

FSM – Forschungsstiftung Strom und Mobilkommunikation

Elektromagnetische Felder im Spannungsfeld zwischen Wissenschaft und Politik

Gregor Dürrenberger (Hrsg.)




Herausgeber Gregor Dürrenberger
© FSM – Forschungsstiftung Strom und Mobilkommunikation
c/o ETH Zürich, Institute for Electromagnetic Fields (IEF)
Gloriastr. 35, CH-8092 Zürich

Tel. +41 44 632 59 78, Fax +41 44 632 11 98
info@emf.ethz.ch, www.emf.ethz.ch

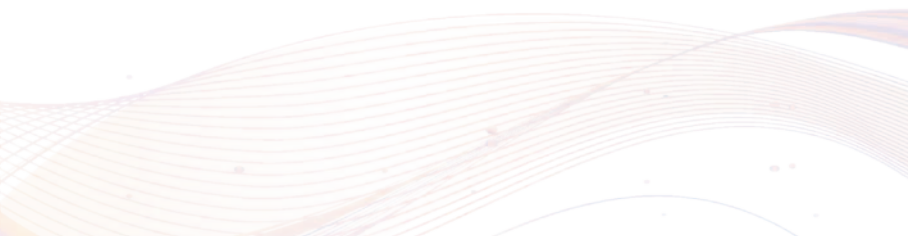
Gestaltung und Layout Peter Nadler, Fällanden
Druck Adag Copy AG, Zürich

Zürich 2014

ISBN 978-3-033-04579-8



Elektromagnetische Felder im Spannungsfeld zwischen Wissenschaft und Politik



Inhalt

Vorwort

7

GREGOR DÜRRENBARGER

Zusammenfassung

Biologische und gesundheitliche Effekte von EMF

8

GUIDO SANTNER

Ist Handystrahlung gefährlich?

10 Jahre Forschung

15

MATS-OLOF MATTSSON

EMF und Gesundheit

Zum aktuellen Wissensstand

22

ORTWIN RENN

Von der Risikowahrnehmung zur verantwortungsvollen Risikopolitik

No Risk – No Fun?

34

PETER ACHERMANN

Humanstudien: Interview mit Prof. Peter Achermann

Die «typische» Studie gibt es nicht wirklich

41

LEEKA KHEIFETS

Epidemiologie: Interview mit Prof. Leeka Kheifets

Alle wünschen sich ein klares Ja oder Nein

45

MICHAEL SIEGRIST

Risikowahrnehmung: Interview mit Prof. Michael Siegrist

Emotionen spielen eine zentrale Rolle

49

Vorwort

Die vorliegende Broschüre richtet sich an Leserinnen und Leser, die sich über das Thema «Elektrosmog» informieren möchten, insbesondere über den aktuellen Stand des Wissens zu biologischen und gesundheitlichen Auswirkungen von elektromagnetischen Feldern (EMF) von Strom- und Funkanwendungen. Die Broschüre erläutert auch, wie die Thematik in der Bevölkerung wahrgenommen wird und welche Herausforderungen diese Wahrnehmungen, die den wissenschaftlichen Risikoeinschätzungen teilweise widersprechen, für die Politik darstellen. Der Text behandelt keine technischen Fragen zu Strom- oder Funkinfrastrukturen und -anwendungen.

Der einführende Artikel von **Guido Santner** ist als Einstieg für Leserinnen und Leser gedacht, die noch wenig über elektromagnetische Felder und mögliche gesundheitliche Wirkungen wissen. Der Artikel von **Mats-Olof Mattsson** – gewissermassen das Kernstück der Broschüre – konkretisiert die Darstellung von Santner, indem die aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnisse systematisch dargestellt und kommentiert werden. Der Artikel von **Ortwin Renn** schliesslich fokussiert auf die Risikowahrnehmung in der Bevölkerung und beschreibt, wie die Politik reagieren kann, wenn die öffentliche Risikowahrnehmung, wie das beim Thema «Elektrosmog» der Fall ist, in wesentlichen Teilen von der Risikoeinschätzung wissenschaftlicher Experten abweicht.

Die drei Artikel werden begleitet von **Interviews mit Forschenden**, die sich professionell mit EMF beschäftigen. Diese Interviews sollen einen Einblick ins Tagesgeschäft von Wissenschaftlern geben und ausgewählte Themen aus den Artikeln mit persönlichen Einschätzungen illustrieren.

Den Beiträgen vorangestellt ist für den eiligen Leser eine Zusammenfassung des Wissensstandes.

Die Broschüre ist im Anschluss an das 10-Jahres-Jubiläum der Forschungsstiftung Strom und Mobilkommunikation (FSM) vom Herbst 2012 entstanden. Die Texte ergänzen die wissenschaftlichen Vorträge, die an der Jubiläumsveranstaltung gehalten wurden. Letztere können auf der Homepage der FSM www.emf.ethz.ch (unter dem Menüpunkt Veranstaltungen) abgerufen werden. Wer sich nach dem Lesen dieses Heftes noch vertieft mit einzelnen der angesprochenen Themen beschäftigen möchte, kann auf der FSM-Homepage (unter dem Menüpunkt Wissen) mehr zum Stand des Wissens und der Forschung erfahren.

Gregor Dürrenberger, Geschäftsleiter FSM

Biologische und gesundheitliche Effekte von EMF

GREGOR DÜRRENBARGER Im Folgenden wird, basierend auf dem Artikel von Mats-Olof Mattsson, der Wissensstand zu möglichen gesundheitlichen Folgen von elektromagnetischen Feldern zusammengefasst.¹ Der Fokus liegt auf der Allgemeinbevölkerung. Risiken von Personen, die beruflich starken elektromagnetischen Feldern (EMF) ausgesetzt sind, werden nicht behandelt. Die Erkenntnisse werden nach drei Frequenzgruppen sortiert dargestellt: Hochfrequenz (dazu zählen Funkanwendungen wie Radio/TV-Sendeanlagen, Mobilfunk-Basisstationen und -Endgeräte, DECT-Telefone, WLAN Access Points etc.), Niederfrequenz (dazu gehören Hochspannungsleitungen, Erdkabel, Transformatorenstationen, elektrische Hausinstallationen, elektrische Haushaltsgeräte) und andere Frequenz (die relevanten Frequenzfenster und technischen Anwendungen sind im Text erwähnt).

Effekte von Hochfrequenzstrahlung

Hirnaktivitäten und Schlaf²

In der medizinischen Diagnostik werden Hirnstromaktivitäten häufig gemessen und als Elektroenzephalogramm (EEG) grafisch aufgezeichnet. Besonders gut nachweisbar sind Veränderungen im Schlaf-EEG. Hier hat sich in Experimenten mit Versuchspersonen gezeigt, dass gepulste Hochfrequenzstrahlung (wie sie etwa Handys aussenden) im EEG «Spuren» hinterlässt. Dabei liegen die Veränderungen innerhalb der normalen physiologischen Schwankungen – so wie auch eine Tasse Kaffee, vor dem Einschlafen getrunken, im EEG nachweisbar ist. Insgesamt zeigen die bisherigen Studien, dass (bestimmte) Hochfrequenzstrahlung die Gehirnaktivitäten beeinflussen

¹ Siehe diese Broschüre sowie: SCENIHR (Scientific committee on emerging and newly identified health risks) (2013): Preliminary opinion on potential health effects of exposure to EMF. European Commission, Brussels.

² www.emf.ethz.ch/wissen/themen/gesundheit/schlafverhalten/

kann. Den Wirkmechanismus kennt man allerdings noch nicht und es sind keine gesundheitlichen Effekte (weder positive noch negative) bekannt. Auch das subjektive Schlafempfinden weist nicht auf eine Veränderung der Schlafqualität hin und es wurden keine Veränderungen der Schlafstruktur festgestellt.

Krebs³

Besonderes Interesse gilt der Frage, ob Hochfrequenzstrahlung das Krebsrisiko verändert. Im Zentrum stehen hier die Mobiltelefone, weil die Antenne sehr nahe am Körper ist, und Tumore im Kopfbereich, also dort, wo die Strahlung des Mobiltelefons hauptsächlich absorbiert wird (wenn man von der Hand, die das Telefon hält, einmal absieht). Insgesamt weisen die Daten nicht auf eine Risikoerhöhung hin, allerdings ist die Situation für Langzeitexpositionen (Personen die mehr als 10 bis 12 Jahre regelmässig mobil telefonieren) nicht klar. Für diese Personengruppe kann, wie es auch die Weltgesundheitsorganisation WHO festgehalten hat, ein möglicherweise höheres Risiko nicht ausgeschlossen werden. Die jüngsten Krebsstatistiken zeigen jedoch keinen Anstieg von Neuerkrankungen und die neuesten Studien gehen für den gefürchteten Hirngewebstumor (Gliom) eher in Richtung Entwarnung. Hingegen bleiben die Daten für den (seltenen) Hörnervtumor kontrovers. Hinsichtlich anderer Krebsarten und anderer Hochfrequenzquellen als das Mobiltelefon (z. B. Mobilfunk-Basisstationen oder Radio/TV-Anlagen) gibt es keine belastbaren Hinweise auf einen Zusammenhang. Dies gilt insbesondere, wenn man die grösseren Untersuchungen betrachtet, in denen Zufallseffekte, wie sie beim Studium eines Einzelfalls vorkommen können, unwahrscheinlich sind. Die vorliegenden wissenschaftlichen Daten zeigen auch keine Unterschiede des Erkrankungsrisikos zwischen Kindern und Erwachsenen. Allerdings liegen hier noch zu wenige Erkenntnisse für eine zuverlässige Beurteilung vor.

Elektrosensibilität⁴

Manche Menschen geben an, dass sie aufgrund von elektromagnetischen Feldern an Schlaflosigkeit, Müdigkeit, Gereiztheit, Unwohlsein, Gedächtnisproblemen oder anderen Symptomen leiden. Viele Studien sind in den letzten Jahren durchgeführt worden, um abzuklären, ob diese Symptome tatsächlich durch EMF verursacht werden, allenfalls auch nur in einer besonders empfindlichen Bevölkerungsgruppe. Die Ergebnisse weisen nicht darauf hin, dass hochfrequente EMF die (kausale) Ursache dieser Erkrankungen sind. Das gilt mit grosser Sicherheit für Symptome, die sich schon

³ www.emf.ethz.ch/wissen/themen/gesundheit/krebs/

⁴ www.emf.ethz.ch/de/wissen/themen/gesundheit/befindlichkeitsstoerungen/

nach kurzfristiger Exposition gegenüber Funkstrahlung zeigen und es gilt sowohl für Erwachsene und Jugendliche als auch für Menschen, die sich als elektrosensibel bezeichnen. Im Falle von Symptomen, die erst nach langfristiger Exposition auftreten, weist die Datenlage in dieselbe Richtung, allerdings ist sie weniger robust. Das hängt in erster Linie damit zusammen, dass die Erfassung der langfristigen Exposition im Alltag schwierig ist (Kurzzeitexperimente können im Labor unter kontrollierten Bedingungen durchgeführt werden und ergeben deshalb zuverlässige Resultate). Wenn man nicht genau weiss, wer wie stark exponiert ist, kann man auch keine validen Rückschlüsse vom Gesundheitszustand auf die Exposition ziehen.

Andere Effekte⁵

Die wissenschaftlichen Studien über mögliche Zusammenhänge zwischen Hochfrequenzstrahlung und anderen gesundheitlichen Effekten geben insgesamt wenig Hinweise auf solche Wirkungen. Das gilt sowohl für Studien, welche die Fruchtbarkeit untersuchten, v. a. die männliche Fruchtbarkeit, als auch für Arbeiten, die neurodegenerative Erkrankungen wie ALS, Alzheimer oder Parkinson zum Gegenstand hatten. Sodann konnten keine einheitlichen Effekte hinsichtlich der kognitiven Leistungsfähigkeit oder hinsichtlich des Verhaltens von Kindern, deren Mütter während der Schwangerschaft besonders exponiert waren (z. B. überdurchschnittlich viel mobil telefonierten), festgestellt werden. Es muss an dieser Stelle jedoch erwähnt sein, dass viele dieser Studien wissenschaftlich zu wenig aussagekräftig sind für endgültige Aussagen. Die Expositionserfassung ist auch hier häufig mangelhaft, und dieser Mangel führt dazu, dass Effekte möglicherweise nicht erkannt, oder dass fälschlicherweise Effekte identifiziert werden.

Effekte von niederfrequenten Magnetfeldern

Neurodegenerative Erkrankungen⁶

Fast alle Studien zeigen keine Zusammenhänge zwischen Magnetfeldbelastung durch Hochspannungsleitungen und neurodegenerativen Erkrankungen. Hinweise aus einer Studie, dass sich das Alzheimer-Risiko verdoppeln könnte, haben sich in einer jüngst veröffentlichten umfassenden Nachfolgestudie nicht bewahrheitet. Hinsichtlich anderer Erkrankungsformen wie ALS, Parkinson oder Demenz gibt es keine Hinweise

⁵ www.emf.ethz.ch/de/wissen/themen/?text=50

⁶ www.emf.ethz.ch/wissen/themen/gesundheit/neurodegenerative-erkrankungen/

auf ein erhöhtes Risiko für Menschen, die in der Nähe von Hochspannungsleitungen wohnen.

