

# ElektrosmogReport

Fachinformationsdienst zur Bedeutung elektromagnetischer Felder für Umwelt und Gesundheit

22. Jahrgang / Nr. 12

www.elektrosmogreport.de

Dezember 2016

Wirkung niederfrequenter Felder

## Magnetfelder beeinflussen die HPA-Stress-Achse

**Zur Klärung, ob niederfrequente Felder auf das Immunsystem einwirken, wurden Mäuse kurz- und langfristig Feldern zwischen 20 und 5000 Hz bei 10  $\mu$ T ausgesetzt. Im Blut wurden Leukozytenzahl und -zusammensetzung sowie die Hormonkonzentrationen von ACTH bestimmt. Nach den Ergebnissen verändern niederfrequente Magnetfelder die Stresshormon-Ausschüttung und die Immunreaktionen über die HPA-Achse.**

Schätzungen gehen davon aus, dass in der westlichen Welt 1,5–5 % der Bevölkerung angeben, elektrosensibel zu sein. Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) bezeichnet diese Gesundheitsbeeinträchtigung als „idiopathic environmental intolerance with attribution to EMF“ (IEI), die schwierig nachzuweisen ist, weil klare Wirkungsmechanismen und Diagnostik fehlen.

Die HPA-Achse (Hypothalamic–pituitary–adrenal axis, Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenrinden-Achse) ist ein Regelkreis zwischen dem Gehirn, den Nebennieren und dem Blut, der bei Stress aktiv ist. Der Hypothalamus bildet das Corticotrope Releasing Hormon (CRH), das wirkt auf die Hypophyse ein, die Hypophyse bildet Adrenocorticotropes Hormon (ACTH), das auf die Nebennierenrinde einwirkt, die dann das Cortisol bildet und ins Blut ausschüttet. Das löst eine Stressreaktion im Körper aus und dieser Alarm schwächt die Immunabwehr, d. h. die Leukozytenzahl ist vermindert. Im Blut zirkulieren weniger Leukozyten, wobei der Anteil der Neutrophilen und Monozyten steigt. Kurz gesagt, über die HPA-Achse steigen Stresshormone an und die Immunreaktionen nehmen ab. Niederfrequente Felder können die Stressregulation beeinflussen und als Folge die Zahl und Aktivierung der Leukozyten. Dies könnte zu Beschwerden beim Menschen führen, besonders bei elektrosensiblen Personen. Diese möglichen Reaktionen der HPA-Achse sollten in vivo, hier an Mäusen, getestet werden. Je 20 männliche Mäuse pro Gruppe wurden 1, 4 und 24 h/Tag entweder kurzzeitig (1 Woche) oder langfristig (15 Wochen) mit 10  $\mu$ T befeldet. Während der Experimente wurde das Verhalten der Tiere beobachtet. Danach wurden im Blut die Immunzellen CD3, CD4, CD8 und CD19 (spezielle T- und B-Lymphozyten) ausgezählt und im Blutplasma die ACTH-Konzentration bestimmt.

Die Mäuse verhielten sich während der 1-wöchigen Kurzzeitbehandlung normal, es gab keine Anzeichen von Krankheit, Stress oder Kämpfen. Ähnlich war es während der 15 Wochen, nur ab Woche 12 waren die Mäuse etwas aggressiv. Nach der Kurzzeit-Befeldung war die Leukozytenzahl nach

der 24-Stunden-Befeldung insgesamt signifikant höher gegenüber den Kontrollen, vor allem traten signifikant mehr Lympho-, Mono- und neutrophile Granulozyten auf, letztere stiegen am stärksten, daneben die CD4+-T-Lymphozyten (T-Helferzellen). Die Leukozytenverschiebung zeigt eine Stressregulation an. Nach 15 Tagen war die Leukozytenzahl insgesamt niedriger als nach 1 Woche, die Kontrollen hatten die höchsten Werte. Es gab keine signifikanten Unterschiede mehr in Leukozytenzahlen und -zusammensetzung nach 1, 4 und 24 Stunden/Tag. Das deutet auf eine Anpassung bei Langzeiteinwirkung der Felder hin. Die ACTH-Konzentrationen im Plasma waren nach 1 Woche in den befeldeten Proben niedriger als bei den Kontrollen, einen signifikanten Unterschied gab es nach 4 Stunden/Tag.

Das könnte eine Feedback-Reaktion sein. Eine Anpassung an Stress geschieht über neuroendokrine und Immun-Mechanismen. Akuter Stress ist charakterisiert durch schnelle Adrenalinausschüttung, die eine starke Leukozytenmobilisierung hervorruft, zusammengesetzt aus Lympho-, Mono-, Granulozyten und natürlichen Killerzellen (NK). Kurz danach tritt ein Anstieg von zirkulierenden Glucocorticoidhormon-Konzentrationen auf, was eine Verminderung von Mono-, NK- und Lymphozyten und weiteren Anstieg von Neutrophilen bewirkt. Die Regulation der Immunantwort über die Aktivierung der HPA-Achse erfolgt durch Glucocorticoid-Hormon-Signale, entweder durch erhöhte Ausschüttung von Corticosteron aus den Nebennieren oder gesteigerter Sensitivität der Immunzellen durch starke Expression der Glucocorticoidrezeptoren.

