

Einfluss elektromagnetischer Felder auf kardiovaskuläre Erkrankungen

Lebrecht von Klitzing

Funktechnische Vernetzungen von Computern mit Peripheriegeräten über WLAN (wireless local area network) sind heute überwiegend Standard an Büroarbeitsplätzen. Gesundheitliche Beeinträchtigungen im Zusammenhang mit diesen Expositionen weisen auf eine steigende Tendenz hin, wo jedoch für den Mediziner die Diagnosefindung oft schwierig ist. Hier erlaubt die Testung der Herzraten-Variabilität und der peripheren Mikrozirkulation eine sichere Aussage zur Validität der Symptomatik einer Elektrosensibilität. Mit Hilfe dieses Testverfahrens kann gezeigt werden, dass eine Exposition durch WLAN eine stärkere biologische Wirkung hat als das ebenfalls häufig genutzte schnurlose DECT-Telefon. Besonders kritisch ist die Situation dann, wenn bei einer gesundheitlichen Vorbelastung mit der allgemein gegebenen Langzeitexposition kardiovaskuläre Dysfunktionen auftreten, was in der Folge zu manifesten Erkrankungen führen kann. Die Testung einiger physiologischer Parameter erlaubt hier eine frühzeitige Diagnose, inwieweit elektromagnetische Belastungen vom Vegetativum kompensiert werden.

Schlüsselwörter: WLAN, Elektromagnetischer Stress, Herzratenvariabilität, Mikrozirkulation

Einleitung

Die Diskussion zur Wirkung elektromagnetischer Felder auf biologische Systeme wird besonders dann kontrovers diskutiert, wenn es um Expositionen durch funktechnische Anlagen geht.

So wird versucht, für die Expositionen in elektromagnetischen Feldern ein mögliches Wirkungsmodell anhand physikalischer Gesetzmäßigkeiten der Energieabsorption mit einer Gewebeerwärmung zu erklären, was der Bewertungsparameter der aktuellen Grenzwerte ist. Die typischen Immissionswerte liegen jedoch weit unterhalb eines thermischen Effekts, womit hier eine mögliche biologische Relevanz auszuschließen ist. Um dennoch eine Erklärung für die zunehmende Elektrosensitivität zu finden, steht somit die besondere Charakteristik der vom Sender emittierten elektromagnetischen Welle der modernen Funktechnik im Fokus der Diskussion: wurde bis zu dem Zeitpunkt der digitalen drahtlosen Datenübertragung ein analoges Modulationsverfahren genutzt, wird jetzt eine Technik eingesetzt, wo sich mehrere Nutzer ein Frequenzband teilen müssen. Möglich ist

dieses nur, wenn dem einzelnen Nutzer ein Zeitfenster zugeordnet wird. Die Folge ist ein periodisch gepulstes Signal, das sowohl vom Sender als auch vom Gerät des Nutzers emittiert wird. In den vom Gesetzgeber vorgegebenen Grenzwerten wird diese Besonderheit hinsichtlich der möglichen Wirkung auf den Menschen nicht hinreichend berücksichtigt. Vielmehr wird hier über das Puls/Pausen-Verhältnis ein Mittelwert gebildet, was physikalisch durchaus korrekt ist, aber dem Biosystem offensichtlich nicht genügt.

An dem Vergleich der folgenden elektromagnetischen Emittenten „Leuchte“ (nicht gepulst) und „Stroboskop“ (gepulst) identischer Leistung soll dieses gezeigt werden (Tab. 1).

	gemittelte Leistung
Glühlampe (20 W), Dauerbetrieb	20 Watt
Stroboskopblitzröhre (20 Ws) Pulsdauer 1 ms, Pulsfolge 1 s Pulsleistung 20.000 W	20 Watt

Tab. 1: Vergleich zweier Emittenten identischer Leistung (gepulst/ nicht gepulst).