Krebs⁷

Die WHO hat 2001 niederfrequente Magnetfelder als ein mögliches Karzinogen eingestuft. Diese Einordnung basiert wesentlich auf epidemiologischen Studien, die eine Verdoppelung des Risikos von Kindern, an Leukämie zu erkranken, wenn sie in der Nähe von Hochspannungsleitungen wohnen, festgestellt haben. Diese Beobachtung wurde in den späteren, bis hin zu den neuesten Studien bestätigt. Allerdings ist weiterhin unklar, ob der Zusammenhang kausaler Natur ist. Einen biologischen Mechanismus, wie niederfrequente Magnetfelder das Leukämierisiko erhöhen könnten, kennt man nicht. Auch Tierversuche geben keine Hinweise. Verschiedene Vermutungen, wie der Zusammenhang sonst erklärt werden kann, von Infektionseinflüssen bis zu bildungsbedingt unterschiedlichen Melderaten der Krankheit, werden dazu in der Literatur diskutiert. Eine schlüssige Erklärung hat man noch nicht gefunden. Weil kindliche Leukämie eine eher seltene Krankheit ist und insgesamt wenig Kinder in der Nähe von Hochspannungsleitungen wohnen, ist die Anzahl Betroffener, falls der gefundene Zusammenhang tatsächlich kausaler Natur ist, gering. In der Schweiz müssten jährlich ein bis zwei kindliche Leukämiefälle (von insgesamt 50 bis 60 Neuerkrankungen pro Jahr) Magnetfeldern zugerechnet werden. Hinsichtlich anderer Krebsarten, anderer niederfrequenter Quellen als Hochspannungsleitungen (etwa: Haushaltsgeräte) oder hinsichtlich vorgeburtlicher Expositionen gibt es keine belastbaren Hinweise auf einen Zusammenhang. Für Erwachsene zeigen sich generell keine erhöhten Krebsrisiken durch niederfrequente Magnetfeldbelastungen.

Andere Effekte⁸

Hinsichtlich subjektiver Symptome wie Müdigkeit oder Unwohlsein (siehe weiter oben), deren Ursache in niederfrequenten Magnetfeldern gesehen wird, ist die Datenlage etwas uneinheitlich. In Blindversuchen im Labor konnte die Anwesenheit von Feldern mehrheitlich nicht erkannt werden und es zeigte sich meist auch kein Zusammenhang zwischen Exposition und vermindertem Wohlbefinden. Die meisten epidemiologischen Studien sind leider nur begrenzt aussagekräftig, v. a. wegen fehlender Korrektur von soziodemografischen und beruflichen Unterschieden der Befragten. Insgesamt sind die Befunde teilweise widersprüchlich, deuten insgesamt aber in Richtung Abwesenheit eines kausalen Zusammenhangs zwischen ELF-Magnetfeldern

⁷ www.emf.ethz.ch/en/knowledge/topics/health/cancer/leukaemia/

⁸ www.emf.ethz.ch/de/wissen/themen/

und Befindlichkeitsstörungen. Betreffend Schwangerschaft und Geburt liegt folgende Faktenlage vor: keine Hinweise auf erhöhte Fehl- oder Frühgeburtenraten aufgrund von niederfrequenten Magnetfeldexpositionen. Erstmalige Hinweise zu einem möglichen Zusammenhang zwischen pränataler Exposition (niederfrequente Magnetfeldbelastungen während der Schwangerschaft) und Gesundheitseffekten im Kindes- und Jugendalter – es geht um Asthma und Fettleibigkeit – gilt es, in Nachfolgestudien zu verifizieren.

Effekte anderer EMF-Expositionen

Terahertz-EMF (THz)

Es wird angenommen, dass in Zukunft vermehrt Anwendungen mit sehr hohen Frequenzen (mehrere hundert bis mehrere tausend Gigahertz (GHz); sog. Terahertz-Bereich, 1 THz = 1000 GHz) entwickelt und eingesetzt werden. Ein Beispiel hier sind Körperscanner, wie sie seit einigen Jahren auf Flughäfen stehen.⁹ Aufgrund der hohen Frequenzen bzw. der kurzen Wellenlängen wirkt die Strahlung v. a. oberflächlich, also auf die Haut (inkl. Hornhaut des Auges). Die tiefer liegenden Gewebe sind abgeschirmt. Die bestehenden Grenzwerte stellen sicher, dass keine übermässigen Erwärmungen oder gar Verbrennungen durch zu hohe Strahlungsleistungen verursacht werden können, auch für gepulste Strahlung, wie sie in Körperscannern eingesetzt wird. Es gibt erst wenige Studien, meist an Ratten oder mit Zellkulturen, die biologische Reaktionen auf THz-Strahlung studierten. Eine Risikobeurteilung anderer als der thermischen Effekte, sofern es solche gibt, ist gegenwärtig nicht möglich.

Kilohertz-EMF (kHz)

Angesiedelt zwischen den niederfrequenten und den hochfrequenten elektromagnetischen Feldern im Bereich von tausend Hertz (Kilohertz, kHz) bis eine Million Hertz (Megahertz, MHz). Aufgrund ihrer Lage im Frequenzspektrum wird bei diesen Frequenzen auch von Zwischenfrequenzen – engl. Intermediate Frequencies, IF – gesprochen. Alltagsanwendungen sind: Induktionskochherde, Energiesparlampen, elektronische Artikelsicherungsanlagen, kontaktlose Chipkarten, Röhrenmonitore (die heute nur noch selten anzutreffen sind), kabellose Energieübertragungssysteme

⁹ www.emf.ethz.ch/fileadmin/redaktion/public/downloads/3_angebot/wissensvermittlung/komment_infobl_broch/Kurzkomentar_Koerperscanner.pdf

(engl. Wireless Power Transfer, WPT) oder Lang- und Mittelwellenfunk.¹⁰ Bei diesen Anwendungen sind sowohl die bekannten niederfrequenten als auch die bekannten hochfrequenten Wirkmechanismen relevant und beide werden in der Regulation berücksichtigt. Gemäss WHO gibt es keine überzeugenden Hinweise auf negative gesundheitliche Wirkungen unterhalb der Grenzwerte. Von elektronsensiblen Personen sind unspezifische Beschwerden im Zusammenhang mit kHz-Strahlung (etwa von Stromsparlampen) bekannt. Wie im THz-Bereich gibt es auch hier erst wenige Studien, die zelluläre Prozess beispielsweise unter Langzeitexposition studierten. Eine Risikobeurteilung anderer als der bekannten Wirkungen, sofern es solche gibt, ist gegenwärtig nicht möglich.

Statische Magnetfelder

Untersucht wurden hier in erster Linie akute Expositionen von sehr starken Magnetfeldern wie sie in Spitälern von MRT-Geräten (MRT: Magnetresonanztomografie) erzeugt werden. Im Alltag sind keine auch nur annähernd so starke Magnetfelder vorhanden. Gesundheitlich negative Auswirkungen von statischen Magnetfeldern, wie man sie im Alltag antrifft, sind nicht bekannt.

¹⁰ Siehe auch: www.emf.ethz.ch/angebot/fsm-publikationen/



10 Jahre Forschung

GUIDO SANTNER Ob die Strahlung von Mobiltelefonen die Gesundheit gefährdet, wurde in den vergangenen 10 bis 15 Jahren intensiv erforscht. Mittlerweile ist klar, dass das Risiko klein ist, das von Handys ausgeht. Es konnten aber durchaus Effekte auf den Menschen nachgewiesen werden.

Hintergrund

Die Schweiz hat 8 Millionen Einwohner – und 10 Millionen Handys. Die Mobiltelefone sind nicht mehr wegzudenken aus unserer Gesellschaft. Mancher fragt sich aber auch: Ist es wirklich ungefährlich, wenn ich mir ein Gerät an die Ohren halte, das elektromagnetische Wellen aussendet?

In den 1960er-Jahren realisierten die Techniker von Radaranlagen, dass es gefährlich sein kann, wenn man sich vor den Antennen aufhält, weil die Strahlung das Gewebe erwärmt. Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) definierte damals **Grenzwerte**, die vor einer zu grossen Erhitzung des Gewebes schützen. Mobiltelefone dürfen deshalb nur mit einer Leistung von 2 Watt senden. Um auszuschliessen, dass es zu einer lokalen Übererwärmung kommt wenn ein bestimmtes Handy zwar den Grenzwert von 2 Watt einhält, aber die Antenne nicht in alle Richtungen gleichmässig abstrahlt (sondern in Richtung Kopf besonders stark sendet), wurden auch für lokale Belastungen Maximalwerte eingeführt. Das Mass dafür ist der sog. SAR-Wert: die spezifische Absorptionsrate, definiert als vom Gewebe (in Kilogramm) absorbierte Strahlungsleistung (in Watt). Dieser Wert bestimmt, wie stark lokales Gewebe maximal erwärmt werden kann. Die WHO empfiehlt einen Grenzwert von 2,0 W/kg, gemessen über 10 g des am stärksten bestrahlten Gewebes.



Guido Santner

Wissenschaftsjournalist, Sprachwerk GmbH

Bau von Antennen

Während 1995 noch praktisch niemand ein Handy hatte, waren Mobiltelefone im Jahr 2000 schon weit verbreitet. Parallel dazu wurde das Funknetz ausgebaut. Hier regte sich Widerstand. Anwohner rekurrten gegen die «Natelantennen», die Mobilfunk-Basisstationen. In der Folge arbeitete das Bundesamt für Umwelt (Bafu) eine Verordnung über nicht-ionisierende Strahlung aus (NISV), die am 1. Februar 2000 in Kraft trat. Sie limitiert die Strahlung an sensiblen Orten wie Wohnungen oder Arbeitsplätzen auf eine elektrische Feldstärke von rund 5 V/m (genauer Wert abhängig von der Frequenz).

Die 2 W/kg des Handys und die 5 V/m der Basisstation können nicht direkt miteinander verglichen werden, da sich das Mobiltelefon und der Kopf gegenseitig beeinflussen, während die Entfernung der Basisstation wesentlich grösser ist und deshalb ein freies Feld (ohne Rückkopplung an die Sendeantenne) vorliegt. Über den Daumen gepeilt, entsprechen die 2 W/kg einem extern einfallenden elektrischen Feld von rund 200 V/m. Die vom Handy erzeugten und lokal auf den Kopf einwirkenden Feldstärken dürfen also wesentlich grösser sein als die maximal erlaubte auf Personen einwirkende Feldstärke einer Basisstation im Quartier.

Das Bafu deklarierte die 5 V/m für Basisstationen als vorsorglicher Grenzwert – die WHO empfiehlt 50 V/m. Die Schweizer Behörden nahmen mit dem tieferen Grenzwert Rücksicht auf die Befürchtungen, dass die Hochfrequenzstrahlung auch nichtthermische Auswirkungen auf den Körper haben könnte, welche beispielsweise das Krebsrisiko erhöhen könnten.

Angst vor Krebs

Die Mechanismen, wie Hochfrequenzstrahlung das Krebsrisiko allenfalls erhöhen könnte, sind unklar, damals wie heute noch. Seit dem Jahr 2000 wurde aber intensiv auf dem Gebiet geforscht. Eine wichtige Rolle spielte dabei die Forschungsstiftung Strom und Mobilkommunikation (FSM), die 2002 gegründet wurde, sowie das nationale Forschungsprogramm NFP57 über nicht-ionisierende Strahlung, das 2010 nach vierjähriger Laufzeit abschloss.

Primo Schär, Professor für molekulare Genetik an der Universität Basel, fasste anlässlich des 10-jährigen Jubiläums der Forschungsstiftung die Erkenntnisse zusammen, die er und seine Mitarbeiter im Labor an **Zellkulturen** gewonnen haben¹: Unter bestimmten Voraussetzungen lassen sich bei Zellen, die mit Elektrosmog belastet werden, vermehrte Strangbrüche in der DNA nachweisen. Primo Schär relativiert aber: «Jeden Tag entstehen im Körper rund 100 000 Strangbrüche in der DNA aus

¹ Siehe: www.emf.ethz.ch (Veranstaltungen/Liste der Konferenzen/10 Jahre FSM)

natürlichen Gründen, typischerweise durch freie Sauerstoffradikale, die während des normalen Stoffwechsels in der Zelle entstehen.» Diese Schäden würden ständig repariert – durch die Zelle selbst. Die zusätzlichen Strangbrüche, die sie beobachtet hätten, seien nur knapp messbar. «Die Effekte von Alkoholkonsum und Rauchen sind hingegen klar belegt und um Größenordnungen schlimmer», ergänzt Schär.

Das Team um Primo Schär geht insbesondere der Frage nach, welcher Mechanismus die Zelle beeinflussen könnte. Eines ist klar: Die Strahlung der Mobiltelefone kann die DNA-Stränge nicht direkt brechen wie die UV-Strahlung im Sonnenlicht oder radioaktive Strahlung. Die Experten sprechen deshalb von nicht-ionisierender Strahlung.

Zelle wird beeinflusst

Schär belastet die Zellen mit einem magnetischen Feld der Frequenz von 50 Hz. Das entspricht der Frequenz unseres Stromnetzes. Allerdings ist die Feldstärke von 1 Millitesla in den Versuchen relativ hoch. Die NISV setzt den Grenzwert für Wohnungen und Büros bei 1 Mikrottesla an, also einen Faktor 1000 darunter. Das Labor von Schär bildete u. a. einen Versuch ab, der 2003 in Wien durchgeführt wurde, und konnte die Strangbrüche nachvollziehen. Der Mechanismus bleibt aber unklar. Schär vermutet, dass die Strahlung, da sie die DNA nicht direkt beschädigen kann, den Zellzyklus beeinflusst, beispielsweise den programmierten Zelltod. «Es könnte auch sein, dass die Strahlung die DNA-Synthese stört. Die Zelle dupliziert die DNA für die Zellteilung und synthetisiert dazu eine zweite DNA. Es könnte sein, dass die Strangbrüche während der Synthese entstehen.»

Auf das Risiko angesprochen, dass Elektrosmog Krebs auslösen könnte, erwidert Schär, dass die Effekte in sämtlichen Studien sehr klein seien – sie wären im natürlichen Rauschen der täglichen Strangbrüche kaum erkennbar. Trotzdem will er die **Mechanismen verstehen**, denn das Leben einer Zelle wird nicht nur durch die DNA festgelegt, sondern auch durch rund 100 000 Proteine, welche die Funktion einer Zelle bestimmen. Während der Mensch aufwächst, differenzieren sich die Zellen je nach Funktion zu Haut, Muskeln, Nerven oder anderen Zellen. Da die DNA jeder Zelle identisch ist, wird ihre Funktion durch Proteine definiert, die an der DNA haften. «Jedes dieser Proteine, das die Entwicklung der Zellen beeinflusst, könnte eine Antenne sein für eine der Frequenzen, die durch die drahtlose Kommunikation genutzt werden», so Schär.

