

Zu den möglichen biologischen Mechanismen führen die Autoren wenig an. Eine Möglichkeit ist die Störung des Melatonins, damit wird die oxidative Schädigung des blutbildenden Systems weniger wirksam verhindert (Melatonin bekämpft den oxidativen Stress des blutbildenden Systems). Auch beim Fötus hat Melatonin diese Wirkung, die gestört wird und damit der Kinderleukämie der Weg geebnet wird. Das mache die Entstehung der Krankheit plausibel, aber es sei mehr Forschung nötig. Ein anderer Mechanismus ist der direkte Stromfluss im Körper (Körperströme), wenn man zwei Oberflächen berührt, die verschiedene Spannung haben. Ein relativ schwacher Kontakt kann starke elektrische Ströme im Körper erzeugen, was verschiedene Krebs erregende Wirkungen bedeuten kann, wie etwa Veränderung von Zellwachstum und -differenzierung und Störung der Signalketten. Eine Studie wird angeführt, die die magnetische Induktion durch Wasserleitungen, Erdung und Nähe zu Hochspannungsleitungen untersuchte und fand, dass die Ströme groß genug sind, um biologische Veränderungen im Knochenmark hervorzurufen. Diese Mechanismen seien aber bis jetzt nicht bestätigt.

Um das Kinderleukämie-Risiko durch EMFs besser verstehen zu können, muss man den Anteil der Kinder betrachten, die erhöhten Feldern ausgesetzt sind und diese in Zusammenhang mit dem Risiko bringen. Das nennt man das der Bevölkerung zugehörige Risiko in Prozent (population attributable risk percent, PAR%). Das ist der Prozentsatz der Krebserkrankungsrate dieser Krankheit an der gesamten Bevölkerung, die den EMF zugeschrieben werden kann. Hier wird diese Berechnung angewendet auf 2 gepoolte Analysen, weil die die gleichen Expositions-Kategorien haben (zwischen $\leq 0,1$ und $\geq 0,3$ μT). Danach beträgt der Anteil von Kindern, die $\geq 0,3$ μT ausgesetzt sind, 2 % (Bereich 0–7 %). In den Niederlanden wären nach Berechnungen (auf der Basis spärlicher Daten) höchstens 0,6 % der Kinderleukämie-Erkrankungsrate (Inzidenz) auf Magnetfelder über $0,3$ μT zurückzuführen.

Die Autoren schlussfolgern, dass die epidemiologischen Studien eine glaubhafte Beziehung zwischen niederfrequenten Feldern und Kinderleukämie zeigen, mit einem 1,4–1,7-fachen Anstieg des Risikos bei Einwirkung von mehr als $0,3$ μT gegenüber Kindern, die weniger als $0,1$ μT ausgesetzt sind. Obwohl Verzerrungen bestehen können ist es möglich, dass das einen kausalen Zusammenhang anzeigt, aber aufgrund der beschränkten Datenlage können keine endgültigen Schlüsse gezogen werden. Die Magnetfelder sind an einem multifaktoriellen Geschehen bei der Entwicklung von Kinderleukämie beteiligt. Die vorgeschlagenen biologischen Mechanismen sind nach Meinung der Autoren nicht sicher in Experimenten bestätigt worden.

Der Einfluss der niederfrequenten Felder auf die Kinderleukämierate sei wahrscheinlich begrenzt mit weltweitem PAR% von 1,9. Obwohl zwischen den Ländern und Regionen Unterschiede bestehen, könne ein Zusammenhang zwischen EMFs und der Kinderleukämierate nicht ausgeschlossen werden. Künftige epidemiologische Studien können nur Aufschluss geben, wenn Verzerrungen vermieden werden können und die Studien mit biologischen Mechanismen bessere Ergebnisse liefern. Für hochfrequente Felder bestehe eine besondere Herausforderung, weil es sehr verschiedene Strahlenquellen gibt und diese schwer zu charakterisieren sind. Da sind gut durchgeführte epidemiologische Studien nötig, besonders für neue Technologien wie drahtlose Netzwerke, die erst seit einigen Jahren zugenommen haben. Die Staaten sollten landesweite Studien durchführen, wie in Frankreich bereits begonnen. Die Autoren empfehlen keine strengeren Grenzwerte, aber in stark belasteten Gebieten wie Brasilien und den USA sollten die Feldbelastungen für Kinder reduziert werden. Die Regierungen

sollten sich Maßnahmen überlegen, wie im Bereich von Schulen und Wohngebieten die Felder von Hochspannungsleitungen verringert werden können.

