



„...allein die Dosis macht das Gift“

Neue Erkenntnisse über Elektromagnetische Felder und Calcium Signale in biologischen Systemen von Volker Ullrich und Hans-Jürgen Apell

Die Debatte um gesundheitliche und ökologische Risiken von 5G/Mobilfunk dauert an. Strittig vor allem die Frage, ob es neben sog. thermischen, d.h. wärmebezogenen, Effekten auch tiefer reichende biologische Auswirkungen der Strahlenbelastung auf Mensch und Umwelt gibt, auf die inzwischen die industrie-unabhängige Forschung vielfach hingewiesen hat. Der Biophysiker Hans-Jürgen Apell und der Biochemiker Volker Ullrich haben in ihrer neuen Überblicksstudie bisherige Grundlagenforschung zum Zusammenhang zwischen Elektromagnetischen Feldern (EMF) und Calcium Signalen befragt - mit neuen und bedenkenswerten Ergebnissen. Die beiden Wissenschaftler im Interview mit Klaus Scheidsteger.

Klaus Scheidsteger: Herr Prof. Ullrich und Prof. Apell, Sie sind beide Verfasser einer neuen wissenschaftlichen Arbeit mit dem Titel: „Electromagnetic Fields and Calcium signaling in biological systems“, die sie in der Zeitschrift *Open Journal of Veterinary Medicine* (2021, 11, S.57-86, DOI: 10.4236/ojvm.2021.111004) frei zugänglich publiziert haben. Wenn ich als Laie dies übersetze, also „Elektromagnetische Felder und Calcium Signale in biologischen Systemen“, kommt mir dies sehr akademisch vor und erschließt sich jemandem mit den üblichen Schulkenntnissen in Physik und Biologie kaum. Um was geht es Ihnen und warum glauben Sie, dass ein solches Thema die Öffentlichkeit interessiert?

Volker Ullrich: Zugegeben ist der Titel für die Fachwelt ausgewählt und verbindet das physikalische Phänomen der elektrischen und magnetischen Felder mit ihrer Einwirkung auf den menschlichen Organismus, aber auch generell auf biologische Systeme. Allgemein verständlicher wäre „Mobilfunk und Gesundheit“, denn dieses Thema steht mit kontroversen Haltungen und Meinungen schon seit längerem in der Diskussion. Es ging uns darum, mit eindeutigen, wissenschaftlichen Fakten gegen Fakes und Desinformationen anzugehen. Deshalb haben wir im Titel die elektromagnetischen Felder (EMF) mit den zellulären Calciumionen (Ca^{++}) in Verbindung gebracht, denn dieser Zusammenhang geht aus der bisherigen Literatur eindeutig hervor, wird aber von Seiten der Mobilfunkbetreiber infrage gestellt. Richtig war zum Zeitpunkt des Beginns unserer Recherche, dass der biochemische Mechanismus des Eintritts von Ca^{++} in die Zelle nicht im Detail geklärt war. Da dies aber der Angelpunkt in der Diskussion um mögliche Schäden durch EMF war, haben wir die Literatur durchforstet und sind auf neue Zusammenhänge und Erklärungen gestoßen.

Klaus Scheidsteger: Wenn ich nur auf Ihre Schlussbetrachtungen schaue, so finde ich sowohl positive, also unschädliche oder sogar heilende Wirkungen dieser elektromagnetischen Felder (EMF) aufgeführt, als auch negative und für die Gesundheit sogar gefährliche Effekte. Das sorgt ja wohl für Widerspruch oder erfordert zumindest für den Laien für notwendige Erklärungen.