Epidemiologie

Wenn viele Personen einer ungewissen Gefahr ausgesetzt sind, werden Epidemiologen zu Rat gezogen – denn sollte die Gefahr real sein, müssten sich innerhalb einer

bestimmten Zeit die **Krankheitsfälle** häufen.² Martin Rööslı leitet als Epidemiologe die Abteilung Umwelt und Gesundheit am Schweizerischen Tropen- und Public-Health-Institut in Basel: «In London grassierte 1854 die Cholera. Man wusste zwar nicht, welcher Erreger die Krankheit auslöste, erkannte aber eine bestimmte Wasserpumpe als Ansteckungsherd», sagt Rööslı.

Ähnlich kann das **Risiko** von Handystrahlung betrachtet werden. Angenommen, die Strahlung würde Krebs auslösen, hätte sich die Anzahl von Krebsfällen erhöhen müssen. «Betrachtet man die Zahlen der Krebsregister, kann man keine Zunahme beobachten», sagt Martin Rööslı. Er ergänzt allerdings, dass die Anzahl der zu erwartenden Fälle stark davon abhängt, wie schnell eine Krankheit ausbricht. Bei einer Latenzzeit von einem Jahr müssten die Krankheitszahlen bereits stark angestiegen sein. Wird hingegen eine Latenzzeit von 10 Jahren angenommen, ist der Anstieg moderater. «Aber auch hier hätte man mittlerweile eine Aufwärtsbewegung beobachten müssen, wenn das Risiko gross wäre», so Rööslı.³

Technologie wechselt

Will man die epidemiologischen Effekte über eine längere Zeit verfolgen, gibt es beim Mobilfunk ein zusätzliches Problem: Technologien wie GSM oder UMTS werden nach einer bestimmten Periode abgelöst – in naher Zukunft wird es LTE sein, mit dem wir telefonieren. Nun unterscheiden sich die Signale dieser Technologien, nicht nur in der Trägerfrequenz (das genutzte Frequenzband, z. B. 900 oder 1800 MHz), sondern auch in der Modulation, den Signaleigenschaften. Bei GSM teilen sich acht Mobiltelefone einen Frequenzkanal. Nacheinander senden sie ihre Daten. Das führt dazu, dass das Signal, das ein Handy ausstrahlt, gepulst ist. Auf jeden Sendepuls folgt eine längere Pause (während der die anderen Geräte senden können). Bei UMTS hingegen nutzen alle gleichzeitig den Kanal. Über einen Code separiert die Basisstation die einzelnen Telefone. Und in Zukunft wird es noch komplizierter: LTE weist den Mobiltelefonen dynamische Frequenzbänder zu – je nachdem, wie viele Telefone in der Nähe bedient werden, und je nach Anwendung, die auf dem Telefon läuft. So kann das vorhandene Frequenzspektrum optimal genutzt werden. Das bedeutet aber auch, dass nie jemand während mehr als etwa 10 Jahren mit demselben Signal belastet wird.

Hirnströme beeinflussen

Weder die Experimente mit Zellkulturen im Labor noch die epidemiologischen Befunde zeigen eine direkte Gefahr, die vom Elektrosmog ausgehen würde. Nun

² Siehe auch Interview mit Prof. Leeka Kheifets Seite 45

³ Siehe: www.emf.ethz.ch (Veranstaltungen/Liste der Konferenzen/10 Jahre FSM)

könnte es aber sein, dass die Strahlung unser Wohlbefinden beeinträchtigt, beispielsweise Kopfschmerzen verursacht. Peter Achermann, Professor am Institut für Pharmakologie und Toxikologie der Universität Zürich, untersucht den Einfluss der Handystrahlung auf die Hirnfunktionen. In verschiedenen Studien hat sich gezeigt, dass die GSM-Strahlung die Hirnaktivität beeinflusst. Insbesondere während des Schlafs kann dies gut beobachtet werden, weil da die Hirnaktivität typische Muster aufweist.⁴

Achermann misst dazu bei seinen Probanden ein **EEG** (Elektroenzephalogramm): Rund um den Kopf werden Elektroden befestigt, welche die winzigen Ströme messen, die entstehen, wenn die Nerven im Hirn Signale weiterleiten. «Ich werde immer wieder gefragt, ob die Strahlung das Wohlbefinden beeinträchtigt. Aber bezüglich Schlafqualität sieht man bei den Probanden keinen Effekt», sagt Achermann. «Eine Tasse Kaffee ändert das EEG auch!»

Einige Versuche wurden mit anderen Messmethoden wiederholt, beispielsweise mit einem PET-Scanner. Hier wird dem Blut eine schwach radioaktive Substanz zugefügt, die sich im Körper verteilt. Der Scanner misst, wo sich die Substanz anreichert. Das ist typischerweise dort, wo der Körper aktiv ist, also viel Blut durchfließt. «Die PET-Untersuchungen zeigen, dass die Effekte viel lokaler sind, als man von der Exposition her erwarten würde», sagt Achermann. «Das könnte ein Hinweis sein, dass es **nicht-thermische Effekte** sind.» An der Jubiläumstagung der FSM mahnte Achermann aber auch, dass man vorsichtig sein müsse: «Bei einer Studie nahmen die Probanden unbewusst die Geräusche vom Einschalten des Handy-Akkus wahr. Der akustische Kortex wurde aktiviert, ohne dass sie es sich bewusst waren.» Zudem seien die Effekte oft sehr individuell. Es könne sein, dass 24 Personen eine Reaktion zeigten, und 10 überhaupt keine.

Pulsmodulierte Signale

In seinem Rückblick über die letzten 10 Jahre Forschung im Bereich Mobilfunkstrahlung kommt Achermann zum Fazit, dass Effekte auf die Hirnaktivität beobachtet werden können, die Strahlung selber aber nicht bewusst wahrnehmbar sei. Zudem zeigen sich die Effekte nur bei pulsmodulierten Signalen, wie sie beim GSM-Standard vorkommen. Bei kontinuierlichen Signalen konnte kein Effekt nachgewiesen werden. Ebenso verschwinden die Effekte unter einem SAR von 1 W/kg – bei den elektromagnetischen Feldern, wie sie bei den Basisstationen auftreten, konnten also keine Effekte gezeigt werden.

Rückblickend kommen die Wissenschaftler zum Schluss, dass bei den geltenden Grenzwerten keine Gefahren für die Bevölkerung belegt werden können. Für

⁴ Siehe: www.emf.ethz.ch (Veranstaltungen/Liste der Konferenzen/10 Jahre FSM)

Yvonne Gilli, Ärztin und Nationalrätin, reicht dies aber nicht, um den Mobilfunk zu rechtfertigen: «Es gibt Menschen, die verkaufen ihre Häuser, weil sie unter dem Elektromog leiden!» Sie spricht eine Gruppe von Menschen an, die sich als elektrosensibel bezeichnen, also nach eigenem Empfinden besonders stark auf Elektromog reagieren.

Elektrosensibilität

Da in den wissenschaftlichen Studien häufig grosse individuelle Unterschiede zutage traten, versuchte man, die Gruppe elektrosensibler Personen genau zu untersuchen. Laut einer Übersichtsstudie des Bafu ist es nicht möglich, die elektromagnetische Hypersensibilität im Labor nachzuweisen. Dabei geht es um akute Reaktionen bei kurzfristiger Bestrahlung. Personen reagieren in Blindversuchen nicht unterschiedlich, egal ob die Handystrahlung ein- oder ausgeschaltet ist. Hingegen zeigt sich bei sensiblen Personen ein generelles Unwohlsein im Labor. Allein die Aussicht, dass man bestrahlt werden könnte, führt zu Einbussen im Wohlbefinden. Hier spricht das Bafu ein heikles Thema an: den **Nocebo-Effekt**. Elektrosensiblen Personen geht es nachweisbar schlechter, sobald sie annehmen, dass sie bestrahlt werden.

Das führt zur unangenehmen Situation, dass die Personen echt leiden, sobald sie wissen, dass sie exponiert sind. Gilli wünschte sich an der Jubiläumstagung, dass diese Menschen ernst genommen werden: «Wenn die Leute bei mir in der Praxis sind, zeigen sich plausible Krankheiten, die der Elektromog auslöst.»

Diskussionen führen

In den letzten 10 Jahren hat die Forschungsstiftung Strom und Mobilkommunikation immer wieder Entscheidungsträger, Befürworter und Gegner der Mobilfunktechnologie, an einen Tisch gebracht. Auch kontroverse Themen wie die Elektrosensibilität fanden Eingang in die Forschung und manche wichtige Frage konnte dabei geklärt werden.

Interessanterweise schwenkte die Diskussion am Ende der Jubiläumsveranstaltung aber weg von den typischen Gesundheitsthemen wie Krebs oder Elektrosensibilität hin zu den Inhalten, die über die modernen Medien verbreitet werden. Themen wie Medienkompetenz, Datenschutz oder Jugendschutz wurden diskutiert. Der **Medienkonsum** löst mittlerweile mehr Emotionen aus als die Angst vor elektromagnetischen Feldern.



Zum aktuellen Wissensstand

MATS-OLOF MATTSSON Der nicht-ionisierende Teil des elektromagnetischen Spektrums umfasst den Frequenzbereich von statischen magnetischen und statischen elektrischen Feldern (Frequenz von Null Hertz) bis zu den Wellenlängen des ultravioletten Bereiches (Frequenzen 0,8 bis 1,5 Petahertz). In unserem Alltag sind wir ständig von Geräten und Installationen umgeben, die nicht-ionisierende Strahlung emittieren. Hierzu gehören Haushaltsgeräte (sie emittieren niederfrequente elektrische und magnetische Felder) ebenso wie moderne Funkanwendungen, die im Mikrowellen- und Terahertz-Bereich strahlen. Die Emissionen dieser Geräte und Anlagen werden als **elektromagnetische Felder (EMF)** bezeichnet. In manchen Fällen wäre es korrekter, von elektrischen oder von magnetischen Feldern (EF oder MF) zu sprechen.

Die Einführung von neuen drahtlosen Technologien in der postindustriellen Gesellschaft ist natürlich eine positive Entwicklung. Dennoch gibt es zahlreiche Bedenken gegenüber diesen Technologien in Bezug auf mögliche negative Auswirkungen auf Gesundheit und Umwelt.

Hintergrund

Das Interesse hinsichtlich Gesundheit hat sich in den letzten drei Jahrzehnten auf drei Arten von EMF-Expositionen gerichtet. Die Erste betrifft die Stromnetze. Strom wird meist als Wechselstrom (AC) im extrem niederfrequenten Bereich (ELF) von 50 oder 60 Hz (geografische Unterschiede) verteilt. Die Bedenken bezüglich Gesundheitseffekten entstanden durch die Beobachtung, dass die Entstehung von Leukämie im Kindesalter in der Nähe von Überlandleitungen erhöht ist.¹ Die Beobachtung führte zu dem Verdacht, dass **niederfrequente magnetische Wechselfelder (ELF-MF)** bei der

¹ Wertheimer N., Leeper E. (1979): Electrical wiring configurations and childhood cancer. American Journal of Epidemiology 1979, 3, 273–84.



Prof. Dr. Mats-Olof Mattsson

AIT Austrian Institute of Technology, Health & Environment
Department

Krebsentstehung beteiligt sein könnten. Bis heute spielt diese Sorge in forschungs- und gesundheitspolitischen Zusammenhängen eine besondere Rolle, denn ELF-MF kommen v. a. im Umfeld von Hochspannungsleitungen (aber auch in der Nähe von elektrischen Geräten) vor.

Die zweite Sorge hinsichtlich EMF-Expositionen steht im Zusammenhang mit der Einführung von Computern in Büros seit Mitte der 1980er-Jahre. Sorge machte man sich besonders über die verschiedenen elektrischen und magnetischen Felder, welche damalige Monitore abstrahlten. Dabei ging es vor allem um mögliche Auswirkungen auf das Fortpflanzungssystem sowie um verschiedene selbst berichtete Symptome wie Hautausschläge, Brennen, Kopfschmerzen und andere. Wissenschaftliche Studien konnten diese Auswirkungen von EMF-Emissionen solcher Bildschirme, die heute weitestgehend durch Flachbildschirme ersetzt sind, nicht belegen.

Der dritte grosse Bereich von Sorgen, die sich auf neue EMF-Technologien beziehen, betrifft die sich sehr rasant entwickelnden Kommunikationstechnologien, die für die Funkübertragung Radiofrequenzen bzw. **hochfrequente EMF (HF-EMF)** nutzen. Das offensichtlichste Beispiel ist das Handy, das heute nahezu 100 % der Bevölkerung der industrialisierten Welt besitzen. Darüber hinaus gibt es eine stetig wachsende Zahl von drahtlosen Geräten mit HF-Verbindungen. Die Sorge hier ist, ob und inwiefern Handys, Mobilfunk-Basisstationen und/oder andere drahtlose Geräte (negative) Auswirkungen auf die Gesundheit ausüben können.

Ein anderes Feld, in dem zunehmend EMF eingesetzt und genutzt wird, liegt im medizinischen Bereich. Hier werden verschiedene Arten von EMF sowohl für diagnostische Zwecke als auch für Behandlungen verwendet. Ein Beispiel ist die Kernspintomografie (MRT), die immer häufiger in Untersuchungen von Geweben (harten und weichen) und in der Beobachtung von physiologischen Prozessen angewendet wird. Diese Instrumente setzen sehr **komplexe EMF-Signale** ein, einschliesslich starker statischer Felder, gepulster Felder und hochfrequenter Felder. Ein relativ neues Gerät ist der Magnetoenzephalograf (MEG). Dieses Instrument ist geeignet für die funktionelle Abbildung des Gehirns oder zur Diagnostik bei Epilepsie. Für therapeutische Anwendungen kommen auch bereits medizinische Geräte zum Einsatz, die auf HF und gepulsten niederfrequenten Feldern basieren, wie etwa in der Elektrochirurgie, der kosmetischen Chirurgie, der Diathermie, der Wund- und Knochenheilung sowie in der transkraniellen Magnetstimulation zur Behandlung von Depressionen und Schmerzen. Es soll dabei erwähnt werden, dass der Einsatz dieser Technologien (Geräte) nicht von allen nationalen Behörden genehmigt ist. Ausserdem ist die Wirksamkeit dieser Methoden nicht immer validiert.

