

flüssigem Wasser. Der Zustand des Wassers an der Oberfläche von biologischen Makromolekülen wirkt sich auf deren Eigenschaften aus, z. B. auf die Faltung von Proteinen. Die klassische Physik betrachtet nur den trivialen Mechanismus der Energieabsorption mit Erwärmung des Gewebes. Andere Mechanismen sollten auch in die Überlegungen einbezogen werden, um den Energietransfer in biologischen Systemen zu erklären und Homöostase erreichen will.

Das menschliche Gehirn hat ein eigenes sehr schwaches Magnetfeld (10^{-14} T, 10 fT), das durch das Feuern der Nervenzellen und die Wanderung von Ionen durch die Zellmembran entsteht. Es besteht immer ein elektrisches Feld an jedem Axon einer Nervenzelle im Gehirn durch den Ionenfluss. Wenn ein elektrischer Strom fließt, entsteht ein Magnetfeld. Synchrones Feuern der Nervenzellen bei bestimmten Frequenzen im Gehirn ist ein Zeichen für Bewusstsein und Aufmerksamkeit. Schwingung bei 40–80 Hz zeigt stärkere mentale Aktivität und Wahrnehmung an. Das Magnetfeld im Gehirn könnte für das synchrone Feuern und damit für das Bewusstsein verantwortlich oder beteiligt sein. Es könnte die Quelle des Bewusstseins sein oder im Gegenteil eine regulierende Wirkung haben. So wie wir täglich Informationen aus Radio und Fernsehen in Geräusch und Bild umsetzen können, könnten Nerveninformationen elektromagnetisch im Gehirn wiedergegeben werden.

In dieser Übersicht wurde die Komplexität des biologischen Systems Mensch analysiert, und es wurden einige Verbindungen mit der komplexen Welt der Mikroorganismen in uns gezeigt. Alle Zellen wirken mit chemischen und elektromagnetischen Signalen zusammen und die Homöostase des gesamten Systems muss ständig die chemischen Reaktionen, die Konzentrationen der Lösungen und die elektromagnetischen Signale innerhalb und außerhalb der Zellen regulieren, in den pro- und eukaryotischen Bereichen. Diese Komplexität macht das System empfindlich gegenüber allen Agenzien, die die fundamentalen Mechanismen des Austauschs von Informationen in dem komplexen Netzwerk stören können. Menschliche Krankheiten und Heilungsprozesse können in diesem Jahrhundert nicht begriffen werden, ohne dass die chemischen Reaktionen und elektromagnetischen Übertragungswege innerhalb der super-organisierten Zellen und dem Zusammenspiel z. wischen ihnen betrachtet werden. Außerdem könnten neue Therapien oder antimikrobielle Strategien auf der Basis des Wissens des endogenen elektromagnetischen Signalnetzwerks entwickelt werden, die auch die Kommunikation zwischen den Mikroorganismen berücksichtigen.

Quelle: De Ninno A, Pregolato M (2017): Electromagnetic homeostasis and the role of low-amplitude electromagnetic fields on life organization. *Electromagnetic Biology and Medicine* 36 (2), 115–122

Diagnose Elektrosensibilität

Elektrosensible zeigen Veränderungen in der fMRT

Diese Arbeit aus der Praxis zeigt auf, dass man mit der funktionellen Magnetresonanztomografie (fMRT) bei elektrosensiblen Personen deutliche Unterschiede in den Hirnaktivitäten sehen kann im Vergleich zu einer normalen fMRT. Alle hier vorgestellten elektrosensiblen haben ähnlich veränderte Muster der Hirnaktivität. Die 10 Patienten hatten über Jahre eine Elektrosensibilität (EHS)

entwickelt. Normale Labortests ergaben keine auffälligen Werte. Die fMRT ist eine Möglichkeit zur EHS-Diagnose.