Volker Ullrich: Nur auf den ersten Blick ist dies etwas verwirrend. Es ist aber letztlich nur Ausdruck der altbekannten Regel, dass „allzu viel ungesund ist“ oder wie das schon im Mittelalter der Arzt Paracelsus ausdrückte „allein die Dosis macht das Gift“. Jeder weiß dies vom Alkoholgenuss, für den es Grenzwerte etwa beim Autofahren gibt oder vom Rauchen, bei dem chronischer Genuss mit hohem Lungenkrebsrisiko verknüpft ist. Beim Mobilfunk wurde eine solche Dosisabhängigkeit auch vermutet, aber es fehlten bisher wissenschaftlich stringente Beweise für einen zugrundeliegenden, biochemisch nachvollziehbaren Mechanismus. Erst wenn die physikalische und chemische Wirkungsweise einer Einwirkung solcher elektromagnetischer Felder auf lebende Organismen verstanden ist, lassen sich potentielle Gefahren, aber auch medizinische Anwendungen abschätzen bzw. weiterentwickeln.

Klaus Scheidsteger: Bei Alkohol und Tabakkonsum lässt sich eine schädigende Wirkung nachvollziehen, aber bei den EMF, oder sagen wir einfacher Mikrowellen, sehen, hören oder riechen wir nichts, wie also sollen sie auf Organismen oder Gewebe wirken oder sogar schädlich sein?

Hans-Jürgen Apell: Da muss der Physiker etwas nachhelfen. Doch, Mikrowellen entfalten im Mikrowellenofen klare Wirkungen, denn man kann Wasser zum Kochen bringen oder Gemüse garen. Einfach weil Wasser die Energie der Mikrowellen absor-

biert und in Wärme umwandelt. Dafür sind Energien von 100 bis 1000 Watt notwendig und die wären hochgefährlich, wenn nicht ein Entweichen der Wellen aus dem Ofen durch ein Drahtgeflecht, einen sogenannten Faraday'schen Käfig, verhindert werden würde. Da anfänglich keine Wirkungen von EMF außer diesen thermischen Effekten bekannt waren, hat man bei der Festlegung von Grenzwerten für elektromagnetische Felder sich an einen Maximalwert von 1 Grad Erwärmung für menschliches Gewebe, z.B. der Haut, orientiert und so einen Grenzwert für Handystrahlung festgelegt. Das gilt international für die Emissionen der Geräte aller Hersteller. Da man keine anderen Messparameter kannte, blieb es bisher bei der Temperaturerhöhung durch die ausgesandte Strahlung, obwohl seit langem bekannt war, dass biologische Effekte bereits bei weit unter einem Watt auftreten. Die in diesem Bereich ausgelösten Wirkungen sind nur ungenügend bekannt und schon daher nicht quantifizierbar. Thermische Effekte haben sicher nichts mit den Schäden von Strahlung in diesem Energiebereich zu tun.

Klaus Scheidsteger: Und hierzu leistet ihre Arbeit einen Beitrag?

Hans-Jürgen Apell: Das wissenschaftliche Problem liegt in dem schon lange gehegten Verdacht, dass die EMF nicht nur von den chemischen Bindungen im Wasser, sondern auch von anderen Komponenten der Zelle absorbiert werden könnten. Wo und wie wusste man nicht, bis vor einiger Zeit von dem amerikanischen Biochemiker Martin I. Pall eine umfassende Literaturstudie von Labordaten publiziert wurde, und er gute Beweise für die Öffnung eines Ca-Kanals in der Zellmembran spezialisierter erregbarer Zellen fand. In einem elektromagnetischen Feld öffnet sich dieser Kanal, weil er einen Sensor für EMF besitzt und Calciumionen passieren lässt, die von höherer Konzentration außen ins Zellinnere strömen, in dem die Ca^{++} Konzentration um Größenordnungen niedriger ist. Alles Weitere zu den Wirkungen von Ca^{++} in der Zelle ist in der Biochemie gut bekannt. Ca^{++} ist ein Botenstoff, der die Zelle in einen aktivierten Zustand versetzt und spezifische Reaktionen der Zelle auslöst. Unter anderem fängt sie an, sich zu bewegen, wandert oder produziert weitere Botenstoffe zur Kommunikation mit anderen Zellen. Unbefriedigend an der Hypothese von Pall waren fehlende stringente Beweise für die Beteiligung des spannungsabhängigen Calciumkanals (VDCC) und die nur vagen Abschätzungen der von EMF ausgelösten Potentialdifferenzen an der Zellmembran. Unbestreitbar blieb aber der in 28 Arbeiten beschriebene Einstrom von Ca^{++} , für den wir eine alternative Erklärung suchten.

