

Bestrahlung mit  $0,05 \text{ mW/cm}^2$  und höher eine signifikant höhere Absterberate von neuronalen Zellen der Hirnrinde erfolgte und vermehrt Apoptose und DNA-Bruchstücke auftraten. Bei Meerschweinchen und Kaninchen war unter 3 GHz die Myelinisierung verändert und eine Gliazell-Degeneration zu sehen, ein anderes Experiment mit Ratten ergab Degeneration des Myelins bei 2,45 GHz.

Mehrere Studien fanden bei Kindern und Jugendlichen ein signifikant erhöhtes Risiko für Hirntumore durch Mobiltelefone. Eine Studie fand kein erhöhtes Risiko, die war teilweise von der Mobilfunk-Industrie bezahlt worden. Vermehrt ADHS wurde nachgewiesen, wenn die Kinder mehr Blei im Gehirn hatten, was möglicherweise dadurch geschieht, weil die Blut-Hirn-Schranke durch Mobilfunkstrahlung durchlässiger wird. Eine Untersuchung sagt aus, dass Speicheldrüsenkrebs stark anstieg zwischen 1970 und 2006, besonders bei jungen Menschen; 20 % waren unter 20 Jahre alt. Eine andere geht davon aus, dass vermehrt Brustkrebs entsteht, weil junge Frauen das Handy im BH tragen. Da Tumor-Latenzzeiten bis zu 30 Jahren und mehr betragen, werden Tumoren bei heutigen Kindern erst in mehreren Dekaden diagnostiziert werden. Die vielen Studien zur Spermenschädigung (Beweglichkeit, reduzierte Fruchtbarkeit) sind die am besten dokumentierten Forschungen weltweit. Es sind Untersuchungen in vivo, in vitro und epidemiologische beim Menschen.

Das Fazit: Das Risiko für Kinder und Jugendliche ist beträchtlich, Erwachsene sind auch, aber weniger gefährdet. Kinder absorbieren mehr Mikrowellen, Feten sind noch empfindlicher, Mädchen sollten das Handy nicht in den BH stecken. Funkgeräte sind Nachrichtenübertragungsgeräte und keine Kinderspielzeuge (iPads, Tablets, Laptops und Mobiltelefone), man kann sie im normalen Gebrauch nicht 20 cm vom Körper weg benutzen. Warnungen in der Betriebsanleitung der Mobiltelefone machen klar, dass es ein Problem der Überexposition gibt. Die Digitale Demenz droht ein Problem zu werden, das haben Untersuchungen ergeben. Warnungen von Regierungen gibt es in vielen Ländern, dass besonders Kinder geschützt werden sollten (Türkei, Belgien, Australien 2013, Frankreich 2010), allerdings finden diese Warnungen, die von öffentlicher Seite herausgegeben werden, kaum Beachtung in der Bevölkerung, die Grenzwerte sind ungenügend und sollten angepasst werden.

#### Quelle:

Morgan LL, Kesari S, Davis DL (2014): Why children absorb more microwave radiation than adults: The consequences. Journal of Microscopy and Ultrastructure  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jmau.2014.06.005>

### Hochfrequenzwirkung auf den Menschen

## Erwärmung und Wärmegefühl durch TETRA-Frequenzen

In diesem Experiment wurde im Doppel-Blind-Verfahren untersucht, ob es zur Erwärmung des Gewebes durch ein TETRA-Handset kommt und ob die Probanden die Erwärmung wahrnehmen können. Es kam zu einer Temperaturerhöhung proportional zur Strahlungsstärke mit durchschnittlicher Temperaturerhöhung von  $0,8 \text{ °C}$  nach 30 min (SAR  $6 \text{ W/kg}$ ). Die Teilnehmer konnten subjektiv keine Unterschiede feststellen. Die Studie wurde vom Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) bezahlt.

Es gibt 2 Möglichkeiten der Erwärmung im Gewebe: durch die Strahlung oder durch das durch den Strom erwärmte Gerät, wobei beides zusammenwirken kann. Mobiltelefonstrahlung

erzeugt nach 15 und 30 min Exposition eine statistisch signifikante Temperaturerhöhung schon nach 6 min. Die Temperaturerhöhung der Haut am Ohr beträgt bei  $2 \text{ W/kg}$  etwa  $0,1 \text{ °C}$  durch UMTS, GSM und TETRA, letztere liegt etwas höher als GSM und UMTS.

