

## FORSCHUNG

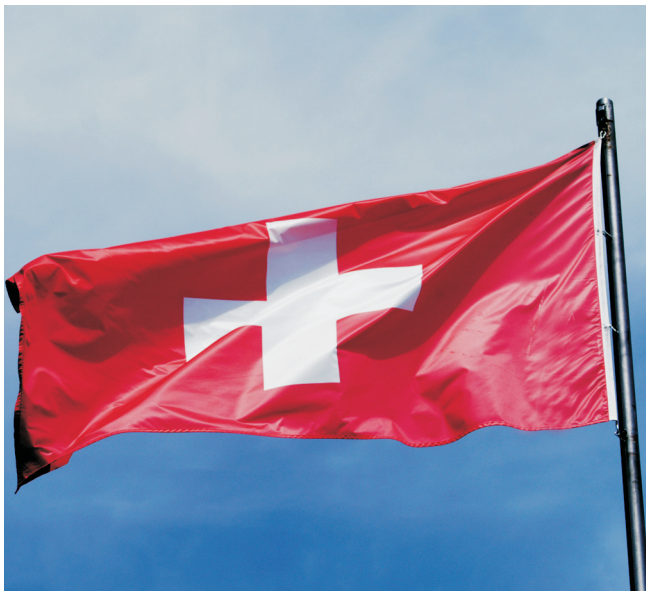
Alexander Borbély

# DAS SCHWEIZER FORSCHUNGSPROGRAMM „NICHTIONISIERENDE STRAHLUNG - UMWELT UND GESUNDHEIT“ (NFP 57)



**Nichtionisierende Strahlung – Umwelt und Gesundheit**  
Nationales Forschungsprogramm NFP 57

Im Jahre 2005 erhielt der Schweizerische Nationalfonds den Auftrag, ein nationales Forschungsprogramm (NFP) über potenzielle Auswirkungen von Nichtionisierender Strahlung (NIS) auf die menschliche Gesundheit durchzuführen. Ein Ziel des Programms war die Erarbeitung wissenschaftlicher Unterlagen zur besseren Abschätzung der Auswirkungen von NIS auf die Gesundheit der Bevölkerung. Das Programm sollte komplementär zu internationalen Forschungsaktivitäten ausgerichtet werden und besonders jene Themen bearbeiten, die in der Forschungsagenda zu elektromagnetischen Feldern (EMF) der Weltgesundheitsorganisation (WHO) als prioritär definiert sind. Auf die Ausschreibung hin wurden 36 Projektskizzen eingereicht und von der Leitungsgruppe und externen Fachleuten begutachtet. 11 Projekte wurden schließlich auf Antrag der Leitungsgruppe vom Forschungsrat des Nationalfonds genehmigt. Die Forschungsarbeiten begannen im Januar 2007 und dauerten 3 Jahre. Zur Finanzierung stand ein Betrag von 5 Millionen Schweizer Franken zur Verfügung.



Die Hauptforschungsgebiete gliederten sich in die folgenden vier thematischen Bereiche:

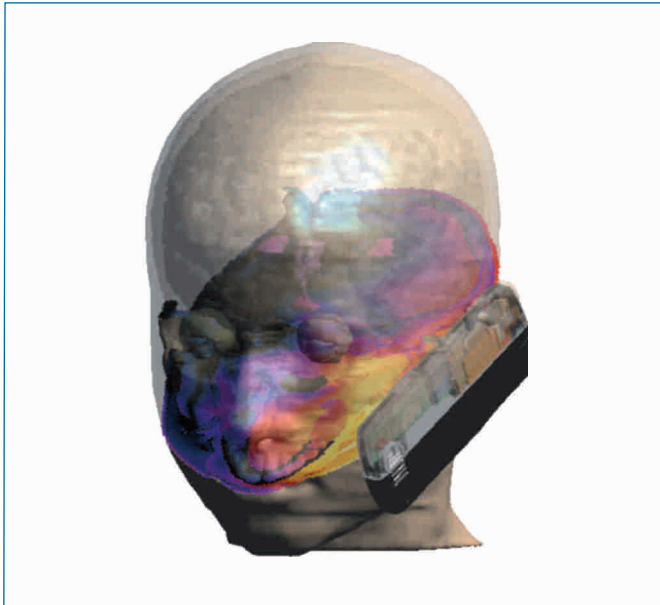
- Dosimetrie und Expositionsmessung
- Expositionsexperimente an Versuchspersonen und epidemiologische Studien, welche auch den Bereich elektromagnetische Hypersensitivität (EHS) abdecken
- Zellbiologie von EMF Effekten
- Management, Abschätzung und Kommunikation von Risiken

