

Übersetzt von D. Bücher und Dr. E. Gebler

## **Das Mikrowellensyndrom: Eine vorläufige Studie in Spanien**

Enrique A. Navarro<sup>1</sup>, Jaume Segura<sup>1</sup>, Manuel Portolés<sup>2</sup>,  
and Claudio Gómez-Perretta de Mateo<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Física Aplicada, Universitat de València  
46100, Burjassot, València, Spain

<sup>2</sup> Centro de Investigación, Hospital Universitario LA FE  
46009, València, Spain

### **Electromagnetic Biology and Medicine**

(früher: Electro- and Magnetobiology)

**Volume 22, Issue 2, (2003): 161 – 169**

Online Published: 09/08/2003 September

Print Published: 10/01/2003 October

### **Zusammenfassung**

In Murcia, Spanien, wurde in der Umgebung einer Mobilfunk-Basisstation, die nach dem DCS-1800 MHz-Standard arbeitet, eine Gesundheitsbefragung durchgeführt. Diese Umfrage enthielt Gesundheitsfragen, die sich auf die „Mikrowellenkrankheit“ oder das „RF-Syndrom“ bezogen. In den Wohnungen der Bürger, die geantwortet hatten, wurde die Strahlungsdichte gemessen. Die statistische Auswertung zeigte einen signifikanten Zusammenhang zwischen der angegebenen Schwere der Symptome und der gemessenen Strahlungsdichte. Teilte man die Teilnehmer nach der Strahlenbelastung in zwei verschiedene Gruppen ein, so zeigte sich ebenfalls in der Gruppe mit der höheren Strahlenbelastung ein Anstieg in der angegebenen Schwere der Symptome.

### **Schlüsselbegriffe**

öffentliche Gesundheit, Mobilfunk, Basisstationen, Mikrowellen-Krankheit

### **Einführung**

Die Hypothese, dass die Belastung mit Hochfrequenzstrahlen Gesundheitsschäden verursachen könnte, wurde bisher vorwiegend in verschiedenen epidemiologischen Studien untersucht. Schlaflosigkeit, Krebs, Leukämie bei Kindern und Hirntumore sind die klinischen Erkrankungen, die häufiger beschrieben wurden (Dolk et al., [1997](#);

Hocking et al., [1996](#); Maskarinec et al., [1994](#); Minder and Pfluger, [2001](#); Selvin et al., [1992](#)). Darüber hinaus wurden in militärischen und berufsbezogenen Studien die gesundheitlichen Folgen der Bestrahlung durch Radaranlagen und durch andere Hochfrequenzstrahlung untersucht (Balode, [1996](#); Garaj-Vrhovac, [1999](#); Goldsmith, [1997](#); Johnson-Liakouris, [1998](#); Robinette et al., [1980](#)).

Ein bestimmtes Symptombild, das mit Radarbestrahlung niedriger Dosierung verbunden ist, wurde ‘Mikrowellenkrankheit’ oder ‘RF-Syndrom’ genannt (Johnson-Liakouris, [1998](#)). Mit wenigen Ausnahmen wurden die funktionellen Störungen des zentralen Nervensystems typischerweise als eine Art Mikrowellen-Erkrankung, als ein neurasthenisches oder asthenisches Syndrom, beschrieben. Symptome oder Anzeichen dafür sind Kopfschmerzen, Abgeschlagenheit, Reizbarkeit, Appetitverlust, Müdigkeit, Konzentrations- und Gedächtnisstörungen, Depressionen und emotionale Instabilität. Dieses klinische Syndrom ist grundsätzlich reversibel.

Eine andere häufig beschriebene Erscheinungsform ist ein ganzes Bündel von Schwächungen des Herz-Kreislauf-Systems wie verlangsamter Herzschlag, arterieller Bluthochdruck oder zu niedriger Blutdruck (Johnson-Liakouris, [1998](#)). Diese Form neurozirkulatorischer Asthenie wird auch dem Einfluss des Nervensystems zugeschrieben. Schwerere aber seltenere neurologische oder neuropsychiatrische Störungen wurden gelegentlich als dienzepales Syndrom beschrieben (Johnson-Liakouris, [1998](#)). Alle diese Störungen, die die Folge von niedrigen Leistungsdichten (in der Größenordnung von Mikrowatt/cm<sup>2</sup>) sind, wurden bereits seit vielen Jahren aus Osteuropa berichtet. Die Expositionen hatten im wesentlichen ein niedriges Niveau und waren langfristig (Goldsmith, [1997](#); Johnson-Liakouris, [1998](#)).