Quelle:

Teepen, JC, van Dijk J (2012): Impact of high electromagnetic field levels on childhood leukemia incidence. International Journal of Cancer 131, 769–778

Kommentar: Einige Spekulationen sind sehr fragwürdig. Warum sollten Berechnungen glaubwürdiger sein als Messungen? So reden, denken, spekulieren Theoretiker wie z. B. Statistiker. Praktiker werden genau das Gegenteil voraussetzen. Und wieso sind bei Berechnungen keine Personen beteiligt, die das Ergebnis verfälschen können? Irren Statistiker nie, z. B. bei den zugrunde zu legenden Parametern? Was die Auswahl-Verzerrungen durch die Teilnehmer angeht: Es ist der Charakter einer Fall-Kontroll-Studie, dass Betroffene und Nicht-Betroffene an dieser Art Studie teilnehmen, sonst ist es keine Fall-Kontroll-Studie. Und dass untere Bevölkerungsschichten grundsätzlich höheren Feldern ausgesetzt sind, mag dahingestellt sein. Es könnte genau umgekehrt sein: Die Kinder von besser Gestellten haben vielleicht mehr Computer, Stereoanlagen und andere Geräte im Zimmer.

Epidemiologie

Übergewichtige Kinder durch (elektro)magnetische Felder

In dieser prospektiven Kohortenstudie wurden 733 Kinder von Frauen, die während der Schwangerschaft ein Messgerät zur Erfassung der Magnetfelder getragen hatten, 13 Jahre lang regelmäßig mit Gewichtsmessungen auf Wachstum und Entwicklung untersucht. Höhere Feldbelastung während der Schwangerschaft (bis $0,25$ μT) führte zu einem dosisabhängigen erhöhten Risiko für Übergewicht bei den Kindern.

Die Zunahme des Übergewichts von Kindern hat epidemische Ausmaße in den Industrie- und Schwellenländern angenommen. Die Krankheitshäufigkeit (Prävalenz) in den USA beträgt fast 20 %, und die WHO betrachtet dies als eine große Herausforderung in Bezug auf die Gesundheit der kommenden Generationen, die mit erheblichen Kosten verbunden sein wird. Die bisherigen Bemühungen, Diäten und mehr Bewegung, hatten wenig Erfolg, und so bleiben die Ursachen für das epidemische Ansteigen des Gewichts unklar. Falsche Ernährung und wenig Bewegung können nicht einen derartigen Anstieg der weltweiten Fettleibigkeit erklären, bei stark abweichenden Essgewohnheiten und körperlichen Aktivitäten in den verschiedenen Ländern. Es müssen andere, noch zu untersuchende Faktoren hinzukommen. Die Schwangerschaft ist ein kritischer Schritt in der Entwicklung, in der die Empfindlichkeit gegenüber Beschädigung in allen Organen sehr groß ist, weil sich frühe Veränderungen auf weite Körperbereiche auswirken, und dies hat weit reichende physiologische Konsequenzen im späteren Leben. Vor allem Schäden am endokrinen System (Drüsensfunktionen) und am Stoffwechsel während der Entwicklung des Kindes können zu einem höheren Risiko der Fettleibigkeit bei den Nachkommen führen.

Die wachsende Zahl von Mikrowellenherden und der zahllosen anderen Geräte kann ein bisher überssehener Faktor sein. Untersuchungen haben ergeben, dass EMFs in der Schwanger-

schaft Krankheiten bei Kindern einschließlich Asthma beeinflussen, höhere Expositionen sind beim Menschen mit Diabetes assoziiert, bei Tieren mit Übergewicht und hohe Zuckerkonzentrationen. Eine kürzlich veröffentlichte Untersuchung ergab, dass elektromagnetische Felder den Glucose-Stoffwechsel in der Zelle beeinflussen. Dies könnte auf einen möglichen Mechanismus hindeuten und könnte die Auswirkungen der EMFs biologisch erklären.