Volker Ullrich

Prof. emeritus an der Universität Konstanz, Fachbereich Biologie

Studium der Chemie an der Universität Giessen, Promotion 1964. Habilitation und Venia legendi in Physiologischer Chemie. 1971 Professur für Physiologische Chemie an der Med. Fakultät des Saarlandes. Präsident der European Society for Biochemical Pharmacology. 1983 Professur für Biologische Chemie an der Universität Konstanz. Aufbau und Leitung des Graduiertenkollegs Biochemische Pharmakologie.

Arbeitsbereiche: Enzymatische Sauerstoffaktivierung, Mechanismen des Pharmaka-Abbaus, Biochemie der Prostaglandine, Physiologie der Sauerstoff- und Stickstoffradikale.



Klaus Scheidsteger: Nun sind Sie beide nicht mehr aktiv an der Universität tätig, aber solche experimentellen Untersuchungen sind doch ans Labor gebunden. Wie sehen solche Forschungsarbeiten denn aus?

Volker Ullrich: Gute Frage, aber einfache Antwort. Das Internet erlaubt Einsicht fast aller zu einem gesuchten Thema gemachten und publizierten Arbeiten. Mit den richtig gewählten Stichworten kann man viele Publikationen lesen und, wenn man Glück hat, findet man Daten, die zu einer zuvor selbst gestellten Hypothese passen und diese dann untermauern. In unserem Fall war dies zunächst die Vermutung und dann die Bestätigung eines weiteren Kanals der unter Einwirkung von EMF seine Eigenschaften änderte und von einem Kanal für negativ geladene Ionen (Anionen) zu einem Calciumkanal wechselt. Aus einem spannungsabhängigen Anionenkanal (voltage dependent anion channel, VDAC) wird dann ein Kationenkanal nach Anlegen eines elektromagnetischen Feldes von sehr geringer Stärke und niedrigen Potentialänderungen.

Dass ein Kanal für den Durchlass negativ geladener Moleküle unter EMF-Einfluss in einen Kanal für positiv geladene Metallionen wie Ca^{++} umgewandelt werden kann, ist zunächst eine ungewöhnliche Hypothese, für die wir jedoch sehr konkrete und gut

abgesicherte Fakten in der Literatur finden konnten. Danach transportiert der VDAC unter Normalbedingungen das negativ geladene Adenosintriphosphat, ATP, und lässt bei absinkendem Membranpotential, z.B. bei Energiemangel und abnehmender Pumpleistung der Zelle, zum Erhalt des Ionengradienten, zunehmend Ca^{++} hindurchtreten. Ein von außen angelegtes Feld beeinflusst den VDAC in der Zellmembran in gleicher Weise. Der VDAC ist aber auch Bestandteil der Mitochondrienmembran und hat hier die gleiche Funktion, d.h. er schleust das in den Mitochondrien gebildete ATP ins Zellinnere und nimmt Ca^{++} bei hohem intrazellulärem Ca-Spiegel auf. Damit wird die ATP-Synthese stimuliert, aber ein zu massiver Ca^{++} -Einstrom ohne anschließenden Export aus der Zelle heraus, führt über einen Abfall des Membranpotentials der Mitochondrien und einer chemischen Veränderung der Mitochondrien zur Bildung von Sauerstoffradikalen und in der Folge zu Oxidativem Stress. Damit hängen DNA-Schäden und bei gravierenden Zellschäden zusammen und schließlich der Zelltod. Die bereits lange postulierte Sequenz von EMF, Ca^{++} -Überladung, oxidativem Stress und Tumorbildung findet dadurch eine mechanistische Erklärung. Unter oxidativen Bedingungen bildet der VDAC eine große Pore in der Mitochondrienmembran und leitet dadurch den Zelltod ein. Zu weiteren Details möchte ich allerdings auf unsere Publikation verweisen.