Für diese Untersuchung wurden 15 gesunde freiwillige männliche Probanden zwischen 23 und 36 Jahren ( $28,4 \pm 3,7$ ) gewonnen, die Geld dafür bekamen. Die Bestrahlung erfolgte mit der TETRA-Trägerfrequenz 385 MHz (Pulslänge 14,17 ms, Pulsperiode 56,67 ms). Es wurden 3 Gruppen gebildet: scheinbefeldete Kontrollen, SAR 1,5 und  $6 \text{ W/kg}$  (Durchschnitt  $10 \text{ g}$  Gewebe) an 3 Tagen, d. h. es gab insgesamt 9 Sitzungen an verschiedenen Tagen, immer zur selben Uhrzeit für eine Person. Eine Sitzung einschließlich kurzer Eingewöhnung dauerte etwa eine Stunde; 30 min Bestrahlung und am Ende ein Fragebogen zum Wärmeempfinden. Die Teilnehmer saßen bequem im Sessel in einem abgeschirmten Raum, und wurden gebeten zu lesen. Eine Antenne wurde am linken Ohr befestigt und die Hauttemperatur an 2 Stellen nahe der Antenne gemessen, für 35 min sofort nach Befestigung der Antenne (Thermometer-Genauigkeit  $\pm 0,1 \text{ °C}$ , 6 Mittelwerte/min für jeden Sensor). Die Teilnehmer wurden aufgefordert, direkt nach der Bestrahlung einen Fragebogen auszufüllen über ihr subjektives Empfinden, den Grad der Erwärmung auf der linken und der rechten Kopfseite auf einer Skala anzugeben (0 heißt „kein bisschen wärmer“ und 10 „viel wärmer“). Zusätzliche Fragen waren, ob linke oder rechte Seite des Kopfes wärmer, kälter oder ohne Unterschied im Vergleich zur vorigen Sitzung war und ob andere physikalische Empfindungen als Erwärmung auftraten. Durchführung und Auswertung erfolgten im Doppelblind-Verfahren.

Nach 30 min Bestrahlung bei 1,5 bzw.  $6,0 \text{ W/kg}$  betrug die Erwärmung zwischen  $0,3$  und  $0,7 \text{ °C}$  gegenüber der Ausgangstemperatur, bei  $6 \text{ W/kg}$  signifikant. Bei den Kontrollen variierte die Temperatur um den Ausgangspunkt, mal drunter mal drüber um ca.  $0,2 \text{ °C}$ . Die Gesamt-Erwärmung kam durch Gerät, die Apparatur auf der Haut und die 385-MHz-Strahlung zustande. Nach den Berechnungen waren  $0,6$ – $0,7 \text{ °C}$  Erwärmung auf die TETRA-Bestrahlung zurückzuführen. Obwohl es eine signifikante Erwärmung bei  $6 \text{ W/kg}$  gab, konnten die Probanden die Temperaturerhöhung nicht spüren.

**Quelle:** Dorn H, Schmid G, Eggert T, Sauter C, Bolz T, Danker-Hopfe H (2014): Experimental Investigation of Possible Warmth Perception from a Head Exposure System for Human Provocation Studies with TETRA Handset-like Signals. Bioelectromagnetics 35, 452–458

### Magnetfeldwirkung auf Pflanzenzellen

## 60-Hz-Magnetfelder beeinflussen das Pflanzenwachstum

Experimenten mit Sämlingen von Kaffeepflanzen ergaben, dass Photosynthese, Transpiration, Konzentration der Photosynthese-Pigmente und Genexpression einer Oxygenase durch 60-Hz-Einwirkung verändert wurden. Die Ergebnisse können dazu genutzt werden, das Pflanzenwachstum für die Landwirtschaft zu verbessern.

Mehrere Studien haben an verschiedenen Pflanzenarten gezeigt, dass durch niederfrequente Felder Keimung, Sprosswachstum, Fruchtbildung und Gewicht der Pflanzenteile positiv beeinflusst werden. Proteinbildung, Zellteilung, photochemische Aktivität, Atmungsrate, DNA-Gehalt und Enzymaktivität sind verändert. Eine Erklärung dafür ist die Wechselwirkung mit vorübergehenden Ionenpaarungen.