Abstract**Einfluss elektromagnetischer Felder auf kardiovaskuläre Erkrankungen**

For using wireless communication equipments, there are safety guidelines to protect against high frequency energy. But the increasing number of healthy effects point to the problem, that exposure intensity some magnitudes lower than the given safety limits influence the healthy conditions more and more. Especially WLAN is in the focus of attention, because this technical equipment is operating as well in offices or in-house by connecting computer systems. Actually, one of the main healthy problems is an increasing rate of cardio-vascular disorders. Because there is no knowledge about the mode of biological operating the test of some vegetative parameters is helpful for an information about the bioregulation capacity.

Key words: WLAN, Electromagnetic Stress, Heart Rate Variability, Microcirculation.

Die gemittelten Energien sind gleich, die biologische Wirkung ist jedoch erheblich, da periodische Blitzfolgen bei entsprechender Veranlagung epileptische Anfälle auslösen können.

Auch wenn die Frequenzen der funktechnischen Datenübertragung nicht im sichtbaren Bereich liegen, gelten hier prinzipiell dieselben physikalischen Gesetze der Energieabsorption (VON KLITZING 1999, 2003).

Es ist also unzulässig, die biologische Relevanz allein über die thermodynamischen Gesetzmäßigkeiten zu definieren. In den Grenzwerten wird dieser am Beispiel gezeigte grundsätzliche Unterschied nicht berücksichtigt.

Wo liegt das gesundheitsrelevante Problem?

Die Grenzwerte für elektromagnetische Felder nach der 26. Verordnung zum Bundesimmissionsschutzgesetz (26. BImSchV) genügen im Telekommunikationsbereich nicht den Kriterien der *elektromagnetischen Verträglichkeit für das Biosystem*.

Hier stehen im Mittelpunkt der Diskussion insbesondere die Emittenten mit folgenden Pulsfrequenzen:

- GSM-Mobilfunk mit 217 Hz
- DECT Schnurlostelefon mit 100 Hz
- WLAN (funktechnische Systemverbindung) mit 10 Hz

Emittenten wie BOS (TETRA) und LTE zeigen, dass diese Techniken weiter entwickelt werden. Auch hier fehlt eine grundlegende, systematische Forschung zur biologischen Wirkung.

Diese Forderung stellt sich, da vor allem die am Arbeitsplatz aber auch im häuslichen Bereich zunehmend eingesetzte funktechnische Kommunikation zwischen PC und Peripherie über WLAN zu

einer Häufung gesundheitlicher Beeinträchtigungen geführt hat, die dann individuell in einer erheblichen Bandbreite beschrieben werden:

- Schlaflosigkeit
- Gedächtnis-/Konzentrationsstörungen
- Kopfschmerz
- Tinnitus
- Arrhythmien
- und weitere Symptome

Für den Mediziner, der hier eine *plausible* Diagnose stellen soll, beginnt oft eine Gradwanderung, zumal die belastbare Beweisführung einer elektromagnetischen Belastung nicht immer geführt werden kann.

Der Grund liegt einfach darin, dass es kein wissenschaftlich solides Wirkungsmodell für elektromagnetische Feldwirkungen im sogenannten athermischen Bereich, also Größenordnungen unterhalb der Grenzwerte gibt. Entsprechende Forschungsergebnisse beschränken sich somit auf eine Beschreibung von Phänomenen. Hierzu zählte auch die zunächst viel versprechende Testmethode der EEG-Untersuchung vor/während/nach Exposition (VON KLITZING 1995), wo eine Änderung des Alpha-Signals beschrieben wird. Allein schon, dass das EEG einer erheblichen, auch durch die Psyche kurzzeitig beeinflussbaren Schwankungsbreite unterliegt, konnte auch hier nur ein Effekt beschrieben werden, - ohne eine „negativ/positiv“-Bewertung.

Weitaus eindeutiger sind die Daten, die das Vegetativum hinsichtlich der Regulationskapazität liefert, wie

- die HRV (Herz-Raten-Variabilität) und
- die Mikrozirkulation der peripheren Kapillaraktivität (TÜNGLER & VON KLITZING 2013).

Über die Dynamik der HRV lässt sich eine zuverlässige Aussage über die Aktivität der Bioregulation machen: so ist bekannt, dass eine Starre der Variabilität, also quasi-konstante Abfolge der Herzaktionen, auf ein multifunktionelles Versagen hinweist. *Temporäre* Einschränkungen der HRV sind aber auch bei nicht-kompensierten Stress-Situationen darstellbar, wie sich dieses durchaus während und nach einer WLAN-Exposition zeigt. Besonders empfindlich reagiert hier der Elektrosensible, dessen Aktivität des Vegetativums ohnehin durch Vorbelastungen (MCS, Amalgam u.a.) limitiert ist.

