



Interphone, die größte Erhebung WELTWEIT

In puncto Risikovermeidung stellt die Epidemiologie – die statistische Untersuchung der Beziehungen zwischen einer potenziellen Gefahr und den effektiven Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit – eine unverzichtbare Vorbedingung jeder seriösen Diagnose dar. Damit jedoch eine solche Analyse möglich wird, muss man auf eine minimale Zeitspanne zurückgreifen und sich auf ausreichend breite und aussagekräftige Daten abstützen können. Für die mobile Telefonie wurde die ehrgeizige, von der Kommission geförderte *Interphone*-Studie gestartet, sobald diese beiden Bedingungen erfüllt waren. Nun wartet die Welt gespannt auf die ersten umfassenden Schlüsse, die als Wissensbasis für eine objektive Diskussion der bei der Nutzung des Handys gebotenen Vorsicht dienen werden.

Alles beginnt 1998. Die mobile Telefonie ist noch ganz neu, aber es zeichnet sich zunehmend klar ab, dass diese Erfindung sich als einschneidende technische und gesellschaftliche Veränderung durchsetzen wird. Das Handy wird hunderte Millionen Menschen persönlich betreffen. Zwei große internationale Organisationen, die ICNIRP⁽¹⁾ – für die Festlegung der Grenzwerte bezüglich der elektromagnetischen (EM) Strahlung – und die Weltgesundheitsorganisation (WHO) sehen sich unmittelbar von dieser technologischen Innovation angesprochen. Sie

rufen die Experten weltweit zusammen, um eine Bestandsaufnahme der potenziellen Auswirkungen zu machen. Was weiß man über die möglichen Folgen und Risiken der EM-Radiofrequenzen, die von diesen neuen, so nahe am Kopf gehaltenen Geräten ausgestrahlt werden, die ganz andere Eigenschaften aufweisen als die herkömmliche Telefonie? Genau genommen nicht sehr viel.

Sämtliche verfügbaren epidemiologischen Daten bezüglich der Belastung mit Radiofrequenzen betrafen kleinere Bevölkerungsgruppen, die ihnen

im Beruf (Radaranwendungen, medizinisches Personal usw.), aber unter völlig anderen Bedingungen ausgesetzt waren. Überdies waren die Bewertungsmethoden dieser spezifischen Risiken recht uneinheitlich und für die Untersuchung dieser neuen Erfindung für die Massen völlig unzulänglich.



Vielfältige Geldgeber

Die epidemiologische Erhebung *Interphone* nahm im Jahr 2000 Form an, als sie von der Europäischen Union eine substantielle Unterstützung erhielt: maximal 3 850 000 Euro über vier Jahre für das im Fünften Rahmenprogramm ausgewählte Projekt. Diese durch nationale Fonds ergänzte gemeinschaftliche Initiative umfasst dänische, finnische, französische, deutsche, italienische, schwedische, norwegische und britische Teilnehmer sowie eine israelische medizinische Einrichtung. Vier weitere internationale Partner (Australien, Kanada, Japan und Neuseeland) beschlossen, sich dem Konsortium anzuschließen, was die Zahl der von der Erhebung erfassten Länder auf 13 anhebt. Weitere Gelder wurden durch die UICC (*Union internationale contre le cancer*) beigesteuert. Dieser Beitrag dient insbesondere als Treibriemen für Mittel, die von zwei privaten Organisationen zur Verfügung gestellt werden, die die Mobiltelefonie-Industrie vertreten: das *Mobile Manufacturers' Forum* und die *Association GSM*. „Diese materielle Unterstützung der Industrie wird nur in Verbindung mit einer zwingenden Klausel akzeptiert, die eine völlige wissenschaftliche Unabhängigkeit der unter der Schirmherrschaft von *Interphone* durchgeführten Studien gewährleistet“, unterstreicht Elisabeth Cardis.



Methode gesucht

„Seit jener Zeit haben wir die Machbarkeit einer Forschung mit dem Namen *Interphone*, die diesem neuen Problem wirklich angemessen ist und es gezielt angeht, studiert“, sagt Elisabeth Cardis, Direktorin der *Agence Internationale pour la recherche sur le cancer* (AIRC), einer Zweigstelle der WHO mit Sitz in Lyon (FR), und Koordinatorin dieser Initiative. „Spezialistenteams aus 13 Ländern – die Erhebung hatte effektiv nur einen Sinn, wenn sie in sehr großem Maßstab durchgeführt wurde. Um jegliche regionale Verzerrung auszuschließen – einigten sich die Teams darauf, die Forschungen auf die Entwicklung von sehr spezifischen Tumoren des Schädelsystems zu konzentrieren: gewisse Gehirntumore (Gliome und Meningeome), Tumore der Ohrspeicheldrüse (Parotistumore) und des Hörnervs (Neurinome) sowie Störungen des Lymphgewebes (Lymphome).“

Darauf galt es, die untersuchten Populationen im Hinblick auf den Handygebrauch sorgfältig auszuwählen. Die Kontrollgruppen wurden einzig in Gegenden zusammengestellt, wo diese Technologie sich sehr frühzeitig eingebürgert hatte, damit man sie über mindestens fünf bis zehn Jahre verfolgen konnte. Dies traf beispielsweise für ziemlich weite Gebiete in Nord-europa zu, andernorts musste man sich hingegen mit einigen großen Ballungsräumen, die als erste ausgerüstet waren, begnügen. Desgleichen beschränkte sich *Interphone* auf Berufstätige in der Altersgruppe 30 bis 59 Jahre, bei der die Wahrscheinlichkeit einer bereits langjährigen, ununterbrochenen Erfahrung mit dem Handy am größten war.

Nachdem sämtliche Kriterien festgelegt waren, ergab das statistische Potenzial, an dem die Teams zu arbeiten begannen, eine signifikante Stichprobe: rund 6000 Personen mit Gliomen oder Meningeomen (in schwerem oder gutartigem Stadium), 1000 Fälle von Neurinomen des Hörnervs und 600 Personen mit Parotistumoren.

Erhebungen und Vergleiche

Auf dieser Grundlage führten die ForscherInnen persönliche Tiefeninterviews mit den betroffenen Gruppen durch, um die Rückwirkung und die Intensität ihres Handygebrauchs zu erfassen. Wichtige Einzelheiten wurden sorgfältig notiert. Lässt sich zum Beispiel feststellen, welches Ohr normalerweise benutzt wurde? Dieser Punkt ist wichtig, insbesondere wenn es um den Zustand des Gehörs und des Speichelapparats geht.