Kaffe ist ein bedeutender Wirtschafts- und Einkommensfaktor in vielen Ländern. Die Kaffeepflanzen können in guter Qualität aus Samen in Laborkulturen herangezogen werden. Das Ziel dieser Arbeit war, die Wirkung von 60-Hz-Magnetfeldern auf die Photosynthese-Aktivität der Kaffeepflanzen *in vitro* während der Vermehrungs- und Akklimatisierungsphasen zu erforschen. Je 50 Pflanzen pro Untersuchungsphase und Gruppe (Eingewöhnung, Vermehrung, Akklimatisierung, 60 Hz und Kontrolle) wurden einem inhomogenen Feld (2 mT für 3 min, Erdmagnetfeld zusätzlich ca. 61  $\mu$ T) ausgesetzt. Mit der Eingewöhnungsphase ist nach 6 Wochen die Vermehrungsphase erreicht, dann haben die Pflanzen meist 3 Blätterpaare und eine Primärwurzel. Für die anschließende Akklimatisierungsphase wurden die Pflanzen in Töpfe vereinzelt. Die Beleuchtung wurde erst 24, später 16 Stunden eingeschaltet. Untersucht wurden voll ausgebildete Blätter im Elektronenmikroskop, dazu Netto-Photosynthese, Transpiration, Chlorophyll-Konzentration und Genexpression der kleinen Untereinheit der Ribulose 1,5-Bisphosphat-Carboxylase/-Oxygenase (RBCS1). Dieses Enzym sorgt für die CO<sub>2</sub>-Aufnahme in die Pflanze.

Die mit Magnetfeld behandelten Pflanzen zeigten in der *in vitro*-Phase signifikant höhere Ornamentierung der Spaltöffnungen, dickere Cuticula, dickere Wände der Xylem-Gefäße und ein dichteres Parenchym mit viel mehr Amyloplasten als die Kontrollpflanzen. In der Akklimatisierungsphase hatten die befeldeten Pflanzen höheren Wachsgehalt in der Cuticula um die Spaltöffnungen herum. Die Entwicklung des Parenchyms war unbeeinflusst, aber die Xylemgefäße entwickelten signifikant dickere Wände. In jeder Phase unterschied sich die Netto-Photosynthese bei den 60-Hz-Pflanzen von den Kontrollen: in der Eingewöhnungsphase 16,8 % niedriger, in der Vermehrungsphase 85,4 % und in der Akklimatisierungsphase 117,7 % höher. Die Transpiration war in den 3 Phasen verringert um 50, 38,1 und 69,5 %. In der Tabelle sind die Konzentrationen von Chlorophyll a und b zu sehen, sie sind in den befeldeten Pflanzen höher als in den Kontrollen.

	Chlorophyll a	Chlorophyll b
Phase 1 Ko	3,27 mg/g	2,37 mg/g
Phase 1 60 Hz	4,22 (29 %)	3,95 (66,6 %)
Phase 2 Ko	4,86	2,99
Phase 2 60 Hz	8,59 (76,7 %)	5,38 (79,9 %)
Phase 3 Ko	5,02	3,67
Phase 3 60 Hz	8,97 (78,7) %	5,28 (43,8 %)

Die 60-Hz-Magnetfelder führten bei den RBCS-Transkripten in der Eingewöhnungs- und Akklimatisierungsphase zu einer Erhöhung gegenüber den Kontrollen, in der Vermehrungsphase gab es nur eine geringe Akkumulation. Die gesamte rRNA stieg stark an – 1,6 bzw. 1,8 in der 1. bzw. 2. Phase) im Vergleich zu den Kontrollen.

Die Veränderungen durch die Magnetfelder – gesteigerte Photosynthese, verbesserte Blattstrukturen, Transpiration und RBCS1-Genexpression – deuten auf veränderten Stoffwechsel der mit dem inhomogenen 60-Hz-Magnetfeld behandelten Pflanzen hin, vielleicht durch Erhöhung der Leitfähigkeit und der Größe der Ionenkanäle in den Zellmembranen und anderer Poren. Daraus ergibt sich eine Steigerung der Nährstoffaufnahme, des Zellstoffwechsels und des Wachstums der Pflanze. Möglicherweise führen die magneto-mechanischen Kräfte zu einer Neuverteilung von geladenen Teilchen, Ionen und Molekülen auf beiden Seiten der Membranen. Die stärkere Entwicklung der Cuticula und der Spaltöffnungen mit einem Überschuss an Amyloplasten im Parenchym könnte eine bessere Regulation des Wassergehalts und der Photosynthese bedeuten, denn die Hauptaufgabe der Spaltöffnungen sind Regulation des Wasser-

verlustes (Transpiration) und der CO<sub>2</sub>-Aufnahme für den photosynthetischen Stoffwechsel.