Der über ein Laser-Doppler-Verfahren registrierte Parameter „Mikrozirkulation“ zeigt über die Kapillaraktivität, wieweit die biologische Grundregulation aktiv ist. Hier spiegelt sich insbesondere die Dynamik der Gallenblasen- und Darmmotilität wider. Störungen auf dieser Ebene führen über die Zeit zu deutlichen Krankheitsbildern. Jede nicht kompensierte Belastung des Vegetativums kann mithilfe dieses Verfahrens erkannt werden. Das gilt nicht nur für den Elektrosensiblen, sondern offensichtlich auch für den „burn-out“-Betroffenen, wie aktuelle Testungen zeigen.

Beide Testverfahren haben sich in der Praxis vor allem auch bewährt zur Differenzierung der vermuteten und „echten“ *Elektrosensibilität*, wobei einschränkend anzumerken ist, dass – wie im Weiteren gezeigt wird - der methodische und zeitliche Aufwand zur Diagnosefindung nicht unerheblich ist.

Methode

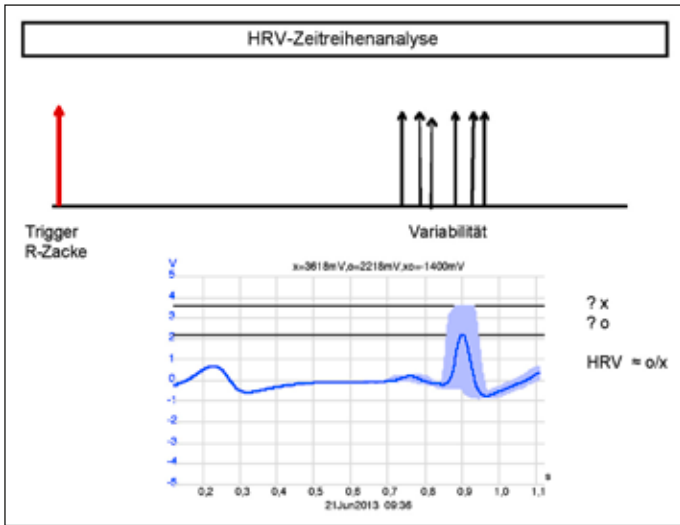


Abb. 1: Zeitreihenanalyse der R-R-Abstände mit Darstellung Maximalwert/Mittelwert (x/o).

Herz-Raten-Variabilität (HRV): Von den aufgezeichneten Herzaktionen werden in einer Zeitreihenanalyse die R-R-Abstände analysiert und der über drei Minuten gemittelte Spannungspegel der R-Zacken mit dem effektiven Einzelsignal verglichen. Bewertet werden sowohl der Quotient aus Mittelwert zum Maximum, als auch die zeitliche Bandbreite der einzelnen R-Zacken-Abstände (Abb. 1).

In einem weiteren Verfahren wird die jedem R-R-Abstand zuzuordnende Frequenz im Zeitbereich über 3 min einer Frequenzanalyse (FFT) unterzogen. Bei konstantem R-R-Abstand bildet sich zu der Frequenz eine Vielzahl von Oberwellen aus; mit zunehmender Varianz löschen diese sich aus. Hier ist die Anzahl der Oberwellen das Entscheidungskriterium (Abb. 2).

Beide Verfahren ergänzen sich insofern, als zufällige Arrhythmien in der gemittelten Zeitreihenanalyse erkannt werden können.

