

Beitrag der FGF zur biologischen Wi

Wilma Dubois

Die Arbeit der FGF begann 1992 etwa zeitgleich mit der Einführung des ersten digitalen Mobilfunknetzes, dem Mobilfunknetz der 2. Generation „GSM“ (Global System for Mobile Communication). Bereits seit Jahrzehnten wurden elektromagnetische Felder (EMF) als Funkwellen von Rundfunk- und Fernsehsendern, Radaranlagen etc. emittiert. Der Mobilfunk wurde zu diesem Zeitpunkt erst von circa einem Prozent der Gesamtbevölkerung Deutschlands genutzt. Die Anzahl der in wissenschaftlichen Journalen publizierten Forschungsarbeiten zum Thema Mobilfunk war gering (1992: < 10), die EMF-Forschung insgesamt in Deutschland vergleichsweise wenig ausgeprägt und auf technische Aspekte beschränkt. Mit dem Ausbau der digitalen Netze des Mobilfunks und der damit verbundenen Errichtung einer Vielzahl von Sendemasten nahm die Sorge der Bevölkerung hinsichtlich gesundheitlicher Risiken elektromagnetischer Felder stetig zu.

Vor diesem Hintergrund wurden der FGF zwei Kernaufgaben gestellt: zum einen die sachliche und umfassende Information der Öffentlichkeit über den Stand der wissenschaftlichen Erkenntnisse hinsichtlich der biologischen Wirkung elektromagnetischer Felder auf Mensch und Umwelt und zum anderen die Förderung wissenschaftlicher Forschung zu biologischen Wirkungen elektromagnetischer Felder. Der Forschungsschwerpunkt lag dabei im Bereich der Hochfrequenzfelder, wie sie für moderne Funktechnologien verwendet werden. Vorrangiges Ziel der FGF-Forschungsarbeit war das Schließen von Wissenslücken, die Qualitätssteigerung sowie die Qualitätssicherung von experimentellen Forschungsvorhaben.

Vier Phasen in der Forschungsarbeit

Nach einer kurzen Phase der „Bestandsaufnahme“ über das seinerzeit vorhandene Wissen, der „Kontextbeleuchtung“ bezüglich Risikowahrnehmung in der Öffentlichkeit und der „Sondierung“ noch offener Fragestellungen im Hinblick auf die „Elektromagnetische Verträglichkeit mit der Umwelt“ (EMVU), widmete sich die FGF zunächst vorrangig der Durchführung eigener experimenteller biomedizinischer Studien. Sie orientierte sich dabei an einem Gerüst mit fünf verschiedenen Untersuchungsebenen, das Experimente an Molekülen, Zellen, Tieren, am Menschen und hinsichtlich medizinischer Geräte (zum Beispiel Herzschrittmacher) vorsah. Projekte zur „Epidemiologie“ standen aus Kostengründen von Anfang an nicht auf dem Programm der FGF.

Im Verlauf der 15 Jahre FGF-Forschungsarbeit lassen sich vier Phasen (1 – 4) erkennen, die sich hinsichtlich ihrer Forschungsaktivitäten unterschieden.




Erforschung der Wirkungen von EMF


Erste Phase: Zusammenarbeit mit dem „Forschungsverbund Elektromagnetische Verträglichkeit biologischer Systeme“ und der „Forschungsinitiative NRW“


Die erste Phase der Forschungsarbeit im Zeitraum von circa 1993 – 1996 war geprägt durch die Zusammenarbeit mit dem seit über 20 Jahren existierenden „Forschungsverbund Elektromagnetische Verträglichkeit biologischer Systeme“ in Braunschweig unter der Leitung von Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Karl Brinkmann sowie der Forschungsinitiative NRW zum Thema „Biologische Wirkungen elektromagnetischer Felder“. Aus dieser Zusammenarbeit gingen Ende 1993 erste Aufträge für experimentelle Forschungsvorhaben hervor. Vier der fünf oben genannten Untersuchungsebenen konnten bei der Auswahl berücksichtigt werden. Im


Vordergrund des Interesses stand dabei die Überprüfung möglicher genotoxischer und krebspromovierender Wirkungen sowie funktionsverändernder Wirkungen auf Zellmembranen (Ebene der Zellen), die Wirkung von EMF auf die Hirnaktivität und somit auf das zentrale Nervensystem des Menschen (Ebene des Menschen) sowie auf medizinische Geräte in Form von Herzschrittmachern (Ebene der medizinischen Geräte). Außerdem wurden erste Versuche an künstlichen Zellmembranen (Bilayern) durchgeführt, die im Anschluss zu einer intensiven Auseinandersetzung mit dem Thema „Wirkungsmechanismen von EMF“ führen sollten (Ebene der Moleküle). Innerhalb dieser ersten Phase wurden insgesamt 16 Forschungsprojekte (plus Unterverträge) zur Wirkung von Hochfrequenzfeldern, wie sie im Rahmen des Mobil- und Polizeifunks,