Ebenso haben verschiedene Artikel biologische Funktionsstörungen bei sehr geringer Leistungsdichte ohne Temperaturerhöhung gefunden. Dies stützt die Hypothese, dass es nichtthermische biologische Wirkungen gibt, und zeigt, dass klinische Funktionsstörungen wahrscheinlich schon unterhalb des aktuellen Standards der Sicherheitsnormen der Europäischen Union auftreten (Arber and Lin, [1985](#); Baranski, [1972](#); Byus et al., [1988](#); Daniells et al., [1998](#); de Pomerai et al., [2000](#); D'Inzeo et al., [1988](#); Dutta et al., [1989](#); Kues et al., [1992](#); Lai and Singh, [1995-1997](#); Lai et al., [1984](#), [1989](#); Malyapa et al., [1998](#); Sanders et al., [1985](#); Sarkar et al., [1994](#); Stagg et al., [1997](#); Wachtel et al., [1975](#)).

Hochfrequente Strahlung niedriger Intensität findet man in der Umgebung von GSM-DCS-Basisstationen (BS) von Mobilfunksendern, deren Antennen üblicherweise auf Dächern oder auf hohen Türmen montiert sind. GSM-DCS-Mobiltelefone nutzen gepulste Mikrowellenstrahlung, deren Signale in ihrem Spektrum ähnlich denen des Radars sind. Die Verteilung der Leistung gepulster Signale auf das Spektrum beinhaltet niederfrequente Schwingungen. Die typische Pulsdauer reicht von 100 ms bis 0.050  $\mu$ s beim Radar und 576.9  $\mu$ s für jeden Zeitschlitz beim GSM-DCS.

Von diesem Ausgangspunkt wird die Hypothese, dass in der Umgebung von Mobilfunk-Basisstationen die ‘Mikrowellen-Krankheit’ auftritt, in dieser Studie analysiert. Die vorliegende Analyse versucht herauszufinden, ob es eine statistische Rechtfertigung für die Beschwerden und die damit zusammen hängenden Funktionsstörungen gibt, die einen örtlichen Bezug zur Hochfrequenz-Strahlung von

GSM-DCS-Basisstationen haben, wie bereits in früheren Studien gefunden ([Santini et al., 2001](#), [2002a&b](#)).

## **Material und Methoden**

Ein örtliches Team, welches speziell für diese Arbeit trainiert wurde, verteilte im Januar 2001 die Fragebögen in La Ñora, einer Stadt von Murcia in Spanien. Den Teilnehmern wurde jeweils erklärt, dass es sich dabei um den Teil einer Studie zur Bewertung der Auswirkungen von Mobilfunk-Basisstationen (GSM-DCS) handele. Im Allgemeinen waren die Leute völlig bereit, mit uns zusammenzuarbeiten (der Anteil der zurückgegebenen Fragebögen an den verteilten Fragebögen lag bei etwa 70 %). Der Fragebogen war eine Anpassung der Santini-Publikation (Santini et al., [2001](#)) an die spanische Sprache. Dieser setzte sich aus 25 verschiedenen Fragen zusammen, die hauptsächlich Informationen über die Gesundheit der Teilnehmer betrafen.

Die Teilnehmer bewerteten das Auftreten der erlittenen Gesundheitsstörungen von 0 bis 3: 0 niemals, 1 manchmal, 2 oft, 3 sehr oft.

Es wurde nach den Symptomen gefragt, die schon in früheren Studien zum Mikrowellen-Syndrom beschrieben wurden: Abgeschlagenheit, Reizbarkeit, Kopfschmerzen, Übelkeit, Appetitverlust, Schlaflosigkeit, Depressionen, Unbehagen, Konzentrationsstörungen, Gedächtnisverlust, Hautveränderungen, Seh-, Hörstörungen, Schwindel, Gehstörungen und Herz-Kreislauf-Probleme.

Die Fragen schlossen auch demographische Daten ein: Adresse, Geschlecht, Alter, Abstand zu den Antennen (Abstand zur Basisstation in Metern), Expositionszeit in Tage/Woche, Stunden/Tag und Zeit seit Beginn der Emissionen. Der Fragebogen sammelte auch Informationen über die Nähe zu Starkstromleitungen und über den Gebrauch von PCs und Mobiltelefonen.

Über 5% der Bevölkerung von La Ñora (etwa 1900 Einwohner) beantworteten den Fragebogen. Die Fragebögen von Personen mit einer Geschichte von starken psychologischen oder neurologischen Krankheiten, wurden ausgeschlossen. Letztlich wurden 101 Fragebögen als gültig betrachtet.

