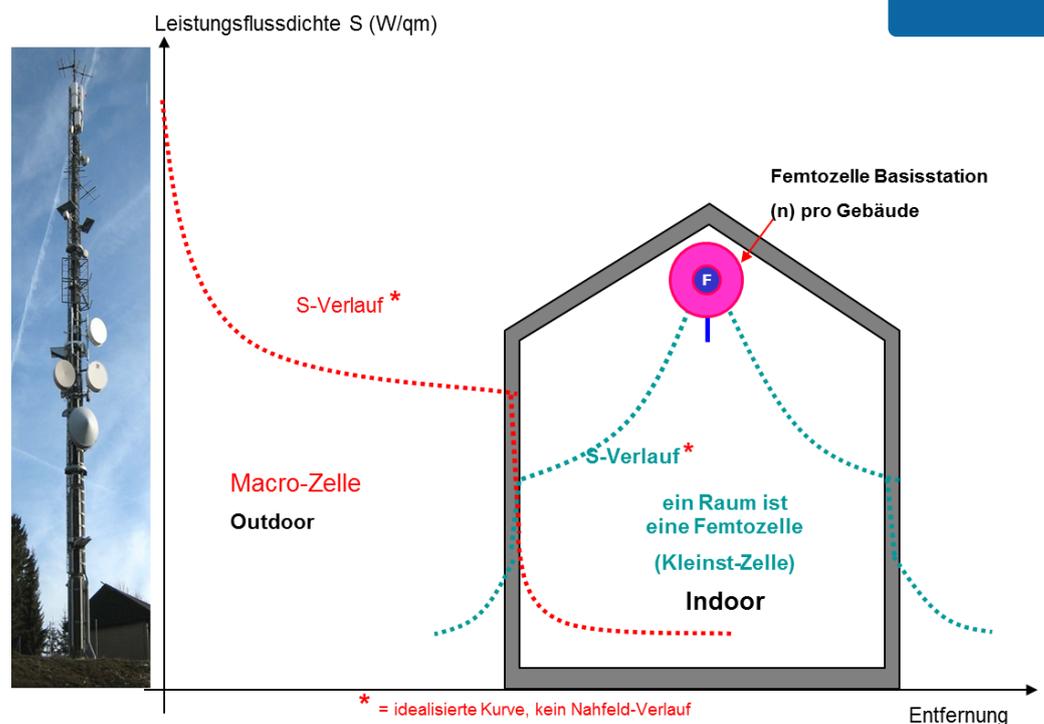


Abb. 1: **Trennung in Indoor- und Outdoor-Zellen.** Die Outdoor-Sendeleistung wird abgesenkt und schafft dadurch Freiraum für qualitativ hochwertige Indoor-Zellen

Die folgenden Forderungen müssen dabei erfüllt sein:

- Alle Marktakteure nutzen gleichberechtigt (diskriminierungsfrei) eine **einheitliche, allen zur Verfügung stehende Kommunikationsnetz-Infrastruktur** (Analog zu Strom, Wasser, Gas und Schiene). Jede Wohnung, jedes Unternehmen und jede öffentliche Einrichtung wird durch einen kabelgebundenen Breitbandanschluss eines unabhängigen Versorgers ans Netz angeschlossen.
- Die **strikte Trennung von Indoor- und Outdoor-Versorgung** (siehe Abb.: 1). **ist Voraussetzung** für das Funktionieren aller zukunftsfähigen, leistungsstarken, emissionsarmen und störungsfreien mobilen Kommunikationsdienste, womit dann auch der Schutz der Unverletzlichkeit der Wohnung gewährleistet werden kann.

Die größten Nachteile der heutigen Funknetz-Infrastrukturen

- Trotz mehr als einem Dutzend parallel laufender Funk-Netzwerke schaffen es einzelne Anbieter nicht, den stark anwachsenden Kommunikationsbedarf für Sprache, Video und Daten schnell, sicher, mit guter Qualität und störungsfrei zwischen Sender und Empfänger abzuwickeln.
- **Schon heute müssen Nutzer mit Kapazitätsengpässen rechnen.** Die Konsequenz: Bandbreite/ Datenrate pro Kanal reduzieren sich zum Leidwesen der Nutzer auf das im Vertrag ausgewiesene Minimum.
- **Mangelhafte Störsicherheit** (z.B. zu Nachbarkanälen) und **schwer kontrollierbare Sicherheit** vor Abhören

und illegalem Mitbenutzen. Die Störungen durch GSM-Technik bei Einwahl- und Übergabeprozessen fallen auch in diese Kategorie.