Erfahrungen von mehr als 30 Jahren in klinischer Toxikologie, in denen die Wirkung giftiger Chemikalien auf das Gehirn an über 1000 Patienten mit Krankheiten durch nervenschädigende Chemikalien erworben wurde, veranlassten die Untersuchung von Patienten, ob man mit der fMRT Hinweise auf EHS finden kann. Einige Patienten hatten durch jahrelange Einwirkung von Chemikalien Multiple Chemikalien-Sensitivität (MCS) erworben, die auch nach Ende der Einwirkung bestehen blieb. Alle diese Patienten hatten abweichende Hirn-Scans. Als sich mehr Patienten mit EHS meldeten und dabei auffiel, dass die Symptome denen der MCS ähnelten, wurden ebenfalls Hirn-Scans vorgenommen. Viele der elektrosensiblen Patienten waren früher Chemikalien ausgesetzt gewesen, einige hatten Kopfverletzungen erlitten. Die 10 hier vorgestellten Patienten hatten fast alle Kontakt mit Chemikalien gehabt und waren lange erhöhten elektromagnetischen Feldern ausgesetzt gewesen. Sie entwickelten EHS, wobei die Symptome ohne Exposition verschwanden. Bei allen 10 Personen konnte anhand der Laborwerte ausgeschlossen werden, dass Schilddrüsenprobleme, Diabetes, Autoimmunerkrankungen, chronische Infektionen u. a. vorliegen. Die 10 Personen waren 6 Frauen und 4 Männer. 1 Mann in den 40ern, einer in den 70ern, 2 Frauen in den 50ern, die anderen 6 Personen in den 60er Jahren. Die Hälfte hatte früher Kopfverletzungen erlitten. Alle bis auf den 40-jährigen Mann hatten chemische Expositionen hinter sich. Die 6 Kontrollpersonen waren gesunde Freiwillige, 15–70 Jahre alt.

Die Hirn-Scans ergaben, dass alle 10 Personen sehr ähnliche auffällige Hirnaktivitäten im so genannten Default Mode Network (DMN) hatten, das sind definierte Bereiche im Gehirn, in denen Aktivität herrscht, wenn die Person in Ruhe ist. Diese Regionen werden abgeschaltet, wenn der Mensch aktiv wird. Die meisten Patienten hatten gleichzeitige erhöhte Erregbarkeit der Gehirnzellen in verschiedenen Bereichen und manche hatten verminderten Blutfluss und/oder verminderten Stoffwechsel.

Die Untersuchungen mittels fMRT waren ursprünglich nicht als Forschungsprojekt gedacht, sondern wurden als medizinisch notwendige Maßnahme durchgeführt. Da alle fMRI Hirn-Scans bei den 10 Patienten ähnlich verändert waren, kann das fMRT möglicherweise als diagnostische Hilfe oder Biomarker eingesetzt werden, um zu bestimmen, ob jemand elektrosensibel ist oder nicht. Früher hat man Epileptiker als vom Teufel besessen betrachtet, bevor man das EEG entwickelte, mit dem man eine wirkliche Krankheit objektiv feststellen kann. Die fMRT kann diese Rolle bei EHS übernehmen. Es wurden viele Parameter von Biomarkern zur Diagnose von EHS zusammengestellt (Belpomme et al. 2015, de Luca et al. 2014), da sollte die fMRT ergänzt werden.

Ein interessanter Punkt ist, dass die abnormen fMRTs auch bei Hirnverletzten zu sehen sind, und tatsächlich hatten viele der Patienten mit EHS eine Kopfverletzung erlitten. Da neurotoxische Chemikalien wie auch Kopfverletzungen und elektromagnetische Felder die Blut-Hirn-Schranke beeinträchtigen können, kann man fast erwarten, dass die 3 Faktoren einzeln oder in Kombination die Patienten anfälliger für eingeschränkte Hirnfunktionen machen. In der Vergangenheit wurden in der Praxis viele Patienten untersucht, bei denen mit der Zeit multiple systemische Beschwerden auftraten, nachdem sie mehreren Neurotoxinen ausgesetzt gewesen waren. Die Patienten mit früherer Kopfverletzung hatten auch Anfallsleiden. Bei 2 der 10 elektrosensiblen Patienten wurde die Entwicklung der Anfallserkrankung gut dokumen-

tiert. Das könnte man als „Anfachen“ durch wiederholte Einwirkung von elektromagnetischen Feldern verstehen. Die Autoren schlagen vor, dass diese Studie mit einer größeren Anzahl Probanden von anderen Forschern wiederholt wird, denn dieses Thema sei von wachsender Bedeutung, da wir und unsere Kinder mehr und mehr elektromagnetischen Felder ausgesetzt sind.