Die Forschungsprojekte umfassen verschiedene Untersuchungsebenen

- 

Bevölkerung – Epidemiologische Studien
(kein Gegenstand FGF-geförderter Forschung)
Frage nach den Wirkungen hochfrequenter elektromagnetischer Felder auf der Ebene einer ganzen Bevölkerung (wie häufig tritt eine Krankheit gemeinsam mit einem schädigenden Faktor auf?)
- 

Individuum – Humanstudien/Tierstudien
Lässt sich durch die kontrollierte Anwendung eines bestimmten Faktors (z.B. eines elektromagnetischen Feldes) eine messbare Reaktion im Körper auslösen?
- 

Zellen und Gewebe – Zellbiologische Untersuchungen
Kann durch elektromagnetische Felder das Verhalten von Zellen, Zellverbänden und Zellmembranen beeinflusst werden? (Lokalisierung von Wirkorten)
- 

Moleküle – Biochemische und molekularbiologische Untersuchungen
Können biochemische Reaktionen oder molekulare Strukturen durch elektromagnetische Felder beeinflusst werden? (Suche nach Wirkungsmechanismen)
- 

Medizinische Geräte – Untersuchung der Störfestigkeit von elektromagnetischen Geräten durch EMF
Untersuchung des Einflusses von elektromagnetischen Feldern auf elektromedizinische Körperhilfsmittel wie z. B. Herzschrittmacher (ggf. Einfluss auf entsprechende Normen)

von Fernsehsendern und zu therapeutischen Zwecken eingesetzt werden, durchgeführt. Aus diesen Projekten gingen sieben wissenschaftliche („peer-reviewed“, von Fachexperten begutachtete) Veröffentlichungen hervor.

Zweite Phase: Neues Auswahlverfahren

In einer zweiten Phase (1996 – 1999) beschreibt die FGF bei der Vergabe von Forschungsprojekten einen neuen Weg, indem sie die Auswahl in die Verantwortung eines Gremiums renommierter, internationaler Wissenschaftler stellte, um die Neutralität und Unabhängigkeit der FGF noch mehr zu unterstreichen. In einer offenen Ausschreibung orientierte sich die damalige Themenauswahl unter anderem an den Empfehlungen der WHO Research Agenda, die 1997 im Rahmen des ein Jahr zuvor gestarteten EMF-Projektes der WHO veröffentlicht wurde. Insgesamt 17 Studien wurden 1997 begonnen, deren Durchführung zum Teil bis in das Jahr 2000 hineinreichte. Dazu zählen auch Literaturstudien zu einzelnen Themengebieten, die zeitnah in Ergänzung zu verschiedenen Projekten durchgeführt wurden und über den damaligen Stand der Forschung informierten. Es wurde möglichen krebspromovierenden Effekten, der Wirkung von EMF auf die Melatoninsynthese sowie möglichen Wirkungen auf die Nachkommenschaft in Tierstudien nachgegangen (Ebene der Tiere). Außerdem wurden die Experimente an Bilayern (Ebene der Moleküle) in Form von Berechnungen, Analysen und experimentellen Studien weitergeführt sowie Experimente an Zellmembranen (Ebene der Zellen). Auch Untersuchungen zur Hirnaktivität (EEG) wurden erneut aufgegriffen und durch zusätzliche neuropsychologische Tests erweitert (Ebene des Menschen). Eine weitere Studie bezüglich Herzschrittmachern schloss die Betrachtungen auf der Ebene der medizinischen Geräte im Rahmen der FGF-Forschungsarbeit ab. Angesichts der damals aufkommenden Entwicklung kommerzieller Anwendungen elektromagnetischer Felder in Richtung des höheren Mikrowellenbereichs (cm/mm-Wellen: 3 GHz bis 300 GHz), wurde der Erforschung möglicher Wirkungen von EMF in diesem Frequenzbereich ebenfalls durch ein Projektvorhaben Rechnung getragen. 14 „peer-reviewed“ Veröffentlichungen gingen bisher aus dieser zweiten Phase der FGF-Forschungsarbeit hervor.

