

gieren. Was das zu bedeuten hat, ist unklar. Es ist ein erster Ansatz, die biologischen Mechanismen zu verstehen. Die Unterschiede zwischen den beiden nahe verwandten Zell-Linien in ihrer Antwort auf die Mikrowellenbestrahlung könnten auch erklären, warum Wiederholungsexperimente von anderen Labors oft fehlschlagen. Es kann sein, dass sich die Zellen mit der Zeit verändern und mit der Zeit spontan neue Eigenschaften bekommen. So erklärt sich auch, dass genetisch unterschiedliche Zellen verschieden auf Strahlung reagieren. Dies ist auch von anderen Einwirkungsfaktoren bekannt wie z. B. ionisierender Strahlung, Krebs erregenden Stoffen und Drogen. Als Schlussfolgerung zeigt sich: Mikrowellenstrahlung verursacht eine breite Veränderung in der Gen- und Proteinaktivität in Zellkulturen.

Insgesamt sei die Datenlage ungenügend, um allgemeine Schlussfolgerungen zu ziehen, wie die biologischen Auswirkungen von elektromagnetischen Feldern auf Lebewesen sind. Man muss sich vergegenwärtigen, dass viele Experimente unzureichend ausgeführt wurden oder nur ein Experiment ohne Wiederholung erfolgte, was den Wert der Arbeit mindert.

Diese Forschungsarbeit wurde vom EU-Programm REFEX und von verschiedenen finnischen Institutionen gefördert.

#### Quelle:

Nylund R, Leszczynski D (2006): Mobile phone radiation causes changes in gene and protein expression in human endothelial cell lines and the response seems to be genome- and proteome-dependent. *Proteomics* 6 (17), 4769–4780

#### Zellforschung

## Genveränderungen durch Mobilfunkstrahlung in verschiedenen Zellkulturen

**In diesen Experimenten wurden verschiedene Zellkulturen mit Frequenzen von 900 MHz und 1800 MHz bestrahlt und die Genaktivität, ähnlich wie in der obigen Studie, mit Transkriptomik und Proteomik untersucht. Die Zellkulturen zeigten ebenfalls unterschiedliche Genaktivitäten gegenüber den unbestrahlten Kontrollen.**

Es wurden sechs verschiedene menschliche Zellarten verwendet und die gesamte DNA untersucht. Bis auf eine Zellart (Primärzellen aus frischem normalem Gewebe, T-Lymphozyten) waren alle Zellen Zell-Linien (Neuroblastom-, Endothel-, Lymphom-, Leukämie- und Mikrogliazellen). Normale Gewebezellen haben den Vorteil, dass sie gut die natürliche Situation wiedergeben, aber sie haben den Nachteil, dass sie sehr empfindlich und sehr variabel reagieren, wenn sie isoliert sind. Demgegenüber haben Zell-Linien den Vorteil, dass sie standardisiert sind. Sie haben allerdings andere Eigenschaften als natürliche Zellen, sind nicht genetisch stabil und können daher Veränderungen in Zellwachstum, -differenzierung und Apoptose (programmiertem Zelltod) zeigen.

Die Bestrahlung erfolgte bei 900 und 1800 MHz mit SAR-Werten zwischen 1,0 bis 2,5 W/kg. Es wurden sowohl kontinuierliche als auch intermittierende (zeitweise an, zeitweise aus) Bestrahlungen mit verschiedenen Zeiten vorgenommen. Die Dauer der Bestrahlung betrug zwischen einer Stunde und 44 Stunden. Nach der Bestrahlung wurde die RNA isoliert und das gesamte Genom der verschiedenen Zellen hergestellt.

Die untersuchten Gene wurden in sechs „Familien“ eingeteilt, einige Gene ließen sich nicht zuordnen. Die sechs „Familien“

waren Differenzierung, Stoffwechsel, Signalübertragung, Zellteilungszyklus, Apoptose (programmierter Zelltod) und Stressreaktion. Als Ergebnis konnte festgestellt werden, dass die meisten Gene nach oben reguliert wurden, nur wenige Gene wurden nach unten reguliert. In jeder Zellart waren andere Gene betroffen. In EA.hy926 wurden bei 900 MHz 22 Gene nach oben, 10 nach unten reguliert, bei den Lymphomzellen (U937) 32 nach oben und 2 nach unten. Unter der Bestrahlung mit 1800 MHz gab es 11 nach oben regulierte und 1 herunterreguliertes Gen. Die meisten der veränderten Gene sind solche, die für den Stoffwechsel zuständig sind. Die Anzahl der stärker aktivierten Stoffwechselfgene: 15 in Endothelzellen (EA.hy926), 14 in Lymphom- und 3 in Leukämie-Zellen (HL-60). Bezüglich der Proteinsynthese waren zumeist Ribosomen-Proteine betroffen: in den Endothelzellen wurden 3 dieser Gene herauf- und 1 Gen herunterreguliert, bei den Lymphomzellen 5 nach oben (Ribosomen sind die Partikel in der Zelle, an denen die Proteine nach der Vorgabe der RNA synthetisiert werden).