Klaus Scheidsteger: Jetzt komme ich nicht mehr ganz mit. Der VDAC kommt sowohl in der Zellmembran als auch in der Mitochondrienmembran vor. Wie kann man dann unterscheiden, ob die Calcium-Effekte von der Zellmembran oder über die Mitochondrien ausgelöst werden?

Volker Ullrich: Tatsächlich sind bei den meisten Zellen zum Auslösen des Zelltodes beide Strukturen beteiligt. Glücklicherweise gibt es mit den Roten Blutzellen, den Erythrozyten, eine Zellart, die keine Mitochondrien besitzt. Seit langem weiß man aber, dass Mobilfunkstrahlung bei ihnen eine Aggregation oder sogenannte Geldrollenbildung auslöst, die man im Dunkelfeldmikroskop gut untersuchen kann. Nach dem Telefonieren mit dem Handy am Ohr konnte man solche Aggregate im Blut des Ohr läppchens nachweisen und auch deren Auflösung nach etwa 20 min. Die Geldrollenbildung geschieht auch physiologisch durch Druck in den Blutkapillaren um einen effizienteren Sauerstofftransport zu gewährleisten. Sie wird durch Ca^{++} ausgelöst. Damit ist der Effekt nicht spezifisch für EMF, kann aber außerhalb der Kapillaren als Hinweis gelten, dass EMF einen Ca^{++} -Ein-

strom bewirken. Wir halten die Erythrozyten für ein geeignetes Modell die Einwirkung von EMF auf Zellen zu testen. Potentiell ist eine Aggregatbildung der Roten Blutzellen gefährlich, weil sie zu einem Gefäßverschluss führen könnte. Falls eine zusätzliche Schädigung des Gefäß-Endothels, z.B. auch durch eine Coronavirus-Infektion, hinzukommt, könnte sich die Wahrscheinlichkeit für eine Blockierung der Mikrozirkulation noch erhöhen.

Hans-Jürgen Apell

Studium der Physik an der Universität Marburg, Diplom in Kernphysik, an der Universität Konstanz Aufbaustudium molekulare Biologie und Biophysik, Promotion und Habilitation über Themen des Mechanismus des Ionen-transportes in biologischen Membranen. 1990 bis 1995 Lehrstuhlvertreter für das Fach Biophysik, 1995 bis 2014 Leiter der Arbeitsgruppe Membranbiophysik, Universität Konstanz, seitdem Professor im Ruhestand im Fachbereich Biologie.



Schwerpunkte der wissenschaftlichen Arbeit sind Ionen-transport durch biologische Membranen, molekulare Mechanismen des Ionen-transportes, insbesondere der Kinetik von Ionenpumpen, thermodynamische Grundlagen und Energetik von Transportprozessen.

Klaus Scheidsteger: Habe ich bis jetzt richtig verstanden, dass es bei moderater Nutzung des Mobilfunks zunächst nur zu einer Aktivierung der exponierten Körperzellen kommt, die nach Rückverteilung des eingeströmten Ca^{++} reversibel ist? Kommt es erst bei längerer oder intensiverer Einwirkung zu einer verstärkten Zellantwort unter Auslösung von Oxidativem Stress?

Hans-Jürgen Apell: Ja, so stellt sich das nach Auswertung der Literaturdaten heraus. Wiederholt sich die Exposition mit EMF, so löst dieser Reiz eine Abwehrreaktion aus, die zur Stärkung des Antioxidanzpotentials führt, weil enzymatische Oxidationen mit Sauerstoff an der Signalkette entscheidend beteiligt sind und oxidative Nebenreaktionen auftreten können. Zum besseren Verständnis können wir die UVA-Strahlung als Beispiel nehmen.