Diese Erinnerungsarbeit wurde mit den verfügbaren Angaben der Rechnungen der Telekom-Anbieter und den technischen Merkmalen der Netze und verwendeten Geräte verglichen. Schließlich wurde eine breitere, persönliche Erhebung durchgeführt, um genetische oder Umweltfaktoren zu ermitteln, die mitgewirkt haben könnten.

„Derzeit laufen viele nationale oder regionale, abgeschlossene oder kurz vor dem Abschluss stehende Erhebungen im AIRC zusammen“, sagt Elisabeth Cardis. „Einige Teilergebnisse sind bereits von verschiedenen Teams veröffentlicht worden. Sie kommen alle zu dem Schluss, dass keine Wirkungen bestehen, mit einer Ausnahme: den Resultaten eines schwedischen Teams betreffend das Neurinom des Hörnervs (siehe Kasten). Doch die Ergebnisse von *Interphone* sind erst dann wirklich aussagekräftig, wenn sie in ihrer Gesamtheit analysiert und validiert sind. Diese Gesamtbewertung wird nicht vor 2006 vorliegen“, halten die Forscher fest. ■

Kontakt

○ Elisabeth Cardis
cardis@iarc.fr

Sie möchten mehr wissen?

○ www.iarc.fr

(1) Internationale Kommission für den Schutz gegen die nicht ionisierende Strahlung

Rätselhaftes schwedisches Neurinom

Im Oktober 2004 veröffentlichte das Institut für Umweltmedizin (IMM) des berühmten *Karolinska Institutet* in Stockholm eine Pressemitteilung, die einiges Aufsehen erregte. Es gab bekannt, dass die Untersuchung von 150 Personen mit Neurinom – eines gutartigen Tumors des Hörnervs, der sich sehr langsam entwickelt und eher selten ist (schätzungsweise ein Fall pro Jahr und 1 000 000 Personen) – bei intensiver Nutzung des Handys *seit mindestens zehn Jahren* ein doppelt so hohes Risiko ergab. Ein beunruhigendes Detail: Der Risikofaktor war um ein Vierfaches höher, wenn das Handy systematisch ans gleiche Ohr gehalten wurde.

Nach Ansicht der ForscherInnen selbst – die allerdings dem Publizitätseffekt der Information nicht widerstehen konnten – ist diese Feststellung mit größter Vorsicht aufzunehmen. Zunächst weil die untersuchte Stichprobe der von diesem Tumor Befallenen sehr klein ist. Die *Interphone*-Studie sollte erschöpfendere Ergebnisse über die Untersuchung von tausend an diesem Tumor erkrankter Personen liefern. Die Einschränkung „*seit mindestens zehn Jahren*“ (unterhalb dieses Zeitraums konnte kein erhöhtes Risiko festgestellt werden) weist vielleicht auch auf ein technologisches Problem hin. Die ersten Handys, die vor dieser Zeit in Gebrauch kamen, waren analoge Geräte (NMT). „Es gibt nichts, das uns zu bestätigen erlaubt, dass diese Ergebnisse langfristig auch für die Verwendung der digitalen Telefone der GSM-Generation gelten.“



Das Handy lässt uns aufhorchen



Das Handy, vor kaum zehn Jahren auf den Markt gebracht und binnen kürzester Zeit ein gesellschaftlicher und kommerzieller Renner, steht heute im Mittelpunkt intensiver Forschungen über seine Unschädlichkeit für die menschliche Gesundheit. Immerhin konnte bislang, abgesehen von Verkehrsunfällen infolge mangelnder Konzentration beim Autofahren, kein Hinweis auf irgendwelche Schädwirkungen festgestellt werden.

Warum also so viel Aufhebens um dieses Gesundheitsrisiko, für das es keine erhärteten Fakten gibt? Zweifellos wegen der rasanten Verbreitung dieser neuen Technologie, die heute von 1,6 Milliarden Menschen benutzt wird, über deren potenzielle biologische Langzeitwirkungen indessen ein hartnäckiges Defizit an wissenschaftlicher Erkenntnis herrscht. Dabei ist die Elektromagnetik in all ihren Formen – den natürlichen wie den vom Menschen geschaffenen – ein Phänomen, das seit langem von den Gelehrten erforscht und von den Ingenieuren verwertet wird und seit einem Jahrhundert eine unablässig wachsende Vielfalt von Anwendungen hervorbringt. Insbesondere liegt sie der galoppierenden Entwicklung der Telekommunikation zugrunde.



Herkömmlicherweise wurde die Sicherheitsgrenze für die Wirkungen der Magnetfelder auf die menschliche Gesundheit bei der Unterscheidung zwischen ionisierenden und nicht ionisierenden Strahlen gezogen. Die verheerenden biologischen Folgen elektromagnetischer Frequenzen im unsichtbaren Bereich – von den ultravioletten bis zu den radioaktiven Strahlen – sind während Jahrzehnten durch die wissenschaftliche Spezialdisziplin des Strahlenschutzes sorgfältig identifiziert und analysiert worden. Trotz der Gefahren ermöglichte diese, Anwendungen im ionisierenden Bereich in den Griff zu bekommen, sei es für die Erzeugung von Kernenergie oder auf dem Gebiet der Medizin, wo ihre Entwicklung namhafte technische Fortschritte bei bildgebenden Verfahren und ausgeklügelten Behandlungsmethoden erlaubte.



Eine Frage ist indessen auffällig unberücksichtigt geblieben, zumindest bis vor etwa zwanzig Jahren: die der Einflüsse auf den menschlichen Körper, die der große, nicht ionisierende, diffuse, schlecht kontrollierte elektromagnetische Smog mit seiner wachsenden Stärke und Frequenzbreite, der uns in unserer häuslichen, städtischen oder beruflichen Umwelt täglich umgibt, haben könnte.