Dritte Phase: UMTS

Die dritte Phase der FGF-Forschungsarbeit (1999 – 2002) stand im Zeichen der neuen Mobilfunktechno-

logie UMTS, das Mobilfunksystem der 3. Generation, das in Deutschland 2004 kommerziell in Betrieb genommen wurde. Als erste deutsche Forschungseinrichtung nahm die FGF bereits im Jahr 2001 Untersuchungen zur Wirkung von UMTS-Signalen auf biologische Systeme im Rahmen von experimentellen Studien in ihren Forschungsplan auf. Die Durchführung erstreckte sich zum Teil über mehrere Jahre beziehungsweise dauert heute noch an. Sowohl auf der Untersuchungsebene der Zellen als auch am Tier und am Menschen wurden hierzu Experimente durchgeführt. Zwei Studien widmeten sich der Wirkung von UMTS auf das zentrale Nervensystem (ZNS): Auf der Ebene der Zellen stellte die Blut-Hirn-Schranke das Versuchsobjekt dar, auf der Ebene des Menschen wurde das visuelle System näher betrachtet. Die Ebene der Tiere wurde durch eine Mehrgenerationen-Studie zur möglichen toxikologischen Wirkung von UMTS-Feldern auf die Nachkommen von Ratten abgedeckt. Zwecks späterer Vergleichbarkeit mit anderen Experimenten, auch im internationalen Kontext, wurde das erste standardisierte UMTS-Signalschema im Auftrag der FGF entwickelt, veröffentlicht und wird seitdem in vielen, auch internationalen, Projekten eingesetzt. Darüber hinaus wurden in dieser Phase weiterhin auch Experimente mit GSM-Signalen durchgeführt. Hierbei wurde zum einen erneut die Wirkung von EMF auf das ZNS untersucht und zum anderen ein bisher im Rahmen von eigenen Experimenten noch nicht berücksichtigtes Thema aufgenommen, die Elektrosensibilität. Insgesamt wurden neben drei Literaturstudien acht experimentelle Studien im hier betrachteten Zeitraum gefördert. Neun „peer-reviewed“ Veröffentlichungen gingen bisher daraus hervor.

Vierte Phase: Wissenschaftsdialog

Die vierte Phase (circa ab 2002) begann vor dem Hintergrund der vor allem in Europa immer intensiveren Forschungsaktivitäten zur Risikobewertung von Mobilfunkfeldern, nicht zuletzt vorangetrieben durch groß angelegte Forschungsprogramme wie zum Beispiel dem „Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramm“ oder den europäischen Verbundprogrammen „REFLEX“, „Perform A“ und „Perform B“. Angesichts der stetig steigenden Zahl an wissenschaftlichen Studien zur Wirkung von EMF auf biologische Systeme legte die FGF zunehmend Wert auf die Sichtung, Auswertung und Diskussion der vorhandenen Fachliteratur und die Förderung des fachlichen Diskurses zu



aktuellen Forschungsschwerpunkten. Ein wichtiger Teil dieses Konzeptes ist die Organisation von Expertenworkshops zu bestimmten Fachthemen, um die Information der Wissenschaftler untereinander zu fördern, den Stand der Wissenschaft herauszuarbeiten und in Berichten den Interessierten zugänglich zu machen. Die Zusammenarbeit mit nationalen und internationalen Organisationen und Gremien wurde weiter verstärkt, zum Beispiel lag das Sekretariat der Wissenschafts-Koordinierungsaktion der EU „COST 281“ für fünf Jahre in den Händen der FGF.

Außerdem wurde die Zusammenarbeit mit dem „EMF-Project“ der WHO sowie mit dem „Forschungszentrum für Elektro-Magnetische Umweltverträglichkeit“ (*femu*) der RWTH Aachen stärker ausgebaut.

Ein Schwerpunkt: Expertenworkshops

Fester Bestandteil der FGF-Forschungsarbeit sind mittlerweile die 2 - 3 mal pro Jahr durchgeführten Expertenworkshops zu aktuellen Forschungsthemen. Sie dienen internationalen Wissenschaftlern als Plattform zur eingehenden Diskussion der aktuellen Kenntnisse sowie ihrer eigenen Ergebnisse und vor allem der noch ungeklärten Fragen in der EMF-Forschung. Hinsichtlich geplanter oder laufender Projekte können sich Forscher einen Überblick über den aktuellen Wissensstand verschaffen. Durch den sachlichen, offenen Charakter der Workshops wurden außerdem nicht selten produktive Kontakte zwischen Forschergruppen geknüpft. Besonders hervorzuheben ist hierbei auch die Teilnahme solcher Experten (zum Beispiel Molekularbiologen, Schlafforscher oder Kinderärzte), die bisher nicht auf dem Gebiet der EMF-Forschung arbeiten, dafür aber einen hervorragenden Einblick in die Methoden und die Aussagekraft von Untersuchungen im jeweiligen Fachgebiet besitzen. Die eingeschränkte Teilnehmerzahl (circa 50) und besonders viel Zeit für Diskussionen erlauben eine ausführliche Behandlung des jeweiligen Themas und

