

waren ebenfalls alle bestrahlten niedriger, aber nur die 3,0-W-Probe signifikant. Bei HSP70 war 90 Minuten nach der Bestrahlung die 3,0-Probe höher als die Kontrolle, alle anderen Ansätze hatten niedrigere Werte. Die mikroskopische Untersuchung der Morphologie des Thymusgewebes zeigte bei der höchsten SAR (0,482 W/kg) eine signifikant erhöhte Anzahl von Blutgefäßen. Mit steigender SAR traten hämorrhagische retikuläre Epithelzellen des Thymus (das sind im Thymus vorhandene Zellen, die sekretorische Granula enthalten. Sie sorgen dafür, dass T-Zellen abgetötet werden, die körpereigene Zellen angreifen) und rote Blutkörperchen außerhalb der Gefäße nach 90 Minuten und nach 24 Stunden auf. Die retikulären Epithelzellen waren bei beiden Gruppen nur bei 12 W signifikant erhöht. Die einzige signifikante Abnahme in der Anzahl der Blutgefäße nach 24 Stunden trat bei 0,104 W/kg (3 W) auf. Signifikante Zunahme war bei 12 W bei 90 min und bei 24 Stunden bei 1,5 und 12 W und zu sehen. Die roten Blutkörperchen im Thymus waren signifikant erhöht bei 3 und 12 W in beiden Gruppen gegenüber der unbestrahlten Kontrolle. Die Glucocorticoidrezeptoren waren vermehrt in der Thymusrinde bei 3 und 12 W, im Mark waren alle erhöht außer die mit 1,5 W bestrahlten im Vergleich zu den unbestrahlten Kontrollen.

Diese Studie beschreibt erstmals Veränderungen in der Morphologie, des Zellstress mit den Gehalten von HSP90 und HSP70 und den Glucocorticoidrezeptoren im Rattenthymus, wenn dieser 2,45-GHz-Strahlung ausgesetzt wurde. Mit diesen Veränderungen gingen erhöhte Permeabilität der Thymuszellen und erhöhte Gefäßbildung mit Auftreten von roten Blutzellen außerhalb der Gefäße und retikulären Epithelzellen einher. Die Kombination dieser Mechanismen könnte die Immunreaktionen des Thymus verändern. Zellstress-Proteine sind starke Immunmodulatoren, sie können steigernden oder hemmenden Einfluss auf Immunreaktionen haben, je nach Kontext. Die Zunahme der Glucocorticoidrezeptoren in der Thymusrinde bedeutet, dass nicht-ionisierende Strahlung die Immunantwort beeinflussen kann. Der Thymus spielt eine wichtige Rolle im Immunsystem, die GR-Aktivierung wird benötigt bei Auswahl, Entwicklung und Reifung der Thymozyten. Die Erhöhung der Permeabilität der Gefäße aufgrund der Strahlung war begleitet von einer vermehrten Anzahl von Blutgefäßen im Thymusmark und erhöhtem Blutfluss und/oder Gefäßerweiterung. Ähnliche Ergebnisse kennt man von der Blut-Hirn-Schranke nach nicht-thermischer Mikrowellenbestrahlung von Ratten. Das heißt, die Mikrowellen erzeugen akute Stressreaktionen der Zellproteine innerhalb von 24 Stunden und sofort sichtbare Veränderungen im Thymusgewebe, vor allem gesteigerte Permeabilität des Endothels und Bildung neuer Blutgefäße.

Die Ergebnisse der HSP-Gehalte zeigen einen schwachen Zellschutz im Thymus nach 24 Stunden. Beide HSPs haben verschiedene Funktionen bei Apoptose und Zelltod. Übermäßige Produktion von HSP90 zeigt einen Anstieg von Apoptose und verhindert Caspase-Aktivierung (Caspasen werden aktiviert, wenn die Apoptose, der programmierte Zelltod, eingeleitet werden muss), während HSP70 die Zellen vor letalen Einflüssen schützt. Mit steigender SAR nahm der HSP90-Gehalt ab, HSP90 scheint die unreifen Immunzellen schützen zu wollen. Kürzlich haben mehrere Forscher angenommen, dass nicht-ionisierende Strahlung für die Induktion der Apoptose und des Zelltods sorgt und für einen Anstieg an reifen Lymphozyten. Eine Abnahme des Proteins HSP90 und damit seiner schützenden Wirkung in Hemmung der Caspasen könnte die Aktivierung dieses Signalweges bedeuten und dadurch einen Thymusmodulationsbiomarker darstellen. HSP90-Gehalte können eine anti-entzündliche Wirkung anzeigen. In der Physikalischen Therapie mit Mikrowellen, wie z. B. der Diathermie, wird wahrscheinlich die Effektivität der Immunantwort bei den Patienten gesteigert

und man könnte damit die Schwelle zur toxischen Strahlungsmenge bestimmen.