Quelle: Heuser G, Heuser SA (2017): Functional brain MRI in patients complaining of electrohypersensitivity after long term exposure to electromagnetic fields. *Reviews on Environmental Health* 32 (3), 291–299

Niederfrequenz und Blaulicht

Blaulicht beeinflusst oxidative Reaktionen durch 50 Hz

Die Frage der Krebs erregenden Wirkung von niederfrequenten Feldern wird diskutiert, man sucht nach Wirkungsmechanismen. Um dem näher zu kommen, wurden menschliche Neuroblastomzellen (SH-SY5Y) 50-Hz-Magnetfeldern von 100 μ T 24 h ausgesetzt und z. T. zusätzlich Blaulicht. Nach den Ergebnissen hat Blaulicht eine hemmende Wirkung auf die Sauerstoffradikalproduktion im Zytosol, wenn 50-Hz-Magnetfelder einwirken, aber es gibt weitere Wechselwirkungen.

Es sollte die Hypothese überprüft werden, dass Blaulicht nötig ist, um biologische Wirkungen der Magnetfelder hervorzurufen. Der zugrunde liegende Mechanismus sei Bildung Licht-induzierter Radikalpaare, auf die die Magnetfelder einwirken. Niederfrequente Felder sind als möglicherweise Krebs erregend eingestuft, aber es ist fraglich, ob die epidemiologischen Studien, die einen Zusammenhang zwischen erhöhten Feldern und Kinderleukämie fanden, einen ursächlichen Zusammenhang darstellen. Bei Zell- oder Tierexperimenten mit positiven Ergebnissen war meistens außer Magnetfeldern noch chemische oder physikalische Behandlung erfolgt. In früheren Experimenten hatte die Forschergruppe festgestellt, dass Vorbehandlung mit 50-Hz-Magnetfeldern (100–300 μ T) die DNA-Schädigung in mit Menadion behandelten Zellen veränderte. Menadion ist eine Chemikalie, die intrazellulär die Produktion von ROS steigert und ROS an der Steuerung der inneren Uhr beteiligt sind. Als wahrscheinlichster molekularer Mechanismus wird die Radikalpaarbildung als Reaktion auf die Magnetfelder angesehen. Chemische Reaktionen mit Radikalpaaren als vorübergehende Zwischenprodukte sind empfindlich gegenüber schwachen magnetischen Einflüssen. Man kennt Magnetorezeption bei Tieren über die Blaulicht-empfindlichen Cryptochrome, die chemische und magnetische Eigenschaften haben und die am Tag-Nacht-Rhythmus beteiligt sind. Wenn Magnetosensitivität von Licht-induzierten Radikalreaktionen die Mechanismen dahinter sind, sollten die Magnetfeld-Wirkungen von anwesendem Blaulicht abhängen.

Die Kulturen der menschlichen Neuroblastom-Zelllinie SH-SY5Y, von der bekannt ist, dass deren Cryptochrome magnetosensitiv sind, wurden 50-Hz-Magnetfeldern von 100 μ T 24 Stunden ausgesetzt, die Kontrollgruppe wurde scheinbe-strahlt. Das Hintergrundfeld im Inkubator betrug 2 μ T und das Erdmagnetfeld dort 27–30 μ T. Es gab keine Temperaturunterschiede zwischen Kontrollen und bestrahlten Gruppen. Blaulicht kam von einer LED-Lampe (430–500 nm, 0,13

