

ElektrosmogReport

Fachinformationsdienst zur Bedeutung elektromagnetischer Felder für Umwelt und Gesundheit

20. Jahrgang / Nr. 2

www.elektrosmogreport.de

Februar 2014

Zellforschung Niederfrequenz

DNA-Strangbrüche durch niederfrequente Felder

Ziel dieser Studie war herauszufinden, ob und wenn wie 100 Hz bei 5,6 mT eine späte Wirkung auf fibroblastenartige Vero-Zellen haben. Die Feldeinwirkung erzeugte eine signifikante Anzahl von Strangbrüchen und Veränderungen in der S-Phase im Zellzyklus, wahrscheinlich bedingt durch verschiedene Arten von reaktiven Sauerstoffmolekülen. 100 Hz und 5,6 mT zeigen 48 Stunden nach der Einwirkung eine genschädigende Wirkung.

100 Hz sind in unserer Umgebung vorhanden durch Elektroautos, U-Bahnen und andere Transportfahrzeuge sowie medizinische Geräte in der Physiotherapie. Während Passagiere und Patienten den Feldern nur kurz ausgesetzt sind, ist das Personal ständig betroffen. Da niederfrequente Felder möglicherweise Krebs erregend sind, kann der erste der 3 Schritte der Krebsentstehung (Initiation, Promotion und Progression) durch Schädigung der DNA eingeleitet werden. Wenn die DNA nicht repariert wird, können Mutationen entstehen, die zu einem Wachstumsvorteil für die Tumorzellen gegenüber den normalen Zellen führen können. Die Forscher wollten herausfinden, ob die DNA von Vero-Zellen so schädigt wird, dass mutierte Zellen entstehen. Vero-Zellen ähneln Fibroblasten, das ist eine Zelllinie, deren Zellen gern am Untergrund haften.

Die Zellen wurden einem niederfrequenten Feld von 100 Hz mit einer Feldstärke von 5,6 mT 45 Minuten lang ausgesetzt. Die Feldstärken von Hintergrund und ausgeschalteter Spule waren ähnlich niedrig (0,021 mT). Die 45 Minuten Behandlung der Zellen und die Feldparameter wurden gewählt, weil ähnliche Felder in Therapie und in Fahrzeugen vorhanden sind, und man hat festgestellt, dass diese Behandlung zur Reduktion des Tumors bei gleichzeitiger Chemotherapie führt. Die Zellen standen während der gesamten Magnetfeld-Behandlung in einem homogenen Feld, eine Gruppe in einem kontinuierlichen Feld (cEMF), die 2. Gruppe mit Unterbrechung des Feldes (intermittierend 1 Sekunde an und 3 Sekunden aus, dcEMF), während die Kontrollgruppe zur Scheinbehandlung in einer ausgeschalteten Spule stand. Nach den 45 Minuten kamen die Zellen für 48 Stunden in den Brutschrank, dann folgten die Analysen auf Veränderungen in der DNA (Alkalischer Komet-Test) und dem Zellzyklus an mindestens 3 unabhängigen Wiederholungen.

Die Feldeinwirkung führte in den befeldeten Zellen zu mehr als 40 % höherer DNA-Schädigung gegenüber der Kontrolle, bei den intermittierenden Feldern war der schädliche Einfluss auf das genetische Material größer als bei den kon-

tinuierlichen. Die Schweiflänge im Komet-Test sagt etwas über die Dimension der DNA-Stückelung aus (kleinere Stücke, längerer Schweif) und das wird als proportional zum Ausmaß der DNA-Schädigung betrachtet. Die Schweiflänge war statistisch signifikant 1,65- bzw. 1,51-mal länger für cEMF bzw. dcEMF als bei der Kontrollgruppe. Die DNA-Schädigung in den einzelnen Zellen stieg signifikant an in cEMF um $13,37\% \pm 0,88$ und dcEMF um $13,87\% \pm 1,17$ gegenüber der Kontrollgruppe mit $8,8 \pm 0,78\%$, das ist 1,52- bzw. 1,58-mal höher. Ein anderer Parameter, das Schweif-Moment, gibt das Produkt aus Länge und % DNA-Gehalt im Schweif an. Dieser Wert betrug $17,40 \mu\text{m} \pm 1,54$ für cEMF und $20,77 \mu\text{m} \pm 2,16$ für dcEMF gegenüber der Kontrolle mit $8,26 \mu\text{m} \pm 1,03$. Auch ein weiterer Parameter, das Olive-Schweif-Moment, stieg statistisch signifikant an; bei den kontinuierlichen wurden $12,30 \mu\text{m} \pm 0,91$ und bei den intermittierenden Feldern $12,70 \mu\text{m} \pm 1,20$ errechnet. Der Wert für die Kontrollgruppe betrug $6,58 \mu\text{m} \pm 0,66$.

