

Elektrosensibilität

N. Leitgeb

Abteilung für Krankenhaustechnik, Institut für Biomedizinische Technik
Technische Universität Graz

1. Einleitung

Personen, die sich in umweltmedizinischen Institutionen oder bei niedergelassenen Ärzten mit Gesundheitsstörungen vorstellen, als deren Ursache sie Umwelteinflüsse vermuten, zeigen häufig ein komplexes und teilweise uneinheitliches Bild von unspezifischen Beschwerden wie z.B. Kopfschmerzen, Schlafstörungen oder Hautbeschwerden. Als Ursachen werden meist Amalgam oder "Indoor- Noxen", z.B. Holzschutz- oder Lösungsmittel und zunehmend auch "Elektrosmog" angegeben. Untersuchungen zeigen, dass einerseits in der Regel keine relevant erhöhten Gefahrstoffbelastungen nachgewiesen werden konnten. Andererseits wies diese Personengruppe im Vergleich zur Allgemeinbevölkerung eine große Anzahl von Störungen aus dem psychiatrisch/ psychosomatischen Formenkreis auf. Da die Rückführung der Beschwerden auf monokausale Ursachen bisher nicht möglich war, wurde für dieses Beschwerdebild der Begriff "EIS" (environmental incompatibility syndrom), also Umweltunverträglichkeits- Syndrom, vorgeschlagen.

Jene Personen, die ihre gesundheitlichen Probleme im Alltag oder am Arbeitsplatz auf die Einwirkung äußerer elektrischer, magnetischer oder hochfrequenter elektromagnetischer Felder zurückführen, bezeichnen sich als "elektrosensibel". Der Umstand, dass der Großteil anderer Personen keinerlei Reaktionen zeigt, obwohl sie den gleichen oder sogar stärkeren elektromagnetischen Umweltfeldern ausgesetzt sind, wird meist damit erklärt, daß die Beschwerdeführer eine übersteigerte Empfindlichkeit gegenüber derartigen Einwirkungen besäßen. Im deutschsprachigen Raum wird diese vermutete Überempfindlichkeit mit dem etwas unscharfen Begriff "Elektrosensibilität" bezeichnet, International hat sich noch kein einheitlicher Begriff durchgesetzt. Es finden sich Bezeichnungen wie "Sensitivity to Electricity", "Electrohypersensitivity" oder "Electromagnetic Hypersensitivity".

Allgemein kann man als "Elektrosensibilität" eine gegenüber dem Normalbefund wesentlich erhöhte Empfindlichkeit definieren, ohne damit bereits die kausale Rolle elektromagnetischer Felder bei der Entwicklung von Krankheitssymptomen zu implizieren. Es ist dabei jedoch zu klären, was als Normalbefund zu gelten hat, wie die wesentlich gesteigerte Empfindlichkeit zu definieren ist und ob es tatsächlich eine Kausalbeziehung zwischen Krankheitssymptomen und elektromagnetischen Feldern gibt.

Zur Vorbeugung von Missverständnissen ist darauf hinzuweisen, dass der Begriff "Elektrosensibilität", sowohl in der Fachliteratur als auch in der öffentlichen Diskussion mit verschiedenen Bedeutungen verwendet wird, nämlich im Sinne von

1. individueller Fähigkeit zur verbesserten Wahrnehmung elektrischer Vorgänge und elektromagnetischer Felder, ohne dass damit bereits die Entwicklung von Krankheitssymptomen verbunden ist.
2. subjektiver Überzeugung Betroffener, dass vorhandene unspezifische Krankheitssymptome von einwirkenden elektromagnetischen Feldern verursacht werden, nachdem andere Erklärungsversuche gescheitert sind.

3. medizinischer Begriff für Patienten, die unter unspezifischen Krankheitssymptomen ungeklärter Genese leiden.
4. erniedrigter Reaktionsschwelle auf einwirkende elektrische Vorgänge und elektromagnetischer Felder als kausale Ursache für die Entwicklung von (unspezifischen) Krankheitssymptomen.