fürten nicht selten zu Konsenserklärungen. Als Beispiel sei das Konzept einer Metastudie zu genotoxischen Fragestellungen mit ausreichender statistischer Sicherheit erwähnt, dessen Idee bei dem Workshop in Löwenstein im November 2002 geboren und ausformuliert wurde. Dieser Plan mündete in einer Empfehlung von COST 281, die wiederum in einem derzeit laufenden Projekt des Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramms berücksichtigt und umgesetzt wird. Die Auswahl der Workshop-Themen beruht auf internen Analysen zum aktuellen Stand der Forschung sowie auf Empfehlungen von FGF-Mitgliedern oder Organisationen, wie zum Beispiel der WHO. Berücksichtigt werden insbesondere Forschungsgebiete, in denen mehrere Studien gegensätzliche Ergebnisse zeigen, wie es zum Beispiel bei Untersuchungen zu möglichen Wirkungsmechanismen zwischen elektromagnetischen Feldern und biologischen Strukturen oder bei Untersuchungen zum Einfluss hochfrequenter Felder auf die Blut-Hirn-Schranke der Fall ist. Ein Thema aus der aktuellen Diskussion, ob Kinder eine besonders sensitive Gruppe bei EMF-Exposition darstellen, wurde in einem der letzten FGF-Workshops behandelt.

Dieser Teil der Arbeit der FGF stellt seit Jahren einen wesentlichen Beitrag zur Qualitätsverbesserung von Untersuchungsmethoden und zur qualifizierten Sichtung und Bewertung des derzeitigen Wissensstandes dar. Die Berichte zu den Workshops sind im Internet unter <http://www.fgf.de/fup/ergebnisse/erg-11work.htm> verfügbar.

Die Literatur- und Informationsdatenbank

Dem Ziel, das vorhandene Wissen zur Wirkung der EMF auf Mensch und Umwelt transparent und verständlich darzustellen, ist die FGF mit der kontinuierlichen Unterstützung des Aufbaus einer Literaturda-



ten- und Informationsbank zur Wirkung der EMF auf Mensch und Umwelt (Wissensbasierte Literaturdatenbank, WBLDB) nachgegangen. Unter der Leitung von Prof. Silny im Forschungszentrum für Elektro-Magnetische Umweltverträglichkeit (*femu*) der Technischen Hochschule Aachen wurde eine Daten- und Informationsbank zu den biologischen Wirkungen nieder- und hochfrequenter elektromagnetischer Felder aufgebaut, mit deren Hilfe sich sowohl Experten als auch Laien kostenlos zu diesem Fachgebiet über den aktuellen Wissensstand anhand der wissenschaftlichen Literatur selbst informieren können.

Eine kompakte Beschreibung der wichtigsten medizinisch-biologischen und technischen Aspekte jeder Publikation ermöglicht dem Nutzer Zugang zu den vermittelten Inhalten, ohne die zumeist englischsprachigen Veröffentlichungen ganz lesen zu müssen. Die zweisprachig (deutsch und englisch) aufgebaute Datenbank wurde über etliche Jahre hinweg mit finanzieller Unterstützung verschiedener Geldgeber fortentwickelt und stellt heute das Kernstück des sog. EMF-Portals (<http://www.emf-portal.de>) dar, das mit zusätzlichen Informationsangeboten wie einem „Glossar“, der „Datenbank der im Alltag auftretenden Felder“, „Grundlagen“ und „Forum“ dem Nutzer die Thematik und die Inhalte der Fachliteratur leichter verständlich machen soll. Gegenwärtig sind über 10.000 Publikationen erfasst, neue Fachartikel werden laufend ergänzt. Derzeit sind alle experimentellen Studien aus dem medizinisch/biologischen Bereich mit Anwendung Mobilfunk-relevanter Frequenzen hinsichtlich ihrer biologischen und technischen Inhalte ausgewertet. Seit der Freischaltung des EMF-Portals im Juli 2005 ist ein zunehmender Anstieg der Nutzungsintensität (mittlerweile ca. 1.300 Besucher pro Tag) zu verzeichnen. Aufgrund der Zweisprachigkeit wird das Portal auch international abgefragt, allen voran aus den USA.

