

auf. Die Mobilfunkindustrie will juristisch gegen die Studie vorgehen, Schadenersatz fordern und einen Widerruf der Ergebnisse durchsetzen. Gefordert wird zudem eine sachliche Mobilfunk-Diskussion, die „Beurteilung des gesamten wissenschaftlichen Kenntnisstandes“ und die „genaue Überprüfung des Einsatzes von Steuergeldern für Forschungsarbeiten.“

**Kommentar:** Wieder einmal werden signifikante und brisante Ergebnisse kontrovers diskutiert, wie nicht anders zu erwarten war. Das Problem bei epidemiologischen Studien ist bekannt, es gibt immer sehr viele Variablen. Unsicherheiten bei den Auswahlkriterien und der Beurteilung lassen sich nicht vermeiden, der Spielraum für Interpretationen ist mehr oder weniger groß. Dass die Industrie wissenschaftlich positive Ergebnisse nicht schätzt, ist auch bekannt. Der Titel der Pressemitteilungen des FMK „Skandal um falsche Krebsuntersuchung zu Mobilfunk“ und scheinheilige Forderungen, der „gesamte wissenschaftliche Kenntnisstand“ sei zu berücksichtigen, zeugen nicht von der Bereitschaft zu sachlicher Diskussion, die das FMK selbst aber anmahnt. Der „gesamte wissenschaftliche Kenntnisstand“ wird seit Jahrzehnten von der Industrie ignoriert, und der Einsatz von Forschungsgeldern aus der Industrie ist ebenso – oder sogar noch mehr – unter Beobachtung zu stellen. Die Alternative ist aber nicht, keine Epidemiologie mehr zu betreiben, sondern trotz aller Unwägbarkeiten die Entwicklung über einen langen Zeitraum zu beobachten.

#### Quellen:

Oberfeld G (2008): Umweltepidemiologische Untersuchung der Krebsinzidenz in den Gemeinden Hausmannstätten & Vasoldsberg. Die Studie kann aus dem Internet heruntergeladen werden unter [www.verwaltung.steiermark.at/cms/ziel/21212/DE/](http://www.verwaltung.steiermark.at/cms/ziel/21212/DE/)

[www.fmk.at](http://www.fmk.at); [http://www.mobile-research.ethz.ch/var/Kommentar\\_Roeoesli\\_oberfeldstudie.pdf](http://www.mobile-research.ethz.ch/var/Kommentar_Roeoesli_oberfeldstudie.pdf)

### Hochfrequenz und Proteine

## Nicht-thermische Wirkung von Mikrowellen auf Proteine

**Die Wärmewirkung von 2,45-GHz-Strahlung auf Proteine unterscheidet sich von der konventionellen Erwärmung. Durch die Einwirkung von Mikrowellen entstehen noch andere, nicht-thermische Wirkungen auf Zellen gegenüber normaler Erwärmung. Diese Arbeit untersuchte die Unterschiede in der Wirkung auf die Proteine.**

Um die Unterschiede sichtbar zu machen, wurde eine Proteinfaltung des Enzyms Citratsynthase (CS) erwärmt bis zur Endtemperatur 44,8 °C. Einmal mit Mikrowellen (20 Sekunden), dann mit normaler Erwärmung im Wasserbad (5 Minuten) und als Drittes mit einer Kombination aus beiden Verfahren. Bei einer bestimmten Temperaturerhöhung werden alle Proteine entfaltet (denaturiert), wodurch ihre Funktion verloren geht. Im entfaltenen Zustand kann das Protein CS an das Strukturprotein Alpha-Kristallin der Augenlinse gebunden werden, was in diesem Experiment zur Bestimmung der Konzentration herangezogen wurde. Das Alpha-Kristallin fungiert gleichzeitig als Chaperon, d. h. es schützt die Augenlinse vor Schäden, indem es die Denaturierung der Linsenproteine verhindert.