Zur Unterscheidung der unterschiedlichen Begriffsinhalte ist es vorteilhaft, verschiedene Begriffe zu verwenden, nämlich

- Elektrosensibil**ität** im Sinne der Wahrnehmungsfähigkeit für elektrische Vorgänge und elektromagnetische Felder und
- Elektrosensitiv**ität** im Sinne der Entwicklung von Krankheitssymptomen als Folge der Einwirkung elektromagnetischer Felder.

"Elektrosensibilität", also die Fähigkeit zur Wahrnehmung elektrischer Vorgänge und elektromagnetischer Felder kann experimentell ermittelt werden.

Ob es "Elektrosensitivität" im Sinne einer kausalen Beziehung von körperlichen Symptomen und elektromagnetischen Umweltfeldern tatsächlich gibt, konnte bisher nicht nachgewiesen werden: Kontrollierte Doppelblindversuche führten bisher überwiegend zu negativen Ergebnissen. Der Leidensdruck für die Betroffenen kann jedoch erheblich werden und in Einzelfällen so weit gehen, dass sie nicht nur unfähig sind, ihre Arbeit weiter auszuüben, sondern auch ihre (elektrizitätsversorgte) Wohnumgebung verlassen. Auch wenn die Hypothese, dass "Elektrosensitivität" kausal mit der Einwirkung elektromagnetischer Felder verbunden ist, bisher nicht nachgewiesen werden konnte, ist das Problem ernst zu nehmen und zu versuchen, den Betroffenen zu helfen.

Untersuchungen zeigen, dass sich in Hinblick auf die Häufigkeit des Auftretens elektrosensibler Personen in Europa ein Nord- Süd- Gefälle feststellen lässt: Die häufigsten Beschwerden wurden in den skandinavischen Ländern registriert, während in den Mittelmeerländern das Phänomen in der Bevölkerung weitgehend unbekannt ist. Erhebliche Unterschiede ergeben sich auch bezüglich der den Beschwerden zugeschriebenen Quellen: Während in Skandinavien Bildschirmarbeitsplätze und Fluoreszenzröhren im Vordergrund stehen, sind dies in Deutschland und Österreich vorwiegend externe Quellen wie Hochspannungsleitungen und Mobilfunk- Basisstationen.

Da "Elektrosensitivität" kein monokausales Phänomen ist, ist es im Verlauf der Beratung von "elektrosensitiven" Personen von großer Bedeutung, eine erhöhte Empfindlichkeit gegenüber der Einwirkung elektromagnetischer Umweltfelder zu objektivieren. Dies umso mehr, als wirksame Abhilfen gänzlich unterschiedliche Maßnahmen erfordern würden, je nachdem, ob elektrische, magnetische oder hochfrequente elektromagnetische Felder als (Mit-) Verursacher in Frage kämen.

2. Methode

Da sowohl elektrische als auch magnetische Felder im Körper vor allem durch die Erzeugung intrakorporaler Stromdichten wirksam werden, sollten sich "elektrosensitive" Personen, so fern es sie im Sinne der vagen Definition gibt, allgemein auch durch eine signifikant erniedrigte Wahrnehmbarkeitsschwelle für direkt über Elektro-

den eingeleitete elektrische Wechselströme auszeichnen. Mit dieser Arbeitshypothese wurde ein mobiler Messplatz entwickelt, der die Ermittlung der Wahrnehmbarkeitsschwelle im Doppelblindversuch in der gewohnten Umgebung der Personen ermöglichte. Als Durchströmungsort wurde dazu der rechte oder linke Unterarm ausgewählt. Die Gründe dafür waren:

- a) die Annahme, daß "Elektrosensitivität" ein ganzheitliches Phänomen ist und es bisher keine Hinweise gibt, wonach einzelne Körperpartien besonders ausgezeichnet wären;
- b) die leichte Zugänglichkeit;
- c) der Ausschluß jeglichen Risikos von unerwünschten Nebeneffekten, z.B. bei einem Stromfluss über das Herz;
- d) die Möglichkeit einer Plausibilitätsüberprüfung der Angabe der Probanden durch randomisierte Stimulation an einer der beiden Extremitäten.