Beim Zellzyklus war zu sehen, dass die Feldeinwirkung eine Blockierung in der S-Phase verursachte. Nach 48 Stunden war der höchste Prozentsatz der blockierten Zellen bei den cEMF-Zellen. Die cEMF-Gruppe hatte 273 % und die dcEMF-Gruppe 140 % mehr blockierte S-Phase-Zellen als die Kontrollgruppe. Die Interpretation ist, dass die 100-Hz-Magnetfelder die Mechanismen von Synthese und Reparatur beeinträchtigen könnten. Das Anhalten in der S-Phase bedeutet die Bildung von Einzelstrangbrüchen oder den Zusammenbruch der DNA-Replikationsgabel. Es ist nicht klar, ob diese Magnetfeld-Wirkung eine direkte oder indirekte ist, z. B. bedingt durch Mechanismen wie ROS-Produktion. Einige Ergebnisse deuten auf Redox-Vorgänge durch die Magnetfelder hin. Dies wird gestützt durch die Beobachtung, dass die Antioxidans-Verteidigung aktiviert wird und dass eine Verschiebung des Milieus in der Zelle in Richtung eines reduzierten Zustands erfolgt.

Der Komet-Test ist ein sehr gutes Werkzeug zum Auffinden von genschädigenden Wirkungen, jedoch ist nach 48 Stunden bei den befeldeten Zellen die Reparatur effektiver angelaufen als bei den scheinbefeldeten Kontrollzellen. Die

Weitere Themen

Kinderleukämie durch Niederfrequenz, S. 2

Die Meta-Analyse mit 9 Studien aus den Jahren 1997–2013 ergab, dass es einen Zusammenhang geben könnte.

Füchse und ihre Beute, S. 2

Der Jagderfolg von Füchsen hängt entscheidend davon ab, aus welcher Himmelsrichtung sie zuschlagen.

Weitere Verharmlosungen, S. 3

Industrie und Politik setzen wieder alles dran, die Forschung zu ignorieren und elektromagnetische Felder als harmlos hinzustellen.

qualitative Analyse zeigte eine Reduktion der DNA-Brüche zwischen 5–40 %, aber einen signifikanten Anstieg der Zellzahl mit starker Beeinträchtigung der DNA. Diese erhöhte Anzahl von Zellen mit hohem Grad an DNA-Schäden bedeutet eine vielschichtige Reaktion der Zellen auf die Magnetfelder, die abhängig ist vom Zellstatus zum Zeitpunkt der Feldeinwirkung.

Das Stoppen in der S-Phase kann bedeuten, dass die Synthese- und Fehlerkorrektur-Mechanismen beeinträchtigt sind und dies die Einzelstrangbrüche oder den Zusammenbruch der Replikationsgabel hervorruft. Da alle 4 Komet-Parameter einen Anstieg der Schweiflänge und eine höhere Zahl fragmentierter DNA im Schweif zeigten, kann man schließen, dass niederfrequente Magnetfelder moderate Schädigungen sind, was auch andere Studien gezeigt haben. Die relativ geringen Unterschiede zwischen kontinuierlichen und intermittierenden Feldern, anders als bei anderen Studien, die häufig deutliche Unterschiede gefunden haben, liegen vielleicht an der Zellart oder an der Feldstärke, nicht an der Frequenz. Die Veränderungen an der DNA werden wahrscheinlich durch das vermehrte Auftreten von ROS und die Verlängerung ihrer Lebenszeit durch die Magnetfelder verursacht.

Quelle: Mihai CT, Rotinberg P, Brinza F, Vochita G (2014): Extremely low-frequency electromagnetic fields cause DNA strand breaks in normal cells. *Journal of Environmental Health Science & Engineering* 12, 15–21

Epidemiologie, Niederfrequente Felder

Kinderleukämie durch Magnetfelder erhöht

In dieser Meta-Analyse von 9 Fall-Kontroll-Studien im Zeitraum 1997–2013 untersuchten die Wissenschaftler 11.699 Kinderleukämiefälle und 13.194 Kontrollen. Die Auswertung erfolgte nach Abgleich der Unterschiede in den einzelnen Studien. Das Ergebnis: Magnetfelder im Bereich 0,2 und > 0,4 µT können für Kinderleukämie verantwortlich sein.

Leukämie wird unterteilt in akute und chronische Arten, bei Kindern kommt die akute lymphatische Leukämie (ALL) am häufigsten vor. Neben vielen anderen Faktoren (Pestizide, andere Chemikalien, ionisierende Strahlung) können auch niederfrequente Felder zur Entstehung beitragen, seit 2002 sind sie als „möglicherweise Krebs erregend für den Menschen“ bei der IARC (WHO) eingetragen. Die Ergebnisse früherer Studien sind uneinheitlich und kontrovers. Die Meta-Analyse von 1999 zeigte eine mögliche Wirkung auf Kinderleukämie mit Risikofaktoren von 1,46 und 1,59. Die Analyse von 2010 zeigte auch ein erhöhtes, aber schwächeres Risiko und war mit einigen Fehlern behaftet. Die neue Meta-Analyse nun bezieht neue Studien ein und versucht, Fehler und Unterschiede in den Ergebnissen rechnerisch zu vereinheitlichen. Nach einer Literatur-Recherche wurden 9 englisch-sprachige Studien von Januar 1997–Juli 2013 mit insgesamt 11 699 Fällen und 13 194 Kontrollen herangezogen. Die Daten wurden von 2 Wissenschaftlern unabhängig nach gleichen Kriterien gesichtet und verarbeitet. Bei Unstimmigkeiten wurden die Daten erneut gesichtet und bei bleibenden Differenzen wurde eine dritte Person im Doppel-Blind-Verfahren hinzugezogen, um am Ende Einstimmigkeit zu bekommen. Die Kriterien waren u. a., dass es eine Fall-Kontroll-Studie war, dass nur Kinderleukämie