- Häufige **Qualitätsmängel** wegen Witterungsabhängigkeit, stark reduzierter Bandbreite usw..
- **Schlechter Festnetzersatz:** Auch die höchste Überdimensionierung von Sendeleistung auf Seiten der Basisstation wie auch der Handys wegen räumlicher Hindernisse, Reflexionen, Interferenzen schützt die Nutzer nicht vor Qualitätseinbußen wie z.B. Flattern, Hall, Abrisse usw., die zu ‚Festnetzzeiten‘ niemand akzeptiert hätte.
- **Kurze Nutzungszeiten** bis zum nächsten Ladevorgang der Akkus, weil viele Hindernisse und große Distanzen zur Basisstation bei hoher Bandbreite eine energieaufwendige Sendeleistung erfordern.
- **Energieverschwendung durch ineffiziente und sehr hohe Leistungsaufnahme** der gesamten heutigen Sender-Infrastruktur (inkl. DVB-T und DAB+), welche auch an ihrer Peripherie heute noch **durch Wände strahlen müssen.**
- **Risikoreich:** Jeder Smartphone-Nutzer trägt, seinen ‚strahlenden Sendemast‘ stundenlang am Körper. Selbst die Hersteller warnen in ihren Bedienungsanleitungen die Mobilteil-Nutzer vor Gesundheitsrisiken! (Beim iPhone IV z.B.: „... Befindet sich das iPhone beim Telefonieren in der Nähe Ihres Körpers, achten Sie darauf, dass das iPhone mindestens 15 mm vom Körper entfernt ist ...“). Faktisch niemand berücksichtigt dies.
- **Fehlende Zukunftssicherheit:** Mit jedem neuen Kommunikationsdienst vergrößern sich die o.a.

Grundsatzposition von Diagnose-Funk

Aus dem Stand der medizinisch - biologischen Forschung muss der Schluss gezogen werden, die gesundheitsschädigende Mikrowellen-Technologie so schnell wie möglich durch eine fortschrittliche Technologie zu ersetzen. Neue zukunftsfähige Technologien, der Übergang zu mobilen optischen Übertragungstechniken (VLC - visible light communication), z.B. Infrarot- oder LED-Techniken, müssen in der Forschung gefördert und zur Anwendungsreife gebracht werden. Bis dahin sind an der bestehenden Technik die in diesem Papier entwickelten emissionsminimierenden Maßnahmen umzusetzen: Mobilfunk nicht als Festnetzersatz, Förderung des Glasfasernetzes, die Trennung von Innen- und Außenversorgung, die Durchsetzung des Grundprinzips „ein Netz für alle Anbieter“, die Änderung des Organisations signals u.v.a.m..

Politisch fordert Diagnose-Funk die nationale Umsetzung einer Vorsorgepolitik, basierend auf den Beschlüssen und Appellen des Europaparlamentes, Europarates, der Europäischen Umweltagentur und unabhängiger internationaler wissenschaftlicher Verbände.

In der **Grenzwertfrage** fordern wir eine Neubestimmung, die das thermische Dogma überwindet. Die Erkenntnisse über nicht-thermische Effekte, Langzeitwirkungen und die Wirkung des Frequenzmixes müssen in die Festlegung von medizinischen Vorsorgewerten einfließen. Auf dieser Basis müssen Grenzwerte für verschiedene Szenarien neu definiert werden. Dies gilt insbesondere für die teilweise unreflektierte Nutzung der digitalen Medien in Schulen und den sozialen Netzwerken durch Kinder und Jugendliche.

Probleme. Viele neue Dienste und Anwendungen erfordern wachsende Bandbreiten (vgl. Einleitung). Auch die leistungsstärkere LTE-Technik wird nicht nur im ländlichen Bereich verkehrt eingesetzt. Die Benutzung von **Funk als Festnetzersatz** für den Breitbandzugang ins Internet — von Zuhause oder dem Arbeitsplatz aus — verstopft die Netze und ist ineffizient.