Die mobile Telefonie hat uns aufmerken lassen. Es ist Zeit, alles in Bewegung zu setzen, um die möglichen Risiken abzuschätzen und, wenn nötig, dagegen vorzugehen. Es ist Zeit, mehr zu wissen, nicht nur über dieses kleine Gerät, das uns häufig am Ohr „klebt“, sondern auch über viele andere neue Technologien und sämtliche Infrastrukturen, die sie benötigen. Dies gilt übrigens auch für die fest in unserer Umwelt verankerten Installationen, etwa die elektrischen Hochspannungsleitungen, unter denen in unmittelbarer Nachbarschaft lebende Menschen leiden.



Ein Meer elektromagnetischer Wellen

Während praktisch des ganzen 20. Jahrhunderts war die Verträglichkeit der elektromagnetischen Felder (EM)

mit Ausnahme der Radioaktivität kein Forschungsthema. Das hat sich in den letzten 30 Jahren geändert und man hat sich Fragen über die nicht ionisierenden Strahlen zu stellen begonnen. Doch wie soll man sich schützen, wenn sich die Wissenschaftler nach wie vor einig sind, dass sich trotz der stetig wachsenden Zahl der Technologien, die den allgegenwärtigen elektromagnetischen Smog verstärken, keine konsistenten und überzeugenden Hinweise auf mögliche Veränderungen der menschlichen Gesundheit finden lassen? Immerhin räumen sie ein, dass die Daten sowohl auf der Ebene der Laborforschungen wie der Epidemiologie und der Expositionsmessungen sehr unvollständig sind und nicht ausreichen, um zu verlässlichen Schlüssen zu gelangen.

Strom ist unsichtbar, aber sehr wohl spürbar, und er lässt sich durch leitende Kabel transportieren. Die Lampe leuchtet auf, Motoren aller Art starten, die Heizplatte erhitzt sich und der Kühlschrank kühlt, der Fernseh- oder Computerbildschirm erhellt sich, das Telefon klingelt und den Ungeschickten, der am Kabel herumfingert, trifft sofort der elektrische Schlag.

Doch der durchfließende Strom hat auch eine verborgene Seite, die untrennbar mit dem ihm zugrunde liegenden schwingenden elektrischen Feld verbunden ist, sich aber außerhalb der Leitungen befindet und nicht direkt spürbar ist. Denn er generiert magnetische Felder, die in der unmittelbaren Umgebung vorhandene elektrische Ladungen auf Distanz polarisieren.

Bereits in den Pionierzeiten des ausgehenden 19. Jahrhunderts, als der Physiker Maxwell, der Begründer der Theorien über die Elektrizität, den Nachweis für diese beiden Eigenschaften erbrachte, wurde das elementare Zusammentreffen des für die Stromleitung notwendigen elektrischen Felds und des beim Durchfließen entstehenden magnetischen Felds im Begriff des Elektromagnetismus zusammengefasst.

Das große gemeinsame, universelle Spektrum

Der Ausdruck Elektromagnetismus bezeichnet die Fortbewegung der Energie, unabhängig davon, ob sie nun im konkreten Material einer Leitung oder im immateriellen Raum erfolgt. Er hat nicht nur die Tore zu der Beherrschung der Elektrizität durch den Menschen in praktischen Anwendungen geöffnet, sondern ist auch ein „Sesam-öffne-Dich“ der modernen Physik geworden.

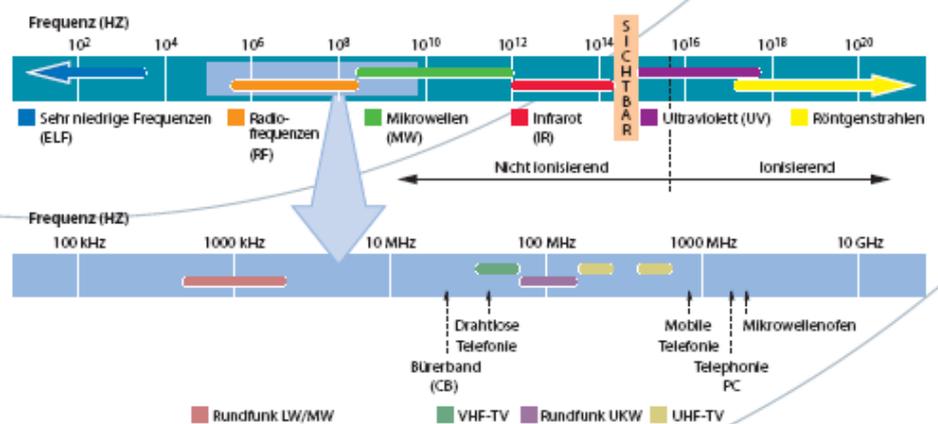
So bereitere er der Erkenntnis den Weg, dass das Weltall in Wahrheit von einer unglaublichen Vielfalt von Verbreitungsförmigkeiten schwingender elektromagnetischer Wellen erfüllt ist, die sich auf einem gigantischen Frequenzspektrum ablesen lassen, das von Null (im Fall des in eine Richtung fließenden Gleichstroms) bis zu 10^{20} Hertz⁽¹⁾ reicht.

Dieses gemeinsame, einheitliche Raster der Schwingungsphänomene in der Welt der Atome und Partikel umfasst auf seinen Himalaja-ähnlichen Frequenzspitzen alles, die kosmische Strahlung und die Phänomene der Radioaktivität (unterschieden in Gamma- und Röntgenstrahlen) ebenso wie die Merkmale des sichtbaren Lichts und die verschiedenen Farben, die es zusammensetzen, sowie auch die riesigen Spektren, die ihm im infraroten und ultravioletten Bereich vor- beziehungsweise nachgelagert sind.

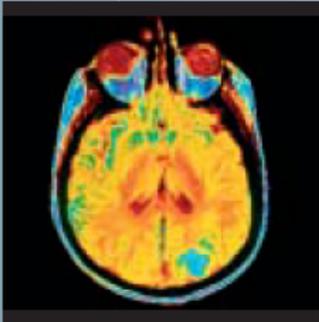
Auf diesem Kontinuum befinden sich die Frequenzen der vom Menschen entwickelten elektrischen und elektronischen Anwendungen ganz am unteren Ende. Sie sind allerdings nach und nach auf der Schwingungsskala gestiegen, um immer vielfältigere Zwecke zu erfüllen.

(1) Ein Hertz (nach dem deutschen Physiker, einem Zeitgenossen Maxwells, benannt) entspricht einer Wellenschwingung pro Sekunde. Die Wellenlängen werden in einer reziproken Skala ausgedrückt (beispielsweise die Klasse der Mikrowellen), die die Distanz misst, die eine Welle in einem Schwingungszyklus durchläuft.