Sowohl die diagnostischen wie auch die therapeutischen Anwendungen haben das Ziel, dass der Nutzen für die Patienten eventuelle negative gesundheitliche Folgen

durch die EMF-Exposition überwiegt. Berufsbedingte Expositionen sind unbedenklich, solange die empfohlenen maximalen Expositionen nicht überschritten werden. Berufliche Expositionen durch EMF sind oft sehr komplex und können in der Intensität um Grössenordnungen höher sein als Expositionen der allgemeinen Bevölkerung.

Abschätzungen der Gesundheitsrisiken

Eine selbstverständliche Frage ist, ob wir (die Allgemeinheit und/oder die berufstätige Bevölkerung) in ausreichendem Mass gegen schädliche EMF-Exposition geschützt sind. Die zuständigen Behörden üben ihre Schutzpflichten aus, indem sie die Expositionsrichtlinien von Fachorganisationen wie ICNIRP (International Commission on Non-Ionising Radiation Protection) oder IEEE/ICES (Institute of Electrical and Electronics Engineers/ International Committee on Electromagnetic Safety) anwenden oder gesetzlich festschreiben (die Grenzwerte in den ICNIRP-Richtlinien werden weiter unten näher beschrieben).

ICNIRP basiert seine Richtlinien auf gesundheitlichen Risikoabschätzungen, wobei die verfügbare und geeignete wissenschaftliche Literatur regelmässig evaluiert wird.² In Europa werden meist die Richtlinien der ICNIRP verwendet, sowohl für die Grenzwertfestsetzung für die breite Öffentlichkeit als auch für diejenige für Berufstätige.³ Zusätzlich verwenden Länder auch Einschätzungen anderer internationaler (z. B. WHO und ihre Tochter-Organisation IARC⁴), europäischer (z. B. der EG wissenschaftliche Ausschuss SCENIHR⁵ oder das EU-Projekt EFHRAN⁶) oder nationaler Expertengruppen (z. B. aktuelle Berichte der Gesundheits- bzw. Strahlenschutzbehörden in

² ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) (2010): Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic fields (1 Hz – 100 kHz). Health Physics 2010, 6, 818 – 836.

ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) (1998): Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz), Health Physics 1998, 4, 494 – 522.

³ EU (European Union): Directive 2004/40/EC of the European Parliament and of the Council of 29 April 2004 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (electromagnetic fields). Official Journal of the European Communities, L184/1.

⁴ IARC (International Agency for Research on Cancer) (2013): Non-ionizing radiation, part 2: radiofrequency electromagnetic fields. IARC Monograph 102, Lyon, 2013.

IARC (International Agency for Research on Cancer) (2002): Non-ionizing radiation, part 1: static and extremely low-frequency (ELF) electric and magnetic fields. IARC Monograph 80, Lyon, 2002.

⁵ SCENIHR (Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks) (2013): Preliminary opinion on potential health Effects of exposure to EMF, European Commission, Brussels.

⁶ EFHRAN (European Health Risk Assessment Network on Electromagnetic Fields Exposure) (2012): Risk analysis of human exposure to electromagnetic fields. EFHRAN, Report D2.

Grossbritannien⁷, Norwegen⁸, Schweden⁹ und weiteren Ländern, worunter auch das Schweizer Bundesamt für Umwelt¹⁰).

Solche Bewertungen basieren in erster Linie auf veröffentlichten wissenschaftlichen Studien. Bis zu einem gewissen Grad können gelegentlich auch Dokumente von anderen Beurteilungsgremien, von zuständigen Behörden und/oder Daten aus der Industrie oder anderen Interessenorganisationen für die Auswertungen verwendet werden. Die für die Beurteilung relevanten Daten stammen aus verschiedenen Arten von Forschung («lines of evidence»).

Die wichtigsten Daten kommen aus Studien, die mit Menschen durchgeführt werden. Solche **interventionellen klinischen Studien**, die randomisiert (zufällige Reihenfolgen) und doppelblind (weder Versuchsperson noch Versuchsleiter/in wissen während des Experiments, welche Versuchsbedingung – mit oder ohne elektromagnetisches Feld – vorliegt) durchgeführt werden, stellen die wertvollsten Informationen dar. Solche Studien bieten Bedingungen, bei denen die Exposition korrekt charakterisiert ist und wo die direkten Auswirkungen einer Behandlung untersucht werden. Im Falle von Experimenten mit EMF sind die Untersuchungen auf direkte und kurzfristige Auswirkungen begrenzt.

Eine andere weitverbreitete Art von Studie ist die **epidemiologische Studie**, wo Populationen im Laufe der Zeit untersucht werden. Diese Studien können höchst relevant sein. Sie zeigen allerdings nur statistische Zusammenhänge (Korrelationen) und können keine Kausalität (ursächlicher Zusammenhang) nachweisen. Die Bedeutung der Ergebnisse liegt darin, dass sie Informationen über Langzeiteffekte in grossen Gruppen von Personen liefern. Für die EMF-Forschung haben epidemiologische Studien wichtige Erkenntnisse über den Zusammenhang zwischen EMF-Exposition und chronischen Krankheiten geliefert.

Studien, die an Tieren durchgeführt werden (**In-vivo-Studien**), sind sehr nützlich, weil sie unter kontrollierten Laborbedingungen stattfinden und viele Endpunkte

⁷ AGNIR (Advisory Group on Non-Ionising Radiation)(2012): Health effects from radiofrequency electromagnetic fields. UK Health Protection Agency (HPA), Chilton.

⁸ Norwegian Institute of Health (2012): Low-level radiofrequency electromagnetic fields – an assessment of health risks and evaluation of regulatory practice. Norwegian Institute of Health, Report 2012:3.

⁹ Swedish Radiation Safety Authority (2013): Eighth report from SSM:s Scientific Council on Electromagnetic Fields. Swedish Radiation Safety Authority, Report 2013, 19.

¹⁰ Hug K., Rössli M. (2013): Strahlung von Sendeanlagen und Gesundheit. Umwelt-Wissen Nr. 1323. Bundesamt für Umwelt, Bern.

Hug K., Rapp R., Taschner N. (2009): Niederfrequente Magnetfelder und Krebs. Umwelt-Wissen Nr. 0934. Bundesamt für Umwelt, Bern.

(Gesundheitseffekte), deren Ergebnisse auch für den Menschen interessant sind, einbeziehen können. Allerdings ist die Relevanz von tierexperimentellen Studien für die menschliche Situation häufig fraglich. Dies liegt darin begründet, dass es wichtige Unterschiede zwischen den Spezies gibt, die es schwer machen oder gar verunmöglichen, bestimmte Krankheitszustände in/an Tieren zu untersuchen, oder auch weil biologische Prozesse nicht identisch sind. Obwohl sich durch das Aufkommen transgener Technologien in den letzten Jahrzehnten die Situation bei vielen krankheitsbezogenen Tiermodellen verbessert hat, gibt es immer noch Erkrankungen, für die keine geeigneten Tiermodelle existieren. Des Weiteren sind auch die Körpergröße der Tiere und ihr Metabolismus relevant. Für eine korrekte Dosimetrie müssen diese geometrischen und biologischen Eigenschaften berücksichtigt werden.

Durch die Verwendung von Zellkulturen als experimentelles Material (**In-vitro-Studien**) kann die Wissenschaft Wirkmechanismen verschiedener Agenzien auf biologische Prozesse hin untersuchen. In-vitro-Studien sind auch sehr wichtig für das Screening von möglichen gefährlichen Eigenschaften von Chemikalien oder physikalischen Einwirkungen. Dieses Wissen ist sehr nützlich für den Aufbau von In-vivo-Studien.

In den letzten Jahren konnten sodann mit Hilfe von Wissen aus In-vitro-Studien und chemischen und physikalischen Grundkenntnissen neue «Werkzeuge» im Bereich der Computer-Modellierung entwickelt werden, mit denen Wechselwirkungen zwischen biologischen Systemen/Prozessen und chemischen oder physikalischen Agenzien simuliert werden können. Solche Modellierungen werden **In-silico-Studien** genannt. Es soll hier hervorgehoben werden, dass die Daten sowohl aus In-vitro- als auch aus In-silico-Studien für das Verständnis von Wirkmechanismen und somit zur Identifikation möglicher Gefahren sehr wichtig und relevant sind. Diese Daten sind allerdings nicht ausreichend für eine angemessene Risikoabschätzung. Dennoch gibt es ein wachsendes Interesse an der Weiterentwicklung dieser Ansätze, sodass mehr spezifische und relevante Studien mit Tieren oder Menschen durchgeführt werden können. Gleichzeitig ist es auch ein Ziel, die Anzahl der Tiere für experimentelle Zwecke zu reduzieren.

Die Gesamt-Risikoabschätzung wird mit den Daten aus allen Arten von Studien durchgeführt. Es muss darauf hingewiesen werden, dass dabei die Qualität der einzelnen Studien berücksichtigt wird. Das heisst, dass die Studien in ihrer Relevanz nicht gleichwertig sind. Das Gesamtbild, welches bei der Berücksichtigung vieler Studien entsteht, ist oft das Ergebnis eines Abwägungsprozesses. Dabei ist die Aussagekraft eines Befundes eine Funktion der Art, der Menge und der Qualität der Daten.

Grenzwerte

ICNIRP ist eine Organisation von unabhängigen Wissenschaftlern (gegründet 1992), die ihr Wissen über EMF in die Entwicklung von Grenzwertempfehlungen für nicht-ionisierende Strahlung einbringt. Die Organisation wird auch von der Weltgesundheitsorganisation WHO und von der Internationalen Arbeitsorganisation ILO formal als Nichtregierungsorganisation für nicht-ionisierende Strahlung anerkannt. Die wichtigste Leistung der ICNIRP ist die Herausgabe von Expositionsrichtlinien für verschiedene EMF-Frequenzbänder. In vielen Ländern erkennen die nationalen Behörden diese Richtlinien an, die zu den wichtigsten Regulierungsdokumenten zum Schutz der Bürger vor übermässiger EMF-Exposition gehören. Die Richtlinien sind so bemessen, dass bei akuten Expositionen keine Anregung von Nerven oder Muskelgewebe (ein Effekt von niederfrequenten elektrischen und magnetischen Feldern) und keine problematische Erwärmung von Gewebe (ein Effekt hochfrequenter EMF) erfolgen können. Dazu sind Sicherheitsfaktoren in die Richtlinien eingearbeitet, sodass die empfohlenen oberen Expositionsgrenzen um ein Vielfaches niedriger sind als die Expositionen, bei welchen Effekte bekanntermassen auftreten würden.

Die Richtlinien sind zu zahlreich und zu komplex, um hier im Detail behandelt zu werden. Stattdessen sollen zwei Beispiele zur Illustration dienen. Das Erste betrifft die Begrenzung der Exposition gegenüber elektrischen (E) und magnetischen (B) Feldern im Frequenzbereich von 1 Hz bis 100 kHz (**Niederfrequenzbereich**). Die Grundlage für die Richtlinie ist, dass E-Felder biologische Wirkungen (von blosser Wahrnehmung bis Belästigung) zeitigen können, und zwar durch elektrische Aufladungen der Körperoberfläche. Die B-Felder können zentrale und periphere Nervengewebe anregen und die Nerven der Netzhaut stimulieren (vortäuschen von Lichtwahrnehmungen, sog. Phosphene). Diese akuten Wirkungen auf das Nervensystem sind bekannt. Sie treten nur bei grossen Feldstärken (Schwellenwerte) ein. Um die Effekte zu vermeiden, sind die Expositionsgrenzwerte für die allgemeine Öffentlichkeit deutlich unterhalb dieser Schwellenwerte festgelegt, bei 5 kV/m für das E-Feld und bei 0,2 mT für das B-Feld (bei 25 bis 50 Hz; bei anderen Frequenzen treten die Effekte bei anderen Schwellenwerten auf). Für beruflich exponierte Personen beträgt der Grenzwert 1 mT für das Magnetfeld. Die Bevölkerung ist gemäss ICNIRP-Richtlinien damit fünfmal «mehr geschützt» als beruflich exponierte Menschen.

Die Exposition gegenüber **EMF von über 100 kHz** kann zu erheblicher Absorption von Strahlungsenergie und damit zu einer Erhöhung der Gewebetemperatur führen. Thermische Wirkungen treten v. a. bei Feldern zwischen 10 MHz bis zu einigen GHz auf. Wenn eine Person für ca. 30 Minuten 4 W/kg an Leistung aus einem solchen Feld absorbiert (SAR = 4 W/kg; SAR heisst spezifische Absorptionsrate und ist ein Mass der aufgenommenen HF-Strahlungsenergie), kann das zu einer Erhöhung der

Körpertemperatur um > 1 °C führen. Das Wissen über die biologischen und gesundheitlichen Auswirkungen der Erwärmung von Gewebe durch HF-EMF ist gut etabliert. Die ICNIRP-Empfehlungen für E- und B-Felder im Frequenzbereich bis 300 GHz sind so gesetzt, dass die Öffentlichkeit keiner höheren Belastung als 0,08 W/kg (gemittelt über 6 min) ausgesetzt ist, bzw. wenn es sich um lokale Teilkörperexpositionen (im Bereich von Rumpf und Kopf) handelt, nicht mehr als 2 W/kg (Frequenzbereich 10 MHz bis 10 GHz). 2 W/kg sind auch der maximale, noch erlaubte Expositionswert für Mobiltelefone. Wie bei ELF ist auch bei HF die maximal erlaubte Exposition für berufliche Belastung fünfmal höher. Sie ist damit für Kopf und Rumpf auf 10 W/kg begrenzt.