Umbau zu neuer Netzinfrastruktur ermöglicht eine Win-Win-Situation

- Die heutigen heterogenen Netzwerke aller auf dem Markt befindlichen Netzbetreiber (mit ihren bereits verlegten Glasfaser-/ Kupfer-/Coax-Kabeln) **müssen aus Effizienzgründen** zusammengeführt werden, zu **einer** durchgängigen, **alles** transportierenden und diskriminierungsfreien **Netzinfrastruktur**. Glasfaser bis zum Endkunden (FTTH-FiberToTheHome), das von **allen Marktteilnehmern gleichberechtigt für alle mobilen Kommunikationsdienste** inkl. aller Breitband-Dienste TV, Radio, IP-TV usw.) genutzt werden kann, ist eine der wichtigen Zielvorgaben.

- Grundprinzip: Alle Transportstrecken für Mobile Kommunikation werden so weit wie möglich mit Glasfaser-/Kupfernetzen abgewickelt.**

Nur dort, wo dies für die mobile Kommunikation notwendig oder gewünscht ist, wird eine möglichst kurze Funkstrecke mit minimalster Sendeleistung und den geringstmöglichen Immissionen zur Verfügung gestellt.

- Zukunftsfähige Politik muss es sein, die heutige Funkversorgung mit teilweise mehr als einem dutzend parallel betriebenen Mobilfunknetzen gegen ein oder wenige Transport-/Zugangsnetz zu ersetzen. Diese Umstellung kostet einerseits Geld und erfordert Zeit, bezahlt sich aber langfristig von selbst: Durch Gewinne an viel Transferkapazität, qualitativ hochwertiger und störungsarmer Dienste, weniger aufwändige Infrastruktur, weniger Energieverbrauch, weniger Unterhaltskosten, höhere Gewinne, günstigere Gebühren und weniger Stadt- und Landschaftsverwundung. Aufgrund der viel geringeren Strahlenbelastung bedeutet dies weniger Schäden an Mensch und Natur.

