

Lothar Geisbusch, Friedrich M. Landstorfer, et. al.

Einkopplung elektromagnetischer Felder

in Herzschrittmacherelektroden im Frequenzbereich von 50 MHz bis 500 MHz

Die Forschungsgemeinschaft Funk e.V. hat es sich u.a. zur Aufgabe gemacht, mögliche Störungen an Herzschrittmachern und deren Störmechanismen durch hochfrequente elektromagnetische Strahlung untersuchen zu lassen, um gesicherte Ergebnisse als Grundlage für Richtlinien und Normen zu erhalten, die sowohl die Sicherheit des Herzschrittmachertägers sicherstellen als auch die Notwendigkeiten moderner Funkdienste berücksichtigen.



Modell des ersten implantierbaren Herzschrittmachers von 1958

Sie hat zu diesem Zweck in der Vergangenheit drei Studien vergeben, die diese Frage unter verschiedenen Gesichtspunkten untersuchten (CETECOM: „Störfestigkeit von Herzschrittmachern im Frequenzbereich 30 KHz bis 2,5 GHz“, Edition Wissenschaft Nr. 5/96; Prof. Dr. Werner Irnich: „Störbeeinflussung von Herzschrittmachern durch Mobilfunkgeräte“, Edition

[Fortsetzung auf Seite 2 >](#)

Inhalt

FORSCHUNG

Einkopplung elektromagnetischer Felder in Herzschrittmacherelektroden im Frequenzbereich von 50 MHz bis 500 MHz **S. 1**

Internationale Fall-Kontrollstudie zur Untersuchung des Risikos für die Entstehung von Hirntumoren durch den Gebrauch von Handys **S. 8**

Interview mit Prof. Dr. Maria Blettner, Vorsitzende der Strahlenschutzkommission (SSK) **S. 10**

Zellen im Stress **S. 22**

INTERNES

8. Mitgliederversammlung der FGF **S. 12**

Rede des Bundesministers für Wirtschaft und Technologie, Dr. Müller **S. 14**

AKTUELLES

„Geldrollenbildung“ im Blut – verursacht durch Mobilfunk-Felder? **S. 4**

Neue Technologie UMTS – das Mobilfunksystem der nächsten Generation **S. 16**

DECT-Telefone: Gepulste Gefahr? **S. 26**

NACHRICHTEN **S. 28**

IMPRESSUM **S. 28**



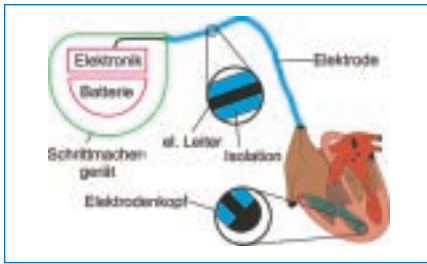


Bild 1: Schematische Darstellung des Herzschrittmachers.

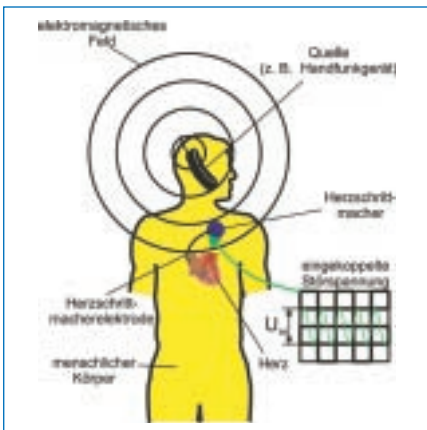


Bild 2: Körper mit Sendeantenne und Oszillogramm.

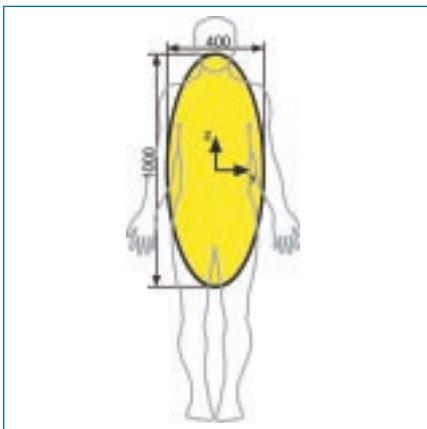


Bild 3: Ellipsoides Körpermodell.

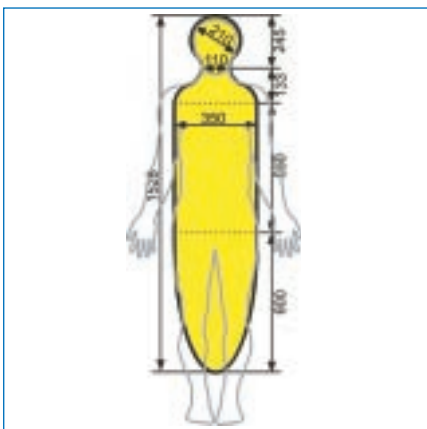


Bild 4: Körpermodell mit Kopf und Schulter.

Wissenschaft Nr. 7/96 und Prof. Dr. Volker Hansen: „Berechnung der Eingangsimpedanz von Herzschritt-machern“, Edition Wissenschaft Nr. 6/96). Gegenstand dieser von der FGF neu beauftragten Studie war die „Einkopplung elektromagnetischer Felder in Herzschritt-macherelektroden im Frequenzbereich von 50 MHz bis 500 MHz.“

Problemstellung

Herzschrittmacher dienen der Therapie von Herzerkrankungen, wie z. B. Herzrhythmusstörungen. Das Schrittmachergerät, welches meist unter einem der beiden Schlüsselbeine implantiert wird, bedient sich dabei der sog. Herzschrittmacherelektrode. Diese Elektrode hat zwei Aufgaben: 1. Ableiten des Signals der Herzaktivität, damit das Gerät seine überwachende Funktion wahrnehmen kann, 2. Weiterleiten der Stimulationsimpulse vom Gerät zum Herzen (Bild 1, Seite 2).

Das Herzschrittmachergerät, welches großordnungsmäßig die Abmessungen einer Streichholzschachtel besitzt, beinhaltet sowohl eine Batterie als auch eine elektronische Schaltung, welche die eigentliche Funktion ausübt. Das metallische Gehäuse des Gerätes ist mit dem menschlichen Gewebe leitend verbunden. Jedoch ist die Elektrode, bis auf deren Kopf, gegenüber dem menschlichen Gewebe isoliert. Der Elektrodenkopf mündet im Herzen und verwächst dort dank einer speziellen Beschichtung mit dem Gewebe des Herzens.

Elektromagnetische Felder können in den menschlichen Körper eindringen und in der Herzschrittmacherelektrode eine elektrische Spannung induzieren. Diese Spannung kann sich störend auf die elektronische Schaltung des Schrittmachers auswirken (Bild 2, Seite 2).

Die untersuchten Frequenzen von 50 MHz bis 500 MHz liegen zwar außerhalb des für den Schrittmacher detektierbaren Frequenzbereichs, jedoch können durch Nichtlinearitäten, z.B. verursacht durch Halbleiter,

Gleichrichteffekte auftreten, so daß aus den hochfrequenten eingekoppelten Wechselspannungen Gleichspannungsanteile entstehen können. Sind die hochfrequenten Signale zum Beispiel mit einer Frequenz von 1 Hz amplitudenmoduliert, so resultiert daraus eine pulsierende Gleichspannung mit einer Frequenz, welche größenordnungsmäßig der des Herzschlags entsprechen kann. Der Herzschrittmacher kann dieses pulsierende Gleichspannungssignal als vom Herz kommendes Signal interpretieren und infolge dessen unerwünschte Schrittmacherimpulse aussenden.

Übersicht

Um den Zusammenhang zwischen einem von außen auf den menschlichen Körper einwirkenden elektromagnetischen Feld und der in das Schrittmachergerät eingekoppelten Spannung zu untersuchen, wurde am Institut für Hochfrequenztechnik der Universität Stuttgart eine Studie durchgeführt. Dabei wurde zwischen Fernfeld- und Nahfeldexposition unterschieden. Der Frequenzbereich der Untersuchung erstreckt sich dabei von 50 MHz bis 500 MHz. In diesem Frequenzbereich arbeiten zum Beispiel Rundfunksender, Amateurfunkstationen und auch Betriebsfunkgeräte.

Bei der Fernfeldexposition wurde eine ebene elektromagnetische Welle als Anregung angenommen. Durch diesen Wellentyp, welcher durch einfache mathematische Gleichungen beschreibbar ist, kann das elektromagnetische Feld entfernter Sendeeinrichtungen modelliert werden.

Ein typisches Beispiel für eine Nahfeldexposition liegt bei einem Funkgerät vor, welches von einem Schrittmacherträger körpfernah benutzt wird. Die Zusammenhänge sind bei dieser Expositionsart wesentlich komplizierter, da die örtliche Verteilung des elektromagnetischen Feldes von dem Abstand und der Orientierung des Funkgerätes zum Körper abhängt. Aus diesem Grunde muß bei den Untersuchungen nicht nur die Einfallrichtung der elektromagnetischen Wellen berücksichtigt

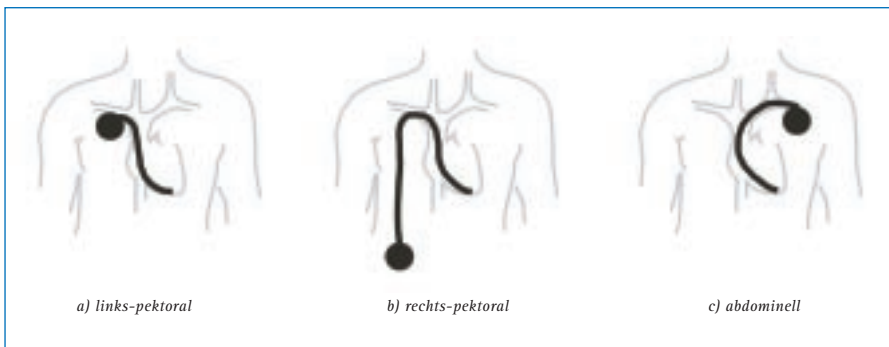


Bild 5: Unterschiedliche Implantationsarten.

werden, sondern auch der Abstand zur Sendeantenne und die Antenneneigenschaften.

Fernfeld- und Nahfeldexposition wurden mit unterschiedlichen Berechnungsverfahren untersucht. Hierbei erforderte speziell die Nahfeldexposition sehr umfangreiche Computer-Berechnungen. Parallel zu den Berechnungen wurden auch Messungen zur Überprüfung der Rechenergebnisse durchgeführt.

Modellierung

Ziel der Untersuchung war es, eine „worst case“-Abschätzung durchzuführen. Hierbei wurden sehr viele Parameter, wie z. B. Einfallrichtung und Polarisation der einfallenden Welle, variiert. Um die hierfür benötigte sehr große Zahl an Rechnungen zu bewältigen, mußten geeignete schnelle Berechnungsverfahren eingesetzt werden. Aufgrund dieser Vorgabe mußte auf eine detaillierte Modellierung der Anatomie des Menschen verzichtet und auf einfachere Körpermodelle zurückgegriffen werden.

Zur Erstellung der Körpermodelle wurden die Abmessungen nach DIN 33402 Teil 2 verwendet. Unter Berücksichtigung der zu verwendenden Feldberechnungsverfahren entstanden daraus ein rotationssymmetrisch ellipsoides Körpermodell, welches den Oberkörper abdeckt (Bild 3, Seite 2), und eines mit Kopf und Schulter, welches ebenfalls rotationssymmetrisch ausgeführt ist (Bild 3, Seite 2). Neben der geometrischen Modellierung des menschlichen Kör-

pers sind für die Berechnungen auch die elektrischen Parameter (Dielektrizitätskonstante und spezifische Leitfähigkeit) des Körpergewebes wichtig. So hat Fettgewebe zum Beispiel eine erheblich geringere Leitfähigkeit als Muskelgewebe. Für die Körpermodelle, welche ausschließlich als homogen angenommen wurden, wurden die elektrischen Parameter durch gewichtete Mittelwertbildung der unterschiedlichen Gewebeparameter bestimmt.

Je nach Patient können die Herzschrittmacher in unterschiedlicher Weise implantiert werden. So ist zwischen den drei Implantationsarten links-pektoral, rechts-pektoral und abdominell zu unterscheiden. Wie Bild 5 zu entnehmen ist, ist der Schrittmacher bei links-pektoraler Implantation unter dem linken Schlüsselbein, bei rechts-pektoraler unter dem rechten Schlüsselbein und bei abdomineller Implantation in der Bauchhöhle implantiert. Der Modellierung wurden diese drei Implantationsarten zugrunde gelegt (Bild 5, oben).

Fernfeldexposition

Bei der Fernfelduntersuchung wurden folgende Parameter zur „worst case“-Suche variiert:

Parameter	Wertebereich
Einfallrichtung	alle Winkel im -Raster
Polarisation	vertikal, horizontal
Körpermodell	ellipsoides Modell und Kopf-Schulter-Modell
Implantationsart	rechts-pektoral, links-pektoral und abdominell

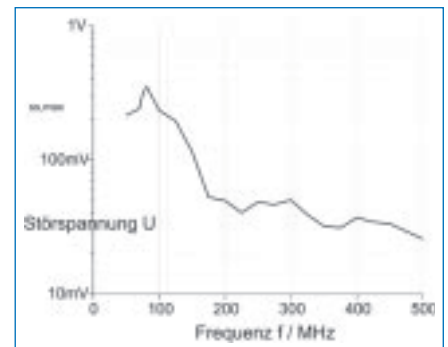


Bild 6: Maximale Störspannungswerte bei Fernfeldexposition.

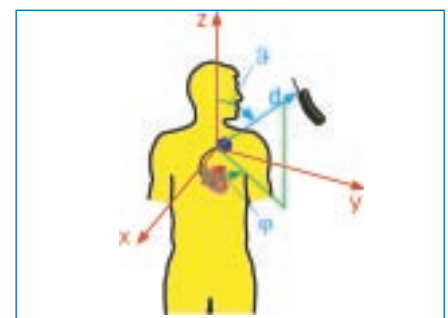


Bild 7: Antenne im Kugelkoordinatensystem.

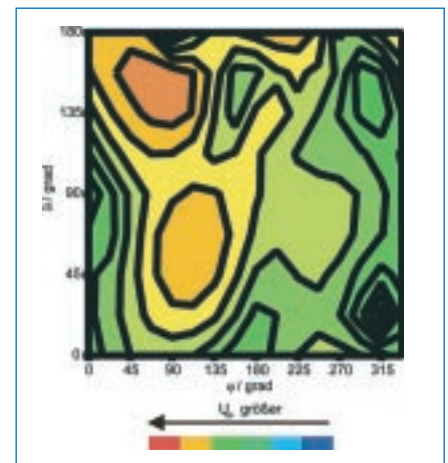


Bild 8: Beispiel einer eingekoppelten Störspannung in Abhängigkeit der Antennen-Position.

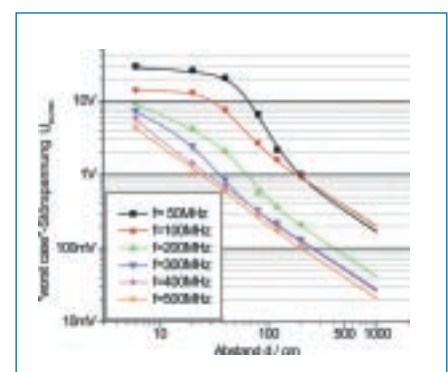


Bild 9: Maximale Störspannungswerte bei Nahfeldexposition.

„Geldrol

**„Geldrollenbildung“ – ein
zur Zeit auf Bürgerver-
sammlungen gegen die
Neuerrichtung von Mobil-
funk-Basisstationen mit
Live-Demonstrationen
gezeigtes Phänomen –
beunruhigt seitdem die
Menschen in der Eifel in
Nordrhein-Westfalen
(Kölner Stadt-Anzeiger
vom 15.10.1999 und vom
15./16.1.2000). Auch die
Sendung „Spiegel-TV“
und die Zeitschrift „Der
Spiegel“ (Heft 10 vom
6.3.2000) wurden auf die
Vorgänge aufmerksam und
berichteten darüber.**

Angeregt wurde jeweils mit einer ebenen Welle mit der Amplitude $E_s = 1 \text{ V/m}$. Als Ergebnis wird jeweils die gefundene „worst case“-Störspannung $U_{ss, \max}$ angegeben (Index s steht für Spitzenwert, der Index ss für Spitze-Spitze-Wert). (Bild 6, Seite 3) Der hohe Wert der Störspannung bei ca. $f = \text{MHz}$ wird sowohl durch Elektroden-, als auch von Körperresonanzen hervorgerufen.

Nahfeldexposition

Gegenüber der Fernfeldexposition existieren bei der Nahfeldexposition zwei weitere Parameter, die sich auf die eingekoppelte Störspannung auswirken. Dies ist zum einen der Typ der Sendeantenne und zum anderen der Abstand zwischen Herzschrittmacher und Sendeantenne. Während bei der Fernfeldexposition dank des Reziprozitätsprinzips die Einkopplungen für alle Einfallsrichtungen in einem einzigen Programmdurchlauf berechnet werden können, erfordert bei der Nahfeldexposition jede einzelne Antennenposition einen eigenen Programmdurchlauf. Die Zahl der Berechnungen ist somit ungleich höher. Wie in Bild 7 (Seite 3) zu sehen ist, wurde die Antennenposition mit Hilfe der Winkel u und j und dem Abstand d (Kugelkoordinaten) beschrieben. Bild 8 (Seite 3) zeigt die eingekoppelte Störspannung in Abhängigkeit von den Winkeln u und j . Der Abstand d wird dabei festgehalten, so daß die Sendeantenne auf einer fiktiven Kugeloberfläche bewegt wird. Wie dem Bild 8 (Seite 3) zu entnehmen ist, besteht eine starke Abhängigkeit von der Positionierung der Antenne. Der dabei gefundene Maximal-

wert wurde als „worst case“-Störspannung notiert. Die „worst case“-Werte, welche durch Variation der Antennenposition, der Polarisation der Antenne, des Antennentyps und der Implantationsart gefunden wurden, wurden abhängig von der Frequenz und vom Abstand d zusammengefaßt und sind in Bild 9 (Seite 3) dargestellt.