Auch diese ultravioletten Strahlen gehören in das elektromagnetische Spektrum, zwar mit viel kürzeren Wellenlängen, aber dennoch ohne ionisierende Wirkung, also ohne direkte Radikalbildung im Gewebe. In der Haut erreichen UVA Strahlen die Melanocyten der oberen Hautschicht und setzen dort Melanin als natürlichen „Fänger“ der UV-Strahlung frei. Auch die Melanin-Neusynthese wird stimuliert. Es gibt somit eine Abwehrreaktion der Haut. Die entstehende Bräunung empfinden wir ja nicht als Schädigung, obwohl bei intensiver Bestrahlung Melanome entstehen können. Auch die Keratinocyten, die hornbildenden Zellen der Haut, leiden unter der UV-Strahlung und können bei hoher Dosierung den „weißen Hautkrebs“ auslösen. In einer kürzlich erschienenen Arbeit wurde gezeigt, dass undifferenzierte Keratinocyten unter Mobilfunkstrahlung von 1760 MHz mit einem Ca^{++} -Einstrom reagieren. In der Folge entsteht eine Signalkette von Oxidationen und Phosphorylierungen, wie sie von Friedman und Mitarbeitern bei Fibroblasten unter ähnlichen EMF-Expositionen bereits beschrieben wurden und dabei die Neusynthese von Antioxidans-Systemen stimulieren. Oxidationen in diesem niedrigen Strahlungsbereich zählen zur physiologischen Redox-Zellregulation und müssen vom schädlichen Oxidativen Stress unterschieden werden. Es gibt aber einen Übergang von der Redoxregulation zum Oxidativen Stress, wenn die Exposition zeitlich oder durch höhere Intensität ansteigt. Keratinocyten der Haut sind besonders interessant, weil sie auf biologische EMF reagieren, indem sie solche Signale von Wundrändern aufnehmen, sich dorthin bewegen und so zum Wundverschluss beitragen. Diese Zellen müssen somit einen Sensor für EMF besitzen. Deshalb sind auch medizinische Anwendungen von EMF verständlich und wissenschaftlich begründbar.

Klaus Scheidsteger: Soweit habe ich also verstanden, dass die Einstufung von Mobilfunkstrahlung als potentiell Tumor-auslösend eine mechanistische Basis hat, was aber an eine exzessive Benutzung des Handys oder des schnurlosen Telefons geknüpft ist. Bin ich denn auch gefährdet, wenn ich mich im EMF von Sendemasten oder im Wifi-Feld meiner Wohnung aufhalte?

Hans-Jürgen Apell: Dazu gibt es bisher keine biochemischen Experimente und Daten. Es gibt aber viele Berichte von „elektrosensitiven Personen“, die angeben unter Einwirkung solcher Felder an Symptomen wie Müdigkeit, Schlaflosigkeit, Konzentrationsschwäche, Lerndefiziten oder gar Depressionen zu leiden. Auch das immer häufiger zu beobachtende Burn-out Syndrom hat man damit in Verbindung gebracht. Das sind eindeutig

neurologische Wirkungen, die bei etwa 8-10% der Bevölkerung auftreten, also bei einer großen Anzahl von Personen. Es handelt sich nicht um eingebaute Effekte, da Elektrosensitive im Test zwischen ein- und ausgeschalteten Feldern unterscheiden können. Es muss somit einen „Sensor“ bei diesen Personen geben, der eine Reaktion im Gehirn auslösen kann. Nachdem man weiß, dass die Kommunikation im Gehirn auf der Basis von elektromagnetischen Wellen funktioniert, wäre eine Wechselwirkung von Sensoren der Gehirnwellen mit äußeren Feldern vorstellbar.

Klaus Scheidsteger: Im letzten Teil ihrer Arbeit entwickeln sie dazu eine Hypothese, bei der auch der VDAC als Sensor für Gehirnwellen eine Rolle spielen könnte.

Hans-Jürgen Apell: Ja, im zweiten Teil unserer Publikation haben wir versucht, die sicherlich realen Effekte der EMF auf den Gehirnstoffwechsel mit der Hypothese zum VDAC in Verbindung zu bringen. Der Zufall hat uns dabei weitergeholfen. Es wurde nämlich beschrieben, dass der VDAC Kanal eng mit einer Reihe anderer Proteine in Verbindung steht, vor allem mit einem als 18kD Transporterprotein, auch als TSPO bezeichnet. Spannend wurde es, als wir dieses Protein auch als „Benzodiazepin-Rezeptor“ (BR) charakterisiert fanden. Die Benzodiazepine sind eine pharmakologisch hochbedeutsame Gruppe von Arzneimitteln, die bei Angstzuständen, Schlafstörungen und Depressionen eingesetzt werden, also bei Krankheitsbildern, wie sie die Elektrosensitiven aufweisen. In einem solchen Fall bot sich die Hypothese an, dass das mit dem VDAC assoziierte Protein des Diazepin-Rezeptors mit Störungen des Gehirnstoffwechsels durch EMF und damit verbundenen psychischen Auswirkungen in Verbindung stehen könnte.