Die Umfrage wurde von Messungen des elektrischen Feldes begleitet, die am 24. Februar 2001 und am 10. März 2001 (Samstag) durchgeführt wurden. Die Messungen fanden an jedem der Tage zwischen 11:00 und 19:00 Uhr im Schlafzimmer eines jeden Teilnehmers statt. Weitere Messungen wurden an Werktagen und Wochenenden auf den Straßen durchgeführt, um die mögliche Variabilität der Messungen innerhalb der Zeit zu überprüfen. Die Messungen wurden individuell dem Fragebogen eines jeden Teilnehmers beigelegt.

Es wurde ein tragbares Breitband-Messgerät (1 MHz-3 GHz) für elektrische Felder benutzt. Dieses wurde mit der Hand so ausgerichtet, dass die maximale Feldstärke über dem Bett gemessen wurde. Das elektrische Feld in jedem Raum folgte wegen Reflexionen der Wellen an den Wänden und metallischen Strukturen wie Fenstern und metallischen Möbeln dem Muster stehender Wellen. Daher wurde das Messgerät etwa 1 m von den Wänden entfernt, 1,2 m über dem Boden gehalten und innerhalb eines

Kreises mit Radius 25 cm bewegt, um die maximale Stärke des elektrischen Feldes zu messen.

Das tragbare Messgerät wurde in dem abgeschirmten Raum der Universität von Valencia nach einem üblichen Eichungsverfahren unter Benutzung eines Netzwerk-Analyser HP-8510C kalibriert.

Um die Intensität der TV- und Radio-Kanäle sowie die Anzahl der arbeitenden Kanäle der GSM-DCS-Basisstation zu überprüfen, wurden Messungen der spektralen Leistungsflussdichte mit einer Sonden-Antenne und einem tragbaren Spektrum-Analyser durchgeführt.

Die TV- und Radio-Kanäle behielten ihre Intensitäten während der Messungen bei, aber die Mobilfunk-Kanäle zeigten von Kanal zu Kanal dramatische Unterschiede in der Amplitude, einige von ihnen schalteten sich zu zufällig erscheinenden Zeiten ein und aus.

Die Antenne war auf einem phenoplastischen Leinenstativ? (linen phenolic tripod) etwa 1,2 m über dem Boden angebracht. Die Lokalisation der Antenne war an beiden Tagen die Selbe, auf einem Hügel nahe der Stadt, 20 m von der Basisstation entfernt. Mit dem Spektrum-Analyser scannten wir zu Beginn der Tour die GSM- und DCS-Bänder und nahmen das Mittel über 6 min. Die Messung des Spektrums war an beiden Tagen ähnlich: Der Unterschied der Spitzen-Abschätzungen (Trägerfrequenzen der Kanäle) betrug etwa 1 dB.

## **Ergebnisse**

Die Beantworter/Teilnehmer setzten sich zu 47% aus Männern und zu 53% aus Frauen zusammen, wobei der Altersbereich groß war: 15-25 Jahre (22%), 26-35 Jahre (22%), 36-45 Jahre (19%), 46-55 Jahre (11%), 56-65 Jahre (13%) und über 65 Jahre (13%).

Die Expositionszeit, d.h. die Zeit, welche die Teilnehmer in der Umgebung der Basisstation verbrachten, war für 95% der Teilnehmer mehr als 6 h pro Tag, 7 Tage pro Woche. Das elektrische Feld wurde im Schlafzimmer gemessen.

Zur Einstellung der Teilnehmer zum Gebrauch von Mobiltelefonen: 24% von ihnen nannten sich selbst aktive Nutzer von mobilen GSM-DCS-Telefonen mit mehr als 20 min Gesprächszeit pro Tag.

Verglichen mit den Europäischen Sicherheitsrichtlinien 1999/519/EC DOCE 30/7/99 ([1999/519/EC](http://www.hese-project.org);) waren die gemessenen Werte sehr niedrig. Tatsächlich waren die Werte niedriger als  $0,2 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ . Die spanische Gesetzgebung hat den selben Grenzwert beschlossen, der in den Europäischen Sicherheitsrichtlinien 1999/519/EC DOCE 30/7/99 festgesetzt ist, nämlich  $450 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  bei einer einzelnen Frequenz (900 MHz). Dies ist eine der Besonderheiten der vorliegenden Arbeit: die niedrigen Werte der RF-Expositionen.