Die Spannungswerte beziehen sich auf eine von der Sendeantenne abgestrahlte Wirkleistung von $ERP = 1 \text{ W}$ ($ERP = \text{equivalent radiated power}$). Wie dem Bild 9 (Seite 3) zu entnehmen ist, können für kleine Abstände Störspannungen von nahezu 30 V erreicht werden. Dabei sind jedoch zwei Dinge zu beachten. Zum einen handelt es sich um Spitze-Spitze-Werte und zum anderen um Leerlaufspannungswerte, d. h., daß diese Werte für eine unendlich hohe Eingangsimpedanz des Schrittmachergerätes gültig sind. Um die tatsächlich auftretende Störspannung zu erhalten, ist die Leerlaufspannung mit dem Quotienten $Z_{\text{ein}} / (Z_{\text{ein}} + Z_{\text{el}})$ zu multiplizieren (Z_{ein} : Eingangsimpedanz des Herzschrittmachers, Z_{el} : Elektrodenimpedanz). Die tatsächliche Störspannung hängt somit auch vom Herzschrittmachergerät ab. Darüber hinaus ist auch die Störempfindlichkeit von Herzschrittmachern hersteller- und typabhängig. Während technisch veraltete Geräte eher empfindlich auf Störungen reagieren, sind modernere Geräte in dieser Hinsicht meist robuster.

Dipl.-Ing. Lothar Geisbusch,
Prof. Dr.-Ing. Friedrich M. Landstorfer,
et. al., Institut für Hochfrequenztechnik,
Universität Stuttgart

„Geldrollenbildung“ im Blut verursacht durch Mobilfunk-Felder?

Der an frisch entnommenen Blutproben aus dem Ohrläppchen eines Freiwilligen vorgeführte Effekt ist ein in der Medizin lange bekanntes und anerkanntes Phänomen (Synonyme: Geldrollenagglutination, Pseudoagglutination, Rouleau-Bildung; engl.: 'rouleau formation'). Dabei legen sich die etwa acht Tausendstel Millimeter (μm) großen roten Blutkörperchen (Erythrozyten) münzrollenartig, zum Teil verzweigt, mit den flachen Seiten aneinander und bilden lange Ketten. Diese können mit normalen Mikroskoptechniken (Dunkelfeld- oder Phasenkontrastbeleuchtung) ohne großen Aufwand unter einem Lichtmikroskop mit angeschlossener Videokamera gezeigt werden.

„Der Handy-Anruf ließ das Blut erstarren“

Unter diesem Titel berichtete der Kölner Stadtanzeiger vom 15./16.1.2000 über eine Bürgerversammlung in dem Ort Kall, bei der einem Freiwilligen aus dem Publikum (der gewöhnlich kein Handy-Benutzer sein sollte) zunächst Blut vor einem Handy-Testtelefonat aus dem Ohrläppchen entnommen wurde. Dabei mußte geklärt werden, ob der allgemeine Zustand des „Probanden“ nicht schon vor dem Telefonieren zu Geldrollenbildung im Blut geführt hatte. Nur wenn dabei frei im Blut schwimmende Erythrozyten gefunden werden, der Betreffende also als elektromagnetisch „unbeeinflußt“ eingestuft wird, sollen die Effekte nachweisbar sein. Nach dieser Prüfung telefonierte der Freiwillige einige Minuten mit einem Mobiltelefon, und es wurde erneut ein Tropfen Blut aus dem

Ohrläppchen entnommen. Die beiden Blutproben wurden auf Objektträgern mit einem Deckglas abgedeckt und so als Vitalpräparat unter dem Dunkelfeldmikroskop verglichen. Auf der Video-Projektionsleinwand war zu sehen, wie sich die roten Blutkörperchen zunächst bewegten. Nach dem Telefonieren zeigte die Blutprobe „endlose Ketten von verklebten Blutkörperchen, die sich gar nicht mehr bewegen“ – Geldrollenbildung!

Was steckt dahinter?

Die Geldrollenbildung wird verursacht durch die plötzliche Entstehung besonderer hochmolekularer Eiweißsubstanzen im Blut, die zur Verknüpfung der Erythrozyten in der beschriebenen Form führen. In schwerer Form kann die Folge eine Strömungsbehinderung des Blutes sein, bis hin zur möglichen Verstopfung kleiner Blutgefäße (sog. Fahraeus Pseudothromben) mit entsprechenden gesundheitlichen Folgen. Dieses in der Medizin als „Blutschlamm“ (engl. 'blood sludge') bezeichnete vorübergehende Phänomen ist von schweren Schockzuständen her bekannt, z.B. nach Verbrennungen, kann in leichter Form aber auch schon durch zu geringe Flüssigkeitsaufnahme in den Körper oder bei bestimmten Stoffwechselerkrankungen auftreten. In leichtem Ausmaß muß die Geldrollenbildung jedoch zu den normalen Eigenschaften von gesundem Blut gezählt werden. Sie spielt im Körper offenbar auch eine Rolle bei der Feinregulierung der Zähflüssigkeit (Viskosität) des Blutes, die sich normalerweise ständig in geringem Maße ändert. Dies ist nur mit

aufwendigen Methoden nachweisbar (s.u.). Außerdem wird die Paarbildung von Erythrozyten und die nachfolgende Geldrollenbildung als erste Schritte beim Ablauf der normalen Blutgerinnung angesehen, die bei Menschen mit gesundem Blut außerhalb des Körpers immer mit intraindividuell Verzögerung einsetzt, wenn sie nicht durch Gerinnungshemmer unterdrückt wird. Schließlich bilden sich aus den aneinander hängenden Blutkörperchen räumliche Gebilde, die der Körper normalerweise als Pfropfen zum Wundverschluß braucht. Bei Blutkonserven wird die Fähigkeit zur Geldrollenbildung sogar als Gütekriterium herangezogen (Rehse et al., 1990). Bei der Blutgruppenbestimmung mit älteren Methoden ist die Geldrollenbildung als Artefaktmöglichkeit (Möglichkeit einer Fehlbestimmung durch falsch positive Gerinnungsergebnisse) bekannt. Und schließlich steht schon in einem älteren Buch über Hobby-Mikroskopie (Deckart, 1972) zu lesen: „Bei der Betrachtung unter dem Mikroskop sehen wir viele rote Blutkörperchen gleicher Form und Größe. Sie gleichen Geldstücken und haben die Neigung, sich wie Geldrollen aneinander zu legen.“ Nichts Besonderes also, wenn sich rote Blutkörperchen wie Geldrollen aneinander legen?

In der Naturheilkunde wird der Untersuchung eines frisch entnommenen Tropfens Blut, speziell mit dem Dunkelfeldmikroskop, große Bedeutung bei der Diagnose verschiedenster Beschwerden oder physiologischer Ungleichgewichte beigemessen. Die Untersuchungsmethode stellt dort eine eigene Fachrichtung dar, die in der

Schulmedizin in dieser Art nicht praktiziert wird. So sollen sogar fundierte Aussagen über die Gesamtsituation des Körpers möglich sein.

Die Kraft der Gedanken

Was uns Edgar Cayce, der „Seher von Virginia Beach“, schon in den dreißiger Jahren voraussagte, ist heute wahr geworden: Der Gesundheitszustand eines Menschen wird mit der „Dunkelfeld-Vitalblut-Diagnostik“ (so die offizielle Bezeichnung) durch die Untersuchung nur eines Tropfens Blut bestimmbar (<http://www.nulife-sciences.com>). Auf den entsprechenden Internet-Seiten amerikanischer Trainingszentren für Vitalblut-Dunkelfeldmikroskopie und deutscher Naturheilkliniken wird das ganze Ausmaß der Blutverwirrung deutlich: Von der Anfärbung des Blutes mit Lichtfrequenzen ist hier die Rede, von kraftvoll leuchtenden oder schattenhaften Erythrozyten, vom Enderlein-Training nach dem „Dr.-Gunther-Enderlein-Ansatz“ bis hin zum „Ultra-Dunkelfeldmikroskopie“-Standardbildband von Michael Coyne zum Selbststudium zum Preis von \$ 200. Alles kann gleich online bestellt werden, inclusive des NuLife Sciences Photomikroskopierversystems – ein normales Videomikroskop mit Dunkelfeld-Beleuchtungsansatz.

Auch Angstzustände oder Verkrampfungen werden im Blutbild deutlich. *„Die roten Blutkörperchen drängen sich dann dicht zusammen und bilden etwas, das wie Geldrollen aussieht.“* Neben der „Kraft des Gebetes“ hilft uns die HG Naturklinik Michelrieth (<http://www.naturklinik.com/de/dunkelfeld1.html>) auch mit der „Kraft der Gedanken“ weiter: *„Im ersten Fall wurde einem Patienten Blut entnommen, der morgens lustlos und leicht depressiv erwachte und den Tag nicht annehmen wollte. Er ging angespannt und pessimistisch in den Tag. Doch während der Untersuchung begann er, umzudenken, etwa: ‚Ich nehme*

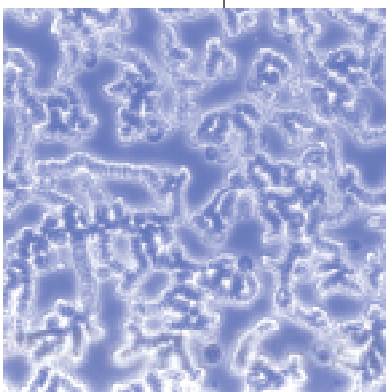
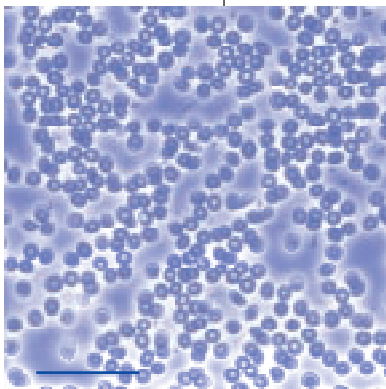
den Tag an. Ich denke positiv‘. Schon nach kurzer Zeit zeigt sich die Wirkung im Blutbild: Die Geldrollen lösen sich auf, es kommt Bewegung auf, die Blutkörperchen gewinnen an Ausstrahlung. Und nun ein interessanter Befund: Durch einen nicht geplanten Außenreiz erschrak der Patient während der Untersuchung. Obwohl das Tröpfchen Blut sich außerhalb des Körpers befand, reagierte es dennoch auf den Schreck. Der Volksmund sagt dazu: ‚Vor Schreck stockte ihm das Blut in den Adern.‘ Dass dies auch außerhalb des Körpers noch so ist, zeigt, wie sehr unser Blut mit uns verbunden ist und wie sich Empfindungen und Gedanken auf das Blut auswirken.“

Hat der Freiwillige bei der Bürgerversammlung in der Eifel vielleicht nur nicht positiv gedacht oder erschrak er womöglich beim Anblick des Handys?

Wie ist der Stand der Wissenschaft?

Durchsucht man wissenschaftliche Datenbanken, dann erhält man über 200 relevante Arbeiten, die sich mit der Geldrollenbildung im Blut beschäftigen. In sehr vielen methodischen Publikationen wird klar, daß man sich einer quantitativen Erfassung des Phänomens nicht ohne weiteres auf dem Objektträger eines Lichtmikroskops, sondern eher unter standardisierten Bedingungen und mit ausgefeilteren Methoden nähern kann.

Dabei werden die gewaschenen Erythrozyten in der Regel in ihrem Plasma wieder aufgenommen oder in einer standardisierten Ersatzlösung suspendiert, welcher der Zusatzstoff Dextran als Geldrollen-Auslöser definiert zugesetzt wird. Nur so können außerhalb des Körpers unter Standardbedingungen ohne den verfälschenden Einfluß der normalen Blutgerinnung (und ohne Einsatz von Gerinnungshemmern) aussagekräftige Vergleiche zwischen Test- und Kontrollansätzen durchgeführt werden. Die Geldrollenbildung kann sowohl Folge der



Vitalpräparat vom Blut des Menschen. Aufnahmen ohne (oben) und mit Geldrollenbildung der Erythrozyten (unten) zeitgleich von ein und demselben Präparat. Phasenkontrastaufnahme. Maßstrich entspricht 50 Mikrometern.

Bildung von Gerinnungsproteinen (Fibrinogen und andere Plasmafaktoren) im Blutplasma sein, als auch von Eigenschaften der roten Blutkörperchen selbst abhängen (Obiefuna und Photiades, 1990). Strömungsuntersuchungen in dünnen Kapillaren zeigen, daß bei niedriger Fließgeschwindigkeit des Blutes mehr Geldrollenbildung zu beobachten ist als bei hoher Geschwindigkeit (Cokelet und Goldsmith, 1991). Es wird heute davon ausgegangen, daß im venösen Blutkreislauf der Zustand des Fast-Stillstands bei jedem Pulsschlag in einer bestimmten Phase natürlicherweise vorkommt, somit auch das Aneinanderlagern von Erythrozyten, das damit zur normalen lokalen Variation der Strömungseigenschaften des Blutes im Körper beiträgt (Lee et al., 1990). Dies im lebenden Körper zu zeigen, ist natürlich nicht einfach, wenngleich es auch dafür heutzutage methodische Lösungen mit Hilfe der Doppler-Ultraschallrückstreuung gibt (Cloutier und Qin, 1997).

Auch Untersuchungen mit anderen Methoden belegen, dass das alleinige Vorkommen der Geldrollenbildung im Blut eine ziemlich natürliche Sache ist. Gegenstand der Pathologie-Forschung ist allenfalls das Vorkommen eines Übermaßes an Geldrollenbildung im Vergleich zu normalen Proben. Gerade hierzu sind jedoch Methoden nötig, die quantitative Aussagen zulassen. Das alleinige Anschauen auf dem Objektträger scheint nicht ausreichend zu sein. Anerkannte quantitative Methoden sind z.B. die Laser-Reflektometrie (Beurteilung der Rückstreuungsrate von Laserlicht, mit dem das Blut im Spalt eines Viskosimeters bestrahlt wird), die Rheoskopie (direkte Beobachtung der Geldrollenbildung in einer Kapillare unter dem Mikroskop unter standardisierten Bedingungen), die Aggregometrie (Integration der Lichtmenge, die durch eine Blutprobe hindurch fällt, über einen gewissen Zeitraum zu einem spezifischen Index) und die eben schon erwähnte Ultraschall-Rückstreuungsanalyse, wobei die

Rheoskopie die am wenigsten verlässlichen Ergebnisse liefert (Stoltz et al., 1984). Wissenschaftliche Untersuchungen über den Einfluß von schwachen hochfrequenten elektromagnetischen Feldern auf das Phänomen „Geldrollenbildung“ fehlen bis heute. Lediglich über den Einfluß von Mikrowellen, die klinisch in verschiedenen Geräten zum raschen Anwärmen von Blutkonserven vor größeren Infusionen eingesetzt werden, findet man einige Publikationen mit zum Teil widersprüchlichen Resultaten. Während den Geräten in einem Fall die Unbedenklichkeit bescheinigt wird (Harrison et al., 1992), kommen andere Autoren zu dem Schluß, dass die - wohlgemerkt starke - Mikrowellenstrahlung Schäden am Blut verursachen kann (Linko und Hekali, 1980).

Eigene Untersuchungen

Bei Untersuchungen im eigenen Labor wurde deutlich, dass der bei der Bürgerversammlung in der Eifel vorgeführte Test keinen wissenschaftlichen Kriterien standhält, weil die nicht standardisierte Methode offenbar gar keine reproduzierbaren Ergebnisse liefern kann. Es wurde die gleiche „Vitalblut-Diagnostik“ betrieben, wie oben beschrieben. Es kam beim Mikroskopieren jedoch nicht die Dunkelfeld-, sondern die im Labor eher übliche Phasenkontrastbeleuchtung zum Einsatz. Bei einer Vielzahl von Testansätzen wurden zahlreiche Geldrollenbildungen beobachtet – allerdings ganz unabhängig von den Testbedingungen. Ob mit oder ohne zwischenzeitlich geführtes Handy-Telefonat: Jedes Präparat sah anders aus, auch bei derselben Testperson, die zwischen zwei Blutabnahmen gar nicht telefoniert hatte. Zwar zeigten sich individuelle Unterschiede in der grundsätzlichen Neigung zur Geldrollenbildung, die Blutbilder veränderten sich jedoch ständig während der Beobachtung, und man fand sogar Stellen mit und ohne Geldrollenbildung auf ein

und demselben Objektträger (siehe Abbildung). In keinem Fall konnte ein Hinweis auf einen Effekt durch ein geführtes Handy-Telefonat gefunden werden. Somit kann man sich in dem kleinen, hoch vergrößerten Video-Bildausschnitt in vielen Fällen offenbar aussuchen, was man zeigen möchte: frei schwimmende Blutkörperchen oder Stellen mit Geldrollenbildung. Die Testperson mit der zuverlässig stärksten zu beobachtenden Geldrollenbildung war übrigens noch nie Handy-Benutzer.

Als Nachweismethode zur Demonstration eventueller Effekte von Mobilfunk-Feldern auf die Gesundheit des Menschen erscheint die Methode der „Vitalblut-Diagnostik“ ungeeignet und kann in der Öffentlichkeit vorgeführt eher zu Verwirrung und Fehlinformation führen als zur sachlichen Diskussion beitragen.

Dr. Frank Gollnick und Gabi Conrad sind Mitarbeiter am Physiologischen Institut der Universität Bonn

Literatur

- Cloutier, G. and Z. Qin: Ultrasound backscattering from non-aggregating and aggregating erythrocytes - a review. *Biorheology* 34(6): 443-70 (1997)
- Cokelet, G.R. and H.L. Goldsmith: Decreased hydrodynamic resistance in the two-phase flow of blood through small vertical tubes at low flow rates. *Circ. Res.* 68(1): 1-17 (1991)
- Deckart, M.: Freizeit mit dem Mikroskop. Falken Verlag, Niedernhausen (1972)
- Harrison, G.G. et al.: Method for the safe and rapid pretransfusion warming of stored blood: an in vitro and in vivo evaluation of a radiofrequency (RF) instrument. *J. Clin. Apheresis*; 7(1): 12-7 (1992)
- Lee, M.M. et al.: Adhesive interaction of erythrocytes in vitro in multiple myeloma. *Microvasc. Res.* 40(3): 317-26 (1990)
- Linko, K. and R. Hekali: Influence of the Taurus radiowave blood warmer on human red cells. Hemolysis and erythrocyte ATP and 2,3 DPG concentrations following warming by radiowaves, microwaves and water bath. *Acta Anaesthesiol. Scand.* 24(1): 46-52 (1980)
- Obiefuna, P.C. and D.P. Photiades: Sickle discocytes form more rouleaux in vitro than normal erythrocytes. *J. Trop. Med. Hyg.* 93(3): 210-4 (1990)
- Rehse, K. et al.: Antiaggregatorische und anticoagulante Eigenschaften von Oligoaminen, 13. Mitt.: Verbesserung der Lagerfähigkeit von Vollblut und Erythrocytensuspensionen durch Oligoamine. *Arch. Pharm. Weinheim.* 323(8): 475-9 (1990)
- Stoltz, J.F. et al.: Experimental approach to rouleau formation. Comparison of three methods. *Biorheology Suppl.* 1: 221-6 (1984)

Internationale Fall-Kontrollstudie zur Untersuchung des Risikos von Gehirntumoren

M. Blettner, G. Berg,

J. Wahrendorf, B. Schlehofer, K.

Schläfer, J. Michaelis, J. Schüz

Gesundheitsschädigende Wirkungen hochfrequenter elektromagnetischer Wellen werden seit Jahrzehnten kontrovers diskutiert. Die Diskussion wurde erneut belebt durch den zunehmenden Gebrauch von mobilen Telefontelefonen, den sogenannten „Handys“.