Zur Applikation der 50 Hz- Wechselströme wurden handelsübliche Einmal- EKG-Elektroden an einheitlich festgelegten Punkten an beiden Unterarmen angelegt. In einem Vorversuch wurde danach dem Probanden demonstriert, auf welche Weise er die Stimulation wahrnimmt. In den anschließenden computergesteuerten Versuchen wurde der zu stimulierende Unterarm über einen Zufallszahlengenerator ausgewählt und der Stimulationsstrom mit einer vorgegebenen Anstiegsgeschwindigkeit so lange erhöht, bis er vom Probanden wahrgenommen und durch Drücken eines Handschalters unterbrochen wurde. Durch Überprüfung, ob die Reaktion tatsächlich an der stimulierten Extremität erfolgte, war eine zusätzliche Plausibilitätskontrolle möglich. Tatsächlich traten fehlerhafte Angaben in ca. 7% der Fälle auf.

In einem vorangegangenen Forschungsprojekt war mit dieser Methodik im Rahmen einer Querschnittsstudie die "Elektrosensibilität" der Allgemeinbevölkerung im Raum Graz und Graz-Umgebung untersucht worden. Als Ergebnis konnte der "Normalbefund" erhoben und als Bezugsbasis für die Untersuchung von Risikogruppen herangezogen werden.

Darauf aufbauend wurden zwei Fragestellungen untersucht:

1. Einerseits sollte berücksichtigt werden, dass die ermittelten Stromwerte nur ein indirektes Maß für die Wahrnehmbarkeitsschwelle darstellen, da die intrakorporalen Stromdichten die eigentliche Ursache für die Erregung der Nervenzellen und damit für die Wahrnehmung sind.
2. Andererseits sollte geklärt werden, welche Faktoren den ermittelten Sensibilitätsgrad, also die Wahrnehmbarkeitsschwelle für direkt applizierte Wechselströme, beeinflussen. Dabei waren psychosomatische, anatomische und physiologische Parameter zu unterscheiden.

Um zu untersuchen, wie diese Parameter den ermittelten Sensibilitätsgrad beeinflussen und wie sich spezifische Zielgruppen von der Allgemeinbevölkerung unterscheiden, wurden die Probanden gebeten, einen Fragebogen auszufüllen, in dem folgende Parameter erfragt wurden:

- ~ körperlichen Merkmale (*Alter, Größe, Gewicht, Händigkeit, Unterarmumfang*)
- ~ Lebensgewohnheiten (*Sportaktivität, Nikotin-, Alkoholkonsum, Tagesrhythmus*)
- ~ momentane subjektive Befindlichkeit (*Allgemeinbefinden, Aktiviertheitsgrad, Müdigkeit, Hautzustand, Wetterfühligkeit*)

Darüber hinaus wurde zusätzlich zu der Messung der Sensibilität gegenüber elektrischen Strömen auch die subjektive Einschätzung der eigenen Sensibilität erhoben. Die Selbsteinschätzung war dabei nach einer fünfteiligen Skala vorzunehmen, die von "sehr unempfindlich", "eher unempfindlich", "durchschnittlich", "eher empfindlich" bis zu "sehr empfindlich" reichte.

Es zeigte sich übereinstimmend, bei Frauen etwas ausgeprägter als bei Männern, eine negative Korrelation mit der subjektiven Selbsteinschätzung der Sensibilität. Obwohl dies im Einzelfall nicht zutreffen muss, bedeutet dies im statistischen Sinn, dass empfindlichere Gruppen im Mittel tatsächlich niedrigere Wahrnehmbarkeitsschwellen aufweisen.