Wir teilten die Teilnehmer in zwei Gruppen ein: Eine Gruppe mit hoher Exposition, durchschnittlich  $0,11 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ , bestand aus 47 Teilnehmern. Diese gaben selbst an, dass sie weniger als 150 m von der Basisstation entfernt wohnten. Die zweite Gruppe, mit

einer durchschnittlichen Exposition von  $0,01 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ , lebte in einer Entfernung von mehr als 250 m.

Obwohl beide Gruppen in offensichtlich unterschiedlichen Entfernungen zur Basisstation lebten, gab es immer noch das Risiko einer falschen Entfernungseinschätzung, welches die Umfrage beeinflussen könnte.

Tabelle 1 zeigt die durchschnittliche angegebene Schwere der Symptome in beiden Gruppen.

**Tabelle 1. Durchschnittliche Schwere der berichteten Symptome in zwei Gruppen mit unterschiedlicher Exposition: Höhere Exposition mit durchschnittlicher Leistungsflussdichte  $0,11 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  (Abstand  $< 150$  m), und niedrigere Exposition mit durchschnittlicher Leistungsflussdichte  $0,01 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  (Abstand  $> 250$  m).**

|  | <b>höher exponierte Gruppe<br/>niedriger exponierte Gruppe</b> | <b>P-Wert für den<br/>Unterschied<br/>zwischen den<br/>Belastungs-<br/>gruppen</b> |
|--|--|--|
| Teilnehmer   | $N = 54$<br>$N = 47$   |  |
| durchschnittliche<br>Leistungsflussdichte in $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ | $0.11 \pm 0.19$<br>$0.01 \pm 0.04$                             | $< 0.001$  |
| Distanz zur Basisstation   | $< 150$ m<br>$(107 \pm 57$ m)<br>$> 250$ m<br>$(284 \pm 24$ m) | $< 0.001$  |
| Müdigkeit  | $1.11 \pm 1.13$<br>$0.74 \pm 1.07$                             | n.s.   |
| Reizbarkeit  | $1.56 \pm 1.08$<br>$1.04 \pm 1.02$                             | $< 0.05$   |
| Kopfschmerzen  | $2.17 \pm 0.86$<br>$1.53 \pm 1.00$                             | $< 0.001$  |
| Übelkeit   | $0.93 \pm 0.99$<br>$0.53 \pm 0.88$                             | $< 0.05$   |
| Appetitlosigkeit   | $0.96 \pm 1.03$<br>$0.55 \pm 0.88$                             | $< 0.05$   |
| Unwohlsein   | $1.41 \pm 1.11$<br>$0.87 \pm 0.97$                             | $< 0.02$   |
| Gehstörungen   | $0.68 \pm 0.93$<br>$0.94 \pm 1.07$                             | n.s.   |

|                             |                            |        |
|-----------------------------|----------------------------|--------|
| <u>ASTHENISCHE Symptome</u> | 8.81 ± 4.79<br>6.21 ± 5.33 | < 0.02 |
| Schlafstörungen             | 1.94 ± 0.92<br>1.28 ± 1.10 | < 0.01 |
| Depressionen                | 1.30 ± 1.19<br>0.74 ± 1.01 | < 0.02 |
| Konzentrations-störungen    | 1.56 ± 1.14<br>1.00 ± 1.06 | < 0.02 |
| Gedächtnisverlust           | 1.41 ± 1.05<br>1.04 ± 1.08 | n.s.   |
| Schwindel                   | 1.26 ± 1.14<br>0.74 ± 1.05 | < 0.05 |
| <u>DIENZEPHALE Symptome</u> | 7.46 ± 3.90<br>4.81 ± 4.34 | < 0.01 |
| Hautveränderungen           | 0.72 ± 0.96<br>0.45 ± 0.93 | n.s.   |
| Visuelle Funktionsstörungen | 1.11 ± 1.07<br>0.96 ± 1.12 | n.s.   |
| Gehörstörungen              | 1.06 ± 1.12<br>0.81 ± 1.12 | n.s.   |
| <u>SENSORISCHE Symptome</u> | 2.89 ± 2.72<br>2.32 ± 2.45 | n.s.   |
| Herz-Kreislauf-Probleme     | 0.76 ± 1.10<br>0.49 ± 0.93 | n.s.   |

Es wurde eine mögliche Beziehung zwischen der angegebenen Schwere des Symptoms und der Leistungsdichte der Mikrowellen untersucht. Ein mathematisches Modell mit logarithmischer Abhängigkeit von dem gemessenen elektrischen Feld wurde benutzt. Für die Analyse wurde das statistische Paket „SPSS“ mit unterschiedlichen Regressions-Methoden benutzt. Die Ergebnisse für die Korrelationskoeffizienten und die statistische Signifikanz werden in Tabelle 2 dargestellt. Die Korrelationskoeffizienten sind in vier Gruppen eingeteilt: asthenische, dienze-phale, sensorische und Herz-Kreislauf-Symptome.