Bis auf die Mikrogliazellen (CHME5) reagierten die alle Zellen auf 900-MHz-Strahlung signifikant gegenüber den Kontrollen, bei 1800 MHz reagierten die Neuroblastomzellen und die Lymphozyten nicht signifikant. Interessanterweise reagierte dieselbe Zellart auf unterschiedliche Mikrowellen-Exposition verschieden: Die Endothelzellen zeigten veränderte Genaktivität nach 900-MHz-Bestrahlung, nicht aber bei 1800 MHz. Die Leukämiezellen reagierten auf die intermittierende Bestrahlung bei 1800 MHz, nicht bei der kontinuierlichen Bestrahlung. Das bedeutet: Der Effekt ist nicht dosisabhängig, denn beide Zellkulturen wurden 24 Stunden unter den jeweiligen Bedingungen gehalten. In den Leukämiezellen konnten DNA-Strangbrüche und deren Reparatur festgestellt werden, andere teilnehmende Labors an der Studie fanden das allerdings nicht.

Das Ergebnis der geringen Strahlungseinwirkung: Eine direkte Schädigung der Moleküle in den Zellen – der Proteine oder der DNA – ist nach Meinung der Forscher ausgeschlossen. Es haben sich noch keine Rezeptoren für hochfrequente elektromagnetische Felder gefunden, aber einzelne Veränderungen der Genaktivität in menschlichen Zellen. Beispielsweise zeigten Hautfibroblasten veränderte RNA-Konzentrationen als Stressantwort sowie Veränderungen im Zellzyklus und der Zellstruktur. Andere Forschungsarbeiten ergaben Veränderungen von Genen, die an der Signalübertragung in Endothelzellen beteiligt sind. Andere Befunde waren veränderte Proteinkonzentrationen von Strukturproteinen oder eine höher Phosphorylierung von Hitzeschockproteinen (hsp27).

Diese Arbeit wurde vom EU-Forschungsprogramm REFLEX, der VERUM-Stiftung und dem Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert.

#### Quelle:

Remondini D, Nylund R, Reivinen J, Poullietier de Gannes F, Veyret B, Lagroye I, Haro E, Trillo MA, Capri M, Franceschi C, Schlatterer K, Gminski R, Fitzner R, Tauber R, Schuderer J, Kuster N, Leszczynski D, Bersani F, Maercker C (2006): Gene expression changes in human cells after exposure to mobile phone microwaves. *Proteomics* 6 (17), 4745-54.

**Anmerkung zu den beiden Experimenten:** Es ist vielleicht etwas verwirrend für den molekulargenetischen Laien mit all der Transkriptomik und Proteomik, den Genen und den Zellarten. Zusammen genommen zeigen die Ergebnisse beider Experimente, dass die Zellarten erstens gegenüber den unbestrahlten Kontrollen Unterschiede aufweisen und zweitens selbst nahe verwandte Zellen mit weitgehend gleichen Eigenschaften auf molekularer Ebene sehr unterschiedlich auf äußere Reize reagieren. Auch wenn oder gerade weil die Interpretation des „Verhaltens“ von Zellen sehr schwierig ist, kann man doch auf

der Basis dieser Art Forschung erwarten, in Zukunft mehr Aufschluss über den Einfluss von elektromagnetischen Feldern auf Lebewesen erwarten. Immerhin ist eines klar: Auch schwache Hochfrequenzfelder können große Auswirkungen auf menschliches Gewebe haben, deren Folgen bisher nicht absehbar sind. Deshalb ist es unsinnig, immer wieder zuerst nach den Erklärungsmodellen oder letzten „Beweisen“ der Schädlichkeit zu rufen, wie Vertreter der Industrie immer wieder fordern. Wir verstehen trotz der Entschlüsselung des menschlichen Genoms viel zu wenig von den Abläufen in der einzelnen Zelle, um Folgen von solchen umfangreichen Genveränderungen genau bestimmen zu können. Die aufgetretenen DNA-Strangbrüche und deren Reparatur sowie der Befund, dass intermittierende Strahlung offensichtlich eine stärkere Wirkung hat als kontinuierliche bestätigen viele frühere Ergebnisse. Viele Genveränderungen mögen ohne wesentliche Auswirkung auf den geregelten Ablauf in der Zelle bleiben. Aber: Niemand kann ausschließen, dass bei bestimmten Zellarten an einer bestimmten Stelle im Gen gravierende Störungen entstehen können, die sich auf den gesamten Organismus schädlich auswirken. Die gebetsmühlenartige Wiederholung der Aussage, dass nicht-ionisierende Strahlung zu schwach sei, um Schäden in den Genen anzurichten, ist schon lange überholt. Jemand, der diese Äußerung immer noch von sich gibt, ist wissenschaftlich nicht kompetent und kann nicht ernst genommen werden.