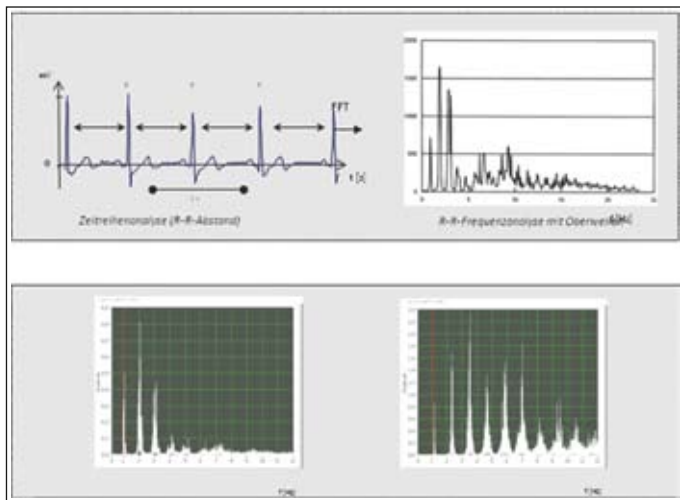


Abb. 2: Bestimmung der HRV über Frequenzanalyse. Bewertungskriterium: Anzahl der Oberwellen der Grundfrequenz (rote Linie).

Mikrozirkulation: Über ein nicht-invasives LASER-DOPPLER-Verfahren wird im Kapillarbett die Bewegung der Erythrozyten gemessen. Hier stellen sich zwei Bewegungsprofile dar. Zum einen wird jeder Puls registriert (ca. 1 Hz), zum andern spiegelt sich die Dynamik der Grundregulation mit ca. 0,1 Hz wider (Abb. 3).

Stress-Sensor: Zusätzlich wird über eine Elektrodenmatrix die elektrische Potenzialverteilung an der Hautoberfläche des

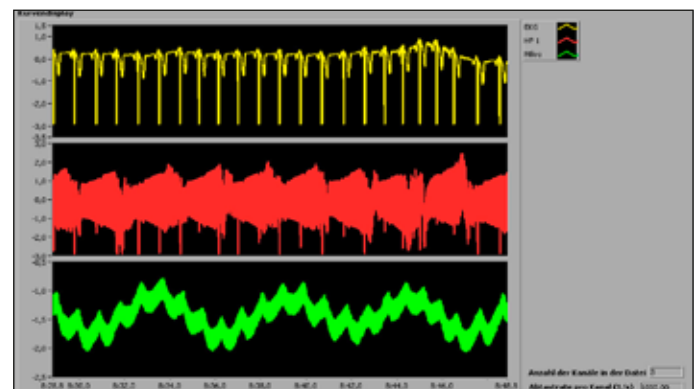
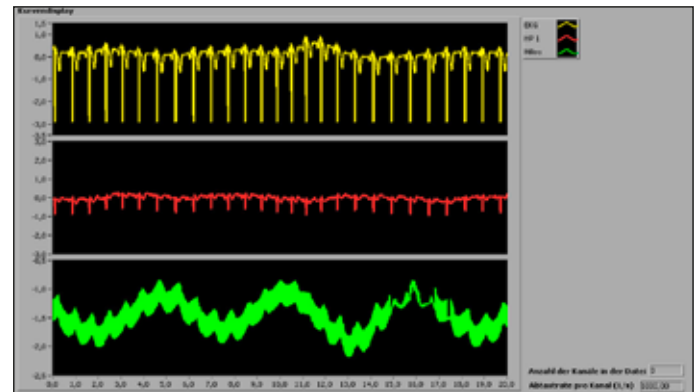


Abb. 4: EKG, Stress-Sensor und Mikrozkulation vor und nach Exposition mit WLAN. Obere Kurve: EKG; mittlere Kurve: Stress-Sensor; untere Kurve: Mikrozkulation; a) oben: vor Exposition, b) unten: während Exposition mit WLAN. Ergebnis: Stress unter WLAN-Exposition; Grundregulation und EKG unauffällig; Testperson: Mitarbeiterin im Großraumbüro (z.Zt. arbeitsunfähig). Symptomatik: Unwohlsein unter WLAN-Exposition.