## Resultate

### Dosimetrie und Expositionsmessung

Das Projekt von Nicolas Chavannes und Andreas Christ von der IT'IS Foundation in Zürich untersuchte die spezifische Absorption elektromagnetischer Felder in Geweben der schwangeren Frau und des ungeborenen Kindes. Für drei Schwangerschaftsstadien (Monate 3, 7 und 9) wurden Computermodelle zur Anatomie der Frau entwickelt, um mit ihnen die Exposition durch repräsentative, alltägliche EMF zu simulieren. Es ergab sich, dass im Allgemeinen die Grenzwerte eingehalten werden. Wird allerdings die Schwangere maximalen Arbeitsplatzexpositionswerten ausgesetzt, kann die Exposition des Fötus über den Referenzwerten für die Allgemeinbevölkerung liegen. Maßnahmen zur Vermeidung dieser Situation sind in Vorbereitung.

Das Projekt von Niels Kuster und Sven Kühn von der IT'IS Foundation in Zürich untersuchte die kumulierte Exposition des zentralen Nervensystems in einem breiten Frequenzspektrum. Für eine realistische Einschätzung der Exposition mit hochfrequenten EMF (HF EMF) wurden Faktoren wie die Art der Kommunikationstechnologie, das Nutzerverhalten (z.B. Einfluss der Hand, welche ein Telefon hält) und die Umwelt (z.B. Fahrt im Auto) einbezogen. Die aufgrund von Magnetresonanzbildern erstell-



Anhand ausgeklügelter Computermodelle kann die Strahlenexposition von Menschen gemessen werden.

ten anatomischen Modelle dienten der Analyse der Nahfeldexposition. Es ergab sich, dass Mobiltelefone die stärkste Quelle für die Hirnexposition darstellen. Das Benutzerverhalten und die Art des Telefons spielen eine wichtige Rolle. Die Exposition ist bei Gebrauch von Freisprecheinrichtungen mehr als 10-fach verringert und die Verwendung von UMTS reduziert die durchschnittliche Exposition im Vergleich zu GSM um mehr als das 100-fache. Die Studie zeigte auch, dass eine mehr als 1000-fache Variabilität im Hinblick auf die Exposition unterschiedlicher Hirnregionen durch verschiedene Mobiltelefone existiert.

Andreas Christ und Myles Capstick von der IT'IS Foundation in Zürich entwickelten ein neuartiges System, mit welchem Vorgänge in Zellkulturen während der Exposition mit extremniedrigen Magnetfeldern (ENF MF) durch ein Mikroskop beobachtet werden können. Das System wurde im NFP57 Projekt von Primo Schär erfolgreich angewendet.

#### **Expositionsexperimente mit Versuchspersonen und epidemiologische Studien**

Das Projekt von Peter Achermann von der Universität Zürich untersuchte HF EMF-induzierte EEG Veränderungen. In einem Teilprojekt wurden kritische Signalcharakteristiken analysiert. Probanden wurden während 30 Minuten einem mit Niederfrequenzkomponenten von 14 Hz oder 217 Hz (stärkste Komponente des GSM-Signals) gepulsten HF EMF ausgesetzt. In einem Folgeexperiment umfassten die Expositionsbedingungen