Klaus Scheidsteger: Wollen Sie damit andeuten, dass die von außen auf das Gehirn zukommenden Einflüsse von EMF mit den eigenen Gehirnwellen interferieren könnten, also gewissermaßen ein Störfaktor beim Denken sind?

Volker Ullrich: Sinn einer jeden Hypothese ist es zunächst, ein Szenario zu entwickeln, wie nach dem jetzigen Stand der Wissenschaft ein solcher Zusammenhang aussehen könnte und wie man das beweisen könnte. Über die lange Phase unserer Einarbeitung in das Gebiet der Biophysik und Biochemie des Gehirnstoffwechsels möchte ich hier hinweggehen und gleich zu dem wesentlichen Punkt kommen: Die Diazepinrezeptoren gehören zu einer

Gruppe von Proteinen ähnlicher Sequenz, die man als Magnetrezeptoren z.B. bei Vögeln findet, die sich damit im geomagnetischen Feld der Erde nach einem komplexen Mechanismus orientieren. Diese Proteine registrieren also ein Magnetfeld und geben diese Information an ein Netzwerk von Gehirnwellen im Gehirn der Vögel weiter. Neben anderen Orientierungsmöglichkeiten wie der Sonnenstand, Mond oder Gerüchen ist dies ein wichtiger Parameter im Orientierungssinn der Zugvögel.

Klaus Scheidsteger: Jetzt ohne ich etwas. Könnte dies etwas mit Berichten über den Verlust von Orientierung bei Vögeln und Bienen durch die ansteigende Mobilfunkstrahlung zu tun haben?

Hans-Jürgen Apell: Darauf sind wir natürlich auch aufmerksam geworden, aber dazu können wir noch nicht seriös Stellung nehmen. Bei Insekten haben Sherrad und Mitarbeiter einen klaren Beweis gefunden, dass Insektenlarven ein Strahlungsfeld meiden und dieses Verhalten mit einem Magnetfeldsensor vom Diazepintyp zusammenhängt. Die angewendeten Feldstärken liegen in dem Bereich der Handystrahlung. Neuere Arbeiten von Ruggiero und Mitarbeitern in Berlin haben bei Insekten die Schlafregulation auf ein komplexes Netzwerk von Gehirnwellen mit der Freisetzung von Ca^{++} in den Neuronen zurückgeführt. Man muss also nach einem Sensormechanismus suchen, der die elektromagnetischen Wellen im Gehirn, wie sie im EEG registriert werden können, in Calcium-Signale und damit in Zellaktivierungen umsetzt. Und damit kommen wir zum zentralen Punkt unserer Hypothese: In der Kombination von VDAC und dem Diazepinrezeptor könnte eine neuronale Zelle Änderungen sowohl des magnetischen Feldes als auch gleichzeitig des damit verbundenen elektrischen Feldes registrieren und als Information weiterleiten.

Klaus Scheidsteger: Man könnte sich also vorstellen, dass durch die gleichzeitige Registrierung der elektrischen Komponente durch VDAC und der magnetischen Komponente durch den Benzodiazepin-Rezeptor sowohl die Spezifität als auch die Empfindlichkeit gegenüber der elektromagnetischen Strahlung massiv erhöht werden würde.