Themen und Kontext der Forschungsarbeit

Nach wie vor werden von der FGF, unter anderem zur Sicherung der eigenen wissenschaftlichen Kompetenz, auch experimentelle Studien durchgeführt und begleitet. Im Rahmen dieser Studien wurden und werden teilweise neuartige Versuchsansätze zur Erforschung der Wirkung von EMF entwickelt beziehungsweise in Form von Anschubfinanzierung deren Entwicklung ermöglicht. So wurde zum Beispiel hinsichtlich der Wirkung von EMF auf die Schlafqualität ein neuer Versuchsansatz im Rahmen einer Pilotstudie geprüft. Die Idee bestand darin, dass man nicht die Reaktion von Versuchsteilnehmern auf eine Provokation mit künstlich eingestrahltten Feldern, sondern die Reaktion auf die Abschirmung der vorhandenen Immissionen von EMF (starke Dämpfung der Einwirkung, die von elektrosensiblen Probanden für ihre Schlafstörungen verantwortlich gemacht wird) untersuchte (Projekt EPROS: Electrosensitive Protected Sleep).

Weiterhin wird in einer derzeit noch laufenden Tierstudie dem dringenden Bedarf an Langzeitstudien nachgekommen. Während viele der bisherigen als „Langzeitstudien“ bezeichneten Studien eine Versuchsdauer von circa zwei Jahren nicht überschritten, ist diese als echte Lebenszeitstudie angelegt, in der die Tiere bis zu ihrem natürlichen Tod exponiert, beobachtet und untersucht werden.


In einer anderen noch laufenden Studie werden vor dem Hintergrund der gleichzeitigen Einwirkung einer stetig zunehmenden Vielfalt an technischen elektromagnetischen Feldanwendungen auf den Menschen Berechnungen zur Körperdosimetrie in komplexen Feldumgebungen durchgeführt.

Eine Mehrgenerationen-Studie, in der unter vielem anderem auch mögliche fruchtschädigende Wirkungen von UMTS-Signalen auf den Nachwuchs berücksichtigt werden, ist ebenfalls noch nicht abgeschlossen.

Außerdem wurden mehrere Literaturstudien unter anderem zur Begleitung eigener Studien beziehungsweise Workshops in den letzten Jahren (4. Phase) der FGF-Forschungsarbeit in Auftrag gegeben.

In dem gesamten 15-jährigen Zeitraum der FGF-Forschungsarbeit wurden Planung, Konstruktion und Feldberechnung der eingesetzten Expositionsanlagen laufend verbessert und dem Stand der Technik nach bestem Wissen angepasst. Als Beispiele können hierfür genannt werden: die Entwicklung einer kleinen TEM-Messzelle und mehrerer Hohlleitungsmess-





zellen für „in vitro“-Versuche am Mikroskop, mehrerer Radialleiter für Versuche mit Tieren oder Geweben und Zellen, einer Antennenanlage zur nächtlichen Exposition von Probanden im Rahmen von Schlafuntersuchungen zum ZNS sowie die Erstellung spezieller Untersuchungsräume und Antennenanlagen für andere Hochfrequenz-Experimente an Menschen. Außerdem diente die von der FGF beauftragte Definition eines für Forschungszwecke standardisierten GSM-Signals und eines UMTS-Signals („generische Testsignale“) der Erhöhung des Qualitäts-Standards bei EMF-Forschungsarbeiten und der Vergleichbarkeit verschiedener Experimente. Durch die fortschreitende technische Entwicklung im Computerbereich waren zudem immer umfangreichere Berechnungen hinsichtlich der Dosimetrie möglich. Die Qualität der Experimente auf der „biologischen Ebene“ sicherte die FGF dadurch, dass die erteilten Aufträge überwiegend dem von der Weltgesundheitsbehörde (WHO) geforderten Standard entsprachen. Die FGF legt besonderen Wert auf die Transparenz und die kritische Auseinandersetzung mit Studieninhalten und Ergebnissen der von ihr geförderten Studien. Dies gewährleistet sie durch kompetente und kontinuierliche Begleitung der Projekte, durch die Dokumentation der Ergebnisse in Abschlussberichten, durch öffentliche, wissenschaftliche Kolloquien zu jeder experimentellen Studie, durch Publikation der Ergebnisse in „peer-reviewed“ Fachjournalen sowie durch die verständliche Aufarbeitung in den Medien der FGF (Newsletter, Edition Wissenschaft etc.) und deren Verbreitung. Auch die oben erwähnten Experten-Workshops zu aktuellen Forschungsthemen tragen hierzu bei. Die Forschungsergebnisse werden somit immer zur wissenschaftlichen Diskussion und allgemeinen Information zur Verfügung gestellt. Wenn möglich werden externe Experten in jeder Phase eines Projektes (Zieldefinition, Auswahl, Studiendesign, abschließende Beurteilung) mit einbezogen.