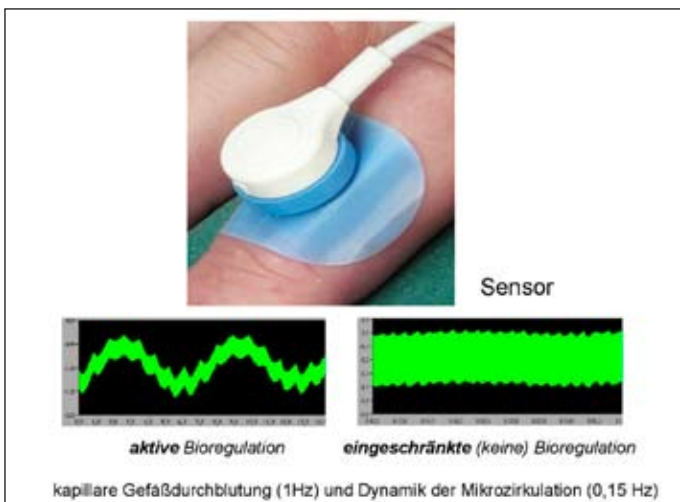


Abb. 3: Dynamik des Blutflusses im Kapillarbett: aktive und eingeschränkte (keine) Bioregulation.

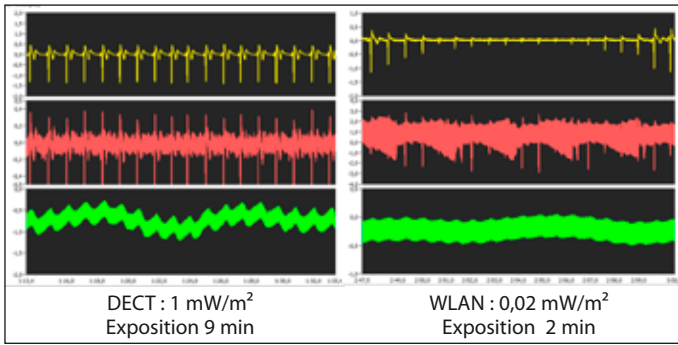


Abb. 5: Vergleich DECT/WLAN-Exposition.
 Obere Kurve: EKG; mittlere Kurve: Stress-Sensor; untere Kurve: Mikrozkulation.
 Ergebnis: Eindeutige Reaktion auf WLAN, nachdem die Testung auf DECT einen Tag zuvor keine Reaktion zeigte. Kritisch ist hier das Aussetzen des EKG-Signals über ca.10 s; weiterhin auffällig ist das erhebliche Stress-Moment.
 Testperson: Service-Dienstleister „hot-line“-Großraumbüro; z.Zt. arbeitsunfähig. Symptome: Kopfschmerz, Tinnitus, Herzrhythmus-Störungen.

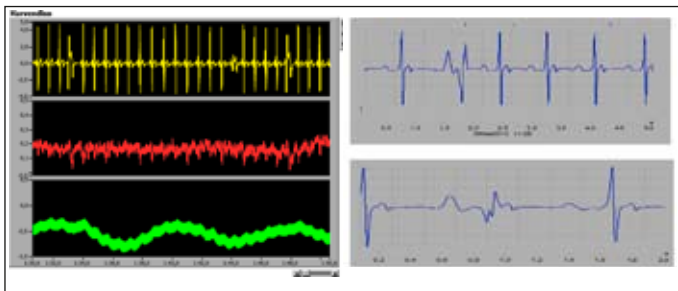


Abb. 6a (links): Auffälliges EKG (Kontrolle vor Exposition)
 Obere Kurve: EKG; mittlere Kurve: Stress-Sensor; untere Kurve: Mikrozkulation.
 Abb. 6b (rechts): Die zeitliche Auflösung des EKG weist auf eine kardiale Dysfunktion hin. Nicht beantwortet werden kann die Frage, ob die Dysfunktion Folge der elektromagnetischen Exposition ist. Eine entsprechende kardiologische Diagnose war bis zu dem Zeitpunkt nicht erkannt worden (!).
 Testperson: IT-Entwickler; Laborplatz. Symptomatik: Müdigkeit, „Druck“ im Kopf, Schlaflosigkeit,