Volker Ullrich: So könnte es sein, aber es ist immer noch eine Hypothese, die allerdings durch viele Ergebnisse immer wahrscheinlicher wird. Nehmen wir zur besseren Verständlichkeit ein Beispiel aus dem Alltag. Wenn während unserer Unterhaltung ein Traktor draußen geräuschvoll vorbeifährt, geht vielleicht ein Teil des Gesprächsinhaltes verloren. Auch schon bei gleichzeiti-

gem lautem Sprechen einer anderen Person kann dies passieren. In unserem Gedächtnis entstehen also zeitweise Lücken. Wenn dies aber permanent passiert und wenn die Lücken grösser werden, leidet der Lernprozess und das Gedächtnis. Das Gleiche könnte sich im elektromagnetischen Bereich ereignen, wenn statt der Schallwellen die EMF des Gehirns sich mit Feldern von außen überlagern und durch diese Interferenz Information verloren geht. Schallwellen sind etwas ganz anderes als EMF, aber die Phänomene von Interferenz und Überlagerung sind ähnlich. Nochmals, das Zusammenspiel von VDAC und BR ist vorerst nur eine Hypothese, und wir haben die Experten der Neurochemie aufgerufen, diese Annahmen zu prüfen. Im besten Fall könnte es sich ergeben, dass unsere Gehirnwellen und Denkprozesse von einem Netzwerk solcher EMF-Detektoren gesteuert werden, und dass VDAC und der Benzodiazepin-Rezeptor als mögliche Sensoren beteiligt sind.

Klaus Scheidsteger: Mir fällt auf, dass sie beide immer von „EMF“ reden, aber es doch ein ganzes Spektrum davon gibt, und die Frequenz von Gehirnzellen von etwa 2 bis 30 Hz völlig verschieden sein sollten von den Mega- oder gar Giga-Hertzwellen des Mobilfunks. Was weiß man darüber?

Hans-Jürgen Apell: Sehr wenig, weil dies in den Bereich der Kommunikationstechnik fällt. Tatsächlich aber halten wir die Gigahertz-Frequenzen für wenig geeignet den VDAC zu den notwendigen Konformationsänderungen zu bringen. Hypothetisch könnten bisher unbekannte kumulative Effekte eine Rolle spielen, oder es ist die Pulsung der Signale oder deren Modulation. Mit der Mobilfunktechnik vertraute Fachleute hatten bereits seit langem vermutet, dass die Pulsung der Mobilfunksignale im Bereich von 10 bis 30 Hz die Ursache für eine Interferenz mit den Gehirnwellen im gleichen Frequenzbereich sein könnten. Tatsache ist, dass ein Mobilfunkgerät im Sendemodus die Ca^{++} -Effekte auslöst. Es erscheint uns von großer Bedeutung mit noch zu entwickelnden zellulären Testsystemen diese wesentlichen Charakteristika der Mobilfunkstrahlung zu untersuchen. Es ist zu vermuten, dass es physikalische Bedingungen gibt, unter denen eine schädigende Wirkung bei noch ausreichender Sendeleistung minimiert werden kann. Wir wollen ja nicht auf den Mobilfunk verzichten, sondern ihn für alle Nutzer sicherer machen. Es ist uns mit unserer Veröffentlichung ein Anliegen, Wissenschaftler der verschiedensten Disziplinen auf die gefundenen Probleme und Befunde aufmerksam zu machen.

Klaus Scheidsteger: *Das wirft die Frage nach der zukünftigen Entwicklung des Mobilfunks auf, besonders die Einführung des 5G-Standards, gegen den es Widerstand in der Bevölkerung gibt. Ist dies aus ihrer Sicht berechtigt?*

Volker Ullrich: Auch hier können wir nur aus unseren Kenntnissen zu 3G und 4G extrapolieren, da die als bahnbrechend angesehene Technologie von 5G in ihren Auswirkungen auf Mensch und Natur noch nicht von unabhängigen Institutionen überprüft wurde, zumindest sind uns keine solchen Untersuchungen bekannt. Beunruhigend ist allerdings, dass wegen der höheren Frequenzen und der entsprechend geringerer Durchdringungstiefe eine hohe Zahl von Sendern und höhere Sendeleistungen gefordert werden. Es gibt warnende Stimmen, die für biologische Oberflächen, wie Haut oder Blätter oder auch für Insekten eine größere schädigende Wirkung voraussagen. Für Tomatenpflanzen ist eine hohe Empfindlichkeit gegen EMF bekannt. Es kommt dann zum Verwelken der Blätter. Bei jungen Kiefern wurde bei 3G- und 4G dagegen eine verstärkte Sprossung beobachtet, was die Vorstellung einer Zellaktivierung unterstützt.