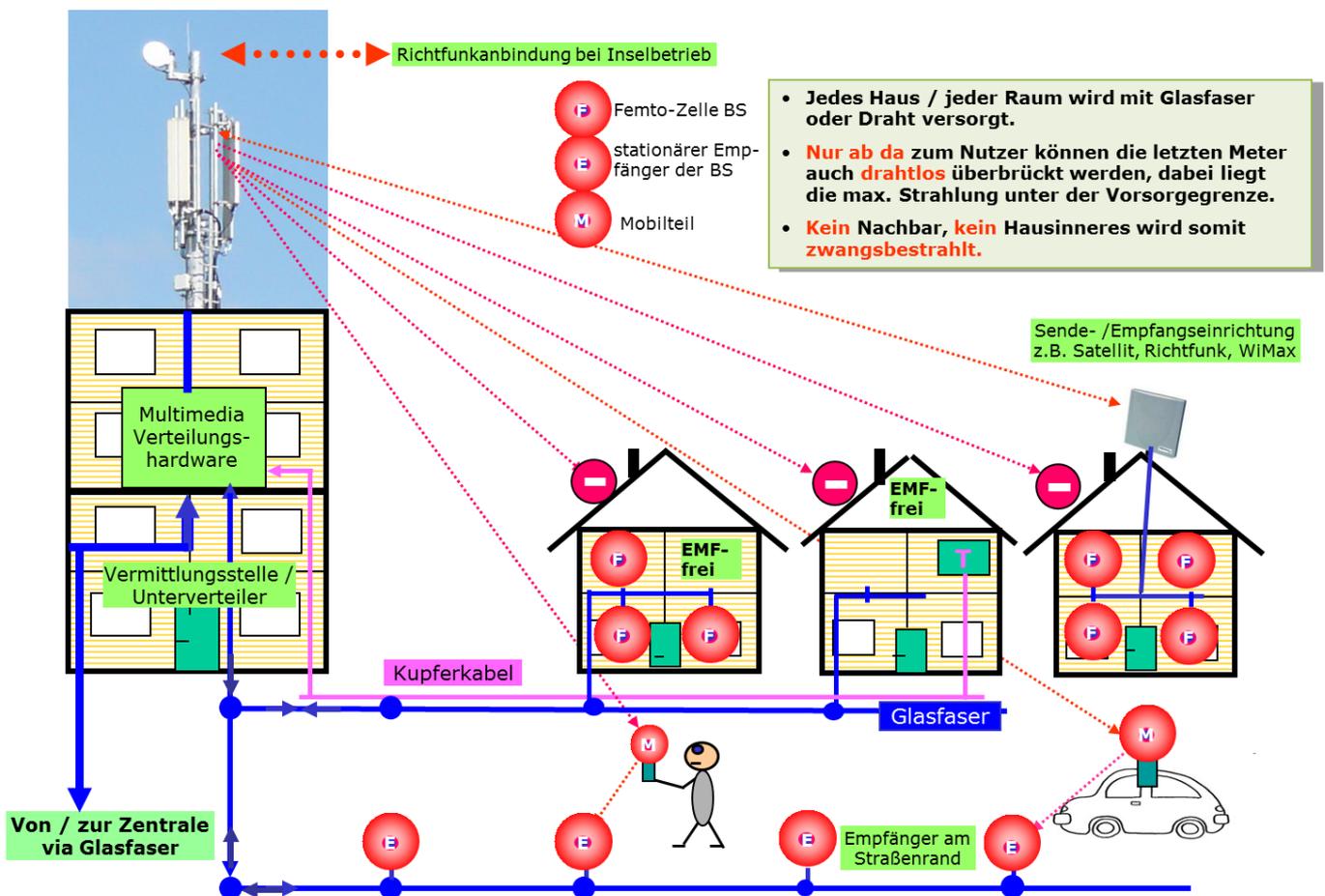


Abb. 2.: **Strikte Trennung von Indoor- und Outdoor-Versorgung.** Umsetzung der neuen Struktur: Dazu gehört Neuberechnung und Absenkung der heutigen Sendeleistungen. Schrittweiser Übergang zu kleineren Zellen im Outdoorbereich (Abb. zeigt Variante mit Kabelanschluss), damit die Sendeleistung der Mobilgeräte dort ebenfalls stark gesenkt werden kann. (Änderung an der Grafik am 31.01.2013)

- **Strikte Trennung der Infrastruktur in Indoor-Bereiche und Outdoor-Bereiche.** Hiermit lässt sich die Sendeleistung drastisch reduzieren, weil keine Wände mehr durchstrahlt werden müssen, was viel Sendeenergie einspart.

Outdoor kommen anstelle der leistungsstarken Makrozellen vorrangig **Picozellen** (auch **Mini-Basisstationen** genannt) zum Einsatz, welche auch im Nahbereich nur schwache Funkbelastungen verursachen.

Die **Absenkung der Sendeleistung** aller heutigen Outdoor-Basisstationen und Broadcast-Sender auf einen Immissionspegel der nur zur **Versorgung des Außenbereichs** dient. Eine Optimierung der Standortorte ermöglicht, abhängig von Topographie, Zellgröße und Zellart, eine Immissionsminderung um mehrere Zehnerpotenzen. Wenn keine Innenräume, Tiefgaragen, Tunnel usw. von außen versorgt werden müssen, werden zukünftige Outdoor-Basisstationen viel kleiner und preisgünstiger und können mit hoher Homogenität und besserer Ausleuchtung störungsfrei und leistungsarm betrieben werden.

- Wo es gewünscht ist, können **Indoor Femtozellen** (auch **Kleinzellen** genannt) direkt an die Kupfer- und Glasfaser-Infrastruktur angeschlossen werden. Ihre

Versorgungsreichweite ist für jeweils einen Raum ausgelegt, was **extrem kurze** Strecken durch die Luft bedeutet. Dadurch können alle Sendefrequenzen / Kanäle in jedem Nachbarraum erneut genutzt werden, d.h. dies erhöht die Kanalkapazitäten für die Provider **fast ins Unendliche**. Kleinzellen sind bereits heutzutage überaus leistungsfähig (bis zu 300 Mbit/s). Technologien wie z.B. LTE können hier ihre technischen Vorteile ausspielen, die für bestimmte Dienste innerhalb der mobilen Kommunikation Qualitätsbestimmend sind (IPv6 bietet eine deutlich größere Zahl möglicher Adressen, als IPv4).