**Tabelle 2. Korrelationskoeffizient zwischen der Stärke der berichteten Symptome und dem Logarithmus des gemessenen elektrischen Feldes.**

|                                 | <b>Korrelationsko-effizient mit<br/>der Leistungsflussdichte</b> | <b>P-Wert</b> |
|---------------------------------|--|---------------|
| <u>ASTHENISCHE Symptome</u>     |  |               |
| Müdigkeit                       | 0.438  | < 0.001       |
| Reizbarkeit                     | 0.515  | < 0.001       |
| Kopfschmerzen                   | 0.413  | < 0.001       |
| Übelkeit                        | 0.354  | < 0.001       |
| Appetitlosigkeit                | 0.485  | < 0.001       |
| Unwohlsein                      | 0.544  | < 0.001       |
| Gehstörungen                    | 0.127  | n.s.          |
| <u>DIENZEPHALE Symptome</u>     |  |               |
| Schlafstörungen                 | 0.413  | < 0.001       |
| Depressionen                    | 0.400  | < 0.001       |
| Konzentrationsstörungen         | 0.469  | < 0.001       |
| Gedächtnisverlust               | 0.340  | < 0.001       |
| Schwindel                       | 0.357  | < 0.001       |
| <u>SENSORISCHE Symptome</u>     |  |               |
| Hautveränderungen               | 0.358  | < 0.001       |
| Visuelle Funktionsstörungen     | 0.347  | < 0.001       |
| Gehörstörungen                  | 0.163  | n.s.          |
| <u>KARDIOVASKULÄRE Symptome</u> |  |               |
| Herz-Kreislauf-Probleme         | 0.290  | < 0.01        |

## Diskussion

Es ist interessant, die Schwere der berichteten Symptome in beiden Gruppen von Tabelle 1 zu vergleichen: In der ersten Gruppe wurden schwerere Symptome berichtet. Die erste Gruppe (< 150 m von der BS) war einer 10-mal höheren durchschnittlichen EMF-Leistungsdichte als die zweite Gruppe (> 250 m von der BS) exponiert. Das asthenische Syndrom war in der ersten Gruppe um 42% stärker, das dienzephalische Syndrom um 55%, sensorische Veränderungen waren um 25% stärker und Herz-Kreislauf-Veränderungen um 55%.

Allerdings benutzten in der ersten Gruppe 30% der Teilnehmer ein Mobiltelefon, in der zweiten Gruppe waren es 17%. In der ersten Gruppe benutzten 16% PCs, in der zweiten Gruppe 1%. Daher könnten diese Unterschiede die Gesundheitsreaktionen verzerren. Die Benutzung eines Mobiltelefons bedeutet während des Gesprächs eine deutlich höhere Exposition des Kopfes gegenüber Mikrowellen, ungefähr 5 mW/cm<sup>2</sup>, 10.000-mal höher als die stärkste der Basisstation zugeordnete EMF-Exposition. Überdies könnte die symptomatische Reaktion durch persönliche oder menschliche Eigenheiten beeinflusst sein. Die Exposition gegenüber der Strahlung von Computerbildschirmen ist extrem niederfrequent und liegt bei normalen Abständen unterhalb von 0,3 µT. Daher wird diese nicht als bedeutsam betrachtet, wird aber Gegenstand einer zukünftigen Arbeit sein.

Die Ergebnisse aus Tabelle 2 zeigen eine Korrelation zwischen der Schwere der berichteten Symptome und dem Logarithmus des gemessenen elektrischen Feldes mit  $p < 0,001$ . Wir fanden, dass Unbehagen (0,544), Reizbarkeit (0,515) und Appetitverlust (0,485) die Symptome sind, die mit der Strahlungsintensität am stärksten korrelierten. Andere Symptome wie Abgeschlagenheit (0,438), Kopfschmerzen (0,413), Konzentrationsstörungen (0,469) und Schlafstörungen (0,413) zeigen ebenfalls signifikante Korrelationen mit der Strahlenintensität. Andere Symptome aber wie Funktionsstörungen des Gehörs, Gehstörungen und Herz-Kreislauf-Probleme besitzen einen geringeren Korrelationskoeffizienten, sind jedoch signifikant ( $p < 0,01$ ).