Dies ist nicht selbstverständlich und lässt zwei Schlüsse zu:

1. Es untermauert die Arbeitshypothese, wonach sich das Phänomen "Elektrosensitivität" auch in erniedrigten Wahrnehmbarkeitsschwellen für direkt applizierte elektrische Ströme äußern müsste.
2. Die subjektive Selbsteinschätzung ist trotz der Unsicherheit bezüglich des Zutreffens auf die Einzelperson zumindest im Trend der Gruppe zu erkennen.

Die mit den Fragebögen ermittelten Parameter wurden statistisch durch Spearman-Korrelationsmatrizen auf Abhängigkeiten untereinander untersucht. Als Plausibilitätskontrolle der Untersuchung dienten die erwarteten engen Korrelationen zwischen: Größe und Gewicht, Nikotin- und Alkohol. Ebenso erwartet wurde der Zusammenhang der körperliche Beschwerden mit den Parametern Alter, Anzahl früherer Erkrankungen und Nikotinkonsum.

Bei *Männern* ergab die Korrelationsanalyse trotz der insgesamt niedrigeren Signifikanzniveaus ein konsistentes Bild:

Ein höherer subjektiver Sensibilitätsgrad findet sich bevorzugt bei Abendmenschen (späte zircadiane Aktivitätsphase), bei Personen mit früheren Erkrankungen und geringem Alkoholkonsum. Alkoholkonsum ist dabei weniger als kausale Ursache, sondern als Indiz für das Gesundheitsbewußtsein zu deuten. Am Land sind elektrosensible Männer häufiger zu finden als in der Stadt.

Frauen zeigen Korrelationen auf einem höheren Signifikanzniveau:

Ein höherer subjektiver Sensibilitätsgrad ist korreliert mit schlechterem Allgemeinbefinden, gesteigerter Wetterfühligkeit und ebenfalls geringem Alkoholkonsum. (Als "sehr wetterfühlig" bezeichneten sich 57% der Frauen und 47% der Männer).

3. "Elektrosensible"

Für die Analyse "elektrosensibler" Personen der Allgemeinbevölkerung erwies sich die auf der subjektiven Selbsteinschätzung basierende Zuordnung in eine der Sensibilitätsgruppe als zu unspezifisch. Auch wenn sich eine Korrelation der Wahrnehmbarkeitsschwellen mit der subjektiven Selbsteinschätzung gezeigt hat, ist die Zuverlässigkeit der individuellen Einstufung zu gering, um als Basis für eine Zielgruppenuntersuchung dienen zu können. In der Hoffnung, dass die Personen, die in ihrem Alltag über konkrete körperliche Beschwerden klagen, die sie auf den Einfluss elektromagnetischer Quellen zurückführen, eine homogenere Gruppe bilden, wurden Mitglieder einer Selbsthilfegruppe "Elektrosensibler" untersucht.

Obwohl sich die Gruppe der "elektrosensiblen" Personen in Hinblick auf die Häufigkeit und Intensität der Beschwerden deutlich von der Allgemeinbevölkerung unter-

scheidet, sind die Befindens- und Zustandsparameter mit dem subjektiv geschätzten Sensibilitätsgrad nicht korreliert.

In Hinblick auf die gemessenen Wahrnehmbarkeitsschwellen zeigten sich bei *Männern* ebenfalls keine Korrelationen mit Befindensparametern. Wie bereits bei der Allgemeinbevölkerung findet sich eine Korrelation der subjektiven Selbsteinschätzung mit der Wahrnehmbarkeitsschwelle. Darüber hinaus ergibt sich ein Zusammenhang zwischen subjektivem Sensibilitätsgrad und verringertem Rauchen sowie ein mit niedrigeren Reizschwellen verbundener niedrigerer Alkoholkonsum.