- Mit individueller Anpassung auf die Raumgröße und Berücksichtigung von Raumhindernissen können maximale Immissionswerte kleiner $5 \mu\text{W}/\text{m}^2$ realisiert werden, ohne auf hohe Datenraten verzichten zu müssen. Damit lässt sich die Belastung durch hochfrequente Strahlung um mehrere Zehnerpotenzen reduzieren. Dies bedeutet wiederum sehr strahlungsarme Nachbarräume. Das **Recht auf den Schutz der Wohnung**, in diesem Fall vor elektromagnetischen Feldern, verursacht durch Dritte, bleibt damit gewahrt und auch sehr empfindliche Menschen könnten somit wieder Rückzugsräume in einem normalen städtischen Umfeld finden bzw. in ihren angestammten Orten bleiben.

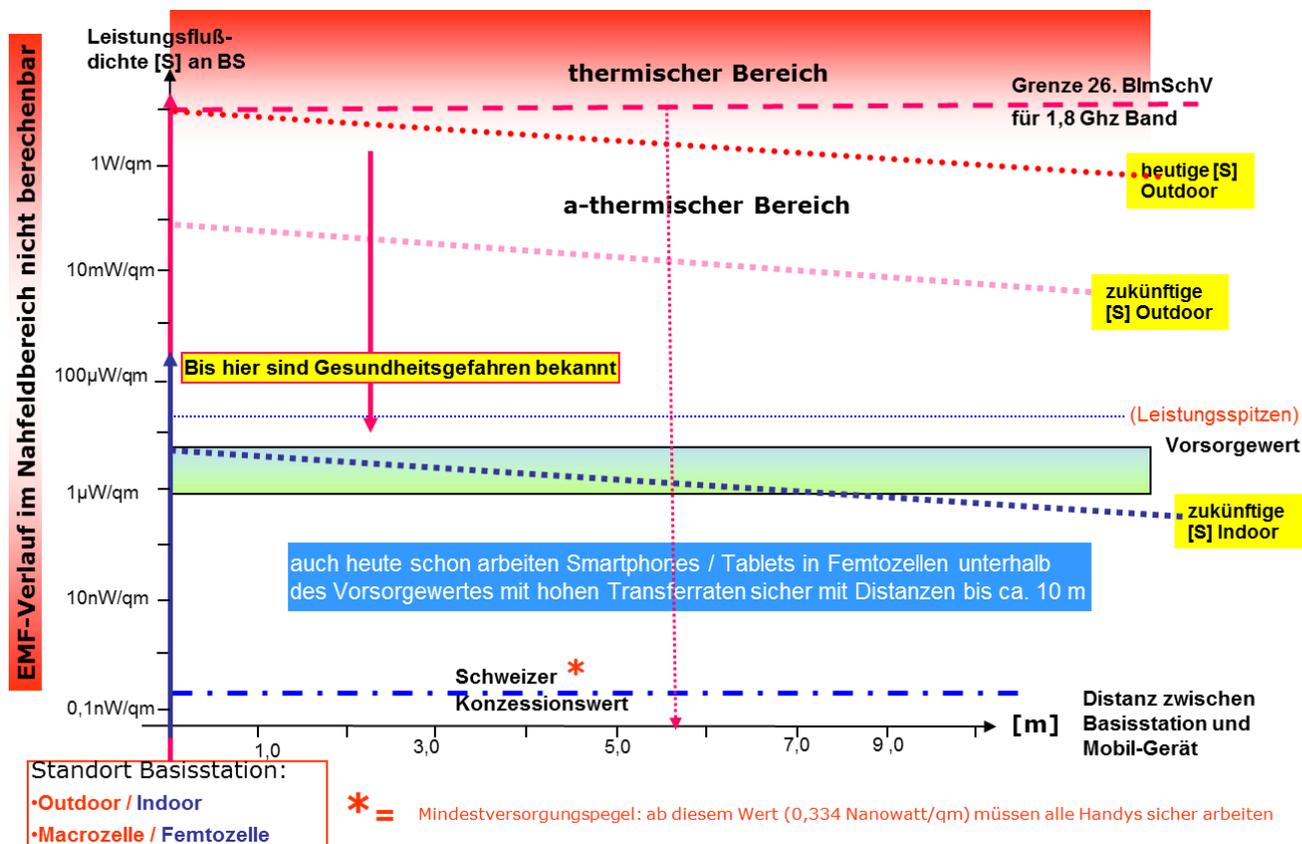


Abb. 3: **EMF-Basiswerte einer zukunftsfähigen Kommunikationsstruktur.** Idealisierter Verlauf der Leistungsflussdichte einer Kleinzelle - zur ‚Ausleuchtung‘ eines Raumes mittlerer Größe"

- Die **Kontrollierbarkeit jeder Femtozelle** ist ein Plus für alle Eltern und Lehrer, die innerhalb einer Femtozelle bestimmen können, wer, was, wo und wann kommunizieren darf.
- Der **Aufbau von Femtozellen im Nah- und Fernverkehr sowie in öffentlichen Gebäuden** brächte eine erhebliche Reduzierung bereits vorhandener Strahlenbelastung für Nutzer und Passivtelefonierer mit sich. Die heute noch bestehenden Defizite bei der Infrastruktur in diesem Bereich werden damit zu einem Vorteil; einem technisch sinnvollen und gleichzeitig immissionsarmen Aufbau von Anfang an stünde in den meisten Kommunen nichts im Weg.
- Der **Umbau/Austausch der veralteten GSM-Technik** sollte bis zum Lizenzende 2016 geregelt werden. Mit Aufgabe der GSM-Technologie mit ihrer durchgängig hohen Sendeleistung und intensiven Einwahl- und Übergabeprozedur, entfallen u.a. die hohen Immissionen für den Nutzer und sein Umfeld. Die Neuvergabe der Sendefrequenzen schafft eine neue digitale Dividende.

Appell an Politik und Wirtschaft