Einzelthemen der Forschungsarbeit im Überblick

Im Rückblick kristallisieren sich im Verlauf der erwähnten vier Phasen der FGF-Forschungsarbeit vier Themen heraus, die über mehrere Phasen hinweg aus verschiedenen Blickwinkeln bearbeitet wurden sowie weitere fünf Themen, die über einen kürzeren Zeitraum näher im Fokus standen.

Die folgenden vier Themen wurden über einen längeren Zeitraum hinweg verfolgt:

- Wirkungsmechanismen von EMF
- Wirkung von EMF auf das zentrale Nervensystem
- Mögliche krebspromovierende Effekte von EMF
- Mögliche genotoxische Wirkungen von EMF

Wirkungsmechanismen

Die Ergebnisse eines innerhalb der ersten Jahre der FGF-Forschungsarbeit gestarteten Projektes an künstlichen Membranen (Bilayern) führten in den folgenden Jahren zu einer intensiven Auseinandersetzung mit dem Thema möglicher Wirkungsmechanismen zwischen schwachen EMF und biologischen Strukturen. Die Hypothese der Studie lautete: Sollte eine Wechselwirkung zwischen den schwachen Hochfrequenzfeldern der Funkanwendungen und biologischen Strukturen stattfinden, so sollte diese Interaktion auch an dem Modell „künstliche Membranen“ nachweisbar sein, ohne dass diese Effekte durch natürliche Prozesse der Zellen beziehungsweise des gesamten Organismus überlagert werden. Somit sollte es möglich sein, den molekularen Mechanismus einer potenziellen Wechselwirkung zu identifizieren und nachfolgend auf komplexe biologische Systeme zu übertragen. Die Ergebnisse dieser ersten Studie wurden durch dosimetrische Analysen und Berechnungen gestützt und im Rahmen einer Literaturstudie, einer Reproduktionsstudie und einer weiterführenden Studie an Kunststoffpolymerfolien weiterverfolgt. Eine abschließende Publikation ist bei einem „peer-reviewed“ Journal eingereicht und soll in absehbarer Zeit veröffentlicht werden. Mehrere Literaturstudien und FGF-Workshops zum Thema lieferten in den vergangenen Jahren den wissenschaftlichen Hintergrund und gaben die Möglichkeit, dieses grundlegende Thema auf internationaler Ebene zu diskutieren. Die Untersuchungen an künstlichen Membranen sind in ihrer Art bisher einzigartig.

Wirkung von EMF auf das zentrale Nervensystem (ZNS)

Am häufigsten von allen Themen wurde im Rahmen der FGF-Forschung die Wirkung von EMF auf das ZNS des Menschen untersucht. In insgesamt sieben experimentellen Studien und sechs Literaturstudien beziehungsweise Workshops wurde diesem prominenten Thema innerhalb der 15 Jahre FGF-Forschungsarbeit nachgegangen. Zunächst standen die Hirnaktivität während des Wachzustandes sowie kognitive Fähigkeiten unter Einfluss von EMF im Vordergrund des

Interesses. Später wurden, mit zu den ersten Experimenten dieser Art gehörend, entsprechende Untersuchungen während des Schlafs durchgeführt. Im Jahr 2002 lagen zur möglichen Wirkung von EMF auf das ZNS eine Reihe widersprüchlicher oder nicht reproduzierbarer Forschungsergebnisse vor. Die FGF initiierte ein weiteres Projekt, in dem die kognitive Leistung unter besonderer Berücksichtigung der Modulation des Feldes (gepulst/kontinuierlich) und der exponierten Gehirnhälfte untersucht wurde. Auch der Wirkung von UMTS-Feldern auf das visuelle System des Menschen sowie auf die Blut-Hirn-Schranke wurde im Rahmen von FGF-Studien nachgegangen. In keiner dieser Studien wurden feldspezifische Effekte auf die Untersuchungsobjekte beobachtet. Fast alle FGF-geförderten Studien zu diesen Themen wurden in „peer-reviewed“ Fachjournalen veröffentlicht.

Krebspromovierende Effekte

Insgesamt wurden drei experimentelle Studien zu diesem Thema im Zeitraum von 1993 – 1998 durchgeführt. In zwei „in vitro“-Studien wurde das Wachstumsverhalten von menschlichen Leukämiezellen und in einer „in vivo“-Studie eine mögliche Krebsentwicklung an Mäusen untersucht. In keiner der Studien konnten krebspromovierende Effekte von EMF nachgewiesen werden. Auch in zwei weiteren „in vivo“-Studien an Ratten lag der Fokus unter anderem auf pathologischen Organveränderungen und somit auch auf einer möglichen Krebsentwicklung (1996, 1999). Auch hier wurden keine Hinweise auf eine Krebsentstehung unter Feldeinfluss beobachtet. Zur eingehenden wissenschaftlichen Diskussion dieses Themas wurde der von der FGF durchgeführte Expertenworkshop „Erhöhen HF-Felder das Krebsrisiko?“ im Jahr 2004 durchgeführt.