untersucht wurde und dass verschiedene Gruppen für die Feldstärken gebildet worden waren. Die Magnetfeldbelastung wurde in Gruppen von <0,1, <0,2, 0,1–0,2, ≥ 0,2, 0,2–0,3, ≥ 0,3, 0,2–0,4 und ≥ 0,4 µT eingeteilt und die Risikofaktoren sowie die Abweichungen in den Studien statistisch ausgewertet. Die Risikofaktoren wurden für die Gesamtzahl der Leukämiefälle und gesondert für ALL berechnet. Es gab keinen signifikanten Zusammenhang bei Feldstärken unter 0,4 µT in Bezug auf den Referenzwert 0,1 µT, aber bei > 0,4 µT betrug der Risikofaktor 1,57 für alle Leukämiefälle und 2,43 für ALL. Das ist für Leukämie allgemein und für ALL ein statistisch signifikanter Zusammenhang. Die Empfindlichkeitsanalyse ergab Robustheit der Berechnungen bei allen Gruppen und auch die Diagnose bezüglich der Verzerrungen ergab keine Probleme. Die Meta-Analyse der 9 einbezogenen Studien zeigte zudem, dass es einen statistisch signifikanten Zusammenhang gibt zwischen Kinderleukämie und Magnetfeldstärken von ≥ 0,4 µT im Vergleich zur Magnetfeldbelastung < 0,1 µT. Bezogen auf den Referenzwert < 0,2 µT betrug der positive Zusammenhang zwischen Kinderleukämie und Magnetfeldstärke ≥ 0,2 µT 1,31. Magnetfeldexposition von ≥ 0,2 µT war assoziiert mit Kinderleukämie im Vergleich mit < 0,2 µT.

Quelle: Zhao L, et al. (2013): Review: Magnetic fields exposure and childhood leukemia risk: A meta-analysis based on 11,699 cases and 13,194 controls. *Leukemia Research*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.leukres.2013.12.008>

Einfluss des Erdmagnetfelds auf Tiere

Füchse nutzen Erdmagnetfeld-Sensoren für die Jagd

In dem Online-Informationssdienst Microwavenews erschien am 07.01.2014 ein interessanter Beitrag über den Jagderfolg von Füchsen, wenn sie ihre Beute nicht sehen können. In einem Video kann man die Jagdtechnik eines Fuchses in hohem Schnee beobachten. Forscher fanden heraus, dass sie besonders viel Beute schlagen, wenn sie in Richtung Nordosten angreifen.

Ein Fuchs taucht tief in hohen Pulverschnee ein und kurz darauf mit einem Beutetier wieder auf. Oder er buddelt kurz und hat die Beute erwischt. Der Fuchs kann seine Beute unter tiefem Schnee finden ohne dass er sie sieht. Er hört oder riecht sie vielleicht, aber wahrscheinlich ist es komplizierter. Rotfüchse können, so hat eine deutsch-tschechische Forschergruppe von der Uni Essen-Duisburg herausgefunden, das Erdmagnetfeld nutzen, um ihre Beute zu ergreifen (Cerveny J, Begall S, Koubek P, Novakova P, Burda H (2011): Directional preference may enhance hunting accuracy in foraging foxes. *Biological Letters* 7, 355–357, doi: 10.1098/rsbl.2010.1145). Nach Aufzeichnung von 592 Sprüngen konnten die Forscher sehen, dass die Füchse ihre Sprünge statistisch signifikant in Nord-Ost-Richtung hochspringen und senkrecht von oben auf die Beute herabstürzen. Die hohe Signifikanz schließt Zufall nahezu aus. Lichteinfall, Sonnenstand oder Wind spielen dabei keine Rolle, auch Tages- oder Jahreszeit, bedeckter oder klarer Himmel machen keinen Unterschied. Richtet sich der Fuchs nord-östlich aus (340–40°), bekommt er in 72,5 % der Fälle eine Beute, während er bei allen anderen Richtungen in 80 % der Fälle ohne Beute bleibt, wobei eine 160–220°-Ausrichtung immer noch zu 60 % erfolgreich ist. Die Forscher führen das auf einen Magnetkompass zur Bestimmung der Entfer-