Allerdings ist der interessanteste Aspekt unserer Ergebnisse die Signifikanz der Abhängigkeit zwischen beiden Variablen: Der angegebenen Schwere des Symptoms und dem Logarithmus des gemessenen elektrischen Feldes. Eine andere interessante Beobachtung ist, dass vier der stark korrelierten Symptome (Tabelle 2) wie Kopfschmerzen, Schlafstörungen, Konzentrationsstörungen und Reizbarkeit auch die stärksten Differenzen zwischen beiden Gruppen und die höchsten Werte auf der klinischen Skala zeigen, nämlich 2,17, 1,94, 1,56 bzw. 1,56 (Tabelle 1).

Die Gültigkeit und Interpretation der Ergebnisse der Tabellen müssen im richtigen Kontext durch Vergleich mit den Ergebnissen anderer Forscher oder mit unseren Ergebnissen aus früheren ähnlichen Umfragen bewertet werden. Tatsächlich gibt es keine Studien, die der hier vorgestellten Studien ähnlich sind. Unsere Arbeit zeigt aber im Verfahren und in den Ergebnissen Ähnlichkeiten mit früheren Studien zur Lärmbelästigung. Die Ergebnisse für die Korrelationskoeffizienten (Tabelle 2) ähneln denen aus früheren Umfragen zur Lärmbelästigung, bei denen der maximale Korrelationskoeffizient 0,35 war (Schultz, 1978).

Wenn es eine kausale Beziehung zwischen der Schwere der Symptome und dem gemessenen elektrischen Feld gibt, könnte es sein, dass der logarithmische Ansatz noch nicht adäquat ist und ein besser ausgearbeitetes Modell angemessener wäre. Das logarithmische Modell wird bei der Analyse von Lärmbelästigung erweitert, da die für Lärmmessungen benutzten Geräte mit logarithmischen Skalen arbeiten ( $dB_A$ ). Überdies war die benutzte Messung räumlich und zeitlich punktuell. Sehr wahrscheinlich ergäbe die Messung der durchschnittlichen EMF-Stärken über Tage und Wochen hinweg eine Verbesserung der Korrelation. Allerdings ist das Vorhandensein geeigneter Instrumente begrenzt.

Man sollte erwähnen, dass Lärm eine anerkannte Gesundheits- und Umweltgefährdung darstellt und die Umfragen zur Lärmbelastung auf die subjektiven Reaktionen darauf abzielen. Obwohl Lärm durch die Sinne wahrgenommen wird, ist dies bei elektromagnetischen Feldern anders. Daher ist eine Verzerrung in der vorliegenden Studie weniger wahrscheinlich und die Ergebnisse sind wahrscheinlich objektiver als die der Umfragen zur Lärmbelastung.

Als wir versuchten, unsere Ergebnisse mit vorangegangenen Arbeiten zu vergleichen, fanden wir eine starke Übereinstimmung mit der Lilienfeld-Studie (Johnson-Liakouris, 1998), die eine dosisabhängige Beziehung zwischen verschiedenen neurologischen Symptomen und der Bestrahlung mit hochfrequenter Strahlung zeigte. Diese Symptome

wurden unter den Namen „Mikrowellenkrankheit“ oder „Hochfrequenzstrahlen-Krankheit“ eingeordnet.

Die von uns vorgelegten Ergebnisse zeigen einen signifikanten Zusammenhang zwischen verschiedenen Symptomen, die als „Mikrowellenkrankheit“ bezeichnet werden, und der Leistungsflussdichte der hochfrequenten Strahlung einer Mobilfunk-Basisstation, die auf einem Hügel am Rande der Stadt steht. Die Schwere der Symptome verringert sich bei Menschen, die weiter weg wohnen, bei einem Abstand von mehr als 250 m von der Haupt-EMF-Quelle und bei einer Leistungsflussdichte von weniger als  $0,1 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ .

Da es bezüglich der Strahlungsdichte einen signifikanten Unterschied zwischen beiden Gruppen gibt, könnte eine hypothetische Beziehung zwischen der DCS-Strahlung und der Schwere der Symptome existieren.