Das elektromagnetische Spektrum



Auf der riesigen logarithmischen Frequenzskala umfasst das elektromagnetische Spektrum sowohl die grundlegenden Phänomene des Weltalls (kosmologische Strahlung, Radioaktivität, Licht) als auch die Entwicklung der auf Elektrizität beruhenden Zivilisation und die vom Menschen erfundene Telekommunikation.



Selbst wenn die Strahlen potenziell gefährlich sind und großer Schutzvorkehrungen bedürfen, haben sie der Wissenschaft zu enormen Fortschritten bei der Aufdeckung von Anomalien und Krankheiten verholfen und zu heute alltäglichen Diagnosetechniken geführt, wie etwa dem modernsten unter den bildgebenden Verfahren, der Kernspintomographie.

Präzedenzfall Radioaktivität

Bei ihrer Verbreitung haben die elektromagnetischen Wellen bei ihrem Aufprall auf die Atome, aus denen sich belebte wie unbelebte Objekte zusammensetzen, naturgemäß eine elektrische Wirkung. Dessen wurde man gewahr, als die Pioniere dieser Forschung in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts sich – oft auf Kosten ihrer Gesundheit – für die Merkmale der Radioaktivität, von deren biologischen Schadwirkungen sie noch nichts wussten, zu interessieren begannen. In diesem Bereich des elektromagnetischen Spektrums ruft die Fähigkeit, Materie zu durchdringen, Brüche in den Verbindungen der Atome hervor und führt zur Bildung von Ionen. Auf biologischer Ebene hat dies eine tief greifende Veränderung der DNA zur Folge. Diese streng überwachten Wellen werden „ionisierende Strahlen“ genannt.

Obwohl diese Eigenschaft in hohem Maße tödlich sein kann, war sie für die Wissenschaft von großem Interesse, da sie ausgezeichnete Dienste zu leisten versprach. So steckte Marie Curie während des Ersten Weltkriegs, weit hinter den Schützengräben, ihre ganze Energie in den Nachweis, dass Röntgenstrahlen ein bisher unbekanntes Mittel an die Hand gaben, um Knochenläsionen von Verletzten zu „sehen“. Den Folgen dieser Strahlungen, denen sie sich ihr ganzes Forscherleben lang ausgesetzt hatte, fiel sie später zum Opfer.

Ab den 50er Jahren, mit der Entwicklung der Nuklearindustrie und der zunehmenden Einführung radioaktiver Anwendungen in der Medizin und anderen Disziplinen, entstand die *Strahlenschutz*-Wissenschaft. Sie verfolgte das Ziel, die Wirkungen der ionisierenden Strahlung zu untersuchen, wirksame Schutzmittel zu entwickeln, die Expositions-Grenzwerte festzulegen und gleichzeitig einen maximalen Nutzen daraus zu ziehen. Die 1965 gegründete Internationale Vereinigung für den Strahlenschutz (IRPA) begann, die Rolle eines weltweiten Forums für den Austausch und die Verbreitung der Erkenntnisse sowie die Festlegung gesundheitlicher Normen für diese einzigartige Gruppe ionisierender Strahlen zu spielen.

Nicht ionisierende Neulinge

Zehn Jahre später fragten sich die Wissenschaftler, die die Arbeiten der IRPA leiteten, ob diese Strahlenschutzvorkehrungen nicht auch auf andere Teile des elektromagnetischen Spektrums, auf denen die neuen Technologien zunehmend beruhten – angefangen beim sehr niedrigen Frequenzbereich von 50 Hertz der herkömmlichen Stromnetze über

Harmlose Hochspannungsleitungen?

Bei der sehr niedrigen Frequenz von 50 Hertz – die allgemeine Norm der klassischen Stromnetze in ganz Europa – ging man immer davon aus, dass alle EM-Strahlungen für die Bevölkerung ohne Gefahr sind. Wir sind es somit gewohnt, unter einem riesigen Spinnennetz von Hochspannungsleitungen zu leben, die unsere Umgebung mit ihren verdichteten Knotenpunkten beim Ausgang aus den Kraftwerken und beim Eintritt in die großen städtischen Agglomerationen überziehen. Gewiss, ab und zu erhoben sich Stimmen, um die Unschädlichkeit der starken, von diesen elektrischen Autobahnen hervorgerufenen Magnetfelder, die den bewohnten Gebieten mit wachsender Siedlungsdichte manchmal recht nahe kommen, in Frage zu stellen. Lange Zeit wurden diese Besorgnisse mangels vertiefter Studien nicht ernst genommen. Seit rund zehn Jahren fragen sich jedoch die Experten, ob es einen Zusammenhang mit den Leukämien bei Kindern gibt, die in der Nähe solcher Leitungen geboren wurden und längere Zeit dort lebten. Die Daten wiesen auf eine mögliche Häufung der Fälle hin, und man kam überein, dass in dieser Tendenz, sollte sie sich erhärten, „mehr als nur einen Zufall“ zu sehen sei.

Im vergangenen Juni hat das *British Medical Journal* wesentlich vertieftere Ergebnisse eines Teams der Universität Oxford veröffentlicht. Dieses führte eine große epidemiologische Studie durch, bei der es rund 9700 Fälle von Leukämien bei Kindern unter 15 Jahren verglich, die in Großbritannien auf einer Karte des Hochspannungsnetzes und seinen rund 22 000 Masten verzeichnet wurden. Das ziemlich klare Resultat weist auf ein um 70 % erhöhtes Leukämierisiko bei Kindern hin, die weniger als 200 Meter von solchen Leitungen entfernt wohnen. Die Autoren gehen vorsichtig davon aus, dass ein allfälliger, daraus herzuleitender Ursache-Wirkungs-Zusammenhang immer noch weniger als 1 % der kindlichen Leukämiefälle in diesem Land betrifft. Dieser Zusammenhang wird überdies durch die Tatsache relativiert, dass die Untersuchung sämtlicher kindlicher Leukämiefälle zumeist auf vorgeburtliche DNA-Veränderungen oder spätere wichtige Umweltfaktoren, etwa eine ausgeprägte Aussetzung gegenüber ionisierenden Strahlen, als Krankheitsursache hinweisen. Die von der britischen Studie ermittelten Zahlen für die Erhöhung des Risikos, die nicht mit diesen nachhaltigeren Faktoren hochgerechnet wurden, haben mithin vorläufig erst beschränkte Aussagekraft. In Zukunft sollten jedoch strengere nationale Normen für die zulässigen Distanzen von elektrischen Leitungen eingeführt werden.