Genotoxizität

Die Genotoxizität von EMF wurde während der ersten Phase der FGF-Forschungsarbeit (1993-1996) als eines der ersten Themen berücksichtigt. Auf der Ebene der Moleküle wurden mögliche genotoxische Effekte von Mobilfunkfeldern (GSM 900, 1800) an biologischen Molekülen (DNA und Proteine), menschlichen Zellen sowie Bakterien und Viren untersucht. Es wurden keine eindeutigen, reproduzierbaren Effekte beobachtet. Eigene Untersuchungen zu diesem Thema wurden nicht erneut aufgegriffen. Wohl aber wurde das Thema Genotoxizität im Rahmen von zwei Work-

shops (2002, 2007) sowie im weiteren Sinne bei einer Literaturstudie und zwei Workshops zum Thema Genexpression und Hitzeschockproteine (HSP) diskutiert (2003, 2004, 2005).

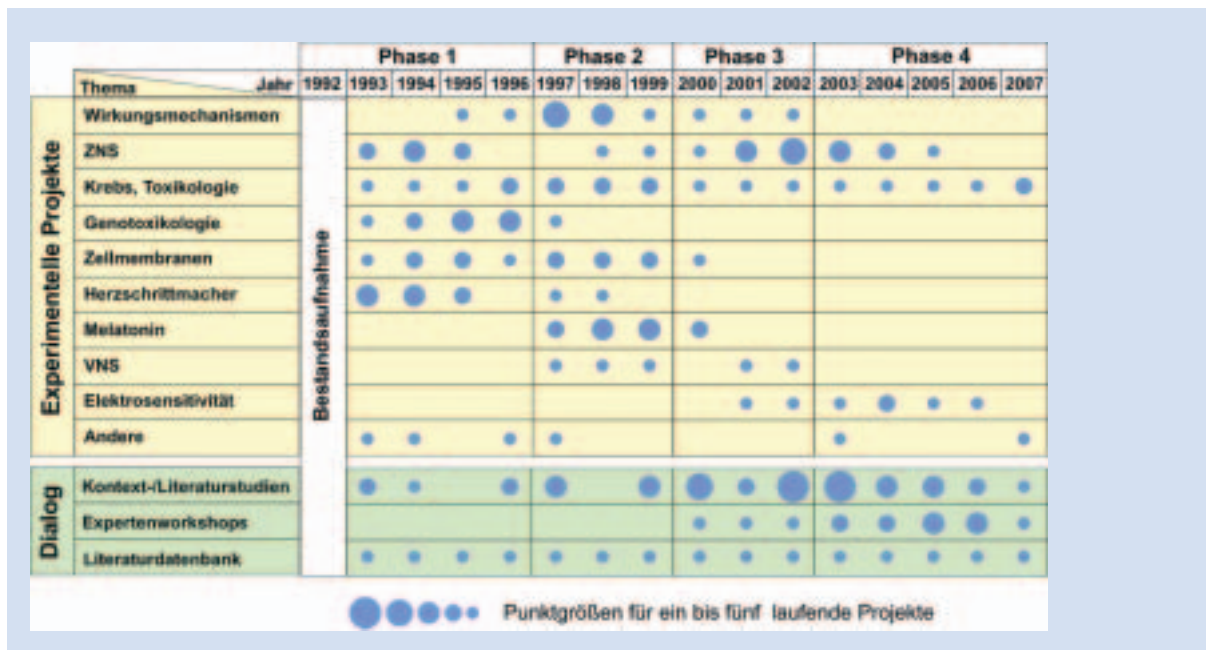
Folgende fünf Themen wurden im Gegensatz zu den oben beschriebenen Themen über einen kürzeren Zeitraum verfolgt:

- Wirkung von EMF auf Zellmembranen (1993 – 1997)
- Einfluss von EMF auf Herzschrittmacher (1993-1998)
- Einfluss von EMF auf die Melatonin synthese (1996 – 1999)
- Wirkung von EMF auf das vegetative Nervensystem (1997 – 2002)
- Elektrosensitivität (2001 – 2005)

Einige der ersten FGF-geförderten Studien widmeten sich dem Thema einer möglichen **Wirkung von EMF auf Zellmembranen**. Diese Wirkung wurde anhand der Messung von Ionenkonzentrationen (Calcium), Membranströmen und Membranpotentialen an tierischen und menschlichen Zellen untersucht. In keiner der Untersuchungen wurden feldspezifische Effekte beobachtet.