Die Studie zu HSP-Levels und morphologischen Veränderungen im Thymusgewebe durch 2,45-GHz-Strahlung mit nicht-thermischen SAR führt zu folgenden Schlüssen: 1. Nicht-ionisierende und nicht-thermische Strahlung bildet ein quantitatives und qualitatives Modulierungsagens für HSP90, aber nicht für HSP70 in Thymusgewebe, 2. gibt es einen Zusammenhang zwischen Strahlung und gesteigerter Permeabilität des Endothels und der Gefäßbildung des Thymus, 3. zeigt der Anstieg der Glucocorticoidrezeptoren in den Rindenzellen des Thymus, dass die Strahlung einen Stimulus für Immunantwort darstellt.

#### Quelle:

Misa-Agustiño MJ, Leiro-Vidal JM, Gomez-Amoza JL, Jorge-Mora MT, Jorge-Barreiro FJ, Salas-Sánchez AA, Ares-Pena FJ, López-Martín E (2015): MF radiation at 2450 MHz triggers changes in the morphology and expression of heat shock proteins and glucocorticoid receptors in rat thymus. *Life Sciences* 127, 1–11

### Magnetfelder und Pflanzenwachstum

## Das Erdmagnetfeld beeinflusst das Blühen von Pflanzen

**Werden normale Ackerschmalwand-Pflanzen (Arabidopsis) ohne Magnetfeld aufgezogen, kann die Blütenbildung verhindert werden. Dies geht auf den blauen Anteil im Licht bei geringer Intensität und kurzer Einwirkdauer zurück. Die entsprechenden Rezeptoren sind die Cryptochrome 1 und 2 (CRY1/2). Mutanten, die einen Defekt in den CRY1/CRY2-Genen haben, zeigten keine Unterschiede in der Blütenbildung, ob sie mit oder ohne Magnetfeld wachsen. Der rote Lichtanteil scheint keinen Einfluss zu haben.**

Das Blühen von Pflanzen wird durch Photosensor-Rezeptoren wie z. B. den Rezeptor für rotes Licht, Phytochrom (PHY), und den für blaues Licht, Cryptochrom (CRY) gesteuert. Cryptochrome kommen bei Bakterien, Pflanzen und Tieren vor und spielen eine Rolle beim Tag-Nacht-Rhythmus und bei der Wahrnehmung des Erdmagnetfeldes. Die beiden Proteine CRY1 und CRY2 sind lichtabhängig und geben bei Pflanzen außer beim Tag-Nacht-Rhythmus bestimmte Signale für die Entwicklungsstadien, die durch blaues Licht beeinflusst werden. Schon früher hatten die Forscher herausgefunden, dass ein Fast-Null-Magnetfeld bei der Wildpflanze Ackerschmalwand das Blühen in weißem Licht verhindert. Als Ursache wurde eine Veränderung des Cryptochroms vermutet. Um dies herauszufinden, wurden Arabidopsis-Pflanzen (Wildtyp und eine CRY1/CRY2-Mutante) bei einem Fast-Null-Magnetfeld in blauem und rotem Licht verschiedener Dauer und Lichtstärke herangezogen. Als Kontrollen wurden Pflanzen im normalen Erdmagnetfeld gezogen.

Die Pflanzensamen wurden zum Keimen mit weißem Licht 12 Stunden bestrahlt. Danach wuchsen sie weiter entweder ohne Magnetfeld oder im natürlichen Erdmagnetfeld mit Rot- oder Blaulicht-Bestrahlung (460 bzw. 650 nm), 12 Stunden hell/12 Stunden dunkel oder 6 Stunden hell/6 Stunden dunkel. Die 12-Stunden- bzw. 6-Stunden-Wechsel sollten zeigen, ob die Lichtbedingungen eine Bedeutung bei der Blühinduktion haben.