Seit Anfang der 90er Jahre sind auf dem deutschen Markt Handys verfügbar. Auch wenn in Deutschland im Vergleich zu den anderen europäischen Ländern der Mobilfunk noch vergleichsweise wenig genutzt wird, besaßen im September 1999 immerhin ca. 25 % der Bundesbürger ein „Handy“. Da es sich bei den Handys um eine relativ neue Technologie handelt, liegen wissenschaftlich fundierte Kenntnisse über mögliche gesundheitliche Gefährdungen als Folge einer langfristigen Nutzung nicht vor. Andererseits wird die öffentliche Besorgnis aufgrund der starken Zunahme des Gebrauchs von Handys weltweit immer wieder laut.

Stand der Wissenschaft

Die biologischen Wirkungen hochfrequenter elektromagnetischer Strahlung auf die Gesundheit wurden von der Fachwelt bisher als eher gering eingeschätzt. Beim

Telefonieren mit einem Handy erhöht sich die Temperatur am Ohr durch die elektromagnetischen Felder um maximal 0,1°C. Als mögliche nicht-thermische Effekte werden z.B. der Einfluss auf die Hormonregulierung oder auf die intrazellulären Signalprozesse genannt, aber nicht klar nachgewiesen (Verschaeve et al. 1998). Insbesondere die Frage, ob ein erhöhtes Krebsrisiko durch nicht-ionisierende Strahlung besteht, ist bisher nicht zufriedenstellend untersucht worden.

Bisher liegen lediglich Ergebnisse von zwei epidemiologischen Studien vor. In den Jahren 1994 bis 1996 wurden in einer schwedischen Studie 209 Personen mit einem Gehirntumor und 425 gesunde Kontrollpersonen zum ersten Mal über ihre Handynutzung befragt (Hardell et al., 1999). Die Autoren untersuchten das Risiko der Entstehung von Hirntumoren durch die Nutzung von Mobiltelefonen. Insgesamt



rollstudie

Risikos für die Entstehung von Hirntumoren durch den Gebrauch

Handys

samt zeigte sich für Personen, die ein Handy benutzen, im Vergleich zu Personen, die nicht mit einem Handy telefonieren, keine Erhöhung des Risikos, an einem Hirntumor zu erkranken. Dies galt sowohl für analoge als auch für digitale Handys. Eine zweite Studie aus den USA mit 469 Patienten mit Gehirntumoren und 422 Kontrollpersonen (Muscat, derzeit noch nicht publiziert) fand keine erhöhten Risiken, wenn Störgrößen wie tägliche Dauer der Handynutzung, Art und Ort des Tumors im Gehirn und andere, berufliche Expositionen gegenüber elektromagnetischen Feldern adäquat bei der Auswertung der Daten berücksichtigt wurden. Ein Problem beider Fall-Kontrollstudien ist allerdings, dass die Dauer der Handynutzung zu kurz und die Fallzahl zu klein ist, um statistisch aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten.

Internationale Fall-Kontrollstudie

Die neue, noch nicht lange genutzte Technologie, die geringe Inzidenz der Gehirntumore und die zu erwartenden geringen Effekte machen es notwendig, eine Studie mit einer großen Fallzahl zu initiieren. Dies ist nur im Rahmen einer internationalen multizentrischen Studie möglich. Ein solches Vorgehen soll dann die Untersuchung von Risiken für spezifische Tumorlokalisationen und Dosis-Wirkungs-Beziehungen erlauben. Mit Unterstützung des Internationalen Krebsforschungszentrums der Weltgesundheitsorganisation in Lyon (IARC) wird bereits seit zwei Jahren eine große internationale epidemiologische Studie vorbereitet, die das Krebsrisiko im Bereich des Kopfes und des Halses beim Gebrauch von Handys untersuchen soll (Repacholi, 1998). Dabei handelt es sich

um eine sogenannte „Fall-Kontrollstudie“. Bei dieser Studienform wird die Häufigkeit des Auftretens von Risikofaktoren – das heißt in diesem Fall das Telefonieren mit einem Handy – bei erkrankten und nicht erkrankten Personen zum Beispiel durch eine Befragung erhoben. Wird nun beobachtet, dass die Erkrankten öfter ein Handy genutzt haben als die nicht erkrankten Personen, so kann daraus ein Zusammenhang hergeleitet werden. Dieser Zusammenhang kann durch statistische Modellierung für andere Größen – wie zum Beispiel das Alter – korrigiert werden.

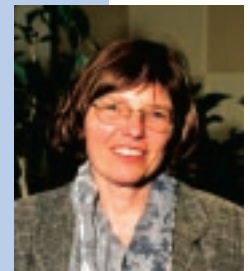
Die internationale „Fall-Kontrollstudie“ wird ab Mitte 2000 in insgesamt 13 Länder nach gleichem Studiendesign durchgeführt, um nach Abschluss der Erhebung eine gemeinsame Auswertung der Daten zu ermöglichen. Außer Deutschland (vertreten mit drei Studienregionen in Bielefeld, Heidelberg und Mainz) sind Australien, Dänemark, Finnland, Frankreich, Großbritannien, Israel, Italien, Kanada, Neuseeland, Norwegen, Schweden und die USA an der Studie beteiligt. Während einer zweijährigen Erhebungsphase werden etwa 6000 Patienten mit Hirntumoren (Gliome, Meningeome und Akustikus-Neurinome) und eine gleich große Anzahl zufällig aus der jeweiligen Bevölkerung ausgewählter gesunder Personen (Kontrollen) in die Studie eingeschlossen. Die Kontrollen werden den Hirntumorpatienten nach Alter und Geschlecht entsprechend zugeordnet. Nur Personen im Alter zwischen 30 bis 59 Jahren werden in die Studie einbezogen, da in dieser Altersgruppe Handys häufiger genutzt werden. Mit Hilfe eines computergestützten persönlichen (face-to-face) Interviews (CAPI) wird die Nutzung von mobilen Telefoneinrichtungen detailliert erfragt. Da die Exposition eines

Ausblick

Ein wesentliches Problem der gesamten Studie besteht in der noch nicht sehr langen Nutzung von Handys durch die Bevölkerung. Der Zeitraum, über den das Handy verwendet wurde, ist eventuell für eine Einflussnahme auf das Tumorgeschehen zu kurz. Des Weiteren ist auch die Dauer der Entstehung der hier untersuchten Hirntumoren (Latenzzeit) nicht bekannt. Falls keine Risikoerhöhung bei den Gehirntumoren durch die Handy-Nutzung feststellbar wäre, würde vermutlich eine längere Latenzzeit bei der Krebsentstehung durch elektromagnetische Felder oder die zu kurze Nutzungsdauer der Handys als Erklärung herangezogen. Das Hinauszögern der Studie stellt jedoch keine sinnvolle Alternative dar, da daraus Probleme mit der genauen retrospektiven Expositionserfassung durch eine Befragung (Erinnerungsvermögen) verstärkt auftraten und zudem durch die große Zuwachsrate der Handy-Nutzer der Anteil nicht-exponierter Personen verschwindend gering würde. Lediglich eine Kohortenstudie (Längsschnittstudie) kann das Problem der Latenzzeit besser berücksichtigen. Durch eine Beobachtungszeit (follow up) von fünf bis zehn Jahren könnte dem Effekt der Latenzzeit Rechnung getragen werden.

Das durch wissenschaftliche und technische Experten ausgearbeitete Studiendesign der Internationalen Fall-Kontrollstudie ist äußerst valide und die Ergebnisse werden allgemein mit Spannung erwartet. Allerdings kann auch diese große Studie nur einen Teilbereich des gesundheitlichen Risikos der Handy-Nutzung, nämlich das Risiko für Hirntumore, evaluieren.

Fragen a der Strahlen



I N T E R V I E W

Studienteilnehmers neben der individuellen Nutzung seines Mobiltelefons auch stark von den technischen Charakteristika des Mobiltelefons und des zugehörigen Mobilfunknetzes abhängt, sollen Geräte- und Netzwerkinformationen der Betreiber ebenfalls erhoben werden. Daneben werden auch einige andere mögliche Einflussfaktoren, wie z.B. berufliche Exposition durch hochfrequente elektromagnetische Felder, ionisierende Strahlung, medizinische Vorgeschichte und Rauchgewohnheiten erfasst. In Zusatzuntersuchungen (Validierungsstudien) soll anhand der Telefonrechnungen die Gültigkeit der im Interview angegebenen Häufigkeit und Dauer von Telefonaten der letzten Wochen stichprobenhaft überprüft werden. Ebenso wird die Vergleichbarkeit der in den verschiedenen Zentren gestellten histologischen Diagnosen und der Lokalisationsangabe des Tumors überprüft werden. Das Studiendesign wurde von Wissenschaftlern der beteiligten Länder gemeinsam entwickelt, und die Logistik ist bereits getestet.

Die Europäische Kommission (V. Rahmenprogramm) und ein Industrie-Sponsoring unterstützen wesentlich die Finanzierung dieser internationalen Studie, weitere Mittel müssen durch die jeweiligen Studienzentren selbst eingeworben werden. Die internationale Studie hat eine sehr große statistische Macht (statistische Power), um ein um 10 % erhöhtes Risiko für die genannten Zielkrankheiten nachweisen zu können. Mit ersten Ergebnissen aus dieser Studie ist im Jahre 2003 zu rechnen.

Deutsche Beteiligung

In Deutschland sind die Arbeitsgruppen Umweltepidemiologie am Deutschen Krebsforschungszentrum in Heidelberg, die Abteilung Epidemiologie und Medizinische Statistik der Universität Bielefeld und das Institut für Medizinische Statistik und Dokumentation der Universität Mainz an diesem Projekt beteiligt. In einer Machbar-

keitsstudie wurden 1999 die Vorarbeiten für die Etablierung der Hauptstudie abgeschlossen. In den drei deutschen Studienzentren werden voraussichtlich im Laufe von zwei Jahren für die Internationale Studie ca. 500 Gehirntumorpatienten und die dazugehörigen Kontrollen rekrutiert und befragt. Für eine eigene innerdeutsche Auswertung ist es jedoch sinnvoll, die Zahl der Studienteilnehmer zu erhöhen, um aussagefähige Ergebnisse erzielen zu können. Daher ist geplant, die Erhebungsdauer in Deutschland um ein Jahr zu verlängern und pro Fall zwei Kontrollen auszuwählen. Mit ca. 750 Fällen und 1500 Kontrollen ist die statistische Power der deutschen Teilstudie dann ausreichend, um einen Risikoanstieg für Hirntumore von 50 % feststellen zu können.

Die Finanzierung dieser Erweiterung ist noch nicht vollständig gesichert, jedoch wurde bereits eine zusätzliche finanzielle Unterstützung der ersten beiden Jahre der Studie durch das Ministerium für Umwelt und Verkehr des Landes Baden-Württemberg zugesagt.

Liste der Studiengruppe:

Blettner M., Berg G. (Fakultät für Gesundheitswissenschaften, Universität Bielefeld); Wahrendorf J., Schlehofer B., Schläfer K. (Deutsches Krebsforschungszentrum Heidelberg); Michaelis J., Schüz J. (Institut für Med. Statistik und Dokumentation, Universität Mainz)

Adresse für die Korrespondenz:

Prof. Dr. Maria Blettner, Fakultät für Gesundheitswissenschaften, Universität Bielefeld, AG: Epidemiologie und Medizinische Statistik, Postfach 100131, 33501 Bielefeld, email: blettner@uni-bielefeld.de

Literatur

- 1. Hardell L, Nasman A, Pahlson A, Hallquist A, Hansson MK. Use of cellular telephones and the risk for brain tumours: A case-control study. *Int.J.Oncol.* 1999; 15:113-6.
- 2. Repacholi MH. Low-level exposure to radio-frequency electromagnetic fields: health effects and research needs. *Bioelectromagnetics.* 1998;19:1-19.
- 3. Verschaeve L, Maes S: Genetic, carcinogenic and teratogenic effects of radiofrequency fields. *Mutation Res.* 1998, 410:141-167. ■

n die Vorsitzende Strahlenschutzkommission (SSK), Prof. Dr. Maria Blettner

Allgemeine Fragen zur Strahlenschutzkommission

▶ *Wie lautet Ihre Zwischenbilanz nach einem Jahr als Vorsitzende der Strahlenschutzkommission? Konnten die gesteckten Ziele verwirklicht werden?*

„Zuerst möchte ich sagen, dass ich mich, als über die Neubesetzung des SSK-Vorsitzes beraten wurde, nicht in das Amt der Vorsitzenden gedrängt habe, da ich vorher nur drei Jahre Mitglied der Strahlenschutzkommission war. Mir war es wichtig, wieder zu einer Versachlichung der Diskussionen im Strahlenschutz zu gelangen. In den Diskussionen zur Thematik Strahlenschutz wurde zunehmend polemisiert. Aber ich denke, wir sind im vergangenen Jahr wieder zur sachlichen Auseinandersetzung zurückgekehrt. Das Hauptthema im Jahr 1999 war die Novellierung der SSK-Verordnung nach den Vorgaben der Europäischen Union. Die Strahlenschutzkommission hat entsprechende Vorschläge erarbeitet und der Politik vorgelegt. Die Entscheidung liegt jetzt bei den Politikern.“

▶ *Wo liegen die Unterschiede zwischen Ihrer Arbeit und der Ihrer Vorgänger? Wo setzen Sie die Schwerpunkte im Vergleich zu Ihren Vorgängern?*

„Ich sehe keine großen Unterschiede zur Arbeit meiner Vorgänger. Ich möchte keinen Bruch in der Arbeit, sondern Kontinuität und versuche daher in die Fußstapfen meiner Vorgänger zu treten.“

▶ *Was sind, aus Ihrer Sicht, die vordringlichsten Probleme in Sachen Strahlenschutz?*

„Besonders wichtig erscheint mir das Problem der medizinischen Strahlenbelastung, da dies zu wenig Beachtung findet. Über die jeweiligen Expositionen wissen wir zu wenig. Die Belastungen, denen Laborpersonal, Wissenschaftler oder Patienten ausgesetzt sind, fallen bei den Betrachtungen meist durch. Zudem kommen im medizinischen Bereich ständig neue Techniken zum Einsatz, die zu einer höheren Strahlenbelastung beitragen können. Man muss den Nutzen der neuen Techniken sehen, aber man muss sich hier auch die Frage stellen, wo Belastungen reduziert werden können.“

▶ *Wo steht der in Deutschland praktizierte Strahlenschutz im internationalen Vergleich?*

„Wir stehen im internationalen Vergleich gut da, sowohl in der Verordnung, als auch in der Durchführung. Durch die Novellierung in der EU werden wir nichts verlieren. Die Strahlenschutzkommission hat darauf geachtet, dass unser Standard nach der Novellierung nicht niedriger ist.“

▶ *Wie bewerten Sie das Engagement der Industrie in Fragen des Strahlenschutzes?*

„Die Industrie ist für mich nicht der entscheidende Aspekt. Viel problematischer sehe ich Medizin und Forschung sowie Einrichtungen wie z.B. Sonnenstudios. In Sonnenstudios ist die UV-Bestrahlung problematisch, viele Geräte entsprechen nicht den Normen. Das Hautkrebsrisiko ist erhöht. Wir haben Nachholbedarf in der Aufklärungsarbeit, der Öffentlichkeitsarbeit und der Risikokommunikation. In der Bevölkerung werden Risiken falsch eingeschätzt.“

▶ *Wohin entwickelt sich die Arbeit der Strahlenschutzkommission in der Zukunft, wenn die Nutzung der Funktechnik weiter vorangeht? Sind Veränderungen (z.B. in Organisation/Struktur u.ä.) der Strahlenschutzarbeit denkbar oder gar notwendig?*

„Vielleicht wird es notwendig sein, im Bereich der nicht-ionisierenden Strahlung weitere Arbeitsgruppen zu bilden.“

▶ *Wie bewerten Sie die internationalen Kooperationen im Bereich des Strahlenschutzes?*

„Sehr gut. Es gibt kaum einen Bereich, der international so gut organisiert ist, wie der Strahlenschutz. Es gibt viele Gruppen, die sehr gut kooperieren. Alle Gruppen arbeiten auf Basis wissenschaftlicher Studien.“

Fragen zur Epidemiologie in Deutschland

▶ *Zu Beginn Ihrer Tätigkeit wiesen Sie auf Epidemiologie in Deutschland hin. Wie stellt sich die Situation heute dar?*

„Innerhalb eines Jahres lässt sich da natürlich wenig bewegen. Aber in den letzten 5 bis 10 Jahren hat sich sehr viel getan. Es gibt inzwischen mehrere Lehrstühle und zahlreiche Arbeitsgruppen. Insgesamt würde ich sagen, eine gute Entwicklung. Wir haben in Deutschland aber noch keine Epidemiologieausbildung; der Antrag auf Einführung eines Aufbaustudiums ist jedoch gestellt.“

▶ *Worin liegen die Stärken/Vorteile der epidemiologisch ausgerichteten Forschung?*

„Prävention ist besser als Therapie. Die Epidemiologie leistet einen guten Beitrag zur Gesundheitsplanung. Zum Beispiel kann

die Wirkung von Screening-Maßnahmen, Beispiel Gebärmutterhalskrebs, nur epidemiologisch untersucht werden. Auch lassen sich langfristige Trends in der Häufigkeit von Krankheiten und Todesursachen nur durch epidemiologische Daten erkennen.“

▶ *Welche konkreten Fragen könnte eine stärkergeförderte Epidemiologie beantworten?*

„Die Epidemiologie könnte Beiträge zu Inzidenz und Umfang von Krankheiten leisten. Sie ermöglicht eine bessere Untersuchung von Risikofaktoren und kann Informationen zur Beurteilung von Präventivmaßnahmen und Technologieabschätzungen liefern. Die sogenannte Pharmapopulation kann Aussagen über Nebenwirkungen treffen.“

Fragen zum Mobilfunk

▶ *Der rasche Ausbau der Funknetze und die breite Verfügbarkeit der modernen Mobilfunktechnologie hat eine Art „Mobilfunk-Euphorie“ in der Bevölkerung ausgelöst. Mobil telefonieren ist „in“. Sehen Sie Probleme in dieser Entwicklung? Spielen eventuelle gesellschaftliche Konsequenzen der neuen Technologie eine Rolle in der Arbeit der Strahlenschutzkommission, oder sind es rein die gesundheitlichen Aspekte, die Ihre Arbeit bestimmen?*