EMF-Exposition und gesundheitliche Bedenken

Die offensichtliche Frage ist, ob die Grenzwerte greifen und gegen alle biologischen bzw. gesundheitlichen Auswirkungen schützen, oder ob bei niedrigen Expositionen unterhalb der Grenzwerte negative Effekte zu befürchten sind. Besonders wichtig sind die Fragen, ob **ELF-Magnetfelder** unter 1 mT problematische Auswirkungen haben und ob es Hochfrequenz-Effekte bei so genannt nicht-thermischer Exposition gibt. Seit vielen Jahren bestehen darüber wissenschaftliche Kontroversen. Wie in der Einleitung erwähnt, zeigen epidemiologische Studien aus den späten 1970er- und frühen 1980er-Jahre einen Zusammenhang zwischen häuslicher Magnetfeld-Exposition (die deutlich unterhalb der Exposition von 0,2 mT als Grenze für akute Effekte liegt) und Leukämie im Kindesalter. In einer Übersicht der WHO/IARC (International Agency for Research on Cancer)¹¹ wurden im Jahr 2002 tatsächlich ELF-Magnetfelder der Klasse 2B (mögliche krebserzeugende Stoffe) zugeordnet. Diese Klassifizierung erfolgte aufgrund der Ergebnisse der epidemiologischen Studien, die, wie schon erwähnt, erhöhte Leukämie-Inzidenzen (Inzidenz: jährliche Anzahl Neuerkrankungen) im Umfeld von Hochspannungsleitungen zeigten. Die nachfolgende epidemiologische Forschung hat diesen Zusammenhang ebenfalls festgestellt, und zwar bei einer jährlichen durchschnittlichen Exposition ab 0,3 bis 0,4 μ T. Dennoch, bis dato gibt es keinen Wirkmechanismus, der erklärt, wie schwache Magnetfelder biologische Effekte oder sogar Krankheiten wie Krebs verursachen können.

Eine grosse Anzahl von Forschungsprojekten hat in den letzten 10 bis 15 Jahren die möglichen gesundheitlichen Auswirkungen der **HF-Exposition** (insbesondere die Exposition gegenüber der Strahlung von Mobiltelefonen) untersucht. Natürlich gibt es auch ein grosses Interesse an möglichen Auswirkungen der Strahlung von

¹¹ IARC (International Agency for Research on Cancer) (2002): Non-ionizing radiation, part 1: static and extremely low-frequency (ELF) electric and magnetic fields. IARC Monograph 80, Lyon, 2002.

Mobilfunk-Basisstationen wie auch von anderen «neuen» Geräten der drahtlosen Kommunikation.

Die wichtigste Expositionsquelle gegenüber HF-Strahlung ist das Handy. Seit der ersten Generation des Mobilfunks gibt es einen Trend unter den mobilen Endgeräten hin zu schwächeren Sendeleistungen und damit zu einer geringeren Exposition der Benutzer (bei gleicher Nutzungsdauer der Geräte). Die Exposition aus der Umwelt wird, insbesondere in Städten und der Agglomeration, durch Mobilfunk-Basisstationen dominiert, allerdings auf sehr viel niedrigerem Niveau verglichen mit dem Handy. Es hat sich gezeigt, dass der Mobilfunk die EMF-Emissionen im städtischen Bereich im Vergleich zu den 1980er-Jahren, als nur analoger Rundfunk und Fernsehen für die Exposition bedeutsam waren, deutlich erhöht hat. Historische Daten und Spotmessungen zeigen jedoch, dass sich nach der Einführung der 2G-Systeme die EMF-Hintergrundstrahlung nicht wesentlich erhöht hat. In Innenräumen kann durch die Verwendung von so genannten Access Points und Basisstationen mit kurzer Reichweite wie z. B. 3G-Femtozellen, WiFi-Hotspots oder DECT-Telefonen eine höhere EMF-Belastungen auftreten als in Aussenräumen. Die Expositionen gegenüber diesen Feldern unterschreiten im üblichen Abstand die Grenzwerte der internationalen Richtlinien weit. Sogar in Kombination miteinander sind die Feldstärken tief. In einigen Metern Abstand von diesen Access-Points können die Felder kaum mehr vom Hintergrundrauschen unterschieden werden.

Die Forschungsaktivität zu möglichen gesundheitlichen Auswirkungen durch Exposition gegenüber diesen Kommunikationsgeräten war in den letzten 10 bis 15 Jahren sehr umfangreich. Eine erhebliche Anzahl an Publikationen steht heute zur Verfügung, die alle erwähnten Forschungsansätze und biologischen Endpunkte nutzen. Die Studien untersuchen Tumorerkrankungen und andere chronische Erkrankungen, die Auswirkungen auf das Verhalten und das Lernen, auf das Nervensystem und auf endokrinologische Effekte sowie Auswirkungen auf die Fortpflanzung, das Immunsystem, Entzündungen und auf subjektive (selbst berichtete) Symptome und noch einiges mehr. Sehr viele Studien sind wissenschaftlich gesehen solide durchgeführt worden und sind daher äusserst informativ. Es gibt aber auch eine beträchtliche Anzahl von Untersuchungen, deren Qualität mangelhaft ist und die nicht für die Risikoabschätzung verwendet werden können. Es sollen hier nur einige wenige Arbeiten und Ergebnisse in einem kurzen Überblick vorgestellt werden. Sie betreffen drei Forschungsbereiche: i) Tumorerkrankungen und die Nutzung von Mobiltelefonen, ii) experimentelle Studien zur Wirkung von EMF auf Gehirnfunktionen bzw. das EEG, und iii) iatrogene Umwelt-Unverträglichkeit (Intoleranz) hinsichtlich EMF (IEI-EMF).

Zwar gibt es viele In-vivo- und In-vitro-Studien, die mögliche **neoplastische Effekte** der Hochfrequenz-Exposition untersuchen, dennoch ist das grösste Interesse auf epidemiologische Studien zu Auswirkungen der Handy-Nutzung gerichtet. Insgesamt gibt es wenig Evidenz dafür, dass moderate Handy-Nutzung mit irgendeiner Krebserkrankung im Kopf- und Halsbereich verbunden ist. Dies wird durch besonders gross angelegte epidemiologische Studien mit verschiedenen Untersuchungsdesigns unterstützt. Nur in einer Fall-Kontroll-Studie wurde eine gesteigerte Risikorate bei mässiger Handy-Nutzung gefunden. Die Ergebnisse dieser Studie sind jedoch nicht vereinbar mit den beobachteten Inzidenzraten und können daher nicht für die Risikoabschätzung verwendet werden.¹²

Die Evidenz einer Krebsentstehung ist umstrittener für den intensiven Gebrauch von Mobiltelefonen – «heavy use» ist schwer zu quantifizieren. Dennoch, aufgrund des selbst berichteten Gebrauchs von Handys gibt es Hinweise auf eine Risikorerhöhung bei täglichem Gebrauch von 30 Minuten oder mehr über einen Zeitraum von 10 Jahren oder mehr. Für diese Nutzer wurde in der grössten bisher durchgeführten Fall-Kontroll-Studie (Interphone-Studie¹³) ein etwa 40% erhöhtes Risiko für Gliome (Tumor des Hirngewebes) und Akustikusneurinome (Tumor des Hörnervs) festgestellt. Leider kann aus den verfügbaren Studien nicht geschlossen werden, ob dies einen kausalen Zusammenhang widerspiegelt, oder ob durch die Methodik bedingte Faktoren («selection bias» und/oder «reporting bias») alle oder Teile der beobachteten Zusammenhänge bewirkten.

Kürzlich wurde durch eine Arbeitsgruppe der IARC im Monografie-Programm zur Evaluierung von Krebsrisiken für den Menschen die epidemiologische Evidenz für Gliome und Akustikusneurinome als limitiert klassifiziert und daher insgesamt die HF-Exposition als ein mögliches menschliches Karzinogen eingestuft.¹⁴ Basierend auf den Studien, die seit dieser Bewertung veröffentlicht wurden, scheint es, dass die Evidenz für Gliome eher schwächer wird, während die Möglichkeit einer Korrelation mit dem Akustikusneurinom offen bleibt.

In Bezug auf die **Auswirkungen auf das Nervensystem** haben die meisten bisherigen Studien eine Wirkung von HF-Expositionen auf die spektrale Leistungsdichte des EEG im Schlaf und im wachen Ruhezustand berichtet. Die Auswirkungen auf das

¹² Siehe: IARC (International Agency for Research on Cancer) (2013): Non-ionizing radiation, part 2: radiofrequency electromagnetic fields. IARC Monograph 102, Lyon, 2013.

¹³ INTERPHONE Study Group (2010): Brain tumour risk in relation to mobile telephone use: results of the INTERPHONE international case-control study. International Journal of Epidemiology 2010, 3, 675–94.

¹⁴ IARC (International Agency for Research on Cancer) (2013): Non-ionizing radiation, part 2: radiofrequency electromagnetic fields. IARC Monograph 102, Lyon, 2013.

Schlaf-EEG sind nicht ausschliesslich auf für den Schlaf «wichtige» Frequenzen (wie die Spindelfrequenz) beschränkt. Darüber hinaus hat die Hälfte der experimentellen Studien (insbesondere die Studien mit längerer Expositionsdauer) mit Blick auf die Makrostruktur des Schlafs Effekte beschrieben, die nicht mit den beteiligten Schlaf-Parametern in Einklang gebracht werden konnten.¹⁵

Die Mehrheit der qualitativ gut durchgeführten Studien, die die kognitive Leistungen nach HF-EMF-Exposition untersuchten, fanden eine Wirkung in mindestens einem Parameter. Angesichts der Vielzahl von kognitiven Aufgaben und Tests muss dies mit Vorsicht interpretiert werden. Die biologische Bedeutung der kleinen physiologischen Veränderungen bleibt unklar. Bisher gibt es keine Hinweise auf ein damit verbundenes gesundheitliches Risiko.

Eines der häufigsten gesundheitlichen Bedenken wegen Hochfrequenz-Belastungen betrifft das Auftreten von kurzfristigen **Symptomen** wie Kopfschmerzen, Müdigkeit oder Schwindel. Der Nachweis, ob HF-Belastung diese Symptome verursachen kann, hat eine erhebliche Menge an Forschungsaktivität ausgelöst. Die Beurteilung dieser Auswirkungen durch die allgemeine Bevölkerung und auch durch die Gruppe von Menschen, die selbst berichten, dass sie besonders empfindlich auf elektromagnetische Felder reagieren, sind von besonderem Interesse. Das Symptom wird allgemein als «Elektromagnetische Hypersensibilität» oder «Elektrosensibilität» bezeichnet, obwohl der technisch genauere Begriff «idiopathische Umwelt-Unverträglichkeit durch elektromagnetische Felder» (IEI-EMF)¹⁶ wäre. Menschen mit IEI-EMF berichten in der Regel für sie klaren Zusammenhang zwischen Hochfrequenz-Exposition und Symptomen.

Die Provokationsstudien (Studien, in denen Menschen im Labor kontrolliert bestrahlt – unterhalb der geltenden Grenzwerte – und getestet werden), die in den letzten Jahren veröffentlicht wurden, waren in der Regel von guter Qualität. Sie wurden meist doppelblind durchgeführt, teilweise mit Langzeit-Expositionen, und im Fall von Handy-Studien auch mit SAR-Werten im Bereich der Grenzwerte. Während selbst berichtete Gesundheitseffekte als methodische Schwäche gewertet werden können, weil die psychische Belastung der Labortests eine mögliche reale Auswirkungen der Exposition verschleiern bzw. «überdecken» könnte, hat sich in der Praxis gezeigt, dass, wenn eine Studie nicht verblindet durchgeführt wird, die verschiede-

¹⁵ Siehe etwa: Loughran S.P., McKenzie R.J., Jackson M.L., Howard M.E., Croft R.J. (2012): Individual differences in the effects of mobile phone exposure on human sleep: Rethinking the problem. *Bioelectromagnetics* 2012, 1, 86–93.

¹⁶ Baliatsas C., Van Kamp I., Lebreit E., Rubin G.J. (2012): Idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields (IEI-EMF): a systematic review of identifying criteria. *British Medical Journal Public Health*. 2012, 12, 643.

denen Experimentalsituationen (mit oder ohne EMF-Belastung) mit verschiedenen Symptommiveaus einhergehen. Bei Doppelblindstudien dagegen verschwindet diese Differenz in der Berichterstattung der Versuchspersonen. Die Vermutung liegt nahe, dass erstens kein Einfluss durch HF-Belastung besteht und dass zweitens das Wissen einer HF-Präsenz ausreichend zu sein scheint, um Symptome zu verursachen und so einen sog. Nocebo-Effekt auszulösen. Tatsächlich erlauben die jüngsten Studien den Schluss, dass die Hochfrequenz-Belastung nicht die Ursache subjektiver Symptome ist.¹⁷ Dies scheint für die breite Öffentlichkeit, Kinder und Jugendliche und auch für Menschen mit IEI-EMF, zu gelten und betrifft v. a. Symptome, die durch kurzfristige HF-Exposition (gemessen in Minuten bis Stunden) ausgelöst werden. Hierzu ist die wissenschaftliche Evidenz inzwischen recht eindeutig.

Für Symptome mit längerfristigen Expositionen (Tage bis Monate) unterstützen Beobachtungsstudien dieselbe Aussage, d. h., dass die Effekte nicht ursächlich durch chronische HF-EMF ausgelöst werden. Leider fehlt in vielen Studien aber eine objektive Überwachung der Exposition. Es ist daher derzeit schwierig, eine endgültige Aussage bezüglich der Auswirkungen durch längerfristige Expositionen zu machen.

Verbleibende Fragen

Trotz der erheblichen Anstrengungen der Wissenschaft, die Auswirkungen von EMF-Expositionen auf die menschliche Gesundheit aufzuklären, verbleiben bestimmte Wissenslücken. Bis diese Lücken gefüllt werden, ist es wahrscheinlich, dass das Forschungsgebiet weiterhin kontrovers diskutiert wird. Für klare Schlussfolgerungen müssen Verbesserungen in der Abschätzung der Exposition erfolgen, und zwar basierend auf Daten zur persönlichen Exposition (unter Berücksichtigung der technischen Fortschritte und Entwicklungen in der personenbezogenen Expositionsmessung). Besonders wichtig ist es, die grundlegenden Fragen zu beantworten, ob geringe Expositionen (unterhalb der Schwellenwerte) wirklich biologische Wirkungen haben und wenn ja, ob diesen eine gesundheitliche Relevanz zukommt oder ob sie nur physiologische Bedeutung haben.