Ohne oben beschriebenen grob skizzierten organisatorischen und technischen Umbau der Infrastruktur wird der zukünftige wirtschaftliche Erfolg für die Netzbetreiber ausbleiben.

Es muss **Wettbewerbsneutralität** für die Glasfaser-/ Drahtgebundene „letzte Meile“ zum Kunden / Nutzer hergestellt werden. Nur dann werden alle Betreiber deren Kabel- und Glasfaser-Infrastruktur kostenneutral nutzen können und damit die heute bereits entwickelten und weltweit eingesetzten strahlungsarmen Kleinzellen im Indoor-Bereich anbieten.

Die bestehende Marktverzerrung durch Netzmonopole ist ein wesentliches Hindernis eines sinnvollen und kostengünstigen Umbaus der Infrastruktur und kann nur mit Hilfe der Politik beseitigt werden. Ein erster Ansatz der Bundesnetzagentur (BNetzA), der auf freiwilliger Basis gemeinsam mit den größten Marktakteuren ab 2009 erstellt wurde, liegt unter dem Namen „Next Generation Access (NGA)“ und dem charakteristischen Merkmal „Open Access“ leider noch in der Schublade, weil hinter den Kulissen Kämpfe um Ideologie- und Marktmacht ausgetragen werden. **Deshalb:**

- Die heute bereits vorhandenen Kommunikations- (Telefon-)netze aus Kupfer und Glasfaser, die sich hauptsächlich - aber nicht nur - im Besitz der Telekom befinden, müssen schneller als bisher geplant ausgebaut, geöffnet und damit für alle Marktakteure diskriminierungsfrei nutzbar gemacht werden.

Vorbild dafür sind die Stromtransportnetze und das Schienennetz der Deutschen Bahn. Selbst-

verständlich sind die heutigen Besitzer (Telekom, Kabelnetzbetreiber usw.) dafür zu entschädigen.

- Es muss gesetzlich geregelt werden, dass alle Hardware-Komponenten zukünftig nicht nur auf technische, sondern auch auf Gesundheitsverträglichkeit überprüft werden. Richtschnur ist hier das **ALARA-Prinzip** („As Low As Reasonably Achievable“ / ‚so niedrig wie vernünftigerweise erreichbar‘ als Leitlinie des Strahlenschutzes):

Jedes zukünftig eingesetzte Gerät muss bei Aufbau einer Verbindung in der Lage sein, seine Sendeleistung schnell auf niedrigstem Niveau einzupegeln.