Sie möchten mehr wissen?

○ www.greenfacts.org/power-lines/1-2/power-lines-3.htm#2

das immer breitere Radiofrequenzspektrum für Übermittlungen bis hin zu den so genannten Mikro- und Infrarotwellen – ausgedehnt werden sollte. Denn es besteht effektiv ein direkter Zusammenhang zwischen der Wellenfrequenz und der transportierten Energie – und mithin den potenziellen Auswirkungen auf die Materie.

GSM (Global System for Mobile communication). Diese drei vor bald zwanzig Jahren eingeführten Initialen stehen für eine lange und beharrlich verfolgte Erfolgsgeschichte der EU. Der Erfolg ist Ergebnis des Willens zu konstruktiver und intensiver Zusammenarbeit zwischen Unternehmen der Telefon- und Elektroniktechnologie (entstanden im Rahmen der EUREKA-Initiative), den nationalen Telekommunikationsgesellschaften der europäischen Länder und den EU-Institutionen (EU-Kommission, -Rat und -Parlament). Alle diese Akteure trugen dazu bei, dass die notwendigen Harmonisierungsbemühungen erfolgreich verliefen und die GSM-Norm sich ungehindert über die Grenzen hinweg entwickeln konnte. Die Mobiltelefonie via GSM dient heute 1,6 Milliarden Benutzern weltweit.



Seit zwei Jahrzehnten ist ein unablässiges, geradezu explosives Wachstum der verschiedensten elektromagnetischen Signale zu beobachten.

1977 schuf die IRPA im Verbund mit der Weltgesundheitsorganisation (WHO) und dem Umweltprogramm der Vereinten Nationen (UNEP) das erste *Internationale Komitee für die nicht ionisierende Strahlung*, um die Hygienekriterien auf diesem sehr weit gesteckten Gebiet zu untersuchen und festzulegen. 1992 trennte sich das Komitee von der Vereinigung und wurde zur *Internationalen Kommission für den Schutz gegen die nicht ionisierende Strahlung* (englisch ICNIRP), einer unabhängigen wissenschaftlichen Instanz mit dem Auftrag, diese Fragen weltweit zu koordinieren. Dieses Forschungsfeld, das lange – zu lange – unbeachtet geblieben war, hatte damit Form angenommen, ging aber von einem sehr begrenzten Wissensstand aus.

Elektrischer Alltag

Die Schutzaufgabe, mit der diese neu gegründete Organisation betraut wurde, ist von einer Komplexität, die einem zunächst den Atem verschlagen kann. Wie soll man sich in unserer Gesellschaft, in der alles elektrisch läuft, vorstellen können, dass man – bislang ohne jeden Grund – besorgt sein sollte über die zahllosen sehr niederfrequenten elektromagnetischen Felder, die von der Vielzahl der Apparate, die wir in unserem Privat- und Berufsleben benutzen, von den elektrischen Verkehrsmitteln und den Kabeln, die sie speisen, herrühren. Es herrscht allgemeiner Konsens über die Unschädlichkeit dieser Felder, deren sehr schwache und räumlich begrenzte magnetische Ladung sehr niedrige Grenzwerte nicht überschreiten darf.

Der Einfluss dieser Felder wird allerdings eindeutig weitreichender und größer, wenn die Stromstärke zunimmt und spezifischere Distanzwerte erfordert, wie dies beispielsweise bei gewissen hochenergetischen Industrieanwendungen oder den neuralgischen Punkten in den Stromnetzen, etwa den Kraftwerken, Transformatorstationen oder Hochspannungsleitungen der Fall ist. Insbesondere bezüglich Letztgenannten ist eine Debatte über ihre potenziellen gesundheitlichen Folgen im Gange – Folgen, die neuere Forschungen zu bestätigen scheinen (siehe Kasten).

Von Wellen überflutet

Ein weiterer zentraler Bereich hängt übrigens mit der Entwicklung der Telekommunikation zusammen. Auch hier werden die Übermittlungsfähigkeiten der elektromagnetischen Wellen nicht erst seit gestern genutzt. In der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts erlaubte die Beherrschung von Sendung und Empfang der so genannten *Hertz-Wellen* im Bereich von 300 KHz bis 300 GHz die Entstehung und Entwicklung von Rundfunk und später Fernsehen.

Mit der Zeit fand die drahtlose Fernübermittlung immer breitere Anwendung und dehnte sich in die höheren Spektren der „*Radiofrequenzen*“ aus, was während des Zweiten Weltkriegs beispielsweise zur Erfindung des Radars führte. Seit etwa zwanzig Jahren hat die wachsende Überschneidung verschiedenster elektromagnetischer Signale explosionsartig zuge-

In der Schaltzentrale des Wissens

vereint die besten europäischen Forscherteams, die in den Mitgliedstaaten oder in EU-finanzierten Kooperationsprojekten arbeiten.

So spärlich sie anfangs gesät waren, so üppig, wenn nicht übermäßig, sprießen sie heute. Immer mal wieder schlägt sich die Fülle der Ergebnisse und Daten in neuen Publikationen, Pressemitteilungen und Gutachten autorisierter Gesundheitsorgane nieder. Insgesamt folgt dieser anschwellende Fluss seinem im Allgemeinen zu keinerlei Besorgnis veranlassenden Lauf. Mitunter gibt es jedoch auch Missklänge, Abweichungen der Inzidenzen, die es zu erhellen gilt, neue Bereiche, die der Abklärung bedürfen, und Empfehlungen zur Vorsicht – etwa was die übermäßige Nutzung des Handys durch Kinder betrifft.