Ein weiterer Bereich, in welchem bisher nur wenig Forschung durchgeführt wurde, beschäftigt sich mit Bedenken durch Ko-Expositionen von EMF und anderen Umweltfaktoren. Es gibt eine gewisse Möglichkeit für additive oder synergistische Wirkungen von EMF im Zusammenspiel mit anderen Faktoren. Bevor dies jedoch erfolgversprechend untersucht werden kann, muss die grundsätzliche Frage der Interaktion von schwachen EMF mit biologischen Systemen beantwortet werden können.

¹⁷ Hug K., Rösli M. (2012): Elektromagnetische Hypersensibilität. Bewertung von wissenschaftlichen Studien. Umwelt-Wissen Nr. 1218. Bundesamt für Umwelt, Bern.



No Risk – No Fun?

ORTWIN RENN Wahrnehmungen sind eine Realität eigener Natur: So wie in Zeichentrickfilmen die gemalten Figuren erst dann in den Abgrund stürzen, wenn sie, mitten in der Luft stehend, plötzlich der Gefahr gewahr werden, so konstruieren auch Menschen ihre eigene Realität und stufen Risiken nach ihrer subjektiven Wahrnehmung ein. Diese Form der intuitiven Risikowahrnehmung basiert auf der Vermittlung von Informationen über die Gefahrenquelle, den psychischen Verarbeitungsmechanismen von Unsicherheit und früheren Erfahrungen mit Gefahren. Das Ergebnis dieses mentalen Prozesses ist das wahrgenommene Risiko, also ein Bündel von Vorstellungen, die sich Menschen aufgrund der ihnen verfügbaren Informationen und des «gesunden Menschenverstandes» (Common Sense) über Gefahrenquellen machen.² Das Augenmerk liegt hier also auf der Ebene der konstruierten Realität, d. h. der Welt der Vorstellungen und Assoziationen, mit deren Hilfe Menschen ihre Umwelt begreifen und auf deren Basis sie ihre Handlungen ausführen.

Ausgangspunkt für diesen Aufsatz ist die Frage: Wie nehmen wir Risiken, die unser Leben, unsere Gesundheit und unserer Umwelt bedrohen, wahr? Dabei wollen wir einige wesentliche Erkenntnisse aus der psychologischen, sozialpsychologischen und soziologischen Forschung über unser Entscheidungs- und Wahrnehmungsverhalten Revue passieren zu lassen und sie auf die Frage nach der politischen Steuerung von Risiken (Governance) beziehen.

¹ Dieser Aufsatz ist zum Teil dem Buch «Renn O. (2014): Das Risikoparadox. Fischer: München» entnommen.

² Renn O., Schweizer P.-J., Dreyer M., Klinke A. (2007): Risiko. Über den gesellschaftlichen Umgang mit Unsicherheit. Oekom: München, 80ff.



Prof. Dr. Dr. h.c. Ortwin Renn

Universität Stuttgart, Institut für Sozialwissenschaften,
Abteilung für Technik- und Umweltsoziologie

Muster der Risikowahrnehmung

Im Bereich von Lebens-, Umwelt-, und Gesundheitsrisiken spielen spezielle Muster der Risikowahrnehmung eine wichtige Rolle. Zum einen sind die Begleitumstände der Risikoübernahme für die Risikobewertung von Bedeutung.³ Kann ich die Höhe des Risikos selber steuern? Habe ich das Risiko selbst gewählt oder ist es mir von anderen aufgezwungen worden? Führt das Risiko zu besonders schrecklichen Folgen, wenn es tatsächlich zum Schadenseintritt kommt? Sind wir bereits an diese Risikoquelle gewöhnt und glauben, damit angemessen umgehen zu können? Ist die Risikoquelle künstlichen oder natürlichen Ursprungs? Dies sind nur einige der Merkmale, die bei der Bewertung von Risiken eine wichtige Rolle spielen. Auch die Frage der gerechten Verteilung von Risiko und Nutzen auf unterschiedliche Personengruppen ist für viele Menschen ein wichtiger Anhaltspunkt, um die Höhe der Risiken, aber vor allem ihre Akzeptabilität zu beurteilen.⁴ Da es sehr viele dieser qualitativen Bewertungsmechanismen gibt, haben sich im Verlaufe der kulturellen Evolution **semantische Muster** der Wahrnehmung und Bewertung von Risiken herausgebildet.⁵ Diese lassen sich zum Teil auf die ursprünglichen Reaktionsmuster von Totstellen, Flucht und Kampf zurückführen. Sie haben sich aber inzwischen zu komplexen Reaktionsmustern weiterentwickelt, die es uns allen erleichtern, bei Informationen zu neuen Risikoquellen eine schnelle Zuordnung und Bewertung vorzunehmen.

Unter diesen semantischen Mustern fällt vor allem das Muster der **schleichenden Gefahr** auf, da es sich auf viele der aktuellen Gesundheits- und Lebensrisiken, auch auf die Bewertung der Risiken durch elektromagnetische Felder (EMF) bezieht.⁶ Risiken, die unter dieses semantische Muster fallen, zeichnen sich dadurch aus, dass sie von uns nicht sinnlich wahrgenommen werden können, dass häufig zwischen Auslöser und Wirkung eine lange Zeit vergeht, dass komplexe Strukturen der Ursache-Wirkungs-Kette vorliegen und dass wir bei der Beurteilung dieser Risiken auf Informationen durch Dritte angewiesen sind. Beispiele für diese Verwendung des Risikobegriffs findet man bei der kognitiven Bewältigung von geringen Strahlendosen, von EMF (z. B. Magnetfelder von Hochspannungsleitungen, Strahlung von Mobiltelefonen oder anderen Funktechnologien), Lebensmittelzusätzen, chemischen Pflanzenschutz-

³ Slovic P. (1992): Perception of risk: reflections on the psychometric paradigm. In: Krinsky S., Golding D. (eds.): Social theories of risk. Praeger, Westport and London, 153–178.

⁴ Rayner S., Cantor R. (1987): How fair is safe enough? The cultural approach to societal technology choice. Risk Analysis 1987, 1, 3–13.

⁵ Überblick in: Renn O. (2002): Die subjektive Wahrnehmung technischer Risiken. In: Hölscher R., Elfgen R. (Hrsg.): Herausforderung Risikomanagement. Identifikation, Bewertung und Steuerung industrieller Risiken. Gabler, Wiesbaden, 73–90.

⁶ Renn O. (2004): Perception of risks. In: The Geneva papers on risk and insurance 2004, 1, 102–114.

mitteln oder genetischen Manipulationen von Pflanzen und Tieren. Die Wahrnehmung dieser Risiken ist eng mit dem Bedürfnis verknüpft, für scheinbar unerklärliche Folgen (z. B. Krebserkrankungen von Kindern, gehäuftes Auftreten von Allergien in bestimmten Regionen, Waldsterben etc.) Ursachen ausfindig zu machen.

Halten wir Informationen zu diesen schleichenden Risiken von einem der Informationsquellen für glaubwürdig, dann können wir aufgrund dieser Informationen eine für uns stimmige Abwägung von Nutzen und Risiko treffen. Halten wir keinen der Informationsträger für glaubwürdig, dann verlangen wir Nullrisiko. Entweder entziehen wir uns dieser Risikoquelle ganz oder kämpfen dafür, dass sie auch gesellschaftlich nicht weiter geduldet wird. Im dritten Fall sind wir bestrebt, Glaubwürdigkeit an eine der konkurrierenden Informationsquellen zu vergeben. Wir können aber nicht aus dem Inhalt bzw. der Botschaft der Information ablesen, wer diese Glaubwürdigkeit verdient.

In diesem dritten Falle werden so genannte periphere Merkmale besonders bedeutsam. Die beiden Sozialpsychologen Richard Petty und John Cacioppo haben bei ihren Untersuchungen zu Einstellungen und Einstellungsänderung festgestellt, dass die meisten Menschen entweder nach einer zentralen oder peripheren Vorgehensweise Urteile über Risiken bilden.⁷ Wenn ihnen das Thema besonders wichtig ist, verfolgen sie die zentrale Route, wenn ihnen das Thema weniger wichtig ist, die periphere. Kennzeichen der zentralen Route ist die Auseinandersetzung mit den Inhalten von Informationsangeboten und eine möglichst rationale Abwägung der jeweiligen Argumente für oder gegen eine bestimmte Sichtweise der Dinge. Bei der peripheren Route werden dagegen äussere Merkmale der Glaubwürdigkeitszuschreibung benutzt, um zwischen widersprechenden Argumenten eine schnelle Auswahl zu treffen.

Das Besondere an den schleichenden Risiken besteht nun darin, dass auch diejenigen, für die das jeweilige Thema zentrale Bedeutung hat, keine oder nur wenige Möglichkeit haben, die Argumente im Einzelnen nachzuprüfen und eine auf Evidenz basierte Abwägung zu treffen.⁸ Unabhängig davon, ob man die zentrale oder periphere Route in einer Streitfrage verfolgen will, ist man in jedem Falle auf periphere Merkmale angewiesen, um die Glaubwürdigkeit von Argumenten einzustufen. Da diese peripheren Merkmale meist nur zufällig mit dem Wahrheitsgehalt der entsprechenden Aussagen korrelieren, ist es dann auch folgerichtig vom Zufall abhängig, welche Argumentationskette einen grösseren Eindruck bei den Rezipienten hinterlässt.

⁷ Petty R.E., Cacioppo J.T. (1986): The elaboration likelihood model of persuasion. In: Berkowitz L. (ed.): *Advances in Experimental Social Psychology*, vol. 19. Academic Press, San Diego, 123–205.

⁸ Renn O. (2008): *Risk governance. Coping with uncertainty in a complex world*. Earthscan, London, 233ff.

Diese Angewiesenheit auf Informationen von Experten, deren Gültigkeit und Wahrheit wir selber nicht nachprüfen können, führt zu einer Reihe von psychologischen Mechanismen der **Orientierungssuche**. Psychologen haben diese eingehend untersucht. Vier sind für unsere Thematik besonders aufschlussreich: die Faustregeln der Verfügbarkeit, der Verankerung, der Repräsentativität und der affektiven Aufladung.⁹ Diese Faustregeln verführen uns, den Informationen Glauben zu schenken, die direkt an gespeicherte Erinnerungen aus der Vergangenheit anknüpfen und die analog sind zu Informationen, an die wir schon immer glaubten. Werden dort Behauptungen aufgestellt, die verallgemeinerungsfähige Schlüsse nahelegen, dann sind wir um so eher geneigt, diese Schlüsse auch zu ziehen und für wahr zu halten, je redundanter die Informationen vorliegen, je häufiger wir ein zeitliches oder örtliches Zusammentreffen von vermeintlichen Auslösern und deren Wirkungen wahrnehmen und je mehr Gedankenanker wir mit dieser Verallgemeinerung verbinden können. Faustregeln helfen uns, komplexe und widersprüchliche Informationen schnell und ohne grössere innere Konflikte zu bearbeiten. Allerdings führen sie uns auch häufig genug in die Irre, weil sie komplexe Sachverhalte unsachgemäss vereinfachen und uns eine Sicherheit des eigenen Urteils vorgaukeln, die nach bestem Wissen aller Experten nicht gerechtfertigt ist.

Politische Konsequenzen der Risikowahrnehmung

Welchen Nutzen können Wissenschaft und Politik in dieser Situation von der Erforschung der Risikowahrnehmung ziehen? Was lässt sich normativ aus den Studien über die intuitive Risikowahrnehmung für risiko- und technologiepolitische Entscheidungen ableiten?¹⁰

Naturwissenschaftliche Risikoanalysen sind hilfreiche und notwendige Instrumente einer vorausschauenden Technologie- und Risikopolitik. Nur mit ihrer Hilfe lassen sich relative Risiken miteinander vergleichen und Optionen mit dem geringsten Erwartungswert von Schaden auswählen. Sie können und dürfen jedoch nicht als alleinige Richtschnur für staatliches Handeln dienen. Ihre Universalität wird nämlich mit einer Abstraktion vom Kontext und einer Ausblendung der übrigen rational sinnvollen Wahrnehmungsmerkmale erkauft. Ohne Einbeziehung von Kontext und situationsspezifischen Begleitumständen werden Entscheidungen dem Anspruch,

⁹ Jungermann H., Pfister H.-R., Fischer K. (2010): Die Psychologie der Entscheidung. Eine Einführung. 3. Auflage. Spektrum, Berlin und Heidelberg, 169ff.

¹⁰ Renn O. (2011): Wissen und Moral-Stadien der Risikowahrnehmung. Aus Politik und Zeitgeschichte 2011, 46–47, 3–6.

in einer gegebenen Situation ein Zielbündel zweckrational und wertoptimierend zu erreichen, nicht gerecht.

Kontext und Begleitumstände sind wesentliche Merkmale der Risikowahrnehmung. Diese **Wahrnehmungsmuster** sind keine beliebig individuell aneinandergereihte Vorstellungen, sondern in der kulturellen Evolution entstandene und im Alltag bewährte Konzepte, die in vielen Fällen wie eine universelle Reaktion von Menschen auf die Wahrnehmung von Gefahren das eigene Verhalten steuern.