Die Pflanzen, die im blauen Licht und ohne Magnetfeld wuchsen, zeigten verschiedenes Wachstum bei den verschiedenen Lichtzyklen. Beim 12/12-Rhythmus zeigten die Wildtyp-Pflanzen im Fast-Null-Magnetfeld keine signifikanten Unterschiede zu den im Erdmagnetfeld gewachsenen. Im 6/6-Zyklus

jedoch war das Blühen der Null-Feld-Pflanzen signifikant verzögert im Vergleich zur Kontrolle. Diese Ergebnisse zeigen, dass beim fehlenden Magnetfeld der Licht-Rhythmus eine Rolle bei der Entwicklung des Blühens spielt. Die kurzen Lichtzyklen haben eine signifikante Wirkung auf das Blühen. Bei der Mutante waren keine signifikanten Unterschiede zwischen Erdmagnetfeld und Fast-Null-Feld in den verschiedenen Lichtzyklen zu sehen. Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass das Cryptochrom an der Unterdrückung des Blühens ohne Magnetfeld beteiligt ist.

Unter rotem Licht waren beim Wildtyp im Null-Feld keine signifikanten Unterschiede zum Erdmagnetfeld im Blühzeitpunkt zu sehen, und auch die CRY-Mutante zeigte keine Unterschiede. Der Rotlicht-Rezeptor ist also nicht beteiligt. Das blaue Licht aktiviert das Cryptochrom und das aktivierte Cryptochrom wird im Dunkeln in den inaktiven Zustand versetzt. Die Verkürzung der Blaulicht-Zyklen verkürzt den Wechsel zwischen aktivem und inaktivem Zustand im Null-Magnetfeld. Damit wird das Blühen von Arabidopsis beeinflusst.

#### Quelle:

Xu C, Li Y, Yu Y, Zhang Y, Wei S (2015): Suppression of Arabidopsis Flowering by Near-Null Magnetic Field is Affected by Light. *Bioelectromagnetics* 36 (6), 476–479

#### Mobilfunkindustrie und Politik

## Strahlenschutzbehörden als Ewig-Gestrige?

**Obwohl in der Forschung immer wieder Mobilfunkwirkungen auf Lebewesen gefunden und bestätigt werden, scheint das bei den zuständigen Behörden nicht anzukommen. In Deutschland ist es das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS), in Finnland heißt diese Behörde STUK, und die Veröffentlichungen bzw. Informationen für die Öffentlichkeit zeigen eine merkwürdige Übereinstimmung. Bezeichnend ist auch, dass auf der Homepage des IZMFs, dem Informationszentrum Mobilfunk von der Mobilfunkindustrie, zum Thema WLAN und Bluetooth auf das Infoblatt vom BfS verwiesen wird.**

Mobilfunkindustrie und BfS sind sich offenbar einig, dass es keine anderen Erkenntnisse gibt als die seit Jahrzehnten bekannten thermischen Wirkungen der Hochfrequenzstrahlung. Es scheint dort eine Bannmeile für unabhängige Forschung und neuere Forschungsergebnisse zu geben. Dass es überhaupt nicht-thermische Wirkungen gibt, wird im Prinzip bestritten. Das BfS gibt Informationsmaterial heraus, unter anderem für Schulprojekte ab Klasse 5. Dort steht zur Frage „Sind Handys gefährlich?“ folgende Erklärung: „Relevant für den Strahlenschutz wären athermische Wirkungen hochfrequenter elektromagnetischer Felder, wenn sie unterhalb der Grenzwerte auftraten und gesundheitlich relevant wären. Bisher wurden jedoch keine derartigen Wirkungen unterhalb der Grenzwerte nachgewiesen.“ Seite 15, Stand vom Januar 2014. Das IZMF stellt die Frage „Ist Mobilfunk gefährlich?“. Die Tatsache, dass man dort auf das Infoblatt vom BfS zu WLAN und Bluetooth hinweist macht klar: Man kann sich aufeinander verlassen (Stand Juli 2015).

#### Informationen der Mobilfunkindustrie

Das IZMF gibt auch Informationsmaterial für Schulen heraus. Da geht es um Handyverbot in der Schule, die Technik und Vermittlung von Medienkompetenz für Jugendliche. Gut.

