

Konzentration nicht im Gleichgewicht ist. Der Anstieg der Calcium-Konzentration in der Zelle kann zu gesteigerter Zellteilung und -differenzierung führen und verschiedene Enzymaktivitäten verändern.

**Krebsentstehung (Karzinogenese):** Mobilfunkstrahlung kann die DNA-, RNA- Proteinsynthese- und Zellteilungsrate verändern. Aber die epidemiologischen Studien sind nicht eindeutig. Dennoch kann ein möglicher Ablauf der Krebsentwicklung gezeichnet werden. Verschiedene Enzyme und Rezeptoren in der Plasmamembran werden, wie oben beschrieben, als Angriffspunkte für Mobilfunkstrahlung verändert, was ein unkontrolliertes Zellwachstum auslösen kann.

Zusammenfassend ist festzuhalten: Die Zellmembran ist der primäre Angriffspunkt der Strahlung, dadurch entstehen ROS-Moleküle, die NADH-Oxidase-Aktivität in der Zellmembran steigt an. Dauereinwirkung von Mobilfunkstrahlung kann durch oxidativen Stress zu DNA-Schäden führen. Das führt zu vermehrtem Zelltod von Spermienzellen und neurodegenerativen Prozessen im Gehirn sowie zur Beschleunigung des Krebszellwachstums in beiden Organen. Die Beschleunigung des Krebswachstums entsteht durch Einwirkung der Strahlung auf die Enzyme PKC, ODC und Stresskinase und auf die Calcium-Konzentration in den Zellen. Oxidativer Stress und Veränderungen in der PKC-Aktivität könnten für die in vielen Studien beobachtete Unfruchtbarkeit verantwortlich sein. Deshalb sollten die SAR-Grenzwerte für Mobiltelefone herabgesetzt werden, empfehlen die Autoren.

#### Quelle:

Desai NR, Kesari KK, Agarwal A (2009): Pathophysiology of cell phone radiation: oxidative stress and carcinogenesis with focus on male reproductive system. *Reproductive Biology and Endocrinology* 7, 114

### Zellforschung Niederfrequenz

## Einfluss elektrischer Felder auf das Zellskelett

**In dieser theoretischen Arbeit werden die mechanischen Kräfte berechnet, die von elektrischen Feldern auf das Zellskelett ausgeübt werden. Die berechneten Kräfte dieses elektromechanischen Übertragungsprozesses stellen einen einleuchtenden Mechanismus dar, warum von außen einwirkende elektrische Felder biologische Wirkungen haben.**

Über die physikalischen Mechanismen, mit denen elektrische Felder in den Zellen übertragen werden, ist kaum etwas bekannt. Diese Arbeit stellt zum ersten Mal ein quantitatives Modell vor, das eine Verbindung zwischen elektrischem Feld und Zellskelettkräften herstellt. In einer früheren Arbeit hatte der Autor gezeigt, dass elektrische Felder physiologischer Stärke signifikante mechanische Drehungen auf Zellebene erzeugen (s. *ElektrosmogReport* 12/2008). In der neuen Arbeit werden die gleichermaßen auf das Zellskelett einwirkenden Kräfte berechnet und das Ergebnis ist, dass diese in der gleichen Größenordnung liegen, d. h. sie haben die gleichen mechanischen Kräfte, die physiologische Wirkungen ausüben können. Dazu kommen Kräfte durch die Viskosität, die von den umgebenden Strukturen ausgeübt werden. Die Kraft eines elektrischen Feldes von 10 V/m, das auf eine Hyaluronkette des CD 44-Rezeptor im Knorpel übertragen wird, beträgt etwa 1 pN (picoNewton) bei 10 Hz und 7 pN bei 1 Hz. Beträgt das elektrische Feld 100 V/m, ist die auf das Zellskelett übertragene Kraft 0,5 pN bei 10 Hz und 1,3 pN bei 1 Hz. Mechanische Kräfte solcher Stärke sind in der Lage, physiologische Wir-

kungen hervorzurufen. Natürliche Kräfte in und zwischen Zellen betragen etwa 0,5 pN–10 pN. Beispielsweise können 4,5 pN Chromatinmoleküle entfalten oder 0,5 pN Wechselwirkungen zwischen Nukleosomen unterbrechen. Deshalb können künstliche Felder, die von außen einwirken, biologische Relevanz besitzen.