Wie soll man sich da zurechtfinden? Die erste sich aufdrängende Dienstleistung betrifft die Wissenschaftler selbst. „Die Koordinierungstätigkeit des EMF-Net stellt zuallererst eine Art Kontrollturm der Forschung dar, in dem sich die maßgeblichen europäischen Akteure, die derzeit an präzisen Fragestellungen arbeiten, auf strukturierte Weise aufeinander abstimmen können“, sagt Paolo Ravazzani, Koordinator dieses Netzwerks. „So geben wir einen spezialisierten Newsletter heraus, der diese wachsende Informationsmenge durchgeht und sie seriös in ihren interdisziplinären Fundamenten verankert.“

Die wichtige Rolle der Interpretation

Hauptaufgabe des EMF-Net ist indes die Interpretation



Das neue, 2004 gegründete europäische Netz EMF-Net (*Electromagnetic Fields Network*) hat zum Ziel, die immer zahlreicheren Forschungen über die möglichen Auswirkungen der nicht ionisierenden elektromagnetischen Felder, insbesondere im Bereich der mobilen Telefonie, zu bündeln, zu bewerten und zu interpretieren. Es

vereint die besten europäischen Forscherteams, die in den Mitgliedstaaten oder in EU-finanzierten Kooperationsprojekten arbeiten.

Sie möchten mehr wissen?

- Internationale Kommission für den Schutz gegen die nicht ionisierende Strahlung
<http://www.icnirp.de/>
- Weltgesundheitsorganisation (Website über EM-Felder)
<http://www.who.int/peh-emf/en/>
- GSM World homepage. An industrial association for mobile telephone operators
<http://www.gsmworld.com/gsm europe/index.shtml>

nommen. Mit der Vervielfältigung der Fernsteuerungen, mit WiFi und BlueTooth haben sie unseren häuslichen und beruflichen Alltag erobert. Wir stehen unter Dauerberieselung von Satellitenbündeln. In den Läden und den Transithallen von Flughäfen gehen wir immer häufiger durch Sicherheitseinrichtungen (gegen Diebstahl, Kontrolle des Tascheninhalts usw.) mit so genannter pulsierender EM-Strahlung.

Das Handy im Visier

Höhepunkt der Innovationen in diesem Bereich war zweifellos die Erfindung der mobilen Telefonie und ihr umwerfender Erfolg. Als wahres Gesellschaftsphänomen unserer Epoche verbreitete sich das Handy, ausgehend von den Jüngsten, über alle Altersklassen und sozialen Gruppen. Diese Technologie arbeitet auf üblichen Intensitätsniveaus und Nutzungsfrequenzen, was das elektromagnetische Umfeld anbelangt, in dem wir uns ohnehin bereits bewegen, und warf daher zunächst keine neuen Fragen auf.

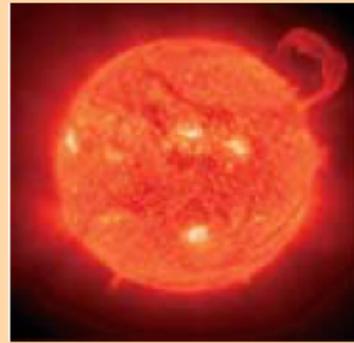
Allerdings mit zwei Ausnahmen. Bei der eiligen Einrichtung der Infrastrukturen für das Übertragungsnetz wurde dieses zum einen – bedingt durch den Aufschwung der mobilen Telefonie – immer enger mit den bewohnten Zonen verwoben. Anfänglich richteten sich die Sorgen und Klagen vor allem auf diesen Punkt. Nach dem aktuellen Stand der wissenschaftlichen Erkenntnisse besteht jedoch keine generelle Gesundheits-

tation. Wie ist die Bedeutung der einen oder anderen Ankündigung, die von einem Forscherteam ausgeht, von Resultaten, die die Abwesenheit von Wirkungen bestätigen, oder, im Gegenteil, auf die Möglichkeit ihres Bestehens hinweisen, einzustufen? Welche „wissenschaftliche Meinung“ ist daraus herzuleiten und wie verlässlich ist sie?

„Das EMF-Net hat eine gemeinsame Bewertungsmethode der Erhebungs- und Forschungsdaten durch technische Gruppen übernommen, die sich aus kompetenten Mitgliedern des Netzes zusammensetzen. Diese Arbeitsgruppen sind damit beauftragt, die Europäische Kommission und die Gesundheitsbehörden mit Informationen und interpretierenden Berichten zu versorgen. Für den

Fall gezielter, dringender Anfragen von Politikern steht uns auch ein *Fast-response-Team* zur Seite, das auf dem Stand des verfügbaren Wissens einschlägige Informationen und Kommentare über dieses oder jenes aktuelle Thema abgeben kann.“

Das Netz hat zwar kein eigentliches Forschungsziel, macht sich jedoch die Vorausschau und die wissenschaftliche und technische Überwachung auf verschiedenen Gebieten zur Aufgabe – natürlich auch was alle Entwicklungen der neu auftauchenden Technologien betrifft. „Die Aufmerksamkeit richtet sich keineswegs nur auf die sehr medienwirksamen Fragen der Telefonie. Neben den Problemen des allgemeinen Schutzes der Bevölkerung auf allen Ebenen des häuslichen und



©Nasa

Gefahren hinlänglich bekannt sind. Die Sorglosigkeit, mit der man sich sommerliche Bräune zulegt, wird mittlerweile mit warnenden Informationen bekämpft, die von den Medien bereitwillig aufgegriffen werden.

Im Rahmen der Erforschung ionisierender Strahlen und der zahlreichen Forschungen über Hautkrebs hat auch das Spezialgebiet der Ultraviolettstrahlen vermehrt Beachtung gefunden. Diese Strahlungen entstammen nicht technischen Anwendungen (abgesehen von den Bräunungsgeräten), sondern sind Komponenten des Sonnenlichts, dessen

gefährdung aufgrund der Radiofrequenz und der Exposition gegenüber Mikrowellen (das heißt den Betriebsfrequenzen der Sendemaschinen), sofern die Exposition unter dem Wert der ICNIRP-Leitlinien liegt. Im äußersten Fall gesellen sie sich zu den bereits in großer Dichte in der Umwelt vorhandenen Quellen, ohne ernstlich ins Gewicht zu fallen.

Zum anderen stellte die Nutzungsweise des Handys, ans Ohr gepresst und damit in unmittelbarer Nähe unseres Gehirns, die Wissenschaftler vor ganz neue Probleme.