„In erster Linie behandelt die Strahlenschutzkommission gesundheitliche Aspekte. Aber auch die Bedeutung der Technologie im Hinblick auf technische Aspekte, z.B. „Handys und Herzschrittmacher“ oder der

Gebrauch von Handys in Flugzeugen, sind Gegenstand unserer Arbeit. Soziale Auswirkungen, die sich aus der Einführung einer neuen Technologie ergeben, beurteilt die Strahlenschutzkommission nicht.“

▶ *Sind die derzeit geltenden Grenzwerte im Bereich der Mobilfunktechnik ausreichend?*

„Ja, sie sind ausreichend. Aber die Entwicklung der neuen Technologien geht so rasend voran, dass die Gesetzgebung kaum Schritt halten kann. Die Technik überholt die Gesetzgebung und die notwendigen Schutzmaßnahmen. Aber im Moment erachte ich die Grenzwerte als ausreichend. Sie sollten jedoch immer wieder überprüft werden.“

▶ *Wie wichtig sind Technikfolgeabschätzungen zum Bereich „Mobilfunk“? Werden Sie bei uns in ausreichendem Maße durchgeführt?*

„Die Abschätzung von Technikfolgen ist sehr wichtig. Als Mitglied einer Studiengruppe zum Thema „Gehirntumor“ sehe ich absolut eine Notwendigkeit für derartige Abschätzungen. Wenn eine Technik eingeführt wird, sollte man über deren Risiken Bescheid wissen. Es gibt hierfür auch Förderung aus der Industrie; ich würde mir aber etwas mehr Engagement für die Wissenschaft wünschen. Man kann die möglichen Auswirkungen neuer Technologien nur jetzt verfolgen. In zehn Jahren ist es zu spät, dann fehlen uns die Kontrollgruppen.“ ■



8. Mitg

Nach Feststellung der Beschlussfähigkeit eröffnete Herr Bär die 8. Mitgliederversammlung am 27.01.2000. In seinem ersten Bericht als Vorstandsvorsitzender über die Arbeit des Vorstandes und das Vereinsgeschehen stellte er fest, dass mit dem Jahr 1999 wieder ein sehr arbeitsreiches Jahr für die Forschungsgemeinschaft Funk zu Ende gegangen sei. In kontinuierlicher Fortsetzung des eingeschlagenen Weges, den Verein als neutrale Plattform zur Gewinnung und zum Transfer von wissenschaftlichen Erkenntnissen über biologisch-medizinische Wirkungen elektromagnetischer Felder (EMF) zu positionieren, habe der Vorstand sein Interesse insbesondere auf die Gestaltung der Öffentlichkeitsarbeit gerichtet.

gliederversammlung der FGF am 7. Januar 2000 in Berlin

Als besondere Ereignisse im Jahr 1999 sind hervorzuheben der verstärkte Dialog mit der Europäischen Union im Rahmen des „5. Rahmenprogramms zur Förderung von Forschung und technologischer Entwicklung“, das im Februar 1999 gestartet wurde und sich über einen Zeitraum von fünf Jahren erstreckt. Dazu zählt u.a. auch die Mitgestaltung und Ausformulierung der Forschungsziele im Rahmen des Forums „Future European Research on Mobile Communications and Health“. Neben der Beteiligung an der 21. Jahrestagung der „Bioelectromagnetics Society“ in Los Angeles, bei von FGF-Projektnehmern und von FGF-Mitgliedern insgesamt in 7 Vorträgen und 21 Posterbeiträgen neue Forschungsergebnisse präsentiert wurden, ist auch die Mitwirkung am „EMF - Project“ der World Health Organization (WHO) zu erwähnen. Diese Aktivitäten sind unbedingt notwendig, um neben der Gewinnung von Erkenntnissen für die FGF selbst vor allem Koordinationsarbeit zur Vermeidung der Vergabe von Forschungsprojekten zu gleichartigen Themen zu leisten. Zusätzlich wurde dem Projekt „COST244bis“ der Europäischen Union große Aufmerksamkeit und Unterstützung gewährt.

Pointiert stellte Herr Bär heraus, dass die Forschungsgemeinschaft Funk auch im Jahr 1999 wieder ihrem Namen gerecht wurde. 11 Forschungsprojekte waren in Bearbeitung, 7 Projekte wurden abgeschlossen, bei 4 Projekten sind die Untersuchungen zwar abgeschlossen, aber noch nicht dokumentiert, und 2 Projekte befinden sich gegenwärtig im Ausschreibungsprozess. Die Forschungsausgaben der FGF für das Jahr 1999 belaufen sich auf 1,46 Mio DM. Auch die Bilanz der Arbeitsgruppe „Öf-

fentlichkeitsarbeit“ (AGÖ) spricht für sich: Neben dem ständig wachsenden Angebot im Internet, das starken Anklang findet, wurden – wie im Vorjahr – 3 Hefte des „Newsletter“ herausgegeben. Eine besondere Herausforderung stellte die Beteiligung am Bürgerforum „Elektrosmog“ des Bundesumweltministeriums mit Ausstellungsstand und Wortbeiträgen dar.

Insgesamt läßt sich sagen: Das Bemühen der FGF um eine objektive und neutrale Darstellung ihrer Forschungsergebnisse findet zunehmend mehr Anerkennung und hat dazu beigetragen, dass im nationalen wie im internationalen Rahmen immer häufiger der Rat und der Kontakt mit der FGF gesucht werden. Die Strategie der Interpretation der gewonnenen Forschungsergebnisse durch die beauftragten Wissenschaftler selbst und andere, an der Forschung nicht beteiligte Experten hat sich bewährt und wird fortgesetzt.

Zum Abschluss bedankte sich Herr Bär sehr herzlich für die Unterstützung der Mitglieder, neben dem finanziellen Engagement ihre Mitarbeiter für die Aktivitäten in den Gremien der FGF freizustellen. Er lobte die Mitglieder der zahlreichen Arbeitsgruppen für ihren engagierten Einsatz und die erzielten Ergebnisse.

In ihrem letzten Referat vor der Mitgliederversammlung zog die nach fünf Jahren scheidende Leiterin, Frau Voß, Bilanz über die zurückgelegte „Wegstrecke“ der AGÖ. Dem gegenüber der FGF erhobenen Vorwurf der Lobbyarbeit bzw. der Meinungsbeeinflussung und -manipulation mußte vor allem am Anfang entgegengewirkt werden. Man habe permanent an der Positionierung der FGF als seriöse Forschungsinstitution, die die Öffentlichkeit nur über Forschungsaktivität-

ten und -ergebnisse informiert, gearbeitet und dabei vor allem deutlich herausgestellt, dass die FGF nur über Fakten berichtet und selbst keine fachlichen Bewertungen vornehme.

Die Positionierung als seriöse Informationsquelle sollte u.a. durch die Modifikation und den weiteren Ausbau des „Themenforums“ im Internet und die intensivere Nutzung der FEMU-Datenbank (WDLDB) zum Schließen von Wissenslücken realisiert werden. Bewährt habe sich, über Forschungsergebnisse erst dann zu berichten und dabei vorzugsweise in der Wissenschaftspresse, wenn die Ergebnisse der jeweiligen abgeschlossenen Studie dokumentiert vorlagen. Gezielt wurden diese Behörden, Ministerien und Verwaltungen und der interessierten Öffentlichkeit zugänglich gemacht.

So wurden für die Konzeption des „Newsletter“ neue Vorgaben formuliert; mehr noch als in der Vergangenheit wird dabei auf Autorenbeiträge gesetzt werden. Im Mittelpunkt stehen Berichte über die Forschung, sowohl über FGF-Forschungsprojekte, als auch über Resultate aktueller wissenschaftlicher Studien anderer Forschungsgruppen. Die „Edition Wissenschaft“ soll in ihrer bisherigen Form nach Vorliegen neuer Forschungsergebnisse fortgeführt werden. Zur Neukonzeption der Internet-Homepage der FGF wurde eine spezielle Arbeitsgruppe eingesetzt. Bewährtes soll dabei erhalten bleiben, jedoch durch Neuerungen bzw. neue Themenfelder ergänzt werden.

Zu den Aktivitäten 1999 führte sie weiter aus, dass auf andere Presseaktivitäten weitgehend verzichtet wurde. Die Arbeit konzentrierte sich primär auf die Publikationsorgane „Newsletter“, „Edition Wis-



Rede des Bundesministers

für Wirtschaft und Technologie, Dr. Müller, vor dem Vorstand der Forschungsgemeinschaft Funk e.V.

Auf Einladung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie wurden die 8. Mitgliederversammlung der FGF wie auch die 35. Sitzung des FGF-Vorstands im Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie abgehalten. Der Bundeswirtschaftsminister Dr. Werner Müller nutzte diesen Anlass, dem Vorstand einen Einblick in die Vorstellungen der Bundesregierung zur Telekommunikation und insbesondere zum Ausbau der zukünftigen Mobilfunktechnologien zu geben. Er betonte, dass er die Aufgaben des ehemaligen Bundesministeriums für Post und Telekommunikation gern von Dr. Wolfgang Bötsch übernommen habe, der im September 1992 die FGF durch sein Ministerium ins Leben gerufen habe. Im wesentlichen werde er an die bisher erfolgreich geleistete Arbeit anknüpfen und dafür Sorge tragen, dass Deutschland auch weiterhin ein internationaler Spitzenplatz in der Informationsgesellschaft gesichert bleibt.

Besondere Bedeutung maß er der Rolle des Mobilfunks für die Zukunft der modernen Informationsgesellschaft zu. Weiter führte er aus, dass bei modernen Technologien, wie z.B. dem Mobilfunk, Chancen und Risiken häufig nahe beieinander liegen. So wurden auch aufgrund der Liberalisierung des Mobilfunkmarktes Anfang der 90er Jahre Stimmen über mögliche Gesundheitsgefahren durch Funkwellen laut, die für erhebliche Ängste in der Bevölkerung vor „Elektrosmog“ sorgten. Neben emotionsgeladenen und häufig unsachlichen Diskussionen in Öffentlichkeit und Medien trugen insbesondere auch wissenschaftliche Erkenntnislücken zu dieser Verunsicherung bei.

Hier setzte nun die Arbeit der Forschungsgemeinschaft Funk an. Verstärkt wurden neutrale wissenschaftliche Forschungsprojekte initiiert, die potentielle Gefährdungen durch „Elektrosmog“ untersuchten. Daneben stand als zweite wichtige Aufgabe die Aufklärung der Bevölkerung über die Ergebnisse dieser Forschungsaktivitäten. Dies alles habe die FGF bisher ganz hervorragend geleistet, stellte Dr. Müller fest. Insbesondere erfreut sei er darüber, dass die Industrie frühzeitig ihre Verantwortung erkannt habe und die FGF maßgeblich bei ihrer Arbeit unterstütze.

Grund für den Erfolg seien nicht zuletzt zwei Punkte: die breit angelegte Mitgliedschaft und Internationalität sowie die Unabhängigkeit der Forschungsarbeiten der gemeinnützigen FGF. Neben Behörden und Verbänden gehören zu den Mitgliedern der FGF auch Hör- und Fernseh-Rundfunkanstalten, Netzbetreiber, Hersteller und wissenschaftliche Institutionen. Er betonte, dass er die Arbeit der Forschungsgemeinschaft Funk in diesem Zusammenhang besonders begrüße und betonte vor allem ihre wichtige Rolle als Informationsquelle für die öffentliche Diskussion.

Der zweite maßgebliche Punkt, die Unabhängigkeit der Forschung der FGF, sei ein wichtiger Baustein für die Glaubwürdigkeit der Ergebnisse. Von Anfang an hatte die FGF Wert darauf gelegt, bei der Auswahl der Forschungsprojekte strikte Neutralität zu wahren. So wurden die beauftragten Studien nach rein wissenschaftlichen Kriterien an unabhängige Universitäten und Einrichtungen vergeben und mußten den strengen Auflagen der Weltgesundheitsorganisation (WHO) genügen. Die von der FGF initiierten Projekte seien aus diesem Grund wissenschaftlich auch international anerkannt.

Aufgrund ihrer aktiven Forschungstätigkeit und der daran anschließenden seriösen Information der Öffentlichkeit werde viel zur Versachlichung des Themas „Elektrosmog“ beigetragen. Es sei der FGF gelungen, gemäß ihrem Auftrag Studien mit hoher Qualität nach wissenschaftlichen Kriterien durchführen zu lassen. Sie habe so eine gute Grundlage für die sachliche öffentliche Diskussion geschaffen. Er hob besonders hervor, dass die FGF dabei hervorragende Arbeit geleistet habe und sich seiner Meinung nach auch in Zukunft profilieren werde.

Speziell befragt zu seiner Einschätzung der Situation im Bereich der Mobilkommunikation erklärte Dr. Müller, dass er für die nächsten Jahre konkreten Bedarf für das Weiterbestehen der FGF sehe und dass er der FGF für die Dauer seiner Amtszeit als Minister seine volle Unterstützung zusichere.

Er dankte allen Mitgliedern und Mitarbeitern der FGF für ihr großes Engagement und betonte, dass insbesondere angesichts der steigenden Bedeutung des Mobilfunks die Arbeit auf dem Gebiet der Elektromagnetischen Umweltverträglichkeit noch lange nicht abgeschlossen sei. Er wünschte der FGF alles Gute und weiterhin viel Erfolg. Er hoffe, dass die Unternehmen in ihren anerkanntesten Bemühungen um die Gewinnung neuer, weiterer Forschungsergebnisse engagiert fortfahren, um auch der Öffentlichkeit die Überzeugung zu geben, dass die Wirtschaft ihrer Verantwortung nachkomme. Dabei komme dem Gesichtspunkt der unabhängigen, ausschließlich nach wissenschaftlichen Kriterien durchgeführten Forschungsaktivitäten höchste Priorität zu. ■

senschaft“, „Hotline“ und das Internet. Außerdem wurde im Jahr 1999 ein Redaktionsteam gegründet, das in regelmäßigen Sitzungen für die Themenplanung und Gestaltung des „Newsletter“ Sorge trug.

Ein größeres Projekt der AGÖ war die Herausgabe einer Broschüre zum „Bürgerforum Elektrosmog“. Anhand konkreter Beispiele wurde die Arbeit der FGF dargestellt. Für die Ausstellung im Rahmen des Bürgerforums wurden Gestaltung und Texte der Ausstellungstafeln erarbeitet und durch die Geschäftsstelle realisiert. Der Informationsstand der FGF stieß beim Publikum auf reges Interesse.

Zum Abschluss ihrer Rede bedankte sich Frau Voß für die Unterstützung und die gute Zusammenarbeit in der FGF und stellte zum Abschluß den von ihrer Arbeitsgruppe gewählten Nachfolger, Herrn Dr. Kuntze von VIAG Interkom, vor.

In seiner Übersicht über die Aktivitäten der Arbeitsgruppe „Forschungsvorhaben“ (AGF) begann Herr Dr. Kühn mit statistischen Daten. In vier öffentlichen FGF-Kolloquien wurden abgeschlossene FGF-Forschungsprojekte bzw. ergänzend einige Zwischenberichte Experten zur Begutachtung vorgestellt. Beim 4. FGF-Kolloquium an der Universität Bonn (04.04.99) wurden die Ergebnisse der Forschungsprojekte der Arbeitsgruppen „Boheim-Hansen“, „Meyer-Detlefsen“ und „Enders“ mit über 40 Personen diskutiert. Beim 5. FGF-Kolloquium an der Polizei-Führungsakademie in Münster (28.04.99) standen die Projekte „Lerchl-Hansen“ (Teilprojekt: Exposition mit TETRA-Signalen), „Glaser“ und „Fuhr“ (Zwischenberichte) im Mittelpunkt des Interesses.

Am 02.06.99 wurde an der Universität Stuttgart das 6. FGF-Kolloquium über die Forschungsprojekte „Landstorfer“ und

„Landstorfer-Hadeler-Lang“ abgehalten. Auch hier war eine erfreulich starke Teilnahme zu verzeichnen. Am 15.12.99 wurde bei Siemens in München das 7. FGF-Kolloquium über die Forschungsprojekte „Juutilainen“, „VTT“ und „Fuhr“ (Schlußbericht) veranstaltet.

Ein Arbeitsschwerpunkt für die Unterarbeitsgruppe „in vivo / in vitro“ der AGF war die Erarbeitung des Programms 2000. Hierzu wurden von den FGF-Mitgliedsorganisationen Vorschläge für Forschungsthemen abgefragt, anschließend zu Themenkomplexen gebündelt und priorisiert. Dabei ergab sich folgende Rangliste der Forschungsthemen:

1. Gutachten zur Übertragung von Forschungsergebnissen (NF-HF und HF-HF) und zur Demodulation gepulster HF,
2. Biologisch-medizinisches Experiment mit Exposition durch UMTS-Signale,
3. Experiment zum Zentralen Nervensystem des Menschen,
4. Experiment zum Einfluss von Signalen im GHz-Bereich auf das Vegetative Nervensystem,
5. Gutachten und nachfolgendes Experiment zur Blut-Hirn-Schranke,
6. 'Lifetime'-Experiment zu Krebs am Tiermodell.

Im nachfolgenden Schritt wurden für die im Rahmen des verfügbaren Forschungsbudgets der FGF durchführbaren Projekte konkrete Projektbeschreibungen erarbeitet und der Geschäftsstelle zur Ausschreibung übergeben.

Die Ziele der AGF für das Jahr 2000 sind die Umsetzung des Forschungsprogramms für 1999 bzw. 2000 und gegen Ende des Jahres die Planung des Forschungsprogramms 2001. In der Unterarbeitsgruppe „Zielsetzung“ wird weiter an der Optimierung der Prozeduren zur Ver-

gabe sowie zum Management und Ergebnistransfer von FGF-Forschungsprojekten gearbeitet. Daueraufgabe ist weiterhin die kontinuierliche Erweiterung und Sicherung der Konsistenz der Einträge der wissenschaftlich bewerteten Literatur-Datenbank „WBLDB“ der FGF durch das FEMU an der RWTH Aachen.

Herr Friedrich gliederte seinen Bericht über die Aktivitäten der FGF in zwei Bereiche. Anhand eines Schaubildes demonstrierte er die intensive Zusammenarbeit zwischen der AGÖ, der AGF, dem Vorstand, den Mitgliedern und der Presse mit der FGF-Geschäftsstelle. Die Begleitung der Forschungsaktivitäten, die Herausgabe von „Newsletter“, „Edition Wissenschaft“, Zeitschriftenbeiträgen und Broschüren sowie die Bereitstellung des erweiterten Internet-Angebots haben auch 1999 zu einer intensiven Arbeitsbelastung und nochmaligen Steigerung der Aktivitäten der Geschäftsstelle geführt.