Geräte dürfen nur senden bei deren Nutzung.

Nach oben ist die Immission zum Schutz von Umwelt und Lebewesen durch Vorsorgewerte zu begrenzen. Mit niedrigem Vorsorgewert werden gleichzeitig technische Störungen vermieden und die Leistungsfähigkeit von Nachbarzellen erhöht.

Neue Technologien wie Visible Light Communication (VLC) müssen vor ihrem Einsatz schnellstmöglich auf ihre Gesundheitsverträglichkeit und mögliche negative Effekte auf Tieren und Pflanzen untersucht werden, bevor diese auf Markt kommen dürfen.

- Obwohl die Überführung der heutigen in die zukünftige Netzstruktur nach logischen Gesichtspunkten nur einen optimalen Migrationspfad kennt, müssen sehr unterschiedliche Interessen überwunden werden. Um dies zu erreichen sind hier **per Gesetz Rahmenbedingungen** zu schaffen und es ist eine Roadmap (Regionen, Dienste, Reihenfolge und Zeitraum) mit allen Marktakteuren einvernehmlich festzulegen, in welcher sie ihre Produkte und Dienstleistungen fließend, parallel und asynchron neu implementieren können. Dazu gehört selbstverständlich auch die Forcierung der Abschaffung alter, störender und gesundheitsschädlicher Techniken wie z.B. GSM und UMTS.
- **Ohne gesetzliche Neuregelung abzuwarten**, können **bereits heute** sofort kleine und größere Gebäudenetzwerke (z.B.: Krankenhäuser, Schulen, kommunale und Unternehmensverwaltungen usw.) als Vorreiter den Umbau beginnen. Nicht nur auf Basis des inzwischen auch vom Bundesverwaltungsgericht bestätigten kommunalen Gestaltungsspielraums (Kommunale Mobilfunkkonzepte) ist sofortiges Handeln möglich. Auch durch direkte Absprachen mit den Netzbetreibern können Kommunen lokale partielle Sendeleistungsabsenkungen aushandeln.