Binnen weniger Jahre hat das Problem der wachsenden Magnetfeldexposition im Alltag einen Umfang angenommen, der es zu einem zunehmend vorrangigen Forschungsfeld macht. Angesichts dieser Herausforderung sind in den letzten Jahren mehrere europäische, von der Kommission geförderte Forschungsprojekte in die Wege geleitet worden, insbesondere auf dem Gebiet des Gehörs, der Zellbiologie und der Epidemiologie (siehe folgende Seiten). Seit 2004 hat sich die EU überdies mit einem wissenschaftlichen Koordinierungsnetz ausgerüstet, dem EMF-Net (*Electromagnetic Fields Network*), das sich auf die Sicherheit der Mobiltelefonie und der übrigen Technologien mit elektromagnetischer Strahlung konzentriert. EMF-Net versucht, die anfallenden wissenschaftlichen Ergebnisse zu kanalisieren und ihnen eine verlässliche und unabhängige Interpretation zu geben. (Siehe Kasten) ■

städtischen Lebens wollen wir den Akzent vorrangig und verstärkt auf die Gesundheitsfolgen und -risiken in einem sehr breiten Spektrum beruflicher Tätigkeiten, ob in Industrie, Medizin oder anderen Dienstleistungen, setzen. Ein anderer wichtiger Aspekt ist die Problematik der Wahrnehmung und der Kommunikation der Risiken.“

Kontakt

- Paolo Ravazzani, *Istituto di Ingegneria Biomedica, Consiglio Nazionale delle Ricerche*
paolo.ravazzani@polimi.it

Sie möchten mehr wissen?

- EMF-NET (Effects of the exposure to EMF: from science to public health and safer workplace)
emf-net.isib.cnr.it/

Geschützte

Ohren

Das Gehör ist natürlich das menschliche Organ, für das sich die Frage der Wirkungen von Radiofrequenzen der mobilen Telefonie am unmittelbarsten stellt. Die vertieften, von 2002 bis 2004 im Rahmen des europäischen Projekts *Guard (Potential adverse effects of GSM cellular phones on hearing)* angestellten Untersuchungen geben diesbezüglich eine beruhigende Antwort.

Erklärungen eines italienischen Biomediziners und engagiertem Verfechters der Risikoverhütung in diesem Bereich.

suchungen potenzieller Probleme öffnen, die längerfristig auftauchen könnten. So empfehlen wir eine vertiefte Erforschung der Auswirkungen der Handys auf das efferente System der Hörschnecke⁽²⁾."

Der technischen Entwicklung auf den Fersen

Das dank des Projekts *Guard* erlangte Wissen im Bereich des Gehörs wird weiter vertieft, um der technologischen Entwicklung auf den Fersen zu bleiben. „Unserer Meinung nach muss die derzeitige Einführung der mobilen Telefonie der so genannten dritten Generation (3G/UMTS⁽³⁾), die sich sowohl durch eine Erhöhung der Radiofrequenzen als auch durch neue Modulierungen der übermittelten Informationen kennzeichnet, neue Forschungen auslösen.“ So hat Paolo Ravazzani im Dezember 2004 die wissenschaftliche Koordinierung des europäischen Projekts EMFnEAR⁽⁴⁾ übernommen, eines Konsortiums, in dem Teams vereint sind, die bereits in *Guard* zusammengearbeitet hatten, zu denen polnische Forscher gestoßen sind. Gleichzeitig ist dieser Spezialist für Biomedizin, der sich gänzlich der Verhütung elektromagnetischer Risiken verschrieben hat – insbesondere der potenziellen Gefahren der mobilen Telefonie – die treibende Kraft einer neuen vom Sechsten Rahmenprogramm unterstützten Koordinierungs- und Verbreitungsinitiative, des Netzes EMF-NET (siehe vorangehende Seite).

Langfristige Studien über das Gehör von Ratten, im Labor durch das europäische Projekt *Emfnear* in Zusammenarbeit mit dem Projekt *Guard* durchgeführt.



- (1) Istituto di Ingegneria Biomedica – Consiglio Nazionale delle Ricerche
- (2) In der Neuroanatomie der Sinne bezeichnet dieser Begriff die in Richtung Sinnesrezeptoren „herausführenden“ Wege. Die Rezeptoren senden ihre Signale auf afferentem Weg an das Zentralnervensystem und erhalten die Rückmeldungen aus dem Zentralnervensystem auf efferentem Weg.
- (3) Universal Mobile Telecommunications System
- (4) Exposure at UMTS EMF: Study on potential adverse effects on hearing



Beispiele direkter Tests an Freiwilligen, die die Reaktion des Gehörs in Abhängigkeit von der Position der Geräte kontrollieren. Im Rahmen des Projekts *Guard* durchgeführte Forschung.

Paolo Ravazzani vom IIB-CNR⁽¹⁾ (Italien) ist seit rund zwanzig Jahren auf die Biomedizin des Gehörs spezialisiert. „Von Anfang an zielten meine wichtigsten Arbeiten darauf ab, die biomedizinischen Wirkungen der elektromagnetischen Felder zur Stimulierung des Nervensystems mit Anwendungen für das Gehör, wie etwa die Modellierung, die Signalverarbeitung oder die Optimierung von Hörgeräten, in Verbindung zu bringen. Daher stand ich in den Jahren 1996-97 fast zwangsläufig an vorderster Front, um die noch ziemlich neuen, durch die ersten Handys aufgeworfenen Fragen aufzugreifen. Die Suche nach technologischen Innovationen zu medizinischen Zwecken und die neu aufgetauchte Besorgnis um die Auswirkungen der mobilen Telefonie auf die Gesundheit trafen sich in ein und demselben Interesse.“

Direkte Tests an Freiwilligen

Vom Jahr 2000 an koordinierte Paolo Ravazzani den Start und die Durchführung von *Guard*, einem der ersten wichtigen, von der EU im Fünften Rahmenprogramm eingeleiteten europäischen Forschungsprojekte im Bereich der Biomedizin. Französische, britische, italienische, griechische, litauische, ungarische und russische Spezialisten führten zuerst eingehende Versuche an Tiermodellen durch. Parallel dazu wurden ausgeklügelte Systeme zur Verarbeitung von Messungen und Kontrollen entwickelt, um direkte Tests am Gehör von Freiwilligen durchzuführen, insbesondere in Abhängigkeit von der Position der Geräte. Eines der untersuchten Themen betraf die zentrale Frage der lokalisierten, nicht themischen Effekte, die ein intensiver Handy-Gebrauch bei Frequenzen zwischen 900 und 1800 MHz mit sich bringen kann.