Im zweiten Teil seines Vortrags ging Herr Friedrich auf die Finanzen des Vereins ein. Insgesamt machte die Summe der Einnahmen plus des Zinsertrages 2,3 Mio DM aus. Mit den Rücklagen stand dem Verein für seine Aktivitäten somit eine Summe von ca. 2,7 Mio DM zur Verfügung. Für alle Aktivitäten der FGF wurden insgesamt 2,55 Mio DM ausgegeben. Dabei entfielen auf die Fremdvergabe für Forschungsvorhaben 1,46 Mio DM; die restliche Summe wurde für die Geschäftsstelle und die Öffentlichkeitsarbeit aufgewendet.

Die vorgetragenen Berichte über AGÖ, AGF und Geschäftsstelle fanden ungeteilte Zustimmung seitens der anwesenden Vereinsmitglieder.

Frau Sjögren legte im Namen der beiden Rechnungsprüfer (zweiter Prüfer: Herr Hof-

8. Mitgliederversammlung

Bernd Steiner

Neue Technologie das Mobilfunk

beck) die die Einnahmen- und Ausgabenrechnung und die Rechnungslegung der FGF geprüft hatten, die Prüfungsfeststellungen dar. Danach steht fest, dass die Einnahmen ordnungsgemäß verbucht und die Ausgaben satzungsgemäß im Rahmen des Budgets und der genehmigten Forschungsvorhaben vorgenommen wurden. Es ergaben sich keine Beanstandungen, so dass der Vorstand durch die Mitgliederversammlung anschließend einstimmig entlastet werden konnte.

Herr Bär stellte schwerpunktartig die geplanten Aktivitäten des Jahres 2000 vor. Das Forschungsprogramm wird mit den bereits laufenden Ausschreibungen zum Thema „Elektrosensitivität“ und „Einwirkungen von EMF auf das visuelle System“ fortgesetzt. Nach der endgültigen Formulierung der weiteren Themen aus dem Forschungsprogramm 2000, die durch die AGF im Laufe des Frühjahrs vorgenommen wird, werden auch, soweit das Budget reicht, die Forschungsprojekte mit den ranghöchsten Prioritäten in Angriff genommen. Einen Schwerpunkt des Jahres 2000 wird die Koordination der 22. Jahrestagung der „Bioelectromagnetics Society“ (BEMS) in München darstellen.

Der Vorstand schlug der Mitgliederversammlung vor, es bei der gegenwärtigen Beitragsregelung zu belassen. Diesem Vorschlag wurde mit 14 Stimmen einstimmig gefolgt. Unter diesen Voraussetzungen werden sich die Einnahmen plus Übertrag des Jahres 2000 auf ca. 2,7 Mio DM belaufen.

Zum Abschluss der Veranstaltung zeichnete der Vorstandsvorsitzende Frau Voß als scheidende AGÖ-Leiterin und Herrn Groenen als scheidendes Vorstandsmitglied mit Dankesurkunden für ihre hervorragenden Leistungen für die FGF aus.

Weiter beschloss die Versammlung, dass die nächste Mitgliederversammlung am 25. Januar 2001 beim Zweiten Deutschen Fernsehen in Mainz durchgeführt wird. ■

Zusammenfassung

Gegenstand des vorliegenden Berichts ist UMTS, das Mobilfunksystem der nächsten Generation. Zunächst wird auf das Zustandekommen der Anforderungen an UMTS sowie auf das Umfeld eingegangen, insbesondere bezüglich der wesentlichen durch die EU geförderten, für die UMTS-Luftschnittstelle relevanten Forschungsaktivitäten und GSM-Erweiterungen, die der Behebung der Schwächen von GSM dienen. Weiterhin werden die (zurzeit noch andauernde) Standardisierung der UMTS-Luftschnittstelle sowie regulatorische Aspekte der in Deutschland Mitte des Jahres 2000 erwarteten Versteigerung von UMTS-Frequenzspektrum behandelt. Danach erfolgt eine eingehende Beschreibung des im Vergleich mit FDMA und TDMA neuartigen Vielfachzugriffsverfahrens CDMA, dass bei UMTS zum Einsatz kommen wird. CDMA zeichnet sich dadurch aus, dass es im Vergleich zu FDMA und TDMA komplexer ist. Die praktischen Erfahrungen mit bereits im Betrieb befindlichen CDMA-Mobilfunksystemen zeigen jedoch, dass CDMA technologisch beherrschbar ist. Im letzten Abschnitt wird schließlich genauer auf die Luftschnittstelle von UMTS eingegangen. Es wird aufgezeigt, dass die UMTS-Luftschnittstelle wesentlich flexibler und leistungsfähiger als die von GSM ist.

Vorgeschichte und Anforderungen

Im Laufe der letzten Jahre hat sich der Mobilfunk insbesondere in Europa, Japan und den USA zu einem Massenmarkt entwickelt. Schätzungen des UMTS-Forums zufolge gibt es weltweit bereits 400 Mil-



Technologie UMTS

Mobile Kommunikationssystem der nächsten Generation



lionen Mobilfunk-Kunden. Das ursprünglich für den europäischen Markt entwickelte GSM (Global System for Mobile Communications; dazu zählen in Deutschland die D- und E-Funknetze) ist hierbei das weltweit erfolgreichste Mobilfunksystem mit derzeit über 200 Millionen Kunden in mehr als 140 Ländern [1]. Da der GSM-Standard bereits 1990 verabschiedet wurde, ist GSM im wesentlichen für eine mobile Sprachtelefonie ausgelegt. Die Übertragung von Daten ist nur in bescheidenem Maße (zurzeit mit 9,6 kbit/s) möglich. Das Angebot an „Produkten“ zur Kommunikation hat sich jedoch seit der Standardisierung von GSM stark erweitert.

Eine wichtige, damals nicht vorhersehbare Bedeutung für den Massenmarkt hat inzwischen das Internet, insbesondere World Wide Web (WWW) und die Versendung von elektronischen Nachrichten (Email) erlangt. Es ist daher zu erwarten, dass hieraus ein steigender Bedarf nach „mobilem Internet“, also Anwendungen der mobilen, hochbitratigen Datenübertragung erwächst, da der Nutzer wünscht, dass über das Festnetz angebotene Dienste auch mobil verfügbar sind. Im Vergleich mit GSM muss ein Nachfolgesystem daher zwei wesentliche Anforderungen erfüllen, die GSM zurzeit nicht erfüllt, nämlich die Fähigkeit zur Übertragung größerer Datenraten als bei GSM und die effiziente Bewältigung paketorientierter Datendienste (Diese Eigenschaft haben alle durch das Internet angebotenen Dienste).

Ernsthafte Überlegungen zu Mobilfunksystemen der nächsten Generation wurden Anfang der neunziger Jahre, zunächst natürlich nicht mit dem Fokus „mobiles

Internet“, in etwa zeitgleich mit der Festlegung des GSM-Standards angestellt, also zu einer Zeit, da Mobilfunk noch bei weitem kein Massenmarkt war. In Europa wurden zur Entwicklung der nächsten Mobilfunkgeneration zahlreiche Forschungsprojekte durch die EU gefördert. Für die UMTS-Luftschnittstelle besonders relevant sind hierbei die RACE II-Projekte (RACE: Research and Development in Advanced Communications Technologies in Europe, drittes EU-Rahmenprogramm), CoDiT [2] (Code Division Testbed) und ATDMA [3] (Advanced TDMA Mobile Access) sowie das ACTS-Projekt (ACTS: Advanced Communication Technologies and Services, viertes EU-Rahmenprogramm) FRAMES [4] (Future Radio Wideband Multiple Access Systems). In Europa wird das Mobilfunksystem der nächsten Generation mit UMTS (Universal Mobile Telecommunications System), weltweit hingegen mit IMT 2000 (International Mobile Telecommunications by 2000) bezeichnet, wobei IMT 2000 eine Familie von Systemen umfaßt, bei der UMTS ein Mitglied ist [5].

Parallel zu den oben erwähnten Forschungsaktivitäten bezüglich der nächsten Mobilfunkgeneration wurden Erweiterungen für GSM entwickelt. In diesem Zusammenhang sind HSCSD [6] (High Speed Circuit Switched Data) und GPRS [7] (General Packet Radio Service) zu nennen. Bei HSCSD (vom Netzbetreiber E-Plus zurzeit eingeführt) werden höhere Datenraten durch die Bündelung von GSM-Zeitschlitzten erreicht. GPRS ermöglicht hingegen eine effizientere Übertragung bei paketorientierten Diensten. Die (mit einem wesentlich höheren Aufwand als bei HSCSD verbundene) Einführung von GPRS planen alle

deutschen Mobilfunk-Netzbetreiber. Im Folgenden sind die wesentlichen von UMTS zu erfüllenden Anforderungen zusammengestellt. Es soll an dieser Stelle betont werden, dass einige, aber nicht alle Anforderungen von den oben beschriebenen GSM-Erweiterungen HSCSD und GPRS erfüllt werden können.

- Die angebotene Sprachqualität soll der im Festnetz ebenbürtig sein.
- Mit UMTS sollen (in geschlossenen Räumen) Datenraten bis 2 Mbit/s möglich sein. Im Freien ist für Teilnehmer mit geringer Mobilität (Fußgänger) an Datenraten bis 384 kbit/s gedacht. Mobile Teilnehmer in Fahrzeugen sollen bis zu 144 kbit/s übertragen können.
- Es sollen leitungsvermittelte und paketorientierte Dienste sowie solche mit variablen und asymmetrischen Datenraten unterstützt werden.
- Mit UMTS sollen solche Dienste angeboten werden die explizit Bezug auf die Position des Kunden nehmen („Wo ist die nächste Pizzeria?“). Dies bedingt eine exaktere Positionsbestimmung der Teilnehmer als bei GSM.
- Endgeräte für UMTS sollen bezüglich Größe, Leistungsfähigkeit und Standbyzeiten vergleichbar mit Endgeräten für GSM sein.

Ursprünglich war auch eine Satellitenkomponente für UMTS (S-UMTS) vorgesehen. Wegen der wirtschaftlichen Schwierigkeiten, mit denen der Satelliten-Mobilfunk zurzeit zu kämpfen hat, ist es nach Meinung des Verfassers fraglich, ob S-UMTS je Bedeutung erlangen wird. Aus diesem Grund ist im Folgenden mit UMTS stets die terrestrische Komponente gemeint.

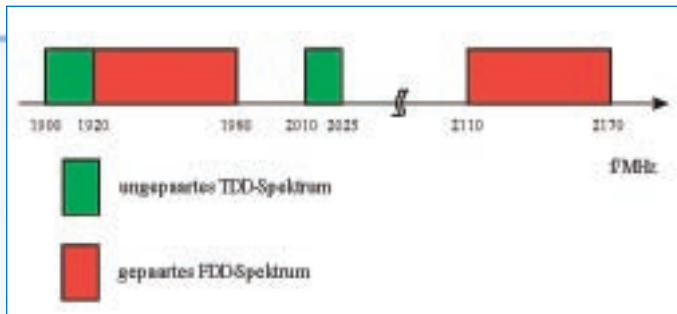


Bild 1: Lage der für UMTS vorgesehenen Frequenzbänder

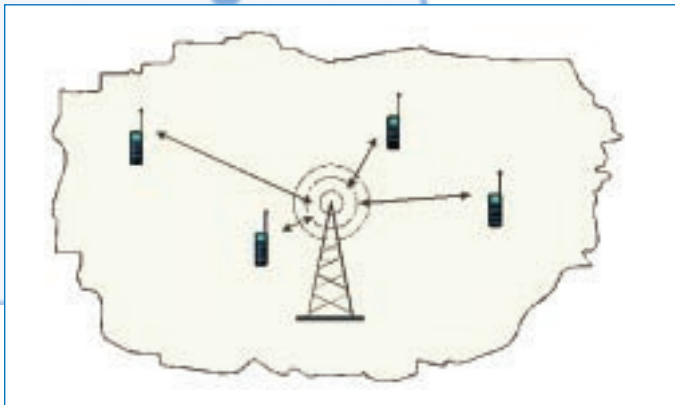


Bild 2: Vielfachzugriff in einem Funksystem

Standardisierung / Regulatorische Aspekte

Die Arbeiten zur Standardisierung von UMTS wurden Anfang der neunziger Jahre beim europäischen Standardisierungsinstitut ETSI (European Telecommunications Standards Institute) im Rahmen der SMG-Aktivitäten (SMG: Special Mobile Group) in Angriff genommen. Bezüglich der Luftschnittstelle wurden wesentliche Eingaben für die Standardisierung in den oben genannten EU-Projekten CoDiT, ATDMA und insbesondere FRAMES geleistet. 1997 wurden schließlich 5 Konzepte als mögliche Kandidaten für die UMTS-Luftschnittstelle (UTRA, UMTS Terrestrial Radio Access) ausgewählt. Die Arbeiten zur Evaluierung der fünf Systemkonzepte wurden in der Untergruppe SMG2 durchgeführt.

Anfang des Jahres 1998 kam es nach harten Verhandlungen schließlich zum „historischen“ Konsens bezüglich der UMTS-Luftschnittstelle. Im Rahmen dieser Konsens-Entscheidung wurde vereinbart, die beiden in die engere Auswahl gefassten Kandidaten als zwei UMTS-Modi mit un-

terschiedlichen Duplexverfahren festzulegen. Demnach wird W-CDMA (Wideband CDMA) als UTRA-FDD (FDD: Frequenzduplex; alle dem Verfasser bekannten zellularen Mobilfunksysteme verwenden ebenfalls FDD) in den gepaarten Frequenzbändern eingesetzt und TD-CDMA als UTRA-TDD in den ungepaarten Frequenzbändern (TDD: Zeitduplex; Schnurlostelefone nach dem DECT-Standard arbeiten ebenfalls mit dem Duplexverfahren TDD).

In Bild 1 sind die im 2-GHz-Bereich gelegenen, für die erste Phase von UMTS vorgesehenen Frequenzbänder dargestellt. Das gepaarte Frequenzband mit 2×60 MHz Bandbreite ist hierbei für UTRA-FDD vorgesehen, während die beiden ungepaarten Frequenzbänder mit insgesamt 35 MHz für UTRA-TDD vorgesehen sind. Die Frequenzbänder für S-UMTS sind in Bild 1 nicht dargestellt. Insgesamt steht für UTRA-FDD deutlich mehr Bandbreite als für UTRA-TDD zur Verfügung. Schon alleine aus diesem Grund ist zu erwarten, dass UTRA-FDD der wichtigere der beiden Modi von UMTS ist.

Seit Ende 1998 laufen die Arbeiten zur Erstellung von technischen Spezifikationen des UMTS-Standards bei der Organisation 3GPP (Third Generation Partnership Project) [8]. Wesentliche Mitglieder von 3GPP sind ETSI und ARIB (Association of Radio Industries and Businesses, das ist das japanische Gegenstück zu ETSI). Der Schritt zur Kooperation in einer einzigen Organisation hat sich als sinnvoll erwiesen, da die Parameter von UTRA und dem japanischen W-CDMA im Jahre 1998 weitgehend harmonisiert wurden. Durch die Kooperation können Synergieeffekte bei der Standardisierung bzw. Spezifizierung von UMTS ausgenutzt werden.

Die Frequenzvergabe für UMTS wird in Deutschland (ähnlich wie im Jahre 1999 die Versteigerung von GSM-Frequenzen im 1800-MHz-Bereich) durch die Regulierungsbehörde für Post und Telekommunikation (RegTP) mit einem Auktionsverfahren erfolgen. Versteigert werden für UTRA-FDD „abstrakte Frequenzblöcke à 2×5 MHz (gepaart)“. Die Versteigerung erfolgt so, dass ein erfolgreicher Bewerber mindestens 2×10 MHz und maximal 2×15 MHz gepaartes Spektrum erhält. Damit reicht das verfügbare FDD-Frequenzband für 4 bis 6 Netzbetreiber. Von dem 35 MHz breiten ungepaarten Spektrum werden nur 25 MHz (Granularität 5 MHz) versteigert, die restlichen 10 MHz sind für Anwendungen mit Allgemein Genehmigung. Der Erwerb von TDD-Spektrum durch einen zukünftigen UMTS-Netzbetreiber ist allerdings nur optional.

Vielfachzugriffsverfahren

In einem Mobilfunksystem kommunizieren typischerweise mehrere mobile Teilnehmer gleichzeitig über eine Basisstation, siehe hierzu auch Bild 2. Zur Trennung der Teilnehmersignale werden so genannte Vielfachzugriffsverfahren (im Folgenden mit VZV bezeichnet) eingesetzt. VZV erlauben es, dass die simultan in einer Funkzelle aktiven Teilnehmer sich nicht gegenseitig stören. Da bei UMTS mit CDMA ein anderes VZV als bei GSM eingesetzt wird, soll zu-

nächst auf die spezifischen Eigenschaften von CDMA eingegangen werden. Zur Verdeutlichung der VZV FDMA, TDMA und CDMA, die im Folgenden näher beschrieben werden sollen, siehe Bild 3, in dem jeweils die Leistungsdichte über Frequenz und Zeit dargestellt ist.

Das bekannteste und robusteste VZV ist FDMA (Frequency Division Multiple Access, Frequenzmultiplex). FDMA beruht auf der Verwendung von Frequenzkanälen und wird in allen Mobilfunksystemen genutzt. Analoge Mobilfunksysteme der ersten Generation, beispielsweise das C-Netz, verwenden ausschließlich FDMA. In digitalen Mobilfunksystemen können darüber hinaus auch weitere VZV eingesetzt werden. Bei TDMA (Time Division Multiple Access, Zeitmultiplex) sind mehrere Teilnehmer im Zeitmultiplex in einem Frequenzkanal aktiv. Dies bedingt eine gegenseitige Synchronisation dieser Teilnehmersignale sowie die Bereitstellung von Schutzintervallen. TDMA kann außerdem nur dann eingesetzt werden, wenn die durch die zeitliche Pufferung auftretende Verzögerung toleriert werden kann. Weiterhin bedingt

TDMA eine Pulsung des Sendesignals. Ein Vorteil von TDMA gegenüber FDMA besteht darin, dass mehrere Teilnehmer auf einem Frequenzkanal untergebracht werden können, was die Anzahl der in der Basisstation nötigen Sendeverstärker bzw. Empfänger verringert. GSM ist das bedeutendste Mobilfunksystem, welches TDMA einsetzt.