Man kann schließen, dass Kurzzeit-Einwirkung von Magnetfeldern einer bestimmten Signalstärke, ähnlich der Felder in unserer Umwelt, die Leukozytenzahl steigert, hauptsächlich durch Anstieg von CD4+-T-Lymphozyten und Neutrophilen, und zwar durch Beeinflussung der HPA-Stress-Achse. Die Kurzzeit-Einwirkung der niederfrequenten Felder könnte kleine Änderungen in der Stressregulation verursachen, was möglicherweise zu Verschiebungen in verschiedenen Leukozyten-Untergruppen führt.

### Weitere Themen

#### Wirkung elektrostatischer Felder, S. 2

Elektrostatische atmosphärische Felder verändern verschiedene Parameter in roten und weißen Blutzellen.

#### Hochfrequenz in Kindergärten, S. 3

Mobilfunkfrequenzen von Basisstationen (900, 1800 und 2100 MHz) machen den größten Anteil aus.

#### Mobilfunkindustrie, Medien und Forschung, S. 3

Teil II der Dokumentation und ein Interview mit Prof. Adlkofer, unabhängige Journalisten auf den Nachdenkseiten und 2 Filme nehmen sich dem Thema an.

**Quelle:**

de Kleijn S, Ferwerda G, Wiese M, Trentelman J, Cuppen J, Kozicz T, de Jager L, Hermans PW, LidyVerburg-van Kemedade BM (2016): A Short-Term Extremely Low Frequency Electromagnetic Field Exposure Increases Circulating Leukocyte Numbers and Affects HPA-Axis Signaling in Mice. *Bioelectromagnetics* 37, 433–443

**Wirkung elektrostatischer Felder****Elektrostatische Felder beeinflussen Blutparameter**

**Elektrostatische Felder, wie sie in der Atmosphäre vorkommen können, bewirken im Blut von Ratten in vivo und in vitro signifikante Veränderungen. Zellzahl, -form und -größe sowie DNA-Strangbrüche treten direkt nach Ende der Befeldung auf, sind aber zwei Wochen später zum großen Teil behoben.**

Das atmosphärische elektrostatische Feld (ESF) besteht zwischen den positiv geladenen Ionen in den oberen Schichten der Atmosphäre und der negativ geladenen Erdoberfläche. Bei klarem Wetter beträgt das Feld zwischen 100 und 150 V/m, es wechselt stark aus natürlich und menschlich verursachten Gründen. Unter Wolken kann die Oberfläche positiv geladen sein und die Spannung kann bis zu 3 kV/m betragen. Die durch den Menschen eingetragenen Felder können in Luftverschmutzung, künstlichen elektromagnetischen Feldern von elektrischen Geräten, durch synthetische Kleidung und Gegenstände und durch Isolierung des Körpers gegenüber der Erde bestehen. Durch Luftverschmutzung werden Ionen gebunden, die Leitfähigkeit der Atmosphäre nimmt ab und der Potenzialgradient zu. In Gebäuden können die Felder durch elektrische Geräte, Plastikgegenstände und nichtleitfähige Teppiche einige hunderte kV/m betragen. Isolierung des menschlichen Körpers kann das elektrische Potenzial weiter steigern. In früheren Arbeiten wurden Veränderungen an Serumproteinen festgestellt, wenn Felder von 0,6–19,7 bzw. 200 kV/m einwirkten, oder verminderte Zellzahl von Erythrozyten (roten Blutkörperchen) und Strukturveränderungen von Zellen. Allerdings fanden andere Forscher keine signifikanten Unterschiede.

Meistens werden Experimente sofort im Anschluss an die Bestrahlung/Befeldung durchgeführt, aber was passiert später und wie lange hält die Wirkung der Felder an? Zur Beantwortung dieser Frage wurden diese Experimente am Blut von weiblichen Ratten durchgeführt. Es wurden zwei verschiedene Ansätze verfolgt: In vivo- und In vitro-Experimente. Für die In vivo-Untersuchungen wurden 30 weibliche Ratten eingesetzt. Je 10 wurden einem elektrostatischen Feld von 200kV/m ausgesetzt, entweder eine Stunde oder 6 Tage lang 6 Stunden (Kurz- und Langzeiteinwirkung). Anschließend blieben die Tiere bis Tag 21 in den Käfigen. Als Kontrolle diente eine Gruppe von 10 Tieren, die 21 Tage mit 20 mV/m befeldet wurden. Blutproben wurden an Tag 7, 14 und 21 untersucht. Für die In vitro-Untersuchungen wurde den Ratten Blut abgenommen und das Blut eine Stunde dem Feld von 200 kV/m ausgesetzt. Die Kontrollproben bekamen 1 Stunde 20 mV/m. Nach 21 Tagen erfolgten die Untersuchungen im Blut: Anzahl der weißen und roten Blutkörperchen (Leuko- und Erythrozyten), der Blutplättchen (Thrombozyten), Lymphozyten, Monozyten und neutrophilen Granulozyten, Bestimmung von Hämoglobin, Hämatokrit, Zellvolumen, Hämoglobin/Zelle und mittlerer Hämoglobinkonzentration.