„Nach drei Jahren Forschung erlaubt uns keines unserer Ergebnisse zu bestätigen, dass bei den derzeit benutzten tragbaren Telefonen auch nur

die geringste Schädlichkeit für die wichtigsten Hörfähigkeit festzustellen ist. Aber die Ergebnisse von *Guard* gehen darüber hinaus. Wir haben auch Untersuchungsverfahren und Erkenntnisse zusammengetragen, die den Weg zu weiteren Unter-

Kontakt

○ Paolo Ravazzani, Istituto di Ingegneria Biomedica, Consiglio Nazionale delle Ricerche
paolo.ravazzani@polimi.it

Sie möchten mehr wissen?

○ www.guard.polimi.it
○ www.emfnear.polimi.it

Zellbiologisch gesehen waren die Auswirkungen der elektromagnetischen Felder, denen wir durch die gängigen Technologien ausgesetzt sind (von den sehr niedrigen Frequenzen elektrotechnischer Anwendungen bis hin zu den Radiofrequenzen der Telekommunikation), bisher *terra incognita*. Als Pionier auf diesem Gebiet hat das europäische Projekt *Reflex* einen Zipfel des Schleiers gelüftet. Mit Ergebnissen, die ihrerseits wiederum viele Fragen aufwerfen.

Überraschungen in der *Petrischale*



Strahlenwirkungen auf die DNA *in vitro*. Links ohne Veränderungen, in der Mitte mit Brüchen in den DNA-Strängen nach der Belastung mit Gammastrahlen; der Brucheffekt wurde durch ein während 24 Stunden ununterbrochen einwirkendes hochfrequentes elektromagnetisches Feld hervorgerufen.

In der Krebsforschung haben zahlreiche Untersuchungen die genotoxischen Wirkungen aufgezeigt, durch die ionisierende Strahlen die Zellen beschädigen oder vernichten, indem sie die chemischen Verbindungen der DNA aufbrechen. In diesem Zusammenhang hat das noch sehr neue europäische Projekt *Reflex*⁽¹⁾ sich angestellt, jenes „Schwarze Loch“ des Grundlagenwissens zu erhellen, das bislang zu möglichen biologischen Effekten der elektromagnetischen Felder völlig stumm war.

Mithilfe dieses Projekts wollte ein Konsortium, das zwölf Laboratorien in sieben europäischen Ländern umfasst, einen ersten, elementaren Verifizierungsschritt machen. Es galt, intensive und möglichst erschöpfende Versuche durchzuführen, indem verschiedene isolierte menschliche Zellsysteme (Fibroblasten, Lymphozyten usw.) *in vitro* einer breiten Palette elektromagnetischer Strahlen ausgesetzt wurden. In einem zweiten Schritt wurden diese Proben sorgfältig untersucht, um festzustellen, ob diese Bestrahlungen auf Zellebene zu genotoxischen und phänotypischen Wirkungen geführt hatten, wie man sie klassischerweise mit der Entstehung von Krebs oder neurodegenerativen Krankheiten in Verbindung bringt.

Sie möchten mehr wissen?

○ Verum Foundation – Stiftung für Verhalten und Umwelt (München, DE)
www.verum-foundation.de/

Kontakt

○ Frans Adlkofer
prof.adlkofer@verum-foundation.de

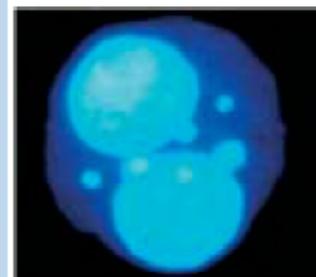
Unübersehbare Brüche in der DNA

Der Überraschungseffekt der Ergebnisse von *Reflex*, dessen Arbeiten zwischen 2000 und 2004 liefen, ist in zwei Laboratorien, dass sich unter Einwirkung von Feldern mit sehr niedrigen Frequenzen oder Radiofrequenzen in mehreren Zellverbänden *einfache oder doppelte Brüche von DNA-Strängen* einstellten. Darüber hinaus traten diese genotoxischen Erscheinungen selbst dann auf, wenn man unterhalb der Dichte magnetischer Ströme bzw. der spezifischen Absorptionsmenge blieb, die nach den derzeit geltenden Grenzwerten zulässig ist.

„Zum jetzigen Zeitpunkt erlauben diese Beobachtungen, für deren Seriosität, beruhend auf Ergebnissen einer gemeinsamen Arbeitsplattform mehrerer Laboratorien, wir bürgen, keine Schlüsse hinsichtlich der Gesundheit“, betont der Leiter des Projekts, Franz Adlkofer von der Verum Foundation in München (DE). „Die von uns durchgeführten Forschungen geben Hinweise biologischer Art, die klar übereinstimmen und eine wissenschaftliche Ausgangsbasis liefern. Weitere Arbeiten müssen bestimmte Punkte unserer Resultate präzisieren – etwa die Tatsache, dass das Auftauchen genotoxischer Wirkungen eng davon abzuhängen und sich zu unterscheiden scheint, je nachdem, ob die Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern intermittierend oder kontinuierlich ist. So ergibt sich bei sehr niedrigen Spannungen Genotoxizität nur in Verbindung mit intermittierender Exposition, während in den Radiofrequenzspektren die intermittierende Exposition eine betontere Genotoxizität beinhaltet als die kontinuierliche.“

Die Grenzen der Petrischale

„Um auf das effektive Gesundheitsrisiko zurückzukommen: Alles was man in Forschungen *in vitro* herausbringt, bietet keinerlei Gewissheit, ob positiv oder negativ, bezüglich dessen, was sich in einem lebenden Organismus wirklich abspielt“, betont Dr. Adlkofer. „Die Fragen, die die Ergebnisse von *Reflex* aufwerfen, müssen natürlich dazu führen, dass man Forschungen künftig weiter vorantreibt und zu Studien *in vivo* an Tiermodellen und am Menschen übergeht.“



In vitro Versuch. Sich tellende Zelle, die verschiedene, durch genotoxische Wirkungen elektromagnetischer Strahlen hervorgerufene Mikrokerne zu erkennen gibt.

(1) Risk evaluation of potential environmental hazards from low energy electromagnetic field exposure using sensitive *in vitro* methods