Ein im Vergleich mit FDMA und TDMA relativ neues VZV ist CDMA (Code Division Multiple Access, Codemultiplex). CDMA ist im Gegensatz zu FDMA und TDMA grundsätzlich dadurch gekennzeichnet, dass es im selben Frequenzband simultan aktive Teilnehmer gibt. Bei einem CDMA-Empfangssignal handelt es sich daher i.Allg. um ein Signalgemisch, bei dem die Beiträge der einzelnen Teilnehmer nicht in einfacher Weise (also durch eine Fensterung im Zeit- oder Frequenzbereich) separiert werden können. In einem CDMA-System können deswegen mehrere Teilnehmer auf einem Frequenzkanal untergebracht werden, ohne dass – wie im Fall von TDMA – eine Pulsung der Sendesignale auftritt. Die Beiträge der Teilnehmer

zum Empfangssignal sind bei CDMA so zu gestalten, dass eine Separierung im Empfänger wieder möglich ist. Eine Separierbarkeit der Teilnehmersignale wird bei CDMA durch unterschiedliche Feinstrukturen der Sendesignale unterschiedlicher Teilnehmer sichergestellt. Der herkömmliche Ansatz zur Erzeugung solcher bezüglich der Separierung „gutmütiger“ (also mit relativ geringem Aufwand und mit geringem Qualitätsverlust voneinander trennbarer) Signale besteht in einer so genannten Codespreizung.

In Bild 4 ist das bei CDMA angewandte Prinzip der Codespreizung vereinfachend (genauer gesagt für ein reelles Basisbandsignal und ein reelles Spreizsignal) dargestellt. Grundlage ist ein datentragendes Signal mit der Datenrate $1/T_{data}$. Dieses Signal wird vor der Übertragung mit einem so genannten Spreizsignal mit der Chiprate $1/T_c$ mit ($T_c < T_{data}$) multipliziert. Die Elemente des Spreizsignals werden hierbei als „Chips“ bezeichnet. Das Verhältnis T_{data}/T_c ist typischerweise ganzzahlig und wird als Prozessgewinn bezeichnet. Im Beispiel aus Bild 4 ist der Prozessgewinn

Tabelle I: Systemdaten von GSM und UMTS

Systemparameter	GSM	UMTS (UTRA-FDD)
Vielfachzugriffsverfahren	FDMA, TDMA	FDMA, CDMA
Übertragungsbandbreite	200 kHz	5 MHz
Rahmendauer	4,61 ms	10 ms
Slot-/Burstdauer	0,577 ms	0,666 ms
Multiplex von Nutzerdaten in Kontrollinformation	Zeitmultiplex	Codemultiplex (Aufwärtsstrecke) Zeitmultiplex (Abwärtsstrecke)
Bruttodatenrate eines Verkehrskanals	25,1 kbit/s	15 kbit/s - 960 kbit/s
Sendeleistungsregelung	Optional	Zwingend
Anzahl der Leistungsregelungskommandos	16,66/s	1500/s
Dynamikbereich der Leistungsregelung	20 - 30 dB (abhängig vom Endgerät)	80 dB
Frequenzkanäle	124 (GSM 900) 374 (GSM 1800)	12
Duplexabstand	45 MHz (GSM 900) 95 MHz (GSM 1800)	190 MHz
Übertragungscharakteristik bei Sprachübertragung	Gepulst mit 217 Hz	Dauersignal, bei DTX Pegelabsenkung
Unterstützung paketerorientierter Datenübertragung	Schlecht	Gut
Lokalisierbarkeit mobiler Teilnehmer	Mäßig	Gut

gleich 8. Im Empfänger eines CDMA-Systems kann die Spreizung durch nochmalige Multiplikation mit dem Spreizsignal rückgängig gemacht werden (Rückspreizung), um zum ursprünglichen datentragenden Signal zu gelangen, wobei auf eine exakte „chipgenaue“ Synchronisation geachtet werden muss. Die Verhältnisse bei einer synchronen Rückspreizung sind im mittleren Teil des Bildes, die bei einer nicht synchronen Rückspreizung im unteren Teil des Bildes dargestellt. Ohne chipgenaue Synchronisation im Empfänger ist eine „erfolgreiche“ Rückspreizung also nicht möglich.

Unterschiedlichen Teilnehmern, die simultan aktiv sind, werden zur Unterscheidung unterschiedliche Spreizsignale zugeordnet. Durch die Spreizung wird die Bandbreite des datentragenden Signals um den Prozessgewinn vergrößert. Bezogen auf einen einzelnen Teilnehmer wird bei CDMA somit Bandbreitenluxus betrieben, da die Übertragungsbandbreite viel größer ist, als dies zur Nachrichtenübertragung nötig wäre. Da jedoch mehrere Teilnehmer gleichzeitig im selben Frequenzband aktiv sein können, wird auch in einem CDMA-System keine Bandbreite verschwendet.

Bei der Rückspreizung im Empfänger wirken die Beiträge der gerade nicht interessierenden Teilnehmer i.Allg. als eine Störung, da in einem realen CDMA-System keine perfekte Separierung der Beiträge der unterschiedlichen Teilnehmer zum Emp-

fangssignal möglich ist. Mit wachsender Anzahl der in einer Zelle aktiven CDMA-Teilnehmer nimmt dieser Störeffekt zu. Daher können auch bei CDMA nicht beliebig viele Teilnehmer ohne Verlust an Übertragungsqualität in einem Frequenzkanal untergebracht werden. Da in einem CDMA-System auch in unmittelbar benachbarten Zellen der gleiche Frequenzkanal verwendet wird, bewirken auch die dort aktiven Teilnehmer eine Störung für die gerade betrachtete Zelle. Aufgrund der gegenseitigen Störung gleichzeitig aktiver Teilnehmer tritt in der Aufwärtsstrecke eines CDMA-Systems (das ist diejenige Strecke, in der ein mobiler Teilnehmer zu einer Feststation sendet) ein Nah-Fern-Problem auf. Dieses beruht darauf, dass simultan aktive Teilnehmer unterschiedlich weit von der Basisstation entfernt sein können. Arbeiten diese Teilnehmer mit der gleichen Sendeleistung, so treten Fälle auf, in denen der Beitrag eines nahe der Basisstation gelegenen Teilnehmers die Beiträge von weiter entfernten Teilnehmern „überdeckt.“ Um dieses Problem zu bewältigen, muss in einem CDMA-Mobilfunksystem eine exakte Sendeleistungsregelung implementiert werden, damit die Beiträge der unterschiedlichen Teilnehmer zum Empfangssignal etwa gleich groß sind.

Aus den Ausführungen ist ersichtlich, dass es sich bei CDMA um ein komplexeres und schwieriger zu beherrschendes VZV als bei FDMA oder TDMA handelt. Es stellt sich daher die berechtigte Frage nach den

Vorteilen von CDMA. Folgende Vorteile von CDMA können genannt werden:

- Mehrere Teilnehmersignale können (ähnlich wie bei TDMA) auf einem Frequenzkanal untergebracht werden.
- Es tritt (anders als etwa bei TDMA) keine zusätzliche Verzögerung infolge des Vielfachzugriffs auf.
- In allen Zellen eines Funknetzes kann der gleiche Frequenzkanal verwendet werden. Bei der Funknetzplanung ist daher keine Frequenzplanung nötig.
- Variable Datendaten sind leicht realisierbar.
- Im Gegensatz zu TDMA sind keine kapazitätsmindernden Schutzintervalle nötig.
- CDMA hat im Gegensatz zu F/TDMA eine als „graceful degradation“ bezeichnete Eigenschaft, die den Sachverhalt beschreibt, dass bei wachsender Systemlast die Übertragungsqualität allmählich schlechter wird.

Es soll an dieser Stelle erwähnt werden, dass es bereits einen Mobilfunk-Standard auf der Basis von CDMA gibt, der erfolgreich im Markt (50 Millionen Kunden, insbesondere in Asien und den USA) eingeführt ist, siehe hierzu [9].

Technische Parameter von UMTS / Vergleich mit GSM

Im vorliegenden Abschnitt soll näher auf die Parameter der Luftschnittstelle von UMTS, insbesondere auf den FDD-Modus, eingegangen werden. Eine weitergehende

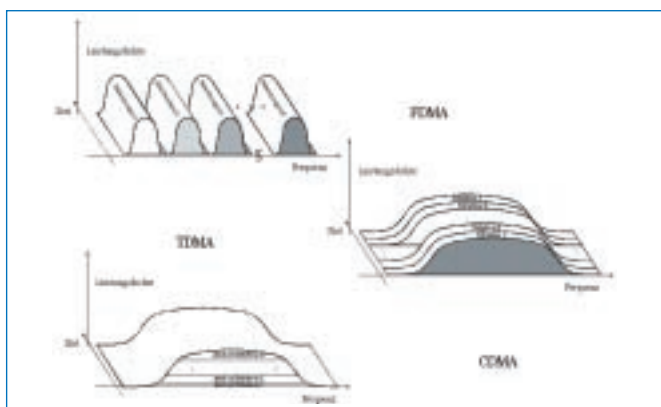


Bild 3: Schematische Darstellung der elementaren Vielfachzugriffsverfahren FDMA, TDMA und CDMA als Leistungsdichte über Frequenz und Zeit.

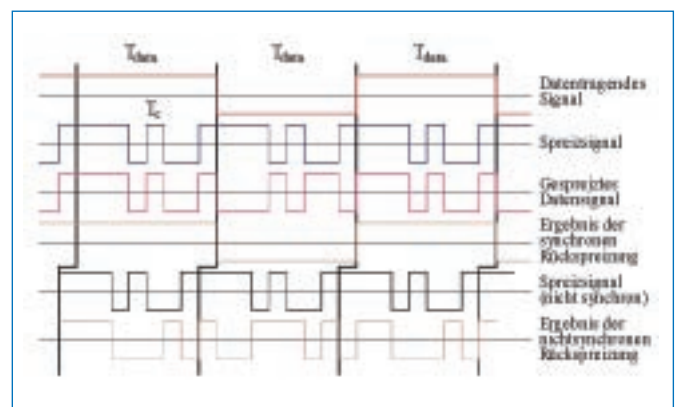


Bild 4: Schematische Darstellung des Spreizungsvorgangs in einem CDMA-System

Beschreibung, auch des TDD-Modus, ist in [10] enthalten. In den durch 3GPP erstellten technischen Spezifikation [11] - [14] (Download vom 3GPP-Server [8] möglich) sind die technischen Parameter der UMTS-Luftschnittstelle genau spezifiziert.

Zur besseren Vergleichbarkeit der wesentlichen Systemparameter und -eigenschaften der Luftschnittstellen von GSM und UTRA-FDD sind diese in Tabelle 1 zusammengestellt und in Bild 5 veranschaulicht.

Bei UMTS ist die Bandbreite eines Frequenzkanals wegen der Spreizung deutlich größer als bei GSM. Das Kanalraster beträgt 5 MHz und hat damit den 25-fachen Wert wie bei GSM. Die Chiprate beträgt $1/T_c = 3,84$ MHz. Bei GSM gibt es lediglich 4 unterschiedliche Signalformate (Normal Burst, Access Burst, Synchronisation Burst, Frequency Correction Burst). Für die Übertragung von Sprache und Daten spielt nur der Normal Burst eine Rolle. Eine vergleichbare Rolle haben bei UMTS die Dedicated Channels (die zugehörigen Signalformate werden mit Dedicated Physical Channels, DPCH, bezeichnet). Ein DPCH wird logisch in Rahmen der Dauer 10 ms unterteilt. Jeder Rahmen besteht aus 15 gleich aufgebauten Slots mit je 2560 Chips. Abhängig davon, ob der betreffende DPCH in der Aufwärtsstrecke (zur Basisstation) oder der Abwärtsstrecke (zur Mobilstation) übertragen wird, kommen unterschiedliche Slot-Formate

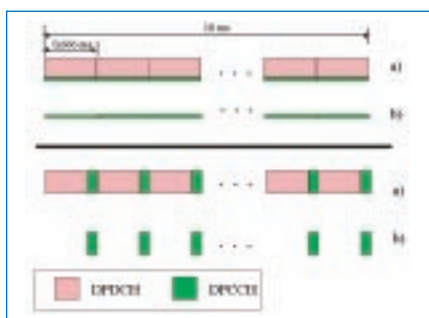


Bild 5: Signalübertragung bei DPCH mit Codemultiplex (oben) und DPCH mit Zeitmultiplex (unten)
 a) ohne DTX (Normalbetrieb)
 b) mit DTX (keine Nutzerdaten)

Datenträgendes Signal/Spreizsignal

Ein CDMA-Sendesignal kann in ein (schmalbandiges) datenträgendes Signal und ein breitbandiges Spreizsignal zerlegt werden. Nur das datenträgende Signal enthält Nutzerdaten. Das Spreizsignal ist unabhängig von den Nutzerdaten und muss im Empfänger der Gegenseite bekannt sein. Das CDMA-Sendesignal kommt durch Multiplikation des datenträgenden Signals mit dem Spreizsignal zustande. Da sich die Bandbreite des datenträgenden Signals durch die Multiplikation vergrößert, wird dieser Vorgang als spektrale Spreizung oder kurz als Spreizung bezeichnet. Im Empfänger wird, anschaulich gesehen, das datenträgende Signal durch Multiplikation des Empfangssignals mit dem Spreizsignal wiedergewonnen. Dieser Vorgang wird Rückspreizung genannt.

DCH

Bei UMTS wird eine Verbindung zwischen einem Teilnehmer und der Basisstation durch einen DCH (Dedicated Channel) realisiert. (Im Gegensatz dazu gibt es auch nur durch die Basisstation ausgestrahlte Common Channels, deren Information nicht an einen bestimmten Teilnehmer gerichtet ist.) Jedem DCH ist ein DPCH (Dedicated Physical Channel) zugeordnet. Anschaulich gesehen ist der DPCH durch das Aussehen der betreffenden Sendesignale definiert. Ein DPCH ist in DPDCH (Dedicated Physical Data Channel) und DPCC (Dedicated Physical Control Channel). Der DPDCH trägt die eigentlichen Nutzerinformationen (Sprache, Daten). Im DPCC werden Daten übertragen, die für den Nutzer nicht interessieren, zur Aufrechterhaltung der Kommunikation aber unabdingbar sind (beispielsweise Informationen zur schnellen Leistungsregelung).

Duplexverfahren

In einem Mobilfunksystem ist eine Kommunikation mit Vollduplex erwünscht, d.h. vom Endgerät zur Basisstation und umgekehrt. Hierzu werden anschaulich gesehen zwei Kanäle gebraucht. Bei Frequenzduplex (FDD, Frequency Division Duplex) werden diese als zwei durch den so genannten Duplexabstand getrennten Frequenzkanäle realisiert. Bei Zeitduplex (TDD, Time Division Duplex) wird nur ein Frequenzkanal verwendet. Zur Realisierung einer Kommunikation mit Vollduplex werden Zeitabschnitte definiert, in denen von der Basisstation gesendet wird und solche, in denen vom Endgerät gesendet wird.

GPRS / HSCSD

Bei GPRS (General Packet Radio Service) und HSCSD (High Speed Circuit Switched Data) handelt es

zum Einsatz. Mit jedem Slot werden nämlich Nutzerdaten (DPDCH, Dedicated Physical Data Channel) sowie Kontrollinformationen (DPCC, Dedicated Physical Control Channel) übertragen. Wegen des bereits erwähnten Nah-Fern-Problems ist bei UMTS eine exakte Leistungsregelung notwendig; die minimale Sendeleistung eines Endgeräts beträgt -50 dBm (10^{-8} W), die maximale Sendeleistung 33 dBm (2W). Im Gegensatz dazu ist der Dynamikbereich der Leistungsregelung bei GSM mit 20 - 30 dB (abhängig von der Geräteklasse) deutlich geringer.

Wegen der Notwendigkeit einer schnellen Leistungsregelung werden in jedem Slot mit dem DPCC auch Leistungsregelungskommandos gesendet (also $15 \cdot 100$ pro Se-

sich um GSM-Erweiterungen, deren Ziel die Behebung bekannter Schwächen von GSM ist. Bei HSCSD wird die Datenrate durch Übertragung auf mehreren Zeitschlitzen innerhalb eines TDMA-Rahmens erhöht. GPRS setzt dieses Prinzip ebenfalls ein. Darüber hinaus werden paketorientierte Dienste („Internet“) mit GPRS besser unterstützt als mit HSCSD, da bei GPRS ein Zeitschlitz nur dann „belegt“ ist, wenn auch Daten darüber übertragen werden.

RACE/ACTS

RACE (Research and Development in Advanced Communications Technologies in Europe) und ACTS (Advanced Communication Technologies and Services) waren durch die EU geförderte Forschungsprogramme zur Erhöhung der Wettbewerbsfähigkeit und Leistungsfähigkeit im Bereich der elektronischen Kommunikation.

UMTS

Das Mobilfunksystem der nächsten Generation, mit dem außer herkömmlicher Sprachkommunikation auch mobile Multimediadienste angeboten werden, wird in Europa mit UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) bezeichnet. Für das weltweite System wird der Begriff IMT 2000 (International Mobile Telecommunications by 2000) verwendet. IMT 2000 umfaßt eine Familie von Systemkonzepten. Ein Mitglied dieser Familie ist UMTS.

UMTS-Forum

Das UMTS-Forum ist eine Organisation, in der Netzbetreiber, Hersteller und Frequenzverwaltungen/Regulierungsbehörden vertreten sind. Ziel des UMTS-Forums ist die Förderung von UMTS durch die Schaffung eines positiven Umfelds. Wichtige Arbeitsgebiete des UMTS-Forums sind beispielsweise die Bestimmung des für UMTS nötigen Frequenzbedarfs und Untersuchung der wirtschaftlichen Anforderungen. Die eigentliche fachliche Arbeit zur Spezifizierung von UMTS findet nicht im Rahmen des UMTS-Forums, sondern bei der Initiative 3GPP (Third Generation Partnership Project) statt.

UMTS-Luftschnittstelle

Die UMTS-Luftschnittstelle (UTRA, UMTS Terrestrial Radio Access) betrifft die Funkübertragung bei UMTS, d.h. die Strecke zwischen Endgerät und Basisstation (Darüber hinaus gibt es bei UMTS noch weitere Schnittstellen). Anschaulich gesehen ist mit der Luftschnittstelle i.Allg. die physikalische Repräsentierung der Sendesignale von Endgeräte und Basisstationen gemeint.

kunde). Zur Interferenzminderung werden (Sprachübertragung vorausgesetzt) in Sprechpausen keine Nutzerdaten übertragen (DTX, Discontinuous Transmission). Es gibt in CDMA-Systemen zwei Möglichkeiten, DPCC und DPDCH zu multiplexen: Zeitmultiplex und Codemultiplex. Aufwands günstiger zu realisieren ist hierbei ein Zeitmultiplex. Die Verwendung von Zeitmultiplex bewirkt bei DTX allerdings eine Pulsung des Sendesignals mit einer Frequenz von 1500 Hz. Um EMV-Probleme (u.a. mit Hörgeräten) zu vermeiden, wird in der Aufwärtsstrecke von UMTS Codemultiplex eingesetzt. DPCC und DPDCH werden also gleichzeitig, über unterschiedliche CDMA-Codes übertragen. In Falle von DTX wird dann in einer Sprech-

pause der Pegel des Sendesignals abgesenkt. In der Abwärtsstrecke hingegen wird Zeitmultiplex eingesetzt. Die dadurch auftretende Pulsung betrifft nur den zum Teilnehmer gerichteten Anteil. Da in der Abwärtsstrecke aber ein Summensignal mit Beiträgen für mehrere Teilnehmer gesendet wird, ist im Summensignal keine Pulsung erkennbar.