Ein möglicher Mechanismus, wie elektrische Felder wirken, ist eine Änderung des Transmembran-Potenzials, das die spannungsabhängigen Ionen-Kanäle öffnet. Ein anderer Mechanismus könnte über Diffusion/Osmose laufen, was aber bei Wechselfeldern kaum der Fall sein kann. Ein Vorschlag, den Hart 2008 gemacht hatte, ist die Drehung eines negativ geladenen Glycoproteins, das mit der Zelloberfläche verbunden ist. Hier werden die Drehungskräfte, die auf das Zellskelett ausgeübt werden, als Modell vorgestellt. Da die Kräfte in der gleichen (physiologischen) Größenordnung liegen, ist auch dieser Mechanismus möglich. Hart betrachtet in seinem Modell die Beziehungen der Moleküle untereinander: Größe (Radius), Drehung, Ladungen und deren Lage. Die Verbindungen von Molekülen im extrazellulären Raum mit den Molekülen in der Membran und dem Zellskelett im Zellinnern üben Kräfte aufeinander aus. Das Aggrecan (ein Protein, ein Hauptbestandteil des Knorpels) z. B. liegt quer zur Zelloberfläche, die Glykocalix (die Zellhülle) aber parallel, sodass hier Scherkräfte entstehen. Die sich dadurch ergebenden Unterschiede in der Richtung der Kräfte bedeuten möglicherweise verschiedene biologische Wirkungen, weil die Zelle verschiedene Signale erhält. Auch die Frequenz spielt eine wichtige Rolle. Kräfte der elektrischen Felder, die von außen auf die Glykocalix einwirken, werden in das Zellinnere weitergeleitet und bewirken Veränderungen in der Membran und im Zellskelett. Das Modell passt auf alle Zelltypen, unabhängig von der Größe, und es funktioniert bei Gleich- und Wechselfeldern.

#### Quelle:

Hart FX (2010): Cytoskeletal Forces Produced by Extremely Low-Frequency Electric Fields Acting on Extracellular Glycoproteins. *Bioelectromagnetics* 31, 77–84

### Statische Magnetfelder

## Pflanzenwachstum durch Magnetfelder beschleunigt

**Bohnen und Weizen haben eine höhere Keimungs- und Wachstumsrate sowie stärkere Zunahme der Biomasse, wenn die Samen während der Keimung 7 Tage lang mit statischen Magnetfeldern von 4 und 7 mT behandelt werden. Und das auch, wenn die Pflanzen osmotischem Stress ausgesetzt sind.**

Seit langem ist bekannt, dass Magnetfelder das Wachstum von Pflanzen beschleunigen. Diese Wirkung wurde bereits an vielen verschiedenen Nutzpflanzen festgestellt. Man kann diese Eigenschaft der Magnetfelder im kommerziellen Pflanzenanbau dazu nutzen, den Ertrag zu steigern und ihn schneller und früher zu bekommen. In diesen Experimenten kamen Bohnen- und Weizensamen zum Einsatz. Untersucht wurden die Keimung und das Wachstum der Sämlinge in verschiedenen Nährmedien, die durch Salz- oder Zuckerlösung einen osmotischen Druck von 0, 2, 6 und 10 Atmosphären (atm) hatten. 50 Weizen- und 12 Bohnensamen wurden für jeden Ansatz verwendet. Die statischen Magnetfelder von 4 und 7 mT wirkten 7 Tage ein. Innerhalb dieser 7 Tage wurden die Keimungsraten bestimmt und in Prozent zu den unbehandelten Kontrollen angegeben. Dann wurden Länge und Gewicht von Spross und Wurzel gemessen und die Trockenmasse bestimmt.