#### Abschirmung

## Bundesamt für Strahlenschutz warnt vor Abschirmmatten

**Bei unsachgemäßer Anwendung kann es bei bestimmten Materialien zu einer Verstärkung der Felder kommen, meldet das BfS.**

Zur Information über die gesundheitliche Relevanz von nieder- und hochfrequenten Feldern schickt das BfS voraus, dass man zwischen Nieder- und Hochfrequenz unterschieden muss in Bezug auf deren biologische Wirkungen und dass die festgelegten Grenzwerte vor Gesundheitsschäden schützen. Unterhalb der Grenzwerte wird u. a. festgestellt, „dass gesundheitsrelevante Wirkungen bei schwacher Exposition (unterhalb bestimmter Schwellenwerte) bisher wissenschaftlich nicht nachgewiesen werden konnten.“ Die Warnung vor dem Abschirmmaterial bezieht sich auf Matten, die mit einem Kabel über die Steckdose oder einen Heizkörper geerdet werden können. „Die Matten könnten höchstens niederfrequente elektrische Felder abschirmen, wenn sich die Feldquelle unmittelbar jenseits der Matte befindet. Auch bei hochfrequenten elektromagnetischen Feldern (z.B. von Mobilfunksendeanlagen) ist eine Abschirmung prinzipiell nur dann möglich, wenn sich das abschirmende Material zwischen der Feldquelle und der betroffenen Person befindet. Da die Abschirmmatten jedoch als Unterlage verwendet werden, können elektromagnetische Felder, die aus allen anderen Richtungen auf den Menschen einwirken können, keinesfalls wirkungsvoll abgeschirmt werden. Sowohl für den Niederfrequenz- als auch für den Hochfrequenzbereich liegen Hinweise auf mögliche Felderhöhungen bei der Verwendung von Abschirmmatten vor. Wegen der zweifelhaften Wirksamkeit solcher Abschirmmatten sind diese aus Sicht des Bundesamts für Strahlenschutz weder zum Schutz vor Gesundheitsschäden noch als Vorsorgemaßnahme zur Verminderung von Expositionen zu empfehlen.“

Quelle: [www.bfs.de](http://www.bfs.de)

#### Tagung Mobilfunk

## Tagung gibt Entwarnung bei Mobilfunkstrahlung

**Unter Federführung der Forschungsgemeinschaft Funk (FGF), einem Verein der Mobilfunk-Industrie, gab es am 10. Oktober in Nürnberg einen Workshop. Es wurde über den aktuellen Stand der Forschung diskutiert.**

Prof. Roland Glaser, emeritierter Professor der Humboldt-Universität in Berlin, sieht „bis heute keine biophysikalisch vertretbare Vorstellung über einen nicht-thermischen Wirkungsmechanismus hochfrequenter Felder im Intensitätsbereich gültiger Grenzwerte.“ Lediglich thermische Wirkungen seien nachgewiesen, nicht-thermische Effekte seien entweder „inzwischen als technische Artefakte entlarvt“ oder „wahrscheinlich das Resultat mikrothermischer Effekte“. Falls die biologischen Effekte doch keine Artefakte sein sollten, seien sie gesundheitlich unbedenklich. Dr. Brigitte Schlehofer vom Krebsforschungszentrum in Heidelberg sieht bezüglich des Krebsrisikos kaum eine Gefahr durch Mobilfunkstrahlung, wenn auch eine Krebs promovierende Wirkung nicht völlig ausgeschlossen werden könne. Prof. Thomas Penzel von der Charité in Berlin bewertet die Ergebnisse von Studien zu Schlafstörungen als wissenschaftlich nicht abgesichert, ebenso sieht es Dr. Martin Rösli von der Universität Bern bezüglich der Untersuchungen zur Elektrosensibilität.

Quelle:

[www.izmf.de](http://www.izmf.de)

#### Politik

## Schwedisches Institut für Arbeitsleben wird geschlossen

**Wie jetzt bekannt wurde, soll das Swedish National Institute for Working Life (NIWL) im Juli 2007 geschlossen werden. Das hat die neue konservative Regierung in Schweden in ihrem Vorschlag für das neue Budget beschlossen. Kjell Hansson Mild, der frühere Präsident der Bioelectromagnetic Society (BEMS), sieht darin eine ideologische Entscheidung.**

Mild vermutet, dass einige Politiker in der Arbeit des Instituts eine Politische Richtung sehen, die mit der neuen Regierung nicht übereinstimmt. Mild meint, das sei falsch und die betreffenden Personen seien uninformiert.

Das Institut ist mit der Erforschung von Arbeitsbedingungen und der Veröffentlichung der wissenschaftlichen Ergebnisse befasst. Auch Bildungsmaßnahmen gehörten zu seinen Aufgaben. Zudem gibt es dort eine Bibliothek mit einer einzigartigen Sammlung von nationaler und internationaler Literatur zu beruflicher Sicherheit und Gesundheit.

Mikael Sjöberg, der Generaldirektor, sagte am 16. Oktober, als die Entscheidung bekannt wurde, dass er die Entscheidung sehr bedauert. Nicht nur, weil die Mitarbeiter ihren Arbeitsplatz verlieren, sondern weil viel Wissen verloren geht. Die Entscheidung ist zwar noch nicht endgültig, sie wird aber wahrscheinlich nicht mehr zurückgenommen.

Quelle: [www.bioelectromagnetics.org](http://www.bioelectromagnetics.org)