Im Laufe der ersten fünf Jahre des FGF-Forschungsprogramms wurden auf der Ebene der medizinischen Geräte in vier Projekten Berechnungen, Messungen sowie Computersimulationen von Störspannungen an einem Körpermodell durchgeführt. Hierbei ging man der Frage nach der Störbeeinflussung von **Herzschrittmachern** durch hochfrequente EMF, wie sie von Mobilfunkgeräten und Fernsehsendern ausgehen, nach. In der 2. Phase der FGF-Forschungsarbeit wurde das Thema „Wirkung von EMF auf die **Melatonin synthese**“ in Form von theoretischen Betrachtungen (Literaturstudie „Die Melatoninhypothese“) und drei aufeinander aufbauenden experimentellen Untersuchungen beleuchtet. Das Forschungsvorhaben war so angelegt, dass die Melatonin synthese an dem gewählten Untersuchungsobjekt auf drei verschiedenen biologischen Organisationsebenen untersucht wurde, auf der Ebene der Zellen, der Organe und des lebenden Tieres. Abschließende Aussagen zu diesen Experimenten befinden sich noch im Prozess der wissenschaftlichen Veröffentlichung.

Die möglichen Wirkungen **von EMF auf das vegetative Nervensystem** (VNS, Teil des Nervensystems, der die unwillkürlichen, oft unbewussten Körperfunktionen steuert, z.B. Verdauung, Herzschlag, Atmung etc.) wurden ebenfalls über einen begrenzten Zeitraum im Rahmen von aufeinander aufbauenden Projekten näher betrachtet. Das VNS war bereits im Zusammen-



Die Tabelle zeigt eine Übersicht über die Anzahl laufender, von der FGF geförderter Projekte pro Jahr und Themenschwerpunkt. Die zum Teil mehrjährige Laufzeit einiger Projekte schlägt sich in der Punkteverteilung entsprechend nieder, das heißt einzelne Punkte symbolisieren entweder einzelne, einjährige Projekte beziehungsweise den Verlauf eines mehrjährigen Projektes.

hang mit militärischen Anwendungen, wie zum Beispiel dem Radar, gut untersucht, nicht aber in Verbindung mit cm/mm-Wellen, die im Rahmen gerade aufkommender, technischer Anwendungen im zivilen Bereich (zum Beispiel Abstandsradar bei Fahrzeugen) eingesetzt wurden. Die FGF griff mit der Förderung entsprechender Projekte diese Wissenslücke auf. Es konnte kein Einfluss der untersuchten cm/mm-Wellen auf das VNS des Menschen beobachtet werden. Ein erst kürzlich abgeschlossenes Projekt widmete sich der **Elektrosensitivität**. Das Ziel dieser Provokationsstudie an Probanden unter Laborbedingungen war es, die Elektrosensitivität gegenüber den im Experiment nachgebildeten, elektromagnetischen Feldern einer D-Netz-Mobilfunk-Basisantenne zu untersuchen. Es gab keinen statistisch signifikanten Hinweis darauf, dass die Probanden das im Experiment verwendete elektrische Feld unter den gewählten Laborbedingungen (vollkommen abgeschirmt von äußeren elektrischen Feldern) spüren konnten.

In einer weiteren, oben unter „Themen und Kontext der Forschungsarbeit“ bereits erwähnten Studie wurde unter dem Gesichtspunkt „Elektrosensitivität“ die Entwicklung eines neuartigen Versuchansatzes (Projekt EPROS: Electrosensitive Protected Sleep) im Rahmen einer Pilotstudie gefördert.

Angesichts der in Kürze zu erwartenden zusammenfassenden Berichte verschiedener nationaler und internationaler Forschungsprogramme (DMF, Interphone, WHO-EMF-Project) wird sich die FGF in ihrer Forschungsarbeit zunehmend der Sichtung, Auswertung und Vermittlung von Forschungsergebnissen (Wissenschaftsdialog, -kommunikation) widmen. Dennoch ist zum gegenwärtigen Zeitpunkt geplant, die Förderung eigener Forschung in geringerem Rahmen aufrecht zu erhalten, um die eigene wissenschaftliche Kompetenz zu bewahren. Derzeit neu aufkommende Technologien (zum Beispiel RFID, WiMAX etc.) könnten hierbei die Richtung weisen.

Der Europäische Forschungsbeirat (EURAB) empfahl kürzlich, dass es zu einem aussagekräftigeren Austausch zwischen Wissenschaft und Gesellschaft kommen muss. Hier wird die FGF weiterhin einen wertvollen Beitrag leisten.



Dr. rer. nat. Wilma Dubois ist als Biologin bei der FGF in der Projektbegleitung und im Forschungsmonitoring tätig.