Die Informationen des IZMF enthalten auch, dass es Expertengremien zur Forschungsbewertung gibt. „Bei der Forschung zu Mobilfunk und Gesundheit sind es Expertengremien wie die internationale Strahlenschutzkommission (ICNIRP) und die Weltgesundheitsorganisation (WHO) sowie auf nationaler Ebene die Strahlenschutzkommission des Bundes (SSK), die laufend den aktuellen Forschungsstand untersuchen. Sie werten alle veröffentlichten Arbeiten und Studien aus und fassen die Ergebnisse in Forschungsberichten zusammen. Die **Forschungsbewertung** ist eine wichtige Grundlage für die gesellschaftliche Diskussion.“ Der aktuelle Forschungsstand? Weiter:

„Die Sachverständigen geben darüber hinaus Empfehlungen, die als wichtige Richtschnur für Entscheidungen in Politik und Verwaltung dienen. Sie prüfen daher auch intensiv, ob die vorliegenden Arbeiten wissenschaftliche Standards erfüllen.

Auf Basis der aktuellen Forschungsergebnisse kommen die Expertengremien übereinstimmend zu dem Schluss, dass bei Einhaltung der Grenzwerte eine sichere Nutzung der Mobilfunktechnologie für alle Personengruppen gewährleistet ist. Dennoch sehen sie **weiteren Forschungsbedarf**, vor allem hinsichtlich der Langzeiteffekte des Mobilfunks auf den Menschen. Auch die Frage, ob Kinder empfindlicher auf Mobilfunkfelder reagieren als Erwachsene, soll in derzeit laufenden **Langzeitstudien** geklärt werden.“ Stand: Januar 2014

Nicht nur in Deutschland haben die Bürger es mit der Problematik der Desinformation zu tun.

#### Die Glaubwürdigkeit des finnischen Strahlenschutzes

Dieselbe Haltung findet man in der finnischen Strahlenschutzbehörde STUK. Prof. Dariusz Leszczynski, der lange am STUK gearbeitet hat, fragt in seinem Blog am 10. August 15, wie glaubwürdig die Aussagen der finnischen Strahlenschutzbehörde STUK zu Smartphones und Atomkraftwerken sind (<https://betweenrockandhardplace.wordpress.com/2015/08/10/stuk-in-finland-how-trustworthy-is-information-on-smart-phones-and-nuclear-power-plants>). Er sagt, die Behörde halte wichtige Informationen zur Strahlenbelastung zurück. Und er fragt: Was wird noch von den STUK-Mitarbeitern verborgen? Zum Schulbeginn meinen die meisten Eltern, dass ihre Kinder, besonders die Schulanfänger, zur Sicherheit ein Mobiltelefon haben sollten, und zwar ein Smartphone. Über die Strahlenproblematik denken sie nicht nach, denn die Behörde bezeichnet die Geräte als sicher. Sind sie das? Die Behörde informiere falsch, Prof. Leszczynski zieht die Parallele zum Rauchen, das auch Jahrzehnte lang als unschädlich galt. Wir brauchen aber verlässliche Informationen, nach denen wir entscheiden können. Das Smartphone selbst gibt uns Hinweise: die Tatsache, dass es so oft wieder aufgeladen werden muss. Wo geht die Energie hin? Sie verschwindet nicht, sie wird abgestrahlt, und die Strahlung dringt zum Teil in den Körper ein. Auch wenn man nicht telefoniert, denn das Smartphone sucht permanent im Internet, ob es neue Informationen gibt. So kann die Strahlung, die vom Körper absorbiert wird, höher sein als wenn man telefoniert, nämlich wenn man das Gerät in der Hosentasche oder sonst wo nah am Körper trägt. In der finnischen Behörde weiß man das, aber das wird verschwiegen. Und auch noch ignoriert, als Prof. Leszczynski das STUK im Juni 2014 darauf hinwies. Im August 2015 war die Aussage immer noch die alte. Im Mai 2015 hatte Prof. Leszczynski eine Antwort erhalten, in der die Begründung in etwa lautete, man habe darauf hingewiesen, unnötige Gespräche zu vermeiden, da das Gerät meistens zum Telefonieren genutzt werde. Wohl wissend, dass auch sonst hohe Strahlenbelastung auftreten kann. Dann wird behauptet, es gebe keine Beweise für die Schädlichkeit der Mobilfunkstrahlung. Prof. Leszczynski dazu: „Man kann sagen, es gibt keine schlüssigen Beweise, aber zu sagen, es gebe keine Beweise, ist einfach eine Lüge.“ Die Frage ist, welche Informationen vom STUK noch