W/m²) im Inkubator, die Temperaturerhöhung betrug weniger als 0,1°C. Der Zusatz von Menadion (ein Semi-Chinon, das Superoxid-Radikale in der Atmungskette in den Mitochondrien erzeugt) erfolgte 3 Stunden vor Ende der 24-Stunden-Bestrahlung. Für Radikal-Produktion, Zellteilung und Überlebensrate wurden 10 oder 20 μ M eingesetzt, für die Bestimmung der Mikrokerne nur 10 μ M, weil die Überlebensrate nach 24 h verringert wird. Die Weiterverarbeitung fand komplett im Dunkeln statt. Sofort nach Ende der Exposition wurden Zellvermehrung, Überlebensrate und Radikalproduktion in Mitochondrien und Zytosol bestimmt; auf Mikrokerne wurde nach weiteren 72 h im Inkubator untersucht, damit nach Zellteilungen Mikrokerne entstehen können.

Nach den Ergebnissen kann nicht bestätigt werden, dass Blaulicht nötig ist, um die Magnetfeldwirkung zu erzeugen. Andererseits wirkte Blaulicht im Zytosol (nicht in den Mitochondrien) der Magnetfeld-induzierten Erhöhung der Superoxid-Produktion entgegen. Eine mögliche Interpretation ist, dass die 50-Hz-Magnetfelder nichts mit der Licht-induzierten Reaktion zu tun haben oder nicht allein. Es scheinen komplexere Wechselwirkungen vorzuliegen als gedacht.

In dieser Studie waren die Superoxid-Gehalte in den Mitochondrien und im Zytosol durch Magnetfelder allein verändert, und immer ähnlich, unabhängig von Anwesenheit des Menadion. Im Gegensatz zu den Superoxid-Gehalten waren die Mikrokerne nicht beeinflusst durch Magnetfelder oder Blaulicht allein. Blaulichteinwirkung ergab deutlichen Anstieg der Menadion-induzierten Mikrokerne (signifikant nur in der MF+Blaulicht-Gruppe), durch Menadion allein stieg die Zahl der Mikrokerne nach 50-Hz-Einwirkung nicht signifikant an, während frühere Experimente einen signifikanten Anstieg durch MF+Menadion an DNA-Brüchen und DNA-Reparatur gezeigt hatten sowie verzögerte Induktion der Mikrokerne. Der Hauptunterschied zwischen der früheren und der jetzigen Studie war der Zeitpunkt der Menadion-Gabe – jetzt 3 Stunden vor Ende der 24 h, früher war Menadion nach den 24 h hinzugefügt worden. Die einfache Aussage „Blaulicht wird für die MF-Wirkung benötigt“ wurde nicht bestätigt, aber ein Zusammenwirken von 50-Hz-Magnetfeldern und Blaulicht war zu sehen, und es kann durch 24-stündige Einwirkung von 50 Hz zu gestörter Reaktion auf ROS-Produktion und DNA-Schädigung kommen.

Quelle: Höytö A, Herrala M, Luukkonen J, Juutilainen J, Naarala J (2017): Cellular detection of 50 Hz magnetic fields and weak blue light: effects on superoxide levels and genotoxicity. *International Journal of Radiation Biology* 93 (6), 646–652

Impressum – ElektromogReport im Strahlentelex

Erscheinungsweise: monatlich im Abonnement mit dem Strahlentelex. **Verlag und Bezug:** Thomas Dersee, Strahlentelex, Waldstraße 49, D-15566 Schöneiche b. Berlin, ☎ 030/435 28 40, Fax: 030-64 32 91 67, www.elektromogreport.de, E-Mail: strahlentelex@t-online.de.

Jahresabo: 82 Euro.

Redaktion ElektromogReport:

Dipl.-Biol. Isabel Wilke (V. i. S. d. P.), Waldstraße 49, D-15566 Schöneiche b. Berlin ☎ 030/435 28 40, Fax: 030-64 32 91 67. www.elektromogreport.de

Beiträge von Gastautoren geben nicht unbedingt die Meinung der Redaktion wieder.

Kontakt: E-Mail: emf@katalyse.de