#### **DER SCHWEIZERISCHE NATIONALFONDS (SNF)**

Der Schweizerische Nationalfonds (SNF) ist die wichtigste Institution zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung in der Schweiz. Er unterstützt jährlich rund 7200 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, wovon fast 80 Prozent höchstens 35 Jahre alt sind. Im Auftrag und mit Mitteln des Bundes fördert er die Grundlagenforschung in allen wissenschaftlichen Disziplinen, von der Philosophie über die Biologie und die Medizin bis zu den Nanowissenschaften. In verschiedenen Bereichen investiert er auch in die praxisorientierte Forschung. Im Zentrum seiner Tätigkeit steht die wissenschaftliche Begutachtung der von den Forschenden eingereichten Projekte. Die Besten werden vom SNF mit insgesamt rund 700 Mio. Schweizer Franken jährlich unterstützt. Um die Unabhängigkeit für die Förderung der Forschung sicherzustellen, wurde der SNF 1952 als privatrechtliche Stiftung gegründet. Er unterstützt die Grundlagenforschung hauptsächlich in Form von Einzelprojekten und engagiert sich für den wissenschaftlichen Nachwuchs. Ausserdem sorgt er dafür, dass sich die schweizerische Forschung auch international unter den besten Bedingungen entwickeln kann und setzt sich für den Dialog mit Gesellschaft, Politik und Wirtschaft ein.

2 Hz pulsmodierte HF EMF und ein 2 Hz gepulstes Magnetfeld. Nach der Exposition legten sich die Probanden schlafen und das Schlaf-EEG wurde aufgezeichnet. Die 2-Hz und 14-Hz pulsmodierte Behandlung bewirkte eine Zunahme der spektralen Leistungsdichte des Schlaf-EEG im Frequenzbereich von Schlafspindeln (12-15 Hz). Hingegen induzierte ein 2 Hz gepulstes Magnetfeld ohne den HF EMF Anteil diesen Effekt nicht. Die Schlafqualität und die Schlafstadien blieben unbeeinflusst. In einem zweiten Teilprojekt wurden die Probanden entweder einem GSM-Mobiltelefon-ähnlichen Signal mit Trägerfrequenzen von 900 MHz oder einem Signal mit Trägerfrequenzen von 2140 Hz ausgesetzt. Letzteres wurde gewählt, weil es nicht in tiefere Hirnregionen eindringt. Beide Expositionsbedingungen bewirkten jedoch die typischen Veränderungen des Schlaf-EEG in beiden Hirnhälften. Subkortikale (d.h. im Inneren liegende) Hirnstrukturen scheinen also nicht der primäre Zielort von HF EMF zu sein.

Martin Wolf vom Universitätsspital Zürich untersuchte die Auswirkungen intermittierender UMTS-HF-EMF-Exposition bei zwei verschiedenen Intensitäten auf die Hirndurchblutung. Nahinfrarot-Imaging (NIRI) diente als eine empfindliche, nicht-invasive Methode zur bildlichen Erfassung von Durchblutung und Sauerstoffkonzentration im Gehirn. Kurzfristige wie auch mittelfristige (80 Sek – 30 Min) Veränderungen wurden festgestellt.

Das Ziel des Projektes von Martin Rösli von der Universität Basel war die Charakterisierung der HF-EMF-Expositionsver-



## Nichtionisierende Strahlung – Umwelt und Gesundheit

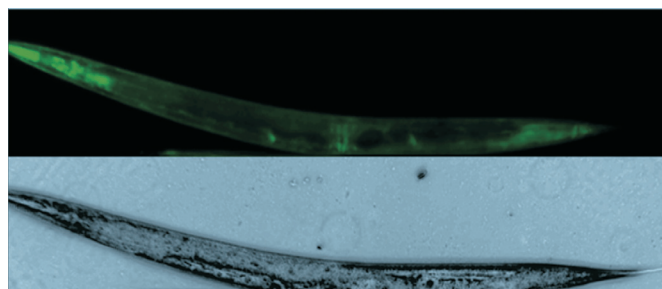
### Nationales Forschungsprogramm NFP 57