Vorboten für diese alternative Netzinfrastruktur gibt es schon lange

- 2005-2009: Studie Miniwatt II, S. 12: Inhouse-Verteilung ... Bei der Realisierung einer Inhouse-Verteilung von Rundfunkdiensten mittels WLAN kann die Exposition durch die Implementierung verschiedener Techniken deutlich reduziert werden. Durch Nutzung einer Sendeleistungsregelung, geeignete Fehlerkodierung, Codeumwandlung, MIMO-Systeme und Multiplexing-Verfahren kann die Exposition je nach Szenario um mehrere Größenordnungen gesenkt werden.
- Spätestens seit 2007 haben die Global Player der Kommunikationsindustrie wie Alcatel-Lucent, Ericsson, NEC, Netgear, T-Mobile, Vodafone, Zyxel, HUAWEI, Sagemcom, usw. in ihrer Produktpalette proprietäre Kleinzellenkonzepte, Access Points und Mobilteile, aber kein Vermarktungskonzept. Zitat aus einer Studie (2007) vom Marktforscher Analysys (GB): „...Die Einführung von Femtozellen stellen ein ernsthaftes Risiko für das bestehende Mobilfunkgeschäft dar und viele frühe Geschäftsideen seien wirtschaftlich gar nicht durchführbar...“
- 8.1.2008, <http://www.zdnet.de/news/>: " ..."Wir erforschen die Möglichkeiten, haben aber noch keine konkreten Pläne für eine Implementierung. Es gibt offensichtliche Vorteile wie die Verbesserung der Netzwerkabdeckung. Aber in anderen Bereichen ist der Nutzen der Technologie noch nicht ganz klar", erklärte ein Sprecher von Vodafone..."
- 10.7.2008, <http://www.zdnet.de/news/>: " ...T-Mobile testet die Zukunft des Mobilfunknetzes: T-Mobile hat im Juni einen Femtozellen-Feldversuch gestartet. Er findet im Großraum Köln/Bonn statt. Wann Femtozellen für den Regelbetrieb freigegeben werden, ist nicht bekannt..."
- 7.3.2009: T-Mobile: Femtozelle startet im 3. Quartal 2009 (Quelle: <http://www.teltarif.de/t-mobile-femtozelle-umts/news/33367.html>)
- 2009: EU fordert Glasfaser: Die EU-Kommission fordert den Ausbau der Glasfasernetze in den 27 Mitgliedsstaaten der Europäischen Union. Mit Anbietern wie der Deutschen Telekom, die in Deutschland das größte Glasfasernetz betreibt, strebt die EU-Kommission einen Kompromiss an. Die Telekom und andere Betreiber müssen ihre Glasfasernetze öffnen, dürfen aber eine Prämie für das Investitionsrisiko abschöpfen. So sollen sich die neuen Netze lohnen, diese aber auch Konkurrenten offen stehen.
- 21.07.2010: Zitat aus Heise-Online: „Wie Femto-Zellen die Mobilfunknetzabdeckung verbessern. ... Mit Femto-Zellen – kleinen Mobilstationen – lassen sich Versorgungslücken von Mobilfunknetzen im privaten Wohnbereich auf einfache Weise schließen...“
- 25.10.2011: Google: Glasfasernetz für Europa geplant www.business.chip.de/news/Google-Glasfasernetz-fuer-Europa-geplant_52437162.html und BUGLAS: Micro-Trenching: Glasfaser schnell und kostengünstig verlegen, siehe: www.youtube.com/watch?v=7xf2Ujx9hU
- 6. März 2012 Google lässt sich kostengünstige Glasfaser-Verlegetechnik schützen. <http://www.zdnet.de/news/41560600/google-laesst-sich-glasfaser-verlegetechnik-schuetzen.htm>
- 11.06.2012: Mobility als Herausforderung für Festnetzbetreiber. LTE-Massenmarkt erfordert Glasfasernetze. Ohne Festnetz funktioniert Mobility nicht: Andreas Fischer, Head of Business Unit Wholesale bei Versatel <http://www.crn.de/netzwerke-tk/artikel-95650.html>
- 23.7.2012: Großes Interesse: Vodafone nennt Preise für die Femtozelle <http://www.teltarif.de/femtozelle-sure-signal-vodafone/news/47533.html>
- 21.Aug. 2012: „... Vodafone geht beim Netzausbau ungewöhnliche Wege. Der Düsseldorfer Mobilfunkkonzern bietet ab sofort sogenannte Femtozellen an. Dabei handelt es sich praktisch um miniaturisierte Basisstationen...“ <http://www.flat.de/news/handy/2223-vodafone-sure-signal-funknetz-per-miniaturbasisstation.html>
- 29.8.2012: Vodafone plant die Einführung von Femtozellen auch für Privatkunden. Die Telekom zeigt, was die Technik kann. Diagnose-Funk e.V. fordert von der Politik die gleichberechtigte Nutzung aller BITKOM-Unternehmen an dieser Investition, nur dann kann der Umbau gelingen!
- 07.12.2012: Telekom investiert fast 30 Milliarden in Netzausbau. Der 'rosa Riese' steckt viel Geld ins Glasfasernetz, den LTE-Mobilfunk und in den Ausbau des Kupfernetzes auf modernerer Technik, behindert aber damit sehr geschickt die gleichberechtigte Teilnahme der Mitbewerber am erforderlichen Netzausbau. (siehe: 4/10, Richard Sietmann, Das Endspiel: Warum Fiber-to-the-Home nicht vorankommt. <http://www.heise.de/ct/artikel/Next-Generation-Access-970831.html>)

Weiterführende Informationen werden sukzessive auf www.diagnose-funk.org/themen/alternativen eingestellt.

Zur Version 1:

- Erstveröffentlichung am 24.01.2013
- Abb. 2 überarbeitet am 31.01.2013

Impressum

Diagnose-Funk Schweiz
Giblenstrasse 3
CH - 8049 Zürich
kontakt@diagnose-funk.ch

Diagnose-Funk e.V.
Postfach 15 04 48
D - 70076 Stuttgart
kontakt@diagnose-funk.de