Für diese Untersuchung wurden Schwangere in der 5.–13. Schwangerschaftswoche ausgewählt. Die Frauen trugen während der Schwangerschaft ein Magnetfeld-Messgerät (EMDEX II), die Daten der Kinder kamen von medizinischen Aufzeichnungen, die letzten davon mit mindestens 11 Jahren (Ende Juni 2010). Größe und Gewicht der Kinder wurden durchschnittlich alle 6 Monate gemessen. Die Kinder wurden nach der Feldbelastung in drei Gruppen eingeteilt: $\leq 1,5$, $1,5-2,5$ und $\geq 2,5$ mG (das entspricht $\leq 0,15$, $0,15-0,25$ und $\geq 0,25$ μT). Die meisten Kinder konnten über den gesamten Zeitraum begleitet werden. Die zusammengefassten Ergebnisse zeigen, dass es eine Dosis-Wirkungs-Beziehung gab zwischen erhöhten Magnetfeldern in der Gebärmutter und dem Übergewicht der Kinder. Das Risiko war bei der mittleren Belastung signifikant um 50 % und mit hoher Belastung um 84 % erhöht im Vergleich zu der niedrig belasteten Gruppe. Die Analyse der Daten von Kindern, die ab der Geburt bis mindestens 11 Jahre untersucht wurden, zeigten eine noch stärkere, hoch signifikante Korrelation und Dosis-Wirkungs-Beziehung (1,85- bzw. 2,80-fach). Lebensstil, Ernährung, Vorerkrankungen der Mutter, Bewegung und andere Faktoren änderten nichts an dem Ergebnis. Weiter wurde untersucht, ob es sich um ein vorübergehend oder andauernd aufgetretenes Übergewicht handelte. Diese Untergruppen-Analyse zeigte, dass es nur bei dauerhaftem Übergewicht eine starke Dosis-Wirkungs-Beziehung gab. Vier andere bekannte Faktoren für kindliches Übergewicht wurden auch betrachtet: Übergewicht, Diabetes und Rauchen der Mutter während der Schwangerschaft, keine Ernährung mit Muttermilch. Das Risiko für Übergewicht der Kinder war erhöht, wenn alle 4 Faktoren einbezogen werden, stark bei Übergewicht und Diabetes der Mutter, jedoch nicht signifikant bei Rauchen der Mutter und fehlender Muttermilchernährung.

Die in dieser prospektiven Kohortenstudie festgestellte Erhöhung des Übergewicht-Risikos beim Kind durch hohe Magnetfeldbelastung während der Schwangerschaft wird belegt durch a) eine Dosis-Wirkungs-Beziehung b) einen Zusammenhang mit andauerndem Übergewicht, nicht vorübergehender Gewichtszunahme und c) einen Zusammenhang mit anderen bekannten Risikofaktoren, vor allem Übergewicht und Diabetes der Mütter. Diese erste Studie dieser Art könnte einen weiteren Faktor für das epidemische Auftreten der Fettleibigkeit bedeuten, wenn er durch weitere Studien bestätigt wird, der durch entsprechende Maßnahmen verhindert werden kann. Die Studie zum Glucose-Stoffwechsel und andere Experimente an Tieren, wonach elektromagnetische Felder die Entwicklung des Fötus und Hirnstrukturen beeinträchtigen, erklären einleuchtend, dass endokrine Funktionen und Stoffwechsel verändert werden und diese Veränderungen zu kindlichem Übergewicht führen. Die Einwirkung von elektromagnetischen Feldern im Uterus hat deshalb besonders schädliche Auswirkungen, weil diese auf die Organsysteme verteilt werden. Das kann in langfristigen physiologischen Veränderungen im Hormonsystem und den Hormonrezeptoren resultieren.