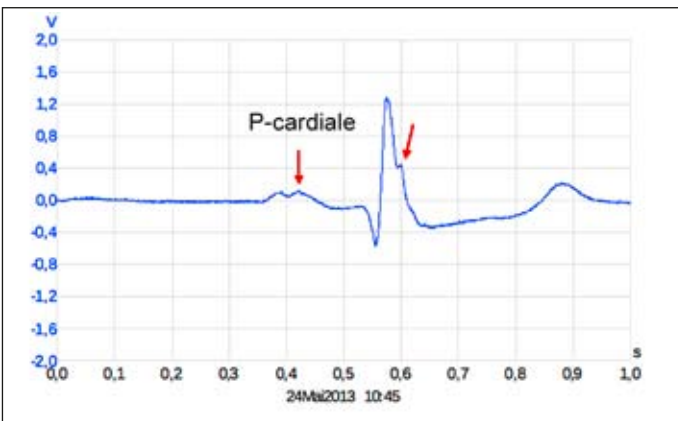


Abb. 7: EKG ohne Exposition.
 Hier liegt offensichtlich ein kardiales Problem vor. Ob dieses als Folge der beruflichen WLAN-Exposition oder die Funktionsstörung als primäre Erkrankung gegeben ist, lässt sich so nicht abklären. Belastungstest wurde hier nicht durchgeführt.
 Testperson: Elektriker, selbständig, IT-Entwickler; multimorbide; sieht sich unter WLAN extrem belastet.

Unterarms registriert. Dieser Messparameter dient als sicher Indikator für Stress-Situationen während der Testung (Abb. 4: mittlere Kurve).

Ergebnisse

Anhand der mit diesem Testverfahren gewonnenen Ergebnisse wissen wir vor allem, dass eine WLAN-Immission von $20 \mu\text{W}/\text{m}^2$ auf unser Klientel der Elektrosensiblen eine stärkere Wirkung hat als $1.000 \mu\text{W}/\text{m}^2$ des schnurlosen Telefons (DECT-Telefon). Hier liegt also die besondere Problematik, da die WLAN-Nutzung zunehmend auch als Langzeitexposition zu sehen ist und bei gesundheitlichen Beeinträchtigungen Handlungsbedarf zur frühzeitigen Diagnose besteht.

Wie sich eine Exposition durch WLAN bei sensiblen Personen auswirkt, zeigen die beiden Beispiele (Abb. 5 und 8). Durch das Testverfahren lassen sich auch bislang unentdeckte kardiologische Auffälligkeiten finden (Abb. 6, 7).

Diskussion

Grundsätzlich muss fest gehalten werden, dass eine WLAN-Exposition einen das Vegetativum belastenden Faktor darstellt. Die Darstellung der Regulationsdynamik des Vegetativums erlaubt eine Aussage darüber, inwieweit der Organismus auf eine Exposition in elektromagnetischen Feldern reagiert. Dieses diagnostische Verfahren zeigt zunächst, dass ein durchaus gesundheitsrelevantes Geschehen, was organisch nicht nachweisbar ist, auch unterhalb der Grenzwerte erfolgt. Bei einer Langzeitexposition besteht somit eine Dauerbelastung, die