Klaus Scheidsteger: *Darüber habe ich nichts in ihrer Arbeit gefunden. Es wäre aber doch wichtig.*

Volker Ullrich: Wir erwähnen keine Auswirkungen auf die Botanik, weil zu wenig solide Daten vorhanden sind, müssen aber logisch folgern, dass alle Zellen mit Sauerstoff-abhängiger Energiegewinnung den VDAC besitzen und daher EMF-sensitiv sein sollten. Dies betrifft dann die von Mobilfunksendern exponierten Bäume und Pflanzen und damit vor allem die in ländlichen Gegenden hohen Sendeleistungen der Antennen, die große Bereiche der dörflichen Besiedlung abdecken müssen. Die sehr intensiven Richtfunkstrecken waren seit langem für dort entstandene Baumschäden bekannt, und es steht zu befürchten, dass die heute beobachteten Kronenschäden der Bäume und der nachfolgende Befall mit Schädlingen aufgrund einer Schädigung des Immunsystems der Bäume auf Strahlenexposition durch 3G und 4G Antennen beruhen könnten. 5G könnte diese Schäden noch erhöhen. Lange werden wir auf die Verifizierung solcher Voraussagen nicht warten müssen, da einige Länder, wie z.B. die Schweiz, bereits weiträumig mit 5G abgedeckt sind.

Klaus Scheidsteger: *Das sind verstörende Aussichten und sollte die zuständigen Aufsichtsbehörden alarmieren. Die haben bisher mit dem Verweis auf nicht vorhandene Erklärungen und biochemische Mecha-*

nismen unter tatkräftiger Hilfe der Mobilfunkindustrie jeden Verdacht einer möglichen Schädigung abgewehrt. Glauben Sie, dass durch ihre Arbeit ein Umdenken einsetzt und sich die Verantwortlichen um die Gesundheit der Menschen und für den Erhalt einer intakten Umwelt einsetzen werden?

Volker Ullrich: Es ist bereits 5 nach 12 und gerade in einer Zeit, in der unsere bisherige Lebensweise infrage gestellt wird und sogar in den Mainstream-Medien eine Kehrtwende in der Umweltpolitik gefordert wird, sollte die Einsicht in notwendige Veränderungen gewachsen sein. Wenn uns der technische Fortschritt und die dazu notwendige Kommunikation so wichtig ist, müssten die Kosten für eine risikoarme und nachhaltige digitale Kommunikations-Infrastruktur eine untergeordnete Rolle spielen. Lösungen sind vorhanden, nur muss die Politik die Vorgaben machen. Unsere Verfassung garantiert das Recht auf Unversehrtheit des Körpers, die einklagbar ist. Besonders die Elektrosensitiven verdienen Schutz vor einer Zwangsexposition. Für den verantwortungsbewussten Umgang mit dem Handy ist jeder für sich selbst verantwortlich.

Klaus Scheidsteger: *Wenn ich hier zusammenfassen kann: Sie haben mit ihrer Recherche einen möglichen Mechanismus aufgezeigt, der den bisher existierenden Zusammenhang von EMF und Ca^{++} -Einstrom in Zellen erklärt. Der darauf folgende Oxidative Stress könnte die schädigende Wirkung intensiver EMF-Exposition erklären. Kurzzeitige Handynutzung oder schwächere Felder haben reversible Wirkungen oder können sogar medizinisch nutzbar sein. Auch neurologische Störungen bei Elektrosensitiven könnten über ähnliche Sensoren für elektrische und magnetische Felder eine Erklärung finden. Dies aber ist noch reine Hypothese und wird eine große Herausforderung an die gesamte Neurowissenschaft sein.*

Herr Prof. Ullrich, Herr Prof Apell, ich danke Ihnen für das Gespräch.