Gegenüber früheren Studien hat diese Arbeit einige Stärken. In erster Linie ist der prospektive Charakter zu nennen; die Messungen erfolgten lange bevor das Übergewicht der Kinder eintrat, was Verzerrungen bei den Messungen und bei der Auswahl der Teilnehmer vermeidet (im Unterschied zu Fall-

Kontroll-Studien, die die Vergangenheit betrachten und Erinnerungsfehler produzieren können). Eine weitere Stärke ist die Messung von Magnetfeldern direkt am Körper und die Bestimmung des Gewichts (in medizinischen Untersuchungen, nicht durch Selbstauskunft), und die Mediziner kannten die Daten der Magnetfeldmessungen nicht. Die signifikante Dosis-Wirkungs-Beziehung zu dauerndem, aber nicht zu zeitweiligem Übergewicht spricht auch für den tatsächlichen Zusammenhang zwischen Magnetfeldern und Übergewicht. Die Ergebnisse könnten auf einen neuen, bisher nicht bekannten Faktor hinweisen, der zum weltweit zunehmenden Übergewicht bei Kindern beiträgt. Wenn er durch weitere Studien bestätigt wird, könnte das epidemische Auftreten des Übergewichts bei Kindern erklärt werden und man hätte Anhaltspunkte für Maßnahmen zur Reduktion des Gewichts.

Quelle:

Li DK, Ferber JR, Odouli R, Quesenberry CP (2012): A Prospective Study of In-utero Exposure to Magnetic Fields and the Risk of Childhood Obesity. *Scientific Reports* 2, Artikel Nr. 540; DOI: 10.1038/srep00540

Zellforschung

Abnehmende Empfindlichkeit von Herzmuskelzellen

Herzmuskelzellen von jungen (6 Wochen), erwachsenen (4 Monate) und alten (12 Monate) Ratten wurden unter Einwirkung von 0,2 T eines statischen Magnetfeldes (SMF) untersucht. Es zeigten sich in verschiedenen Experimenten Unterschiede im Wassergehalt der Zellen, abhängig vom Alter und dem Geschlecht der Tiere.

Frühere Arbeiten der Arbeitsgruppe hatten gezeigt, dass SMFs auf den Wassergehalt von Zellen Einfluss haben bei gleichzeitiger Abnahme der Strophantin-Rezeptoren in der Zellmembran. (Der Strophantin-Rezeptor ist die K^+/Na^+ -Pumpe.) Der Wassergehalt von Zellen ist eine grundlegende Voraussetzung für das Funktionieren des Stoffwechsels. Hoher Wassergehalt zeigt Zellwachstum an, Schrumpfung deutet auf Apoptose hin. Man nimmt an, dass junge Lebewesen empfindlicher gegenüber schädlichen Umwelteinflüssen einschl. EMFs reagieren als ältere (83,5 bzw. 75,3 % Wassergehalt). Im Alter nimmt die Empfindlichkeit des Herzmuskels für Magnetfelder ab aufgrund des geringeren Wassergehaltes, der auf eine geringere Funktionsfähigkeit der K^+/Na^+ -Pumpe zurückzuführen ist. Bei dem neuen Experiment bewirkte das statische Magnetfeld bei den jungen Tieren eine signifikante Entwässerung um 21 %, bei den erwachsenen Tieren waren es 6,2 % und bei den alten erfolgte keine Entwässerung der Herzmuskelzellen. Es gab Unterschiede zwischen männlichen und weiblichen Ratten: bei den weiblichen Tieren nahm der Wassergehalt kontinuierlich mit dem Alter ab, während bei den männlichen Tieren die erwachsenen den stärkeren Wasserverlust zeigten. Die Wirkung der statischen Magnetfelder auf den Wassergehalt der Herzmuskelzellen könnte die höhere Empfindlichkeit junger Organismen erklären, auch in Bezug auf Kinderleukämie.

Quelle:

Narinyan L, Ayrapetyan G, Ayrapetyan S (2012): Age-Dependent Magnetosensitivity of Heart Muscle Hydration. *Bioelectromagnetics* 33, 452–458