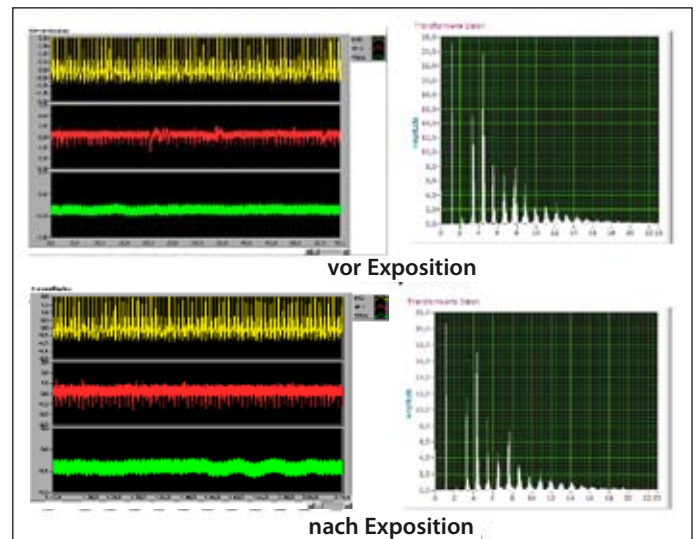


Abb. 8: EKG, Stress-Sensor und Mikrozkulation vor und nach Exposition mit WLAN.
 Linke Spalte: EKG, Stress-Sensor und Mikrozkulation.
 Obere Kurve: EKG; mittlere Kurve: Stress-Sensor; untere Kurve: Mikrozkulation.
 Rechte Spalte: FFT.
 Ergebnis: Kein signifikanter Einfluss durch Exposition mit WLAN. Die Grundregulation ist nicht oder nur sporadisch vorhanden, die HRV ist unverändert eingengt (viele Oberwellen in der FFT): eingeschränkte Regulationskapazität. Stress-Situation bleibt nach Exposition erhalten.
 Testperson: Hausfrau; Symptomatik: „hört“ und „fühlt“ Hochfrequenz, allgemeines Unwohlsein.

abhängig von weiteren Faktoren zu einem gesundheitlichen Problem führen kann. Die individuelle Bandbreite des gesamten physiologischen Status entscheidet letztlich darüber, wie weit sich dieses dann zu der Diagnose „organisch manifestierte Erkrankung“ entwickelt.

Solange kein Wirkungsmodell zwischen Feldexposition und Erkrankung zu erkennen ist, lässt sich auch keine Statistik durchführen, die letztlich darüber entscheidet, ob und ab welchen Immissionswerten ein Krankheitsgeschehen mit Expositionen in elektromagnetischen Feldern in Zusammenhang zu bringen ist. Eine Herz-/Kreislaufkrankung kann heute mit den zur Verfügung stehenden diagnostischen Verfahren sehr gut erkannt werden. In den Fragenkatalog der möglichen Ursachen sollte auch die Belastung durch elektromagnetische Felder aufgenommen werden.

Wie die Ergebnisse zeigen, bieten die hier vorgestellten Testmöglichkeiten eine Informationsquelle für mögliche kardiovaskuläre Dysfunktionen, bevor diese sich organisch manifestiert haben. Dieses betrifft insbesondere das nicht selten genannte Krankheitsbild der „unklaren Genese“ im Zusammenhang mit elektromagnetischen Feldexpositionen. Vor allem ist der Diagnostiker nicht nur auf die verbale Beschreibung des Betroffenen angewiesen.

Kontakt:

Dr. rer. nat. Lebrecht von Klitzing
Inst. Environm. Physics
Schwimmbadweg 21
36466 Wiesenthal
Tel.: 036964 861937
E-Mail: vonklitzing@umweltphysik.com

Nachweise

TÜNGLER, A., VON KLITZING, L. (2013): Hypothesis on how to measure electromagnetic Hypersensitivity, *Electromagnetic Biology and Medicine* 32: 281-290.

VON KLITZING, L. (1999): Niederfrequent modulierte Hochfrequenzfelder: eine biologische Zeitbombe? *Curriculum Oncologicum* 9: 4-11.

VON KLITZING, L. (2003): Time-slot modulated electromagnetic fields of wireless communication systems: Is there a health risk for man? *Indian J Exp. Biology* 41: 511-513.

VON KLITZING, L. (1995): Low-Frequency pulsed electromagnetic fields influence EEG of man, *Physica Medica* 11: 77-80.



B U C H T I P P

Ihr Einkaufsführer für
nachhaltigen Konsum
und gutes Leben!

Jetzt **NEU:**
Ausgabe 6 für
Berlin und die neuen Bundesländer!
... dort wo es Bio-Produkte gibt.

G U T S C H E I N :

... für kostenlose Exemplare, bitte gewünschte Ausgabe(n)
ankreuzen, Ihre Adresse und € 1.45 Porto in Briefmarken pro Buch
an uns senden.

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Hamburg/Schleswig-Holstein | <input type="checkbox"/> Berlin/neue Bundesländer |
| <input type="checkbox"/> Nordrhein-Westfalen | <input type="checkbox"/> Niedersachsen/Bremen |

Verlag Das grüne Branchenbuch
Lasbeker Straße 9 • 22967 Tremsbüttel • Tel. 04532-21402
Fax: 04532-22077 • www.gruenes-branchenbuch.de
service@gruenes-branchenbuch.de

UMG 30.05.13