Mit dem Normal Burst werden bei GSM innerhalb eines Rahmens der Dauer 4,61 ms 116 bit übertragen (Die Dauer eines Normal Burst beträgt 0,577 ms, da auf einem Frequenzkanal 8 Teilnehmer untergebracht werden). Variiert werden kann bei den GSM-Erweiterungen HSCSD / GPRS [6],[7] nur die Anzahl der je Rahmen übertragenen Normal Bursts. Bei UMTS gibt es keine derartige Beschränkung; durch Variation des Prozessgewinns, der die Werte 4, 8, ...256 annehmen darf, kann die Datenrate eines DPCHs in einem weiten Bereich variiert werden. In einem Zeitraum von 10 ms können je nach Prozessgewinn zwischen 150 und 9600 bit je Rahmen übertragen werden (die hier für GSM und UMTS angegebenen Werte beziehen sich auf die „Bruttbits“ ohne Fehlerschutzcodierung). Die höchsten für UMTS vorgesehenen Datenraten werden realisiert, indem einer Verbindung mehrere CDMA-Codes zugewiesen werden (Multicode-Übertragung). Die Übertragung ist bei UMTS so organisiert, dass die Datenrate durch Änderung des Prozessgewinns von Rahmen zu Rahmen, d.h. alle 10 ms, geändert werden darf.

Im vorhergehenden Abschnitt wurde bereits erläutert, dass eine exakte Sendeleistungsregelung in der Aufwärtsstrecke eines CDMA-Systems nötig ist, um Kapazitätsverluste durch das Nah-Fern-Problem zu vermeiden. Hierzu muss jedoch ein DPCH bereits verfügbar sein. Beim Aufbau einer Verbindung durch ein Endgerät ist dies gerade nicht der Fall. Zum Verbindungsaufbau sendet das UMTS-Endgerät (beginnend mit einer kleinen, durch die Basisstation vorgegebenen Sendeleistung) so genannte Präambeln mit 4096 Chips und wartet nach jeder Präambel auf eine

Antwort durch die Basisstation. (Der Begriff Präambel wurde deswegen gewählt, weil die Präambeln vor den eigentlichen Nutzerdaten übertragen werden.) Antwortet die Basisstation, d.h. erfolgt eine Quittierung, so können weitere Daten übertragen werden. Ist dies nicht der Fall, so wird die Sendeleistung gesteigert und der Vorgang solange wiederholt, bis die Basisstation antwortet oder eine maximale Anzahl von Wiederholungen erreicht wurde. Durch diese Vorgehensweise wird sichergestellt, dass bei der Verbindungsaufnahme keine anderen Teilnehmer gestört werden. Bei GSM ist dieses „Herantasten“ nicht nötig. Der Vorgang des Verbindungsaufbaus ist bei UMTS somit ähnlich wie bei GSM mit einer Pulsung des Sendesignals verbunden, da das Endgerät in den Pausen zwischen zwei Präambeln nicht sendet. Eine ähnliche Vorgehensweise wie die oben beschriebene ist bei UMTS auch dann nötig, wenn kurze Datenpakete übertragen werden sollen, da in diesem Fall aus Gründen einer effizienten Nutzung der Ressourcen kein herkömmlicher DPCH aufgebaut wird.

Dr. Bernd Steiner, T-Nova Darmstadt

Literatur

- [1] <http://www.gsm.org/>
- [2] Baier, A. et al: Design Study for a CDMA-based third generation mobile radio system. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, S. 733-743, 1994.
- [3] Cygan, D. et al: RACE-II advanced TDMA mobile access Project – an Approach for UMTS. Proc. 1994 International Zürich Seminar on Digital Communications, S. 428 - 439, 1994.
- [4] Ojanperä, T. et al: Comparison of Multiple Access Schemes for UMTS. Proc. IEEE Vehicular Technology Conference (VTC' 97), S. 490-494, 1997.
- [5] <http://www.itu.int/imt>
- [6] 3G TS 23.034 High Speed Circuit Switched Data (HSCSD) - Stage 2, V 3.0.0, Mai 1999.
- [7] Bettstetter, C.; Vögel, H.-J.; Ebersbächer, J.: GSM Phase 2+ General Packet Radio Service: Architecture, Protocols and Air Interface. IEEE Communications Survery, vol. 2 Nr. 3, 1999 (<http://www.comsoc.org/pubs/surveys/3q99issue/pdf/Bettstetter.pdf>)
- [8] <http://www.3gpp.org>
- [9] <http://www.cdg.org>
- [10] Chaudhury, P.; Mohr, W.; Onoe, S.: The 3GPP Proposal for IMT-2000. IEEE Communications Magazin, S. 72-81, Dezember 1999.
- [11] 3G TS 25.211: Physical channels and mapping of transport channels onto physical channels (FDD), Version 3.1.1, Dezember 1999.
- [12] 3G TS 25.212: Multiplexing and channel coding (FDD), Version 3.1.1, Dezember 1999.
- [13] 3G TS 25.213: Spreading and modulation (FDD), Version 3.1.1, Dezember 1999.
- [14] 3G TS 25.214: Physical layer procedures (FDD), Version 3.1.1, Dezember 1999. ■

Zelle

Die Bandbreite der Reaktionen von Zellen und Organismen auf Veränderungen in ihrer Umgebung ist vielfältig. Eine von vielen Antworten auf Umweltreize ist die Bildung bestimmter Proteine. Dabei ist die Art der Umweltveränderung nicht entscheidend, denn die Zellen besitzen mit diesen Proteinen offenbar leistungsfähige Werkzeuge, mit denen sie unterschiedlichen Umwelteinflüssen wirksam begegnen können. Da sie vor allem in heiklen Situationen ihre Tätigkeit aufnehmen, heißen diese molekularen „Krisenmanager“ „Stressproteine“.

n im Stress

Christoph Bächtle



Unter Stress versteht man in der Verhaltensbiologie die Störung des inneren Gleichgewichts („Homöostase“) eines Organismus, ausgelöst durch endogene oder exogene Faktoren. Chrousos et al. definierten 1988 Stress allgemein als „Bedrohung der Homöostase“. Die stressauslösenden Faktoren werden als „Stressoren“ bezeichnet. Stress ist nicht nur in der modernen Gesellschaft ein Alltagsphänomen, Stress ist in der belebten Natur weit verbreitet und konnte bei verschiedenen Wirbellosen und Wirbeltieren und sogar in Pflanzen nachgewiesen werden.

Das Vorliegen einer Stresssituation lässt sich an mehreren Merkmalen feststellen. Mensch und Tier zeigen unter Stress Verhaltensveränderungen. So sind z.B. Aggressivität, Flucht oder anhaltende Unruhe Verhaltensweisen, die zwar nicht ausschließlich, aber häufig auf Stress zurückgeführt werden können. Stress kann aber auch anhand physiologischer Marker erfasst werden. Bei Wirbeltieren ist eine enge Kopplung der Stressreaktion an Veränderungen im Hormonsystem gegeben. Pflanzen reagieren auf hohe Lichtintensitäten mit der Bildung bestimmter Proteine, den sogenannten ELIPs (early light induced proteins). Für die durch Stressoren ausgelösten physiologischen Änderungen prägte Selye 1973 den Begriff des Allgemeinen-Anpassungs-Syndroms (AAS).

Menschen und Tiere können sich an wiederholt ausgelöste Stresssituationen anpassen. Ratten reagieren auf die Konfrontation mit lauten Geräuschen zunehmend gelassener. Eine Stressreaktion, wie z.B. die Erhöhung des Adrenalinpiegels im Blut, bleibt schließlich aus. Die Tiere

haben sich an den Stressor gewöhnt. Zellkulturen vertragen eine Temperaturerhöhung besser, wenn vorab schon eine geringere Temperaturerhöhung erfolgt ist. Man spricht hier von erworbener Thermotoleranz. Grund für die Thermotoleranz ist die schnelle Bereitstellung bestimmter Proteine in der Zelle.

Schützende Eigenschaften besitzen nicht nur die darauf spezialisierten Proteine. Auch „gewöhnliche“ Proteine können Schutzfunktionen unter Stress ausüben. Ubiquitin und alpha-Crystallin sind zwei Beispiele für Proteine, die unter normalen Umständen bestimmte Aufgaben haben, aber unter Stress weiterführende Funktionen zum Schutz der Zelle übernehmen. Stress ist keinesfalls auf hochentwickelte, vielzellige Organismen beschränkt. Stress kann in Zellen und auch in Bakterien ausgelöst werden. Erstmals wurde eine derartige zelluläre Reaktion 1962 von Ritossa an Speicheldrüsenzellen von *Drosophila* festgestellt. Er konnte in Stresssituationen das Auftreten besonderer Proteine registrieren, die offenbar schützende Funktionen für die Zellen ausübten. Da Ritossa seine Versuchszellen mit erhöhten Umgebungstemperaturen stresste, nannte er die schützenden Proteine „Hitzeschockproteine“ (heat-shock-proteins, HSP). Heute verwendet man für derartige Proteine, die in Stresssituationen vermehrt aktiv sind, zunehmend den Begriff „Stressproteine“. Dieser Begriff trägt dem Umstand Rechnung, dass verschiedene Vorgänge eine ähnliche zelluläre Reaktion hervorrufen, nämlich die Bereitstellung bestimmter Proteine.

Bemerkenswert ist, dass sich die Gruppe der Stressproteine auf einige Proteine be-

schränkt und einige davon unabhängig von der Qualität des Stressors auftreten. Die Liste der Stressoren umfasst aber weit mehr. Kälte, Schwermetalle, UV-Licht, Trockenheit, Salzkonzentrationen, pH-Wert-Veränderungen, freie Radikale („oxidativer Stress“). Aber auch elektromagnetische Felder stehen unter dem Verdacht, in Zellen Stress zu bewirken. Darüber hinaus kann die Synthese von Stressproteinen auch durch intrazelluläre Signalträger, wie z.B. Prostaglandine, induziert werden (Santoro et al.). Die Verbreitung des Notfallprogramms „Stressproteine“ ist nicht auf einzelne Spezies beschränkt. Nach aktuellem Kenntnisstand haben Zellen aller Organismen ein System entwickelt, dass bei erhöhten Temperaturen aktiviert wird (Welch, 1992).

Klassifizierung von Stressproteinen

Zu den Stressproteinen gehören in erster Linie die Hitzeschockproteine (HSP) sowie eine Gruppe verwandter Proteine, die große Homologien in Aminosäuresequenz und Funktionalität aufweisen. Sie werden daher als heat-shock-cognate-proteins (hsc-proteins) bezeichnet und erfüllen ebenfalls Funktionen im Rahmen der Stressantwort. Die Hitzeschockproteine werden üblicherweise nach ihrem Molekulargewicht(*) benannt und klassifiziert. Welch unterscheidet fünf Familien von Hitzeschockproteinen, andere Autoren treffen eine Einteilung in drei (Victor, 1995) oder vier (Merck, 1993) Familien. Die unterschiedlichen Eingruppierungen haben jedoch die Familien der sogenannten „kleinen HSPs“, die HSP-70-

* Die Zahl gibt die jeweilige durchschnittliche Molekülmasse der Proteinfamilie in Kilodalton an.

Familie und die HSP-90-Familie gemeinsam. Die jeweiligen Proteine der einzelnen Familien können sich von Spezies zu Spezies unterscheiden. Welch unterscheidet folgende Familien:

- HSP-28-Familie (small hsps)
- HSP-60-Familie
- HSP-70-Familie
- HSP-90-Familie
- HSP-110-Familie

Neben diesen „klassischen“ Stressproteinen gibt es, wie schon angeführt, weitere Proteine mit Schutzfunktionen unter Stressbedingungen. Zwei dieser Proteine, das Ubiquitin und das alpha-Crystallin werden nachfolgend kurz vorgestellt.

Ubiquitin

Ubiquitin ist ein kleines Protein, das in allen eukaryotischen Zellen vorkommt. Es spielt eine wesentliche Rolle beim Abbau nicht mehr benötigter Proteine. Ubiquitin fungiert als eine Art Stempel für Eiweissmüll. Es markiert durch Bindung defekte, beschädigte, denaturierte oder nicht mehr benötigte Proteine, die der Entsorgung zugeführt werden sollen. Darüber hinaus interagiert Ubiquitin mit Histonen des Chromatins sowie mit RNA-Molekülen (Schlesinger).

Alpha-Crystallin

Alpha-Crystallin ist eines der häufigsten Proteine in der Augenlinse von Wirbeltieren. Es besteht aus zwei Untereinheiten, dem alphaA- und dem alphaB-Crystallin. Lan-

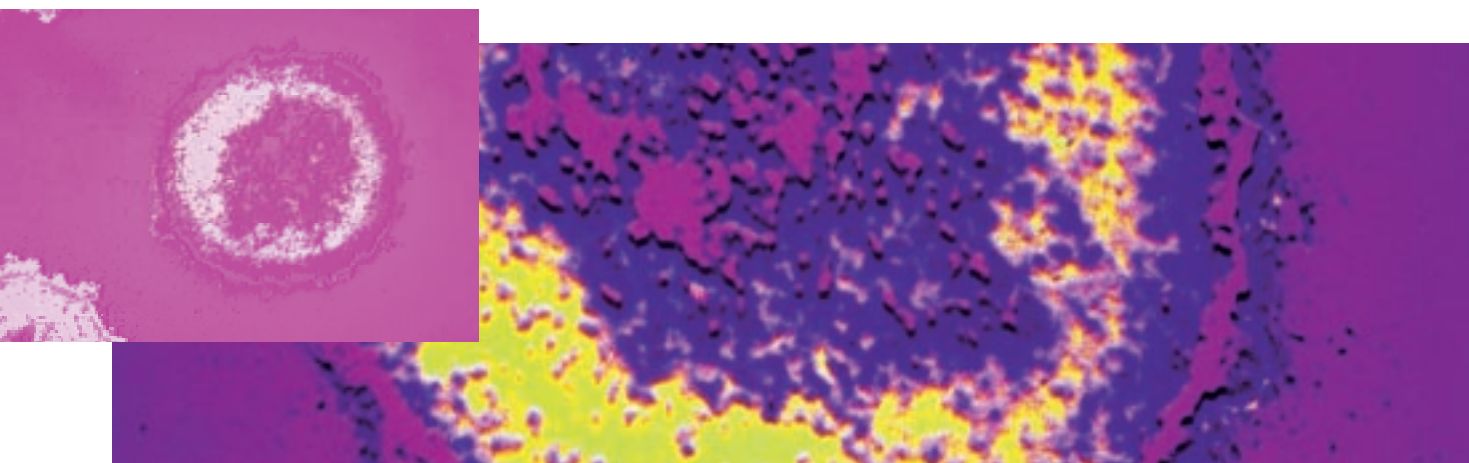
ge Zeit wurde angenommen, das Vorkommen von alpha-Crystallin sei auf die Augenlinse beschränkt. Erst zu Beginn der Neunziger Jahre wurden geringe Mengen vom alpha-Crystallin außerhalb der Augenlinse isoliert. Überraschend war die Entdeckung von Klemenz et al., dass sich alpha-Crystallin in NIH 3T3-Zellen in gewisser Weise wie die kleinen Hitzeschockproteine verhält (zitiert in Merck, 1993). Weitere Untersuchungen zeigten, dass zwischen alpha-Crystallin und kleinen HSPs strukturelle und funktionelle Gemeinsamkeiten bestehen. Besonders die Induzierbarkeit und die Funktion als sogenanntes Hilfsprotein (Chaperon) machen deutlich, dass alpha-Crystallin außerhalb der Augenlinse stressmindernde Aufgaben ausübt.

Wie arbeiten Stressproteine?

Stressproteine, insbesondere die Proteine der HSP-Familien, erfüllen verschiedene Funktionen in einer Zelle. Einige der HSP-Proteine sind auch aktiv, wenn die Zelle keiner Stresssituation ausgesetzt ist. In diesem Fall unterstützen sie die Proteinsynthese, den Proteintransport und bestimmte Phasen des Zellzyklus. Berücksichtigt man die Tatsache, dass zu einem Zeitpunkt im Zytoplasma einer Zelle unzählige Proteinketten produziert werden, erkennt man sogleich ein Problem dieser zeitgleichen Proteinsynthesen. Während der Synthese darf es zwischen den einzelnen wachsenden Eiweißketten nicht zu einer Interaktion kommen. Sonst würden sich unfunktionelle und somit unbrauchbare

Proteinknäuel bilden. Hitzeschockproteine unterbinden diese intermolekularen Wechselwirkungen, indem sie sich an wachsende Proteinketten binden. Ferner vermeiden sie intramolekulare Interaktionen, die zu einer falschen Tertiärstruktur, also ungünstiger räumlicher Ausdehnung des Proteinmoleküls, führen können. Man bezeichnet Proteine, die solche unterstützenden Funktionen ausführen, als Hilfsproteine oder Chaperone. Auch beim Transport von Proteinen in Zellkompartimente, wie z.B. Mitochondrien oder den Golgi-Komplex, greifen Chaperone helfend ein. Stressproteine mit ausgeprägten Chaperon-Eigenschaften sind die Vertreter der kleinen Hitzeschockproteine, der HSP-70- und HSP-60-Familie sowie das alpha-Crystallin. Stressproteine mit Chaperon-Funktion werden in der Regel ständig in geringen Konzentrationen bereitgestellt und im Bedarfsfall verstärkt exprimiert.

Eine besondere Aufgabe der Hitzeschockproteine betrifft die Reaktivierung von denaturierten Proteinen. In Stresssituationen kommt es zur erhöhten Denaturierung von Proteinen. Denaturierte Proteine sind ein Signal für die vermehrte Bildung von Stressproteinen. Unter ATP (Adenosintriphosphat)-Verbrauch entfalten und entwirren diese molekularen Werkzeuge denaturierte Eiweissketten und schützen vor erneuter Denaturierung. Diese Funktion wird insbesondere von bestimmten Hitzeschockproteinen übernommen, die sich dadurch von den übrigen Stressproteinen abheben und nur im Bedarfsfall induziert werden.