Unter rationalen Gesichtspunkten erscheint es durchaus erstrebenswert, die verschiedenen Dimensionen des intuitiven Risikoverständnisses systematisch zu erfassen und auf diesen Dimensionen die jeweils empirisch gegebenen Ausprägungen zu messen. Wie stark verschiedene technische Optionen, etwa Varianten des Mobilfunks, Risiken unterschiedlich auf Bevölkerungsgruppen verteilen, in welchem Masse institutionelle Kontrollmöglichkeiten bestehen und inwieweit Risiken durch freiwillige Vereinbarung übernommen werden, lässt sich im Prinzip durch entsprechende Forschungsinstrumente messen. Dass aber diese Faktoren in die politische Entscheidung eingehen sollen, lässt sich aus dem Studium der Risikowahrnehmung lernen. Dahinter steht also die Auffassung, dass die Dimensionen (Concerns) der intuitiven Risikowahrnehmung legitime Elemente einer **rationalen Politik** sein müssen, die Abschätzung der unterschiedlichen Risikoquellen auf jeder Dimension aber nach rational-wissenschaftlicher Vorgehensweise erfolgen muss.¹¹

Risikowahrnehmung kann kein Ersatz für rationale Politik sein. Ebenso wenig wie technische Risikoanalysen zur alleinigen Grundlage von Entscheidungen gemacht werden dürfen, sollte man die faktische Bewertung von Risiken zum politischen Massstab ihrer Akzeptabilität machen. Wenn man weiss, dass bestimmte Risiken, wie etwa die Gefährdung der Gesundheit durch Rauchen, Alkoholgenuß, Übergewicht oder mangelnde Bewegung, nach bestem Expertenwissen bestehen, dann ist politische Risikoreduzierung auch dann angebracht, wenn mangelndes Problembewusstsein in der Bevölkerung herrscht. Viele Risiken werden verdrängt, weil man sich mit ihnen nicht beschäftigen will. Dies gilt vor allem für Risiken, die einen hohen positiven Symbolwert besitzen. Sich von verdrängten oder offenkundig falschen Vorstellungen leiten zu lassen, kann kaum eine Rechtfertigung für die Festlegung einer **vorausschauenden** Risiko- und Technologiepolitik sein. Die Kenntnis dieser Wahrnehmungsmuster kann jedoch zur Gestaltung und Ausführung von Informations- und Bildungsprogrammen nutzbringend angewandt werden. Das Unvermögen vieler

¹¹ Renn O. (2002): Die subjektive Wahrnehmung technischer Risiken. In: Hölscher R., Elfgen R. (Hrsg.): Herausforderung Risikomanagement. Identifikation, Bewertung und Steuerung industrieller Risiken. Gabler, Wiesbaden, 73 –90.

Menschen, probabilistische Aussagen zu verstehen oder die Riskantheit langfristig vertrauter Risikoquellen zu erkennen, ist sicherlich eines der Problembereiche, an denen gezielte Bildungs- und Informationsprogramme anknüpfen können.¹² Damit ist eine gegenseitige Ergänzung von technischer Risikoanalyse und intuitiver Risikowahrnehmung gefordert.

Meines Erachtens ist es eines der zentralen Aufgaben der Politik, die wissenschaftlichen Expertisen über die möglichen Auswirkungen und die verbleibenden Unsicherheiten mit den Bewertungen und Gestaltungswünschen der von den Risiken betroffenen Bevölkerung zusammenzufügen und zu einer wissens- und wertorientierten Gesamtpolitik zu integrieren. Risikopolitik darf sich weder auf eine reine Wissensorientierung, noch auf eine reine Wertorientierung reduzieren lassen.

¹² Renn O., Klinke A., van Asselt M. (2011): Coping with complexity, uncertainty and ambiguity in risk governance: a synthesis. *AMBIO*, 2011, 2, 231–246. Renn O. (2008): Risk governance. Coping with uncertainty in a complex world. Earthscan, London, 64–66.



Die «typische» Studie gibt es nicht wirklich

► *Peter Achermann, am Institut für Pharmakologie und Toxikologie der Universität Zürich setzen Sie Menschen elektromagnetischen Feldern aus und studieren, ob die Felder biologische Effekte zeitigen. Was hat Pharmakologie mit elektromagnetischen Feldern zu tun?*

PETER ACHERMANN Pharmakologie hat nicht direkt mit dieser Forschung zu tun. Das Humanschlaflabor für Grundlagenforschung ist aus historischen Gründen am Institut für Pharmakologie und Toxikologie angesiedelt. Die meisten unserer Forschungsprojekte fokussierten auf die Auswirkungen von elektromagnetischen Feldern auf den Schlaf, respektive auf das Gehirn im Schlaf, und wurden im Schlaflabor des Instituts durchgeführt. Da das Labor im Untergrund angelegt ist und ein «Gebäude im Gebäude» ist, hat sich gezeigt, dass die Räume optimal gegen Strahlung von aussen abgeschirmt sind.

► *Wie viele und was für Menschen machen bei einer solchen Untersuchung mit? Wie finden Sie die Probanden?*

Je nach Fragestellung haben wir ganz unterschiedliche Probandengruppen gesucht und der Rekrutierungsaufwand ist entsprechend unterschiedlich. Für die meisten Studien haben wir 20 bis 30 Personen eingeschlossen. Die meisten unserer Studien haben wir mit jungen Männern – meistens Studenten – durchgeführt, die wir mit Aushängen an der Uni und ETH Zürich rekrutiert haben. Bei einer grösseren Studie über die Auswirkung von UMTS-Strahlung auf das Wohlbefinden (siehe Kasten nächste Seite) hatten wir eine breite Bevölkerungsschicht über Zeitungsinserate rekrutiert. Bei der Untersuchung, ob das Gehirn von Kindern empfindlicher als dasjenige von



Prof. Dr. Peter Achermann

Universität Zürich, Institut für Pharmakologie und Toxikologie,
Abteilung Chronobiologie und Schlafforschung

Erwachsenen auf elektromagnetische Felder reagiert, haben wir über Flyer in Kinderarztpraxen, mit Schulbesuchen, über Kontakte mit Elternorganisationen, über die Wissensseite in 20 Minuten und über das Wissensmagazin «Einstein» von SRF Kinder und Eltern angesprochen.

► *Können Sie uns verraten, wie eine typische Studie aufgebaut ist?*

Die «typische» Studie gibt es nicht wirklich. Viele unserer Studien hatten aber etwa folgenden Aufbau: Die Studienteilnehmenden müssen während der Studie regelmäßige Bettzeiten einhalten und auf Nickerchen verzichten. Drei Tage vor einem experimentellen Teil müssen sie auf jeglichen Alkohol- und Koffeinkonsum verzichten. Auf eine Angewöhnungsnacht folgt eine experimentelle Nacht bei der vorgängig zum Schlafen eine Exposition zu elektromagnetischen Feldern (aktive Bedingung oder Kontrollbedingung ohne Feld) stattfindet. Während des Schlafes werden unter anderem die Hirnströme (Elektroenzephalogramm, EEG) gemessen. Eine Woche später folgen wiederum eine Angewöhnungsnacht und eine experimentelle Nacht mit einer weiteren Bedingung, evtl. noch ein drittes Mal wiederum eine Woche später. Die Versuchsbedingungen werden doppelblind nach einem zufälligen, überkreuzten Design angewendet.

► *Wissen die Teilnehmenden, um was es geht, zum Beispiel welcher Art und welcher Intensität von Strahlung sie ausgesetzt sind, was für Tests sie machen müssen, wie lange die Experimente dauern etc.?*

Die Teilnehmenden werden über die Details der Studie, die Bedingungen, die sie einhalten müssen, und allfällige Risiken aufgeklärt. Sie unterzeichnen zudem eine Einverständniserklärung, in der sie bestätigen, informiert worden zu sein und den Versuchsablauf verstanden zu haben. Die Experimente werden allerdings doppelblind – d. h., weder die Teilnehmenden noch die Versuchsleitung wissen, wann welche Feldbedingung zur Anwendung kommt – durchgeführt.

► *Haben Sie auch Studien mit niederfrequenten Feldern, wie sie etwa von Hochspannungsleitungen oder elektrischen Geräten ausgehen, gemacht?*

Diese Art von Exposition haben wir bis jetzt nicht untersucht. Diese Art von Studien dürfte allerdings schwierig im Labor durchzuführen sein.

► *Welche hauptsächlich Ergebnisse haben die Arbeiten hervorgebracht?*

Wir haben konsistente Effekte von gepulsten Hochfrequenzfeldern ähnlich denen von Mobilfunktelefonen auf Hirnaktivität im Schlaf festgestellt. Dabei war die Pulsmodulation wichtig, um Effekte zu induzieren. Wir haben aber keine Veränderung der Schlaf-

qualität und Struktur gesehen. Weiter gehen wir davon aus, dass es keine Auswirkung auf die kognitive Leistungsfähigkeit gibt.

► *Was können Sie über den Zusammenhang zwischen Feldexposition und Wohlbefinden sagen?*

In unserer Studie zu UMTS-Strahlung und Wohlbefinden konnten wir keinen Zusammenhang zwischen realer Feldexposition und Wohlbefinden feststellen, jedoch

Projekt

«Einfluss von UMTS-Radiofrequenzfeldern auf das Wohlbefinden und kognitive Funktionen»

Ein Schweizer Forschungskonsortium hat eine holländische Studie wiederholt, die einen Einfluss von UMTS-Mobilfunkstrahlung auf das Wohlbefinden festgestellt hatte. In der Schweizer Studie, die von der Forschungstiftung Strom und Mobilkommunikation (FSM) koordiniert und von Prof. Dr. Peter Achermann geleitet wurde, stand die Überprüfung dieser Resultate mit einer verbesserten Methodik im Vordergrund.

Die Schweizer Studie untersuchte den Einfluss von elektromagnetischer Strahlung vom Typ einer UMTS-«Mobilfunk-Basisstation» auf das Wohlbefinden und die kognitiven Fähigkeiten (Aufmerksamkeit und Arbeitsgedächtnis). Es wurden 33 Personen mit und 84 Personen ohne subjektive Beschwerden im Alter zwischen 20 und 60 Jahren untersucht. Um eine allfällige Dosis-Wirkungs-Beziehung festzustellen, wurden Feldstärken von 1 V/m und 10 V/m gewählt sowie eine Kontrollbedingung ohne Strahlung. Weder die Versuchspersonen noch die Versuchsführung wussten, zu welchem Zeitpunkt eine Person einer Strahlung ausgesetzt wurde.

Wie die Schweizer Forschenden herausfanden, führte nach 45 Minuten und verglichen mit der Kontrollbedingung keine der beiden Feldstärken zu einer Veränderung des Wohlbefindens. Auch konnte kein konsistenter Einfluss auf die kognitiven Leistungen nachgewiesen werden. Die Versuchspersonen waren zudem nicht in der Lage, die UMTS-Strahlung wahrzunehmen.

Link: www.emf.ethz.ch (unter Projekte zu finden)

Publikation: Regel S.J., Negovetic S., Rösli M., Berdiñas V., Schuderer J., Huss A., Lott U., Kuster N., Achermann P. (2006): UMTS base station-like exposure, well-being and cognitive performance, in: EHP 2006, 114, 1270–1275.

zwischen subjektiv empfundener Feldexposition und Wohlbefinden. Generell konnten unsere Studienteilnehmenden die Exposition nicht feststellen.

► *Wie zuverlässig sind Ihre Befunde angesichts der doch eher geringen Anzahl untersuchter Personen?*

Ich schätze unsere Befunde als zuverlässig ein, da wir – und auch andere Forschungsgruppen – in mehreren Studien ähnliche Effekte gefunden haben. Bei der Interpretation muss man allerdings vorsichtig sein. Wir können nicht verallgemeinern. So wissen wir z. B. nicht, wie ältere Personen oder Schlafgestörte auf diese Felder reagieren. Auch haben wir die Effekte einer einmaligen akuten Exposition der Intensität eines Handys am Kopf untersucht. Wir können somit auch nicht darauf schliessen, wie sich langfristige Exposition mit tieferer Intensität auswirkt.

► *Zurück zu Ihren Ergebnissen: Weiss man, wo und wie genau elektromagnetische Felder im Gehirn wirken?*

Die biologischen Wirkungsmechanismen sind unbekannt. Wir haben jedoch festgestellt, dass gepulste Hochfrequenzfelder ähnlich denen der Mobilfunktelefone die Hirnströme (d. h. die Gehirnaktivität) verändern. Dabei scheint die Pulsmodulation der Strahlung ausschlaggebend zu sein. Unsere Schlussfolgerung daraus ist, dass es sich dabei nicht um eine thermische Wirkung der Strahlung handelt, sondern um einen biologischen Effekt.

► *Wann, glauben Sie, kennt man die Antwort?*

Welche Antwort? In der Wissenschaft gibt es keine abschliessende Antwort. Ich nehme an, die Frage zielt auf gesundheitliche Auswirkungen von elektromagnetischen Feldern ab. Ohne dass wir die biologischen Wirkungsmechanismen verstehen, ist es schwierig, diesbezüglich klare Antworten zu geben.

► *Peter Achermann, vielen Dank für dieses Interview!*

Alle wünschen sich ein klares Ja oder Nein

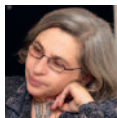
► *Leeka Kheifets, Sie arbeiten an der UCLA, einer der prestigeträchtigsten Universitäten weltweit. Profitiert Ihre Arbeit davon, dass sie an dieser Universität beheimatet sind, und wenn ja wie?*

LEEKA KHEIFETS UCLA ist eine grossartige Hochschule. Sie ermöglicht die Zusammenarbeit mit den besten Wissenschaftlern und Studenten. Ich persönlich schätze vor allem die Zusammenarbeit mit Methodikern – sie ermöglicht nicht nur neue inhaltliche Erkenntnisse, sondern bringt auch das ganze Gebiet der Epidemiologie und Risikoabschätzung voran.

► *Sie sind Epidemiologin. Können Sie uns sagen, was Epidemiologen tun und was Sie persönlich forschungsmässig interessiert?*

Epidemiologie ist das Studium der Ursachen und der Verbreitung von gesundheitsrelevanten Faktoren, insbesondere von Krankheiten, in der Bevölkerung. Obwohl man bei Risikobeurteilungen immer alle verfügbaren Forschungserkenntnisse berücksichtigt, wird den epidemiologischen Befunden meist das grösste Gewicht beigemessen, denn sie liefern die relevantesten Aussagen zur Bevölkerung. Meine Arbeit handelt von möglichen Gesundheitseffekten nicht-ionisierender Strahlung. Vor allem interessieren mich methodische Aspekte, etwa wie man die Epidemiologie für eine evidenzbasierte Gesundheitspolitik nutzen kann.