Zusätzlich wurden Leukozyten auf DNA-Strangbrüche mit dem Komet-Test untersucht.

Die Ergebnisse: Bei dem In vivo-Experiment erzeugte die kurzzeitige Feldeinwirkung erhöhte Leuko- und Thrombozytenzahlen um 34,9 bzw. 28,6 % gegenüber der Kontrolle. Die Anzahl von Monozyten und Neutrophilen stieg hoch signifikant um 69 und 110 % an. Lymphozyten und rote Blutkörperchen waren kaum verändert. Die 6-stündige Langzeitbefeldung der Ratten verminderte die Lymphozytenzahl signifikant um 18,2 %, die Anzahl der weißen insgesamt und der Monozyten und Neutrophilen unterschieden sich nicht signifikant von der Kontrolle. Nach 6 Tagen 6-Stunden-Befeldung (direkt nach Ende der Befeldung) waren einige Parameter der roten Blutkörperchen signifikant verändert: Anzahl, Hämoglobin und Hämatokrit stiegen signifikant um 15,6 %, 7,2 % bzw. 8,4 % an. Gleichzeitig nahmen Zellvolumen und Hämoglobin/Zelle um 4,6 bzw. 3,7 % ab. Die mittlere Hämoglobinkonzentration und die Zahl der Blutplättchen waren nicht signifikant verändert. Die roten Blutzellen erschienen im Mikroskop stachelig und kleiner, abhängig von der Dauer der ESF-Einwirkung. Bei den weißen Blutzellen zeigte sich im Komet-Test ein signifikanter Anstieg der DNA-Strangbrüche, stärker nach Langzeit- als nach Kurzzeitbefeldung.

Der Anstieg der Zellzahl könnte in vivo durch eine Kompensation von neuen Zellen aus dem Knochenmark entstanden sein. Um dies zu überprüfen, wurden Zellen in vitro befeldet. Da fand man eine signifikante Verminderung der Leukozytenzahl. Monozyten und Neutrophile waren um 33,5 bzw. 34,1 % vermindert. Bei Lymphozyten gab es keine Unterschiede. Ebenso bei den Parametern der roten Blutkörperchen. Die Blutplättchen waren leicht, aber signifikant vermindert. Die Verminderung der Leukozytenzahl beruhte demnach auf dem Verlust von Monozyten und Neutrophilen. Im Mikroskop war zu sehen, dass die befeldeten roten Blutkörperchen kleiner waren und eine veränderte Form hatten (Echinozyten). Die DNA-Strangbrüche waren signifikant erhöht. Bei dem In vivo-Experiment waren alle gemessenen Werte sofort nach Ende der Bestrahlung verändert, in den meisten Fällen signifikant. 14 Tage nach Ende der Befeldung hatten sich die Werte denen der Kontrollen angenähert, es waren bei allen Parametern nur noch nicht-signifikante Unterschiede zu sehen. Die größten Veränderungen waren bei den Leukozyten zu sehen (in vivo und in vitro): Nach Kurzzeitbehandlung in vivo ein Anstieg, nach Langzeit- gab es moderate Abnahme. Die Erhöhung der Leukozyten nach Kurz- und die geringe Abnahme nach Langzeitbefeldung in vivo kann mit Schädigung der Leukozyten im peripheren Blut und Kompensation aus dem Knochenmark erklärt werden. Das wird durch DNA-Strangbrüche (in vivo und in vitro) in den Leukozyten bestätigt. Die stärksten Veränderungen waren bei den Leukozyten, speziell Monozyten und Neutrophilen, zu sehen. Das spricht für einen Schädigungsmechanismus bei der DNA, an dem freie Radikale beteiligt sind. Monozyten und Neutrophile sind Phagozyten, als solche besitzen sie starke Mechanismen zur Erzeugung von freien Radikalen, die auch durch elektromagnetische Felder freigesetzt werden können und oxidative Reaktionen und DNA-Schädigung auslösen.

**Quelle:**

Harutyunyan H, Mkrtchyan V, Sukiasyan K, Sahakyan G, Poghosyan G, Soghomonyan A, Cherniavsky E, Bondarenko E, Shkumatov V (2016): Effect of In Vivo and In Vitro Exposure to Electrostatic Field on Some Hematological Parameters in Rats. *Bioelectromagnetics*