Bei den mit Magnetfeld behandelten Pflanzen ist die geringere Netto-Photosynthese in der Eingewöhnungsphase gegenüber den Kontrollen wohl durch die schlechte Blattformentwicklung verursacht, vielleicht durch das inhomogene Feld, das Änderungen der Konfiguration der Nicht-Häm-Gruppe des Photosystems II hervorruft, oder im Elektronentransfer von den Plastochinonen zum Cytochrom-Photosystem-II-Komplex.

Die höhere Photosyntheseaktivität in der Vermehrungs- und Akklimatisierungsphase bei den befeldeten Pflanzen könnte auf das gesteigerte Blattwachstum und die Veränderung der Lichtverhältnisse zurückzuführen sein. Dem könnten Konfigurationsänderungen durch das inhomogene Feld zu Grunde liegen, was zu höherer Energieabsorption oder gesteigertem Elektronentransfer führt. Die der Transfer der Anregungsenergie wird von Photosystem II (PSII) auf Photosystem I (PSI) übertragen, vielleicht die erste Schutzreaktion gegen oxidative Schädigung, wenn zu viel Lichtenergie in PSI absorbiert wird. Die Photoreaktionen in den Chloroplasten sind sehr empfindlich gegenüber Änderungen in der Umgebung, so könnte es zu Elektronentransporten in den Chloroplasten, zu Veränderungen im Redox-Status, zur Ansammlung von ROS im Zusammenhang mit der Photosynthese und zu Veränderungen der Signale kommen, die die Genexpression der Photosynthesegene regulieren. Betroffen ist vielleicht auch die Redox-Aktivität der Cytochrom-C-Oxidase als Elektronentransport-Enzym. Der Anstieg der Konzentrationen der Chlorophylle in den befeldeten Pflanzen in der Vermehrungs- und Akklimatisierungsphase könnte die Photosynthese steigern, ausgelöst durch Wechselwirkungen mit Ionenpaaren, die während der Photosynthese vorübergehend entstehen. Die Verminderung der Transpiration in den Keimlingen unter 60-Hz-Behandlung könnte durch Schließung der Spaltöffnungen und die Verdickung der Cuticula in der Akklimatisierungsphase zustande kommen. Das bedeutet Vorteile beim Wasserhaushalt und dem Wachstum der Pflanzen.

Die Ergebnisse zeigen einen positiven Einfluss auf die Produktionsraten der mRNA. Die Einwirkung der Felder führt demnach nicht zu einer Überexpression des Gens oder stellt einen begrenzenden Faktor dar. Das könnte erklären, warum der Protein-Stoffwechsel der Photosynthese nicht beeinflusst ist, z. B. die Ribulose-1,5-Bisphosphat-Carboxylase/-Oxygenase, Rubisco. Die RBCS1-Gen-Expression kann durch Licht heraufreguliert werden oder unter intensivem Stress und/oder Stress über lange Zeit abnehmen. Dieses Phänomen wiederum, im Zusammenhang mit dem Anstieg von Netto-Photosynthese und Chlorophyllen, setzt voraus, dass der Photosyntheseapparat der *in vitro*-Kaffeepflanzen optimale physiologische Entwicklungs- und Wachstumsbedingungen hat, wenn sie mit den Feldern behandelt werden.

Die Ergebnisse zeigen, dass 60-Hz-Magnetfelder die Qualität von Kaffeepflanzensämlingen in Zellkulturen bzw. im Reagenzglas verbessern können, durch Veränderung der Physiologie und molekularer Prozesse der Photosynthese. Die Pflanzen sind kräftiger, weil in späteren Wachstumsphasen eine stärkere Entwicklung erfolgt.

#### Quelle:

Isaac Aleman E, Oliveira Moreira R, Almeida Lima A, Chaves Silva S, Gonzalez-Olmedo JL, Chalfun-Junior A (2014): Effects of 60 Hz Sinusoidal Magnetic Field on *In Vitro* Establishment, Multiplication, and Acclimatization Phases of *Coffea Arabica* Seedlings. *Bioelectromagnetics* 35, 414–425