Es gibt ein umfangreiches und in sich stimmiges Gerüst von Nachweisen biologischer Mechanismen, die den Rückschluss auf einen plausiblen, logischen und ursächlichen Zusammenhang zwischen Hochfrequenzstrahlung und neurologischen Erkrankungen zulassen. Daher ist es möglich, dass Mobilfunksender Gesundheitsschäden verursachen. Menschen, die in der Umgebung von Mobilfunk-Basisstationen wohnen, sollten unverzüglich und über die nächsten zwanzig Jahre hinweg von den Behörden gesundheitlich überwacht werden. Sofortige Auswirkungen wie Fehlgeburten, Herzbeschwerden, Schlafstörungen und chronische Müdigkeit könnten gut Frühindikatoren von schwereren Gesundheitsschäden sein.

Dies ist die erste epidemiologische Erhebung in Bezug auf das Mikrowellensyndrom in Spanien, und sie ist eine Vorstudie. Folgeuntersuchungen werden gerade in anderen geografischen Regionen durchgeführt. Weitere Forschungen und ein Vergleich der statistischen Ergebnisse aus verschiedenen Gebieten wären sehr hilfreich.

Gegenwärtig ist die elektromagnetische/hochfrequente Leistungsdichte noch keine anerkannte Gesundheits- und Umweltgefährdung. Die hier berichteten Ergebnisse wurden bei einer der ersten sozialen Erhebungen über den Gesundheitszustand der Bevölkerung gewonnen, die in der Umgebung einer Basisstation des GSM-DCS-Mobilfunks lebt.

## **Literatur**

Arber S. L., Lin J. C., Microwave-induced changes in nerve cells: effects of modulation and temperature, *Bioelectromagnetics*, 6 (1985) 257–270.

Balode Z., Assessment of radio-frequency electromagnetic radiation by the micronucleus test in bovine peripheral erythrocytes, *Sci. Total Environ.*, 180 (1996) 81–85.

Baranski S., Histological and histochemical effects of microwave irradiation on the central nervous system of rabbits and guinea pigs, *Am. J. Phys. Med.*, 51 (1972) 182–190.

Byus C. V. , Kartun K. , Piper S. , Adey W. R., Increased ornithine decarboxylase activity in cultured cells exposed to low energy modulated microwave fields and phorbol ester tumor promoters, *Cancer Res.*, 48 (1988) 4222–4226.

Daniells C. , Duce I. , Thomas D. , Sewell P. , Tattersall J. , de Pomerai D., Transgenic nematodes as biomonitors of microwave-induced stress, *Mutat. Res.*, 399 (1998) 55–64.

de Pomerai D. , Daniells C. , David H. , Allan J. , Duce I. , Mutwakil M. , Thomas D. , Sewell P. , Tattersall J. , Jones D. , Candido P., Non-thermal heat-shock response to microwaves, *Nature*, 405 (2000) 417–418.

D'Inzeo G. , Bernardi P. , Eusebi F. , Grassi F. , Tamburello C. , Zani B. M., Microwave effects on acetylcholine-induced channels in cultured chick myotubes, *Bioelectromagnetics*, 9 (1988) 363–372.

Dolk H. , Shaddick G. , Walls P. , Grundy C. , Thakrar B. , Kleinschmidt I. , Elliott P., Cancer incidence near radio and television transmitters in Great Britain. I Sutton Coldfield transmitter, *Am. J. Epidemiol.*, 145 (1997) 1–9.

Dutta S. K. , Ghosh B. , Blackman C. F., Radiofrequency radiation-induced calcium ion efflux enhancement from human and other neuroblastoma cells in culture, *Bioelectromagnetics*, 10 (1989) 197–202.

Garaj-Vrhovac V., Micronucleus assay and lymphocyte mitotic activity in risk assessment of occupational exposure to microwave radiation, *Chemosphere*, 39 (1999) 2301–2312.

Goldsmith J. R., Epidemiologic evidence relevant to radar (microwave) effects, *Environmental Health Perspectives*, 105 (Suppl 6) , (1997) 1579–1587.

Hocking B. , Gordon I. R. , Grain H. L. , Hatfield G. E., Cancer incidence and mortality and proximity to TV towers, *Med. J. Aust.*, 165 (1996) 601–605.

Johnson-Liakouris A. J., Radiofrequency (RF) sickness in the Lilienfeld study: an effect of modulated microwaves?, *Arch. Environ. Health*, 53 (1998) 236–238.

Kues H. A. , Monahan J. C. , D'Anna S. A. , McLeod D. S. , Luty G. A. , Koslov S., Increased sensitivity of the non-human primate eye to microwave radiation following ophthalmic drug pretreatment, *Bioelectromagnetics*, 13 (1992) 379–393.