► *In den frühen 2000er-Jahren glaubten viele Forschende nicht, dass man sinnvolle epidemiologische Studien zu EMF machen kann, etwa zu möglichen Gesundheits-*



Prof. Dr. Leeka Kheifets

UCLA, School of Public Health, Department of Epidemiology

effekten von Mobilfunk-Basisstationen oder Mobiltelefonen. Welche Fortschritte hat die Epidemiologie seither gemacht?

Es ist in der Tat schwierig, eine sich derart schnell verbreitende und verändernde Exposition zu studieren. Trotzdem sind die heute vorliegenden epidemiologischen Hinweise in Bezug auf Mobiltelefongebrauch und Hirntumorrisiko bei Erwachsenen beruhigend. Einige Auswertungen zeigen zwar Effekte, diese könnten aber durch methodische Verzerrungen zustande gekommen sein. Hier braucht es weitere Forschung. Unsere eigenen Forschungen zeigen auch einen möglichen Einfluss des Mobiltelefongebrauchs während Schwangerschaft und Babyzeit auf die Entwicklung von Kindern. Diese Hinweise müssen aber noch durch andere Forschende und insbesondere durch prospektive Studien bestätigt werden. Der Mobiltelefongebrauch ist heute fast allgegenwärtig. Es wird immer schwieriger, nicht-exponierte Personen zu finden. Deshalb müssen heute (und nicht erst morgen) solche Studien durchgeführt werden.

► *Verwirrend sind die teilweise sich widersprechenden Expertenaussagen. Einige Experten sagen, es gäbe kein oder höchstens ein verschwindend kleines Gesundheitsrisiko von EMF, andere dagegen läuten die Alarmglocke. Welcher Seite kann man glauben?*

Keiner. Alle wünschen sich selbstverständlich ein klares Ja oder Nein. Es ist wichtig, wissenschaftliche Hinweise nicht zu überinterpretieren, weder in die eine noch in die andere Richtung. Ich glaube, dass der Versuch, die Menschen zu beruhigen, wie gut dieser Vorsatz auch gemeint ist, kontraproduktiv sein kann. Obwohl es meiner Meinung nach keine Gründe dafür gibt, die Alarmglocken zu läuten, wäre es falsch zu behaupten, dass es keine Probleme geben könne, da wir erst ganz wenige Krankheiten untersucht haben und noch kaum Daten über Kinder besitzen.

► *Wie solid ist Ihrer Meinung nach die Aussage, dass niederfrequente EMF das Kinderleukämierisiko erhöht?*

Die häusliche Exposition gegenüber niederfrequenten Magnetfeldern als möglicher gesundheitlicher Risikofaktor wurde in über 30 Studien untersucht. Die meisten Studien fanden eine Risikoerhöhung für Kinderleukämie. Allerdings handelte es sich dabei um sog. Fall-Kontroll-Studien mit wenigen hochexponierten Fällen. Die gefundene Risikoerhöhung bei Magnetfeldstärken über 0,3 bis 0,4 μT könnte durch methodische Verzerrungen (Selektionsfehler, Klassifizierungsfehler oder Störfaktoren) zustande gekommen sein, oder ein wahres Risiko (Kausalbezug) abbilden. Die bisherigen Interpretationen der Daten sind unschlüssig und es gibt ebenso viele gute Gründe für wie gegen ein wahres Risiko. Die epidemiologische Evidenz zum Zusam-

menhang zwischen Magnetfeldern und Kinderleukämie basiert somit auf einem zwar grossen, aber noch nicht abschliessend klaren Datenmaterial.

► *Wie stark wiegt in einer Gesamtab schätzung die Tatsache, dass es noch keine biologische Erklärung gibt, wie niederfrequente Magnetfelder Kinderleukämie verursachen könnten?*

Ein Ursachennachweis konnte bislang nicht erbracht werden und scheint auch unwahrscheinlich zu sein, weil man nicht weiss, wie so schwache Felder biologisch wirken könnten und weil auch aus Tierstudien nichts darüber bekannt ist. Die fehlenden Kenntnisse über mögliche biophysikalische Mechanismen im Bereich sehr schwacher Magnetfelder dürfen aber nicht als Beweis dafür gehalten werden, dass Gesundheitseffekte unmöglich seien. Sie bedeuten, dass die epidemiologischen Fakten robuster sein müssen, als wenn solche Mechanismen bekannt wären. Die gegenwärtige epidemiologische Evidenz ist nicht hinreichend, um andere Befunde zu entkräften, aber sie ist hinreichend, um weitere Forschung zur Klärung der Situation zu rechtfertigen.

► *Was ist die angemessene Art, in der Gesundheitspolitik mit Risiken, die wissenschaftlich nicht eindeutig belegt sind, umzugehen?*

Eine gute Gesundheitspolitik sollte auf diese Risiken mit Vorsorge und Forschungsförderung reagieren, und beides sollte konsequent aber auch mit Augenmass gemacht werden.

► *Schaut man, wie in der Vergangenheit politisch mit den möglichen Gesundheitsrisiken von Hochspannungsleitungen und Mobiltelefonen umgegangen wurde: Was war gut, was schlecht und was sind aus heutiger Sicht die wichtigsten Lektionen, die man gelernt hat?*

Die wichtigste Herausforderung im Zusammenhang mit Hochspannungsleitungen betrifft die Frage, wie man auf schwache und unsichere wissenschaftliche Hinweise, die Menschen verunsichern oder ängstigen, reagieren soll. Bei den Mobiltelefonen ist es die Frage, wie man auf ein potenziell grosses öffentliches Gesundheitsrisiko, das viele Menschen beunruhigt, zu dem es aber nur begrenzte wissenschaftliche Klarheit gibt, reagieren soll. Hinsichtlich Hochspannungsleitungen hat man gelernt, wie wichtig es für das Management von schwer einschätzbaren und mit potenziell sehr hohen sozialen Kosten verbundenen Risiken es ist, offen und proaktiv an die Forschungsförderung heranzugehen. Obwohl es vor allem auf der lokalen Ebene noch politische Auseinandersetzungen gibt, erlaubt die Kombination von weitergehender Forschung, Bürgerbeteiligung und Ausschöpfung aller Potenziale zur Expositionsminimierung

den Aus-, Um- und Neubau von Hochspannungsleitungen. Hinsichtlich der Mobiltelefonie scheinen mir die Governance-Defizite beträchtlicher. Das Thema ist jünger und wirtschaftliche und andere Interessen sind um einiges grösser. Die Meinungen sind manchmal sehr extrem, etwa wenn selbst einfache und billige Massnahmen, wie die Deklaration von SAR-Werten oder die Empfehlung zur Nutzung von Ohrhörern, bekämpft oder gar lächerlich gemacht werden. Auch Versuche, die Forschung über die Mittelvergabe oder andere Mechanismen zu kontrollieren, sind hier eher anzutreffen als in anderen Bereichen.

► *In Europa und insbesondere in der Schweiz sind das Vorsorgeprinzip und Bürgerbeteiligungen wichtige Elemente der politischen Kultur, die auch für EMF Fragestellungen eingesetzt werden. Welche Bedeutung würden sie diesen zwei Elementen geben, wenn Sie sie international betrachten?*

Als ich in Genf bei der WHO arbeitete, konnte ich an einer Bürgerversammlung teilnehmen und war beeindruckt und begeistert von der Qualität der Beteiligung. Ich glaube, wir müssen die Bedeutung und den Nutzen öffentlicher Beteiligungsverfahren anerkennen, von der Problemdefinition bis zur Problemlösung. Allerdings ist es nicht einfach, immer die richtige Balance zu finden. Zuweilen werden Massnahmen der jeweiligen Gegenseite systematisch in ein schlechtes Licht gerückt, etwa durch entsprechende Interpretation der wissenschaftlichen Evidenz oder durch einseitige Darstellung möglicher negativer Auswirkungen. Dasselbe gilt bei der Diskussion des Vorsorgeprinzips, welches Teil jeder Politik sein sollte, allerdings ohne Entwicklungspotenziale zu verhindern. Im Falle der Mobiltelefone beispielsweise würden viele Vorsorgemassnahmen den Nutzen der Technologie keineswegs beschneiden.

► *Leeka Kheifets, vielen Dank für dieses Interview!*

Emotionen spielen eine zentrale Rolle

► *Michael Siegrist, Sie interessieren sich als Wissenschaftler unter anderem dafür, wie Menschen Risiken wahrnehmen. Wie nehmen die Schweizer den «Elektrosmog» im Vergleich zu anderen Risiken wahr?*

MICHAEL SIEGRIST Handys oder Basisstationen werden als unbekannte Risiken, die mit einem geringen Furchtpotenzial verbunden sind, wahrgenommen. Elektrosmog ist also für die meisten Personen in der Schweiz kein vordringliches Risiko. Bei direkt betroffenen Personen, die mit einer neuen Basisstation konfrontiert sind, kann sich dies aber ändern. Dann können auch geringe Risiken als zu hoch eingestuft werden.

► *Unterscheiden die Menschen zwischen verschiedenen Quellen, etwa zwischen elektromagnetischen Feldern von Radio- und TV-Sendern, Mobilfunk-Basisstationen, Handys, Stromleitungen oder Elektrogeräten?*

Starkstromleitungen werden deutlich als am riskantesten wahrgenommen, dann kommen die Basisstationen. Die anderen Quellen lösen ähnlich tiefe Risikoeinschätzungen aus.

► *Welche Rolle spielt Wissen in der Risikowahrnehmung? Nehmen wir Risiken anders wahr, wenn wir besser informiert sind?*

Die kritische Frage ist hier immer, von welchem Wissen sprechen wir. Generelles naturwissenschaftliches Wissen hat kaum einen Einfluss auf die Risikowahrnehmung. Spezifisches Wissen kann aber einen Einfluss auf die Risikowahrnehmung haben. Das Wissen, dass es im Handy eine Antenne hat und dass diese stärker strahlt, wenn ich mich in einem Auto befinde, kann einen Einfluss auf die Risikowahrnehmung haben.



Prof. Dr. Michael Siegrist

ETH Zürich, Institut für Umweltentscheidungen (IED),
Professur für Konsumentenverhalten

► *Und welche Rolle spielen Emotionen, Gefühle oder moralische und politische Überzeugungen?*

Emotionen spielen bei der Risikowahrnehmung eine zentrale Rolle. Die mit einer Technologie assoziierten Bilder sind wichtiger für die Risikowahrnehmung als Statistiken. Politische Überzeugungen spielen aber häufig keine so wichtige Rolle. Ob man für oder gegen eine Technologie ist, da können die politischen Überzeugungen aber durchaus wichtig sein. Dies ist kein Widerspruch, denn der wahrgenommene Nutzen ist in der Regel wichtiger für die Akzeptanz einer Technologie als die wahrgenommenen Risiken.

► *Wieso widmet sich die Öffentlichkeit so gern der Frage, ob etwas ein Risiko ist – «Elektrosmog» ist hier ein gutes Beispiel –, statt diese Frage den Experten zu überlassen und sich in der Zwischenzeit der Lösung drängender Probleme zuzuwenden?*

Die Menschen machen sich zum Teil über die falschen Bedrohungen Sorgen. Die Experten tragen aber dazu bei. Denn die Experten sind sich ja nicht immer einig darüber, wie hoch die Risiken sind. Zu jeder Frage finden sich Experten, die mögliche Risiken sehen. Da spielen zum Teil natürlich auch eigene Interessen eine wichtige Rolle. Ohne wahrgenommene Risiken gibt es auch keine Risikoforschung.

► *Risikoforschung wird manchmal als wissenschaftlich legitimierte Akzeptanzbeschaffung gesehen. Wo ziehen Sie die Grenze zwischen unabhängiger Forschung und «Gefälligkeitsforschung»?*

Bei allen Projekten, die wir durchführen, dürfen wir die Ergebnisse in unserem eigenen Ermessen publizieren. Die Geldgeber haben kein Vetorecht. Zudem wäre es schwierig, «Gefälligkeitsforschung» zu publizieren. Unsere Forschung ist deshalb immer solche, bei der die Geldgeber weder Studiendesigns noch Ergebnisse beeinflussen können.

► *Das führt mich ganz konkret zur FSM. Wie gewährleistet die Stiftung, in deren Aufsichtsgremium Sie sind, dass die geförderte Forschung unabhängig von Sponsoreninteressen ist?*

Der wissenschaftliche Ausschuss entscheidet, welche Projekte gefördert werden. In diesem Ausschuss sitzen ausschliesslich Wissenschaftler, die Industrie ist darin nicht vertreten und kann deshalb auch keinen Einfluss darauf nehmen, welche Projekte gefördert werden und welche nicht.

► *Zurück zur EMF-Risikoforschung: Welche Art Studien führen Sie als Sozialwissenschaftler in diesem Bereich durch? Und können Sie uns ein oder zwei Beispiele von Ergebnissen geben?*

Wir untersuchten zum Beispiel die mentalen Modelle der Laien. Dabei zeigte sich, dass die Basisstationen deshalb als riskanter eingestuft werden als die Handys, weil die meisten Konsumenten nicht realisieren, dass im Handy ebenfalls eine Antenne steckt. Deshalb machen sich die Konsumenten mehr Sorgen über Basisstationen als über Handys. Unsere Forschung zeigte, welches Wissen relevant ist und den Menschen vermittelt werden muss. Wird dieses Wissen vermittelt, dann nimmt auch die Bereitschaft zu, Basisstationen in der Umgebung zu akzeptieren.

► *In welche Richtung möchten Sie Ihre EMF-Forschung in den nächsten Jahren weiterentwickeln?*

Der Ausbau des Stromnetzes in den nächsten Jahren wird sicher noch zu reden geben. Daraus werden sich interessante Forschungsfragen ergeben.

Michael Siegrist, vielen Dank für dieses Interview!