Durch die Denaturierung kann das Protein CS an eine mit Alpha-Kristallin beschichtete Oberfläche gebunden und in der Konzentration bestimmt werden. Die Menge des gebundenen Proteins Citratsynthase ist ein Maß für die Denaturierung des Proteins. Bei der Mikrowellenbehandlung zeigte sich schon bei sehr geringer Temperatur die Entfaltung des Proteins. Mikro-

wellen erzeugen schon nach kurzer Einwirkzeit einen signifikant höheren Denaturierungsgrad als die konventionelle Erwärmung, obwohl die konventionell erwärmten Proben länger der Hitze ausgesetzt waren. Deshalb kann das Ergebnis nach Ansicht der Wissenschaftler nicht allein mit einer Wärmewirkung erklärt werden. Die Autoren beschreiben diese Konformationsänderung des Proteins als eine nicht-thermische Wirkung. Eine mögliche Erklärung für die gesteigerte Denaturierung ist, dass die Mikrowellenenergie in den Protein- oder Wassermolekülen absorbiert wird und somit eine direkte Wechselwirkung zwischen Protein und Strahlung erfolgt.

#### Quelle:

George DF, Bilek MM, McKenzie DR (2008): Non-thermal Effects in the Microwave Induced Unfolding of Proteins Observed by Chaperone Binding. *Bioelectromagnetics online* [www.interscience.wiley.com](http://www.interscience.wiley.com), DOI 10.1002/bem.20382

### Hochfrequenz und Zellforschung

## 1800-MHz-Strahlung verändert die Proteine in Zellen der Augenlinse

**Die Experimente mit menschlichen Zellen der Augenlinse ergaben, dass durch Mikrowellen erhöhte Konzentrationen bestimmter Strukturproteine hervorgerufen werden. Die betreffenden Proteine sind an Hitzeschock- und Regulationsvorgängen beteiligt. Den Ergebnissen nach könnte Hochfrequenzstrahlung bei chronischer Einwirkung mitverantwortlich sein für Linsentrübungen.**

Bekannt ist, dass Diabetes mellitus, Röntgen-, UV- und Mikrowellenstrahlung und andere Krankheiten sowie Alterung Trübungen der Augenlinse hervorrufen. Durch elektromagnetische Felder wird die Kristallstruktur der Linsenproteine (Alpha-Kristallin) verändert, was die Durchsichtigkeit der Augenlinse vermindert, das ist ebenfalls bekannt. Bis heute ist nicht klar, welche Mechanismen hinter dem so genannten grauen Star (Katarakt) stecken. Bei Säugetieren bestehen die Augenlinsen zu 65 % aus Wasser und zu 35 % aus organischen Molekülen. Für eine vollständige Durchsichtigkeit muss die Anordnung der Kristallstruktur des Alpha-Kristallins 100%ig korrekt sein.

Für das Experiment wurden die Zellen mit 3 verschiedenen Feldstärke behandelt, so dass neben der scheinexponierten Kontrolle SAR-Werte von 1, 2 und 3,5 W/kg je 2 Stunden auf die Zellen einwirkten. Die Strahlung war die eines normalen Mobiltelefons (1800 MHz, Puls 217 Hz). Die Bestrahlungseinrichtung wurde von der ETH Zürich zur Verfügung gestellt.

Mit Hilfe der Proteomic wurden mehr als 1600 Proteine untersucht. Davon waren bei 3,5 W/kg 4 Proteine signifikant (mehr als 3fach) erhöht gegenüber den unbestrahlten Kontrollen und um mehr als das Doppelte bei 2 W/kg. Bei 1 W/kg ergaben sich keine Unterschiede. Von den erhöhten Proteinen war eines aus der Hsp70-Familie (s. S. 4), zwei sind beteiligt an der Regulation von Transkription und Translation (die RNA-bindenden Proteine hnRNP K = heterogeneous nuclear ribonucleolar protein K), und bei einem Protein ist die Funktion unbekannt. Die hnRNP-K-Proteine sind RNA-bindende Proteine, die sowohl im Zellkern als auch im Zytoplasma vorkommen. Hsp70 tritt bei Denaturierungsprozessen in Erscheinung, um die denaturierten Proteine zu stabilisieren. Ohne diese Stabilisierung kann es zu Strukturveränderungen der Linsenproteine