teilung einer Bevölkerungsstichprobe, die Entwicklung und Validierung einer Expositionsabschätzungsmethode und die Abklärung eines Zusammenhangs zwischen HF EMF Exposition und Krankheitssymptomen mittels eines Kohortendesigns. Bei einer Subgruppe dienten tragbare Exposimeter zur Bestimmung der Exposition typischer Quellen von HF EMF während einer Woche. Die alltägliche Umweltexposition von 1375 Personen gegenüber stationären Sendern am Wohnort wurde mit Hilfe eines geographisch-räumlichen Computermodells simuliert. 1122 Personen aus dieser Gruppe nahmen an einer Folgestudie ein Jahr später teil. Zusätzlich wurden Daten über die Mobilfunkbenutzung von den Mobilfunkfirmen, welche alle ein- und abgehenden Anrufe der letzten sechs Monate abdeckten, verwendet. Messungen ergaben eine durchschnittliche Exposition von 0.21 V/m, was weit unter dem Grenzwert liegt. HF-EMF-Umweltexposition aus entfernten Quellen erfolgte vorwiegend durch die Mobiltelefone anderer Personen (39%), drahtlose Telefonsysteme (24%, ohne eigenes Telefonieren) und Mobilfunkantennen (22%). Die Umweltexposition gegenüber HF EMF zu Beginn der Studie zeigte keinen Zusammenhang mit Gesundheitsstörungen, die ein Jahr später registriert wurden. Auch eine Zu- oder Abnahme der individuellen HF-EMF-Exposition innerhalb eines Jahres wies keinen Zusammenhang auf mit einer entsprechenden Veränderung von Gesundheitsstörungen. Auch ergab die

Studie keinen Hinweis darauf, dass Personen, die sich selbst als sehr empfindlich gegenüber EMF betrachteten (Elektromagnetische Hypersensibilität; EHS), anfälliger gegenüber HF-EMF-Exposition waren als nicht EHS-Personen.

#### Zellbiologie von EMF Effekten

Sowohl Pierre Goloubinoff von der Universität Lausanne als auch Meike Mevissen von der Universität Bern verwendeten in ihren Projekten den Rundwurm *Caenorhabditis elegans* als Modellsystem. Sein Genom ist komplett sequenziert und alle Zellen seines transparenten Körpers sind unter dem Mikroskop sichtbar. Obwohl äußerst empfindliche Reaktionen auf Umwelteinflüsse, wie Temperaturveränderungen, nachweisbar waren,



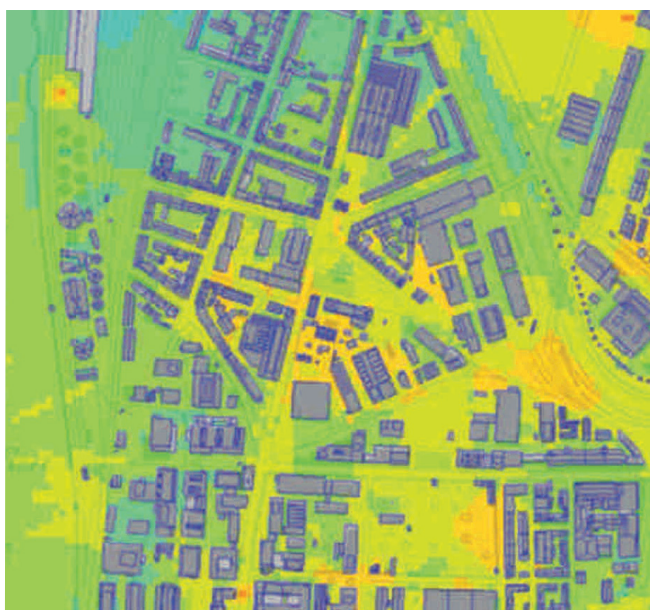
Der Rundwurm *Caenorhabditis elegans*, Modellsystem für die Zellbiologie

bewirkte EMF keine klaren Veränderungen. Kulturen von Säugtierzellen zeigten Effekte, die jedoch noch vorläufigen Charakter haben und weiter bestätigt werden müssen.

Primo Schär von der Universität Basel untersuchte in seinem Projekt, ob EMF-Exposition die Integrität der Erbsubstanz beeinträchtigt. Die in früheren Studien beobachteten Effekte konnten für ELF MF-exponierte primäre menschliche Fibroblasten sowie teilweise auch für HF EMF-exponierten Zellen bestätigt werden. Die Befunde ergaben keine Hinweise auf eine direkte Schädigung der DNA. Die Veränderungen sind wahrscheinlich auf subtile Einflüsse auf den Zellstoffwechsel zurückzuführen.