Stressproteine und magnetische Felder

Magnetische Felder sind mögliche Stressoren. Das Bakterium *E. coli* reagiert auf Befeldung mit einem 60Hz-Magnetfeld von 1,1 μT Stärke ähnlich wie auf andere Umweltstressoren. Es kommt zur verstärkten Bildung von Sigma-32-RNA, die für ein bestimmtes Stressprotein codiert (Cairo, Greenbaum, Goodman). Goodman et al. beschreiben die erhöhte Transkription des HSP-70-Gens unter Einfluss von extrem niederfrequenten magnetischen Feldern. 60Hz-Magnetfelder fördern in humanen HL-60 Zellen die Transkription des Transkriptionsfaktors c-myc, dieser wiederum unterstützt die Expression des HSP-70-Gens. In befeldeten Zellen liegt eine erhöhte Konzentration von HSP-70 mRNA vor. Somit kann ein Zusammenhang zwischen Befeldung und der Bildung von HSP-70 mRNA hergestellt werden. Vergleichbare Reaktionen treten in der Hefe *Saccharomyces cerevisiae* auf.

In anderen Studien konnten Goodman und Mitarbeiter die erhöhte Expression von HSP-70 in Speicheldrüsenzellen von *Drosophila* sowie eine erhöhte Konzentration des Stressproteins HSP-70 in befeldeten Speicheldrüsenzellen der Trauermücke *Sciara* feststellen. Blank et al. fanden in den gleichen Zellen Gemeinsamkeiten zwischen der Reaktion der Zellen auf Hitzeschock und der Reaktion auf Exposition im magnetischen Feld. Der Hitzeschock bestand in einer Temperaturerhöhung von 20°C auf 37°C. Die Exposition erfolgte durch ein sinusförmiges 60Hz-Magnetfeld von 0,8 bis 800 μT . Die Autoren betonen den unterschiedlichen Charakter der gewählten Stressoren, verweisen aber auf die Gemeinsamkeiten im Reaktionsmuster der Zellen. Die Speicheldrüsenzellen bilden in Reaktion auf die Stressoren ähnliche Proteine. Die Autoren gehen dennoch von unterschiedlichen Primärreaktionen der Zellen auf die beiden Stimuli aus, sind aber der Überzeugung, dass diese letztendlich auf einen gemeinsamen Reaktionsweg führen. Weiterhin postulieren Blank und Mitar-

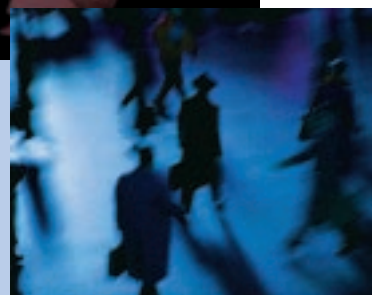
beiter ein „alles-oder-nichts-Prinzip“ bei der Antwort auf magnetische Felder, da die unterschiedlichen Feldintensitäten zur gleichen Reaktion führen, sobald sie einen Schwellenwert überschreiten.

Mit den Stressproteinen hat die Natur leistungsfähige Instrumente mit breitem Wirkungsspektrum geschaffen. Ihre Induzierbarkeit durch magnetische Felder ist ein weiteres Beispiel für biologische Wirkungen magnetischer Felder. Über das Auftreten von Stressproteinen auf schädigende Eigenschaften dieses „Umweltreizes“ zu schließen, wäre jedoch voreilig und wissenschaftlich nicht korrekt. Ob Stressproteine als Marker für Qualität und Stärke eines Reizes Verwendung finden können, erscheint hingegen möglich und sollte diskutiert werden.

*Dipl. Biol. Christoph Bächtle,
Universität Stuttgart*

Literatur

- Blank, Khorkova, Goodman, „Similarities in the proteins synthesized by *Sciara* salivary gland cells in response to electromagnetic fields and to heat shock“, *Biochem. and Biophys. Res. Commun.* 31, 27-38 (1993)
- Cairo, Greenbaum, Goodman, *Journal of Cell Biology*, 68 (1), 1-7 (1998)
- Chrousos, Loriaux, Gold, „The concepts of stress and its historical development“ in: *Mechanisms of physical and emotional stress* (Eds: Chrousos, Loriaux, Gold), Plenum Press, New York (1988)
- Goodman, Blank, Lin, „Increased levels of hsp70 transcripts induced when cells are exposed to low frequency electromagnetic fields“, *Biochem. and Biophys. Res. Commun.*, 33, 115-120 (1994)
- Lin, Han, Blank, *Journal of Cellular Biochemistry*, 70 (3), 297-303 (1998)
- Lin, Opler, Head, „Electromagnetic field exposure induces rapid, transitory heat shock factor activation in human cells“, *Journal of Cellular Biochemistry*, 66, 482-488 (1997)
- Mc Farland, David, *Biologie des Verhaltens, Spektrum-Verlag*, 2. Auflage, 1999
- Merck, K. B., „Structural and functional aspects of alpha-crystallin and its relation to the small heat shock proteins“, Diss. 1993, Univ. Nijmegen
- Ritossa, F.M., „A new puffing pattern induced by heat-shock and DNP in *Drosophila*“, *Experientia* 18, 571-573 (1962)
- Santoro, Garaci, Amici, „Induction of HSP70 by prostaglandins“, in: *Stress Proteins* (Eds.: Schlesinger, Santoro, Garaci), Springer (1990), S. 27 ff.
- Schlesinger, M. J., „Induction of HSP70 by prostaglandins“, in: *Stress Proteins* (Eds.: Schlesinger, Santoro, Garaci), Springer (1990), S. 82
- Victor, M., „Die Regulation humaner Hitzeschock-Transkriptionsfaktoren und ihre Beteiligung an der Expression von Hitzeschockproteinen“, Diss. 1995, Univ. Bochum
- Welch, W. J., „Mammalian stress response: cell physiology, structure/function of stress proteins, and implications for medicine and disease“, *Physiol. Rev.*, 72 (4), 1063-1081 (1992)



S
T
R
E
S
S

Christoph Bächtle

DECT-Telefone: Gepul



In verschiedenen Presse- und Fernsehberichten (z.B. Sat1, Akte 10/99) wurde DECT-Telefonen das Prädikat „gefährlich“ ausgestellt. Wir wollen an dieser Stelle verschiedene Argumentationen und Aspekte zur DECT-Technik aufgreifen und gegenüberstellen.

Die Kritiker von DECT-Telefonen führen in erster Linie folgende Argumente an:

1. DECT-Telefone benutzen zum Datentransfer ein gepulstes Signal, das mit einer Pulsfrequenz von 100 Hz arbeitet.
2. DECT-Telefone senden ihr gepulstes Signal nicht nur im Sende-, sondern auch im stand-by-Betrieb.
3. Die Ausgangsleistung der DECT-Telefone ist nicht regelbar, d.h. die Telefone passen, im Gegensatz zu Mobiltelefonen, ihre Ausgangsleistung nicht den Ausbreitungsbedingungen an, sondern senden stets mit maximaler Ausgangsleistung.

In der Zeitung „Ökotest“ vom November 1999 wird unter der Überschrift „Von der Leine gelassen“ vor DECT-Telefonen gewarnt und dem Verbraucher zu Geräten nach dem älteren, analogen CT-1+-Standard geraten. Die Empfehlung der Ökotester basierte neben technischen Bedenken auch auf Berichten über dem Gebrauch dieser Telefone zugeschriebenen Beschwerden bei Menschen, die ein DECT-Telefon benutzt hatten oder in deren unmittelbarem Umfeld ein solches in Betrieb genommen wurde.

Ausschlaggebend für die vorsichtige Haltung von „Ökotest“ gegenüber der DECT-Technik waren die teilweise hohen Leistungsflußdichten sowie der ständig ausgesendete Puls von 100 Hz. Unter Berufung auf nicht näher benannte wissenschaftliche Ergebnisse führt die Zeitschrift an, „dass gepulste Strahlung von Schnurlosen, wie übrigens auch von Handys, die Hirnströme verändern und den Informationsfluss zwischen den Körperzellen behindern kann.“ Die gemessene Leistungsflußdichte von 100 nW/cm² beim Panasonic KX-TCD 950 verglich „Ökotest“ mit dem Signal eines „Mobilfunkturms in 20 m Abstand“. Genug, um nach Auffassung von Dr. Lebrecht von Klitzing, Physiker an der Universität Lübeck, Einfluss auf Hirnströme zu nehmen.

Das Fazit der Tester zum Thema DECT-Telefone (Zitat): „Obwohl alle 16 DECT-Telefone gute Praxisnoten bekamen, können wir wegen des Elektromogs, den alle ständig verursachen, keines empfehlen.“

Eine andere Auffassung vertritt die Zeit-

ste Gefahr?

schrift „Computer-Bild“ in ihrer Ausgabe 02/2000, in der sie die Ergebnisse von 10 getesteten DECT-Telefonen vorstellt. Hinsichtlich der gesundheitlichen Gefährdung, ausgelöst durch die Strahlung der DECT-Telefone, kommen die Testredakteure zu dem Ergebnis, dass „die Strahlung von DECT-Telefonen und -Basisstationen so gering ist, dass eine Gefährdung praktisch ausgeschlossen ist.“

Eine ähnliche Auffassung vertritt der Vorsitzende der „International Commission on Non-ionizing Radiation Protection“, (ICNIRP), Professor Dr. Jürgen Bernhardt. Er verweist hinsichtlich der potenziellen thermischen Wirkungen eines DECT-Telefons auf die mittlere Sendeleistung der Geräte, die maximal 10 mW beträgt. Daraus ergeben sich mittlere spezifische Absorptionsraten (SAR) von 0,1 W/kg oder weniger. Sein Fazit: „Thermische Wirkungen von DECT-Telefonen können damit ausgeschlossen werden.“

Im Hinblick auf nicht-thermische Wirkungen führt Prof. Bernhardt, der zugleich Mitglied der Strahlenschutzkommission (SSK) ist, Aussagen aus der wissenschaftlichen Literatur an. Demnach gibt es „keine belastbaren Hinweise auf mögliche gesundheitsschädliche Wirkungen durch die amplitudenmodulierten Hochfrequenzfelder.“

Auch das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) hält schnurlose Telefone für unbedenklich. In einer Pressemitteilung vom 15. Dezember 1999 informiert das BfS wie folgt: „Nach derzeitigem wissenschaftlichen Kenntnisstand ist eine gesundheitli-

che Beeinträchtigung durch schnurlose Telefone nicht anzunehmen.“ Dies gelte sowohl von schnurlosen Telefonen mit analogem Standard als auch von solchen mit digitalem Standard.“ Die geltenden Grenzwerte hält das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) unter Berufung auf die SSK und die ICNIRP für ausreichend. Diese werden zudem von den gängigen Geräten weit unterschritten.

Leider versäumt es das BfS nach Meinung von Dipl.-Ing. Gerhard Niemann, 2. Vorsitzender des „Selbsthilfvereins für Elektrosensible e.V.“, München, auf die biologische Relevanz einzelner Parameter, wie z.B. Feldstärke, Belastungsdauer und die Besonderheiten des gepulsten Signals einzugehen.

Hier trifft Niemann detailliertere Aussagen. In einem Leserbrief an den „Elektrosmog-Report“ vom Februar 2000 begründet er seine Vorbehalte gegenüber der DECT-Technik. Bei der eingesetzten Pulsfrequenz von 100 Hz handele es sich zugleich um die erste Oberwelle der Stromversorgungsnetzfrequenz. Aufgrund von Schaltungsvorgängen und Phasenschnittsteuerungen sei diese Oberwelle an allen Orten zu finden. „Eine Person, die durch diese Oberwelle auf 100 Hz bereits sensibilisiert wurde, reagiert auf die mit der gleichen Frequenz gepulste Bereitschaftssignalisierung eines DECT-Telefons in kürzester Zeit“, so Niemann. Zusätzlich sieht er in der permanent ausgesendeten Bereitschaftssignalisierung ein Gefahrenpotenzial, zumal die Signalausendung „eben auch in den kritischen, weil aufnahmebe-

reiten Nachtstunden einwirkt“. Für die Genehmigung der 100-Hz-Pulsfrequenz durch das BfS hat Niemann nur Unverständnis übrig.

Niemanns Bedenken über die Verwendung der 100-Hz-Frequenz kann Bernhardt nicht teilen. „Die schwache Modulation der hochfrequenten Trägerwelle, wie sie im DECT-Standard auftritt, ist nicht wirksam“, lautet Bernhardts klare Aussage. Auch das Hochfrequenzsignal von etwa 1800 MHz hält er biologisch für nicht wirksam: „Die Schwellenwerte für Wirkungen an Atomen, Molekülen oder Rezeptoren an der Zellmembranoberfläche liegen so hoch, dass sie durch die schwachen HF-Signale der DECT-Telefone nicht erreicht werden.“ Darüber hinaus „finden an der Zellmembran bei dieser Frequenz keine Effekte statt, da die Membran aufgrund ihrer elektrischen Eigenschaften für diese hochfrequenten Felder durchlässig ist“, so Bernhardt weiter. Dennoch hält er technische Veränderungen für sinnvoll, wenn dadurch die Exposition des Benutzers reduziert wird.

Subjektive Erlebnisse und Empfindungen von Menschen stehen wissenschaftlichen Ergebnissen internationaler und nationaler Institutionen gegenüber, die in der DECT-Technik kein gesundheitsgefährdendes Potenzial erkennen können. Die Frage nach einer möglichen Gesundheitsgefährdung durch DECT-Telefone wird auch in Zukunft für gesplante Meinungen sorgen.

Dipl. Biol. Christoph Bächtle arbeitet an der Universität Stuttgart.

Nachrichten

Jahrestagung der Bioelectromagnetics Society in München

Die 22. Jahrestagung der Bioelectromagnetics Society (BEMS) wird in München stattfinden. Vom 9.-16. Juni 2000 treffen sich Wissenschaftler aus aller Welt zum Meinungs- und Informationsaustausch in der bayerischen Landeshauptstadt. Nähere Informationen über Veranstaltungsort, Zeitplan und Reservierungen gibt es auf den Internetseiten der Bioelectromagnetics Society (<http://www.bioelectromagnetics.com>) und der Forschungsgemeinschaft Funk e.V. (<http://www.fgf.de>, Rubrik „Veranstaltungen“). Die Forschungsgemeinschaft Funk e.V. ist als Kooperationspartner der BEMS in die Durchführung der Jahrestagung eingebunden.

Workshop von COST244bis in Madrid

„Bioeffects of transient EMF Exposure“ lautet der Arbeitstitel des 10. Cost244bis-Workshops, der am 06. und 07. Mai 2000 in Madrid stattfinden wird. Im Mittelpunkt der Vorträge und Beratungen sollen mögliche Effekte von vorübergehenden, kurzzeitigen Einwirkungen („transients“) elektromagnetischer Felder stehen. Solche Expositionssituationen (kurzzeitige Einwirkung von elektromagnetischen Feldern) liegen z.B. beim Passieren von Kontroll- und Überwachungssystemen vor, sind aber auch bei gepulsten Feldern mit sehr langen Pulsintervallen sowie bei aperiodischen Feldern zu finden. Diese Themenstellung ist im Hinblick auf Anwendungsfälle in der Medizin, in der Militärtechnik und neuartigen Transportsystemen von besonderem Interesse.

Einspruchsberatung im Komitee DKE 764

(Schutz von Personen mit aktiven Körperhilfsmitteln)

Am 12./13.10.99 führte das Komitee K 764 „Sicherheit in elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern“ der DKE in Berlin die Einspruchsberatung zum Normentwurf E DIN VDE 0848-3-1 (VDE 0848 Teil 3-1:1999-06 über den Schutz von Personen mit aktiven Körperhilfsmitteln durch. Dieser Normentwurf im Rahmen der Reihe DIN VDE 0848 „Sicherheit in elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern“ enthält derzeit nur Angaben über Herzschrittmacher. Aussagen zu anderen Körperhilfsmitteln sind in Vorbereitung.

Es waren mehr als 30 Einsprüche eingegangen. Wegen der Komplexität einer Reihe von Einsprüchen wurden diese zur weiteren Bearbeitung an eine Arbeitsgruppe verwiesen.

Schweizer Bundesrat beschließt Verordnung über den Schutz vor Elektrosmog

Der Schweizer Bundesrat hat in seiner Sitzung am 23. Dezember 1999 die Verordnung über Nichtionisierende Strahlung (NIS-Verordnung) zum Schutz vor Elektrosmog beschlossen, die am 1. Februar 2000 in Kraft getreten ist.

Die Verordnung über Nichtionisierende Strahlung (NISV) enthält zwei Typen von Grenzwerten: Gefährdungs- und Anlagegrenzwerte.

Gefährdungsgrenzwerte schützen vor wissenschaftlich nachgewiesenen Gesundheitsschäden. Sie berücksichtigen die gesamte Strahlung, die an einem Ort vorhanden ist. Gefährdungsgrenzwerte sind

international abgestimmt. Das Vorsorgeprinzip, wie es im Umweltschutzgesetz verankert ist, verlangt, dass die Belastung möglichst niedrig sein soll. Anlagegrenzwerte liegen deutlich unterhalb der Gefährdungsgrenzwerte. Sie gelten für die Strahlung einer einzelnen Anlage und müssen dort eingehalten werden, wo Menschen sich längere Zeit aufhalten. Der Anlagegrenzwert wird entsprechend den jeweiligen technischen Möglichkeiten festgelegt.

Nähere Erläuterungen und weitere Informationen finden Sie im Internet unter <http://www.admin.ch/buwal/recht/d/dinkridx.htm>.

Impressum

Newsletter der FGF e.V.

Herausgeber:

Forschungsgemeinschaft Funk e.V.
Rathausgasse 11a,
D-53111 Bonn
Telefon: 0228 / 726 22-0
Telefax: 0228 / 726 22 11
E-Mail: info@fgf.de
Internet: <http://www.fgf.de>

Konzeption und Redaktion:

Gerd Friedrich (verantwortl.),
Gudrun Westendorpf,
Kesberg, Bütfering & Partner, Bonn

Urheberrechte:

Namentlich gekennzeichnete Beiträge sind urheberrechtlich geschützt und stellen nicht immer die Meinung der Redaktion dar.

Entwurf, Layout, Grafik:

Setz it, Sankt Augustin

Bildnachweis:

S. 1 Prof. Dr. Irnich, S. 2, S. 3 Institut für Hochfrequenztechnik, Stuttgart,
S. 6 Dr. Gollnick, S. 10 Prof. Dr. Blettner, S.14 Dr. W. Müller,
S. 18, S. 20, S. 21 Dr. Steiner, T-Nova,
S. 26 Ch. Bächtli, S. 8, 12, 16, 17, 23, 24, 25 Archiv

Erscheinungsweise:

3 x jährlich

Auflage:

3.000 Exemplare

Nachdruck und Reproduktion erwünscht

ISSN 0949-8745