Lai H. , Singh N. P., Acute low-intensity microwave exposure increases DNA single-strand breaks in rat brain cells, *Bioelectromagnetics*, 16 (1995) 207–210.

Lai H. , Singh N. P., Single- and double-strand DNA breaks in rat brain cells after acute exposure to radiofrequency electromagnetic radiation, *Int. J. Radiat. Biol.*, 69 (1996) 513–521.

Lai H. , Singh N. P., Melatonin and a spin-trap compound block radiofrequency electromagnetic radiation-induced DNA strand breaks in rat brain cells, *Bioelectromagnetics*, 18 (1997) 446–454.

Lai H. , Horita A. , Chou C. K. , Guy A. W., Effects of low-level microwave irradiation on amphetamine hyperthermia are blockable by naloxone and classically conditionable, *Psychopharmacology*, 88 (1984) 354–361.

Lai H. , Carino M. A. , Guy A. W., Low-level microwave irradiation and central cholinergic systems, *Pharmacol. Biochem. Behav.*, 33 (1989) 131–138.

Malyapa R. S. , Ahern E. W. , Bi C. , Straube W. L. , LaRegina M. , Pickard W. F. , Roti Roti J. L., DNA damage in rat brain cells after in vivo exposure to 2450 MHz electromagnetic radiation and various methods of euthanasia, *Radiat. Res.*, 149 (1998) 637–645.

Maskarinec G. , Cooper J. , Swygert L., Investigation of increased incidence in childhood leukemia near radio towers in Hawaii: preliminary observations, *J. Environ. Pathol. Toxicol. Oncol.*, 13 (1994) 33–37.

Minder C. E. , Pfluger D. H., Leukemia, brain tumors, and exposure to extremely low frequency electromagnetic fields in Swiss railway employees, *Am. J. Epidemiol.*, 153 (2001) 825–835.

Robinette C. D. , Silverman C. , Jablon S., Effects upon health of occupational exposure to microwave radiation (radar), *Am. J. Epidemiol.*, 112 (1980) 39–53.

Sanders A. P. , Joines W. T. , Allis J. W., Effect of continuous-wave, pulsed, and sinusoidal-amplitude-modulated microwaves on brain energy metabolism, *Bioelectromagnetics*, 6 (1985) 89–97.

Santini R. , Santini P. , Seigne M. , Danze J. M., Symptoms expressed by people living near cell phone relay stations, *La Presse Médicale*, 30 (32) , (2001) 1594.

Santini R. , Le Ruz P. , Danze J. M. , Santini P. , Seigne M. Preliminary study on symptoms experienced by people living in vicinity of cellular phone base stations, *Bioelectromagnetics 24th Meeting. Abstract Book*, John Wiley & Sons, Inc., for the Bioelectromagnetic Society, Québec, Canada, 2002.

Santini R. , Santini P. , Danze J. M. , Le Ruz P. , Seigne M., Symptoms experienced by people in vicinity of base station : I/ Incidences of distances and sex, *Pathol. Biol.*, 50 (2002) 369–373.

Sarkar S. , Ali S. , Behari J., Effect of low power microwave on the mouse genome: a direct DNA analysis, *Mutat. Res.*, 320 (1994) 141–147.

Schultz T. J., Synthesis of social surveys on noise annoyance, *J. Acoust. Soc. Am.*, 64 (1978) 377–405.

Selvin S. , Schulman J. , Merrill D. W., Distance and risk measures for the analysis of spatial data: a study of childhood cancers, *Soc. Sci. Med.*, 34 (1992) 769–777.

Stagg R. B. , Thomas W. J. , Jones R. A. , Adey W. R., DNA synthesis and cell proliferation in C6 glioma and primary glial cells exposed to a 836.55 MHz modulated radiofrequency field, *Bioelectromagnetics*, 18 (1997) 230–236.

Wachtel H. , Seaman R. , Joines W., Effects of low-intensity microwaves on isolated neurons, *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, 247 (1975) 46–62.

1999/519/EC:, Council Recommendation of 12 July 1999 on the limitation of exposure of the general public to electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz), *Official Journal of The European Communities*, (1999) L199/59-L199/70, 30.7. ( [http://europa.eu.int/eur-lex/pri/en/oj/dat/1999/1\\_199/1\\_19919990730en00590070.pdf](http://europa.eu.int/eur-lex/pri/en/oj/dat/1999/1_199/1_19919990730en00590070.pdf)).