#### Management, Abschätzung und Kommunikation von Risiken

Das beschränkte Wissen über mögliche Gesundheitsrisiken von Langzeitexposition zu Strahlung von Mobiltelefonen und Mobilfunkantennen führt zu einer verbreiteten Besorgnis in der Bevölkerung. Da die wahren Risiken von NIS noch unbekannt sind, ist die angemessene Information der Bevölkerung schwierig. Peter Schulz von der Universität der italienischen Schweiz fand, dass



Der Immissionskataster zeigt die räumliche Verteilung der durch Mobilfunk-, Funkruf- und Rundfunksendeanlagen verursachten Strahlenexposition im Kanton Basel-Stadt.

die Risikowahrnehmung wesentlich durch die schon existierende Haltung gegenüber Gesundheitsrisiken beeinflusst wird, wobei die Glaubwürdigkeit und Quelle der Informationen eine untergeordnete Rolle spielen. Verschiedene Arten von Warnbotschaften (neutral, autoritär oder verstärkend) unterscheiden sich nicht in Bezug auf die Risikowahrnehmung; die verstärkende Botschaft wurde aber den anderen vorgezogen.

Michael Siegrist von der ETH Zürich untersuchte in seinem Projekt die Rolle des Affekts, eines Faktors, der für die Entwicklung von Haltungen und Meinungen zu NIS wichtig sein könnte. Ziel des Projekts war zu untersuchen, welche Faktoren für die Wahrnehmung von Risiken und Nutzen der mobilen Kommunikation und auch für die Akzeptanz der Technologie verantwortlich sind. Es ergab sich, dass der Affekt als rasche, einfache und erste Einschätzung der mobilen Kommunikation dient.

## Fazit

Basierend auf den Resultaten des NFP 57 werden Folgestudien über die Wirkung von EMF auf Hirnfunktionen und den DNA-Metabolismus besonders wichtig sein. Diese Ansätze erwiesen sich namentlich als erfolgversprechend für die Gewinnung neuer Einsichten in die Mechanismen, welche der Wirkung von EMF auf biologische Systeme zugrunde liegen. Trotz des Nachweises biologischer Effekte ist deren Relevanz für die Gesundheit noch ungeklärt. In der epidemiologischen Studie ergaben sich keine Hinweise für einen Zusammenhang zwischen gesundheitlichen Störungen und EMF-Exposition. Das NFP 57 hat wesentlich zur Stärkung der EMF-Forschung in der Schweiz beigetragen. Die sich rasch entwickelnden Technologien stellen eine Herausforderung dar, welche eine weitere enge Zusammenarbeit von Experten in Dosimetrie, Naturwissenschaften und Epidemiologie in einem internationalen Kontext erfordert.

## WEITERFÜHRENDE INFORMATIONEN

Webseite des NFP 57 mit Detailinformationen über das Forschungsprogramm in deutscher, englischer und französischer Sprache

► <http://www.nfp57.ch>

Würdigung des NFP 57 durch das Schweizer Bundesamt für Umwelt (BAFU)

► <http://www.bafu.admin.ch/elektrosmog/01095/01098/index.html?lang=de>

Würdigung des NFP 57 durch das Schweizer Bundesamt für Gesundheit (BAG)

► [http://www.snf.ch/SiteCollectionDocuments/medienmitteilungen/MK\\_12may11/BAG\\_MK\\_NFP57\\_Moser\\_d.pdf](http://www.snf.ch/SiteCollectionDocuments/medienmitteilungen/MK_12may11/BAG_MK_NFP57_Moser_d.pdf)

Schweizerischer Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung

► <http://www.snf.ch/D/Seiten/default.aspx>

## Autor



Prof. Dr. med. Alexander Borbély ist emeritierter Professor für Pharmakologie der Universität Zürich. Sein Hauptforschungsgebiet war Schlafforschung und Chronobiologie. In diesem Zusammenhang war er an experimentellen Untersuchungen beteiligt, die auf die Wirkung hochfrequenter nichtionisierender Felder auf den Schlaf und Hirnstromwellen ausgerichtet waren. Als Präsident der Leitungsgruppe war er für die Koordination

der Projekte des Nationalen Forschungsprogramms 57 „Nichtionisierende Strahlung - Umwelt und Gesundheit“ zuständig.

### Kontakt:

Prof. em. Dr. med. Alexander Borbély  
Institut für Pharmakologie und Toxikologie Universität Zürich  
Winterthurerstrasse 190

CH-8057 Zürich, Schweiz

E-Mail: [borbely@pharma.uzh.ch](mailto:borbely@pharma.uzh.ch)