Im Gegensatz zu den Männern erweist sich bei den *Frauen* die subjektive Selbsteinschätzung nur mit der Anzahl früherer Erkrankungen korreliert. Im Gegensatz zur Allgemeinbevölkerung konnte kein Zusammenhang mit der gemessenen Wahrnehmbarkeitsschwelle festgestellt werden. Dass diese jedoch auch in dieser Gruppe einen zuverlässigeren Parameter darstellt, geht daraus hervor, dass sie mit Befindensparametern besser korreliert ist: Frauen mit niedrigeren Wahrnehmbarkeitsschwellen sind jünger, fühlen sich schlechter, haben mehr frühere Erkrankungen, sind gesundheitsbewusster (betreiben mehr Sport und trinken weniger Alkohol), sind jedoch im Gegensatz zur Allgemeinbevölkerung *weniger* wetterfühlig. In der untersuchten Frauengruppe befand sich keine einzige Raucherin.

Obwohl sich die Gruppe der "elektrosensiblen" Personen in Hinblick auf die Häufigkeit und Intensität der Beschwerden deutlich von der Allgemeinbevölkerung unterscheidet, war es nicht möglich, bezüglich der untersuchten Parameter charakteristische Zusammenhänge zu identifizieren, aufgrund derer sich elektrosensible Personen von Personen der Allgemeinbevölkerung unterscheiden. Dieser Umstand deckt sich mit den Erfahrungen anderer Forschungsgruppen /6/ und bestätigt, dass die Gruppe von Personen, die sich im Alltag durch tatsächliche oder vermeintliche elektromagnetische Einwirkungen gesundheitlich beeinträchtigt fühlen, sehr inhomogen ist und weder hinsichtlich der Beschwerden selbst noch in Hinblick anderer Faktoren signifikante Gemeinsamkeiten aufweisen.

Auch wenn dies in Einzelfällen nicht ausgeschlossen werden kann, stützt der Umstand, daß der angegebene subjektive Sensibilitätsgrad bei Frauen der "Elektrosensitivitäts"- Selbsthilfegruppe nicht wie bei der Allgemeinbevölkerung mit der gemessenen Wahrnehmbarkeitsschwelle korreliert ist, die Annahme **nicht**, dass in dieser Gruppe überwiegend elektromagnetische Umweltfaktoren für die vorhandenen Beschwerden verantwortlich sind.

4. Quantitative Diagnose

Die Messung der Wahrnehmbarkeitsschwellen der am Unterarm applizierten 50 Hz Wechselströme brachten zwei wesentliche Ergebnisse:

Einerseits bestätigten sie, dass die Wahrnehmbarkeitsschwelle bei Frauen signifikant um ca. 20 bis 50% niedriger liegt als bei Männern.

Andrerseits zeigte die statistische Auswertung, dass die Messergebnisse über weite Bereiche einer Log-Normalverteilung entsprechen, mit Ausnahme im Bereich der empfindlich Reagierenden: Dort fanden sich deutlich mehr Personen, als es zu erwarten gewesen wäre. Eine mögliche Erklärung für diesen Umstand wäre das Vorhandensein einer Untergruppe innerhalb der Bevölkerung mit signifikant erniedrigten Wahrnehmbarkeitsschwellen.

Tatsächlich konnte die experimentell ermittelte Häufigkeitsverteilung durch Synthese aus zwei unterschiedlichen Log- Normalverteilungen zusammengesetzt werden. Dies unterstützt einerseits die Annahme, dass es -statistisch gesehen- eine Untergruppe in der Bevölkerung mit erhöhter "Elektrosensibilität" gibt. Ihre Größe konnte mit ca. **2%** abgeschätzt werden.

Die Abschätzung des Prozentsatzes stellt naturgemäß eine anzunehmende Obergrenze dar, da sich unter den empfindlich Reagierenden keine Personen mit akuten Problemen im Alltag befanden. Der tatsächliche Prozentsatz von Personen mit "Elektrosensitivitäts"- Problemen im Alltag ist daher wesentlich niedriger anzunehmen.

Aufgrund der für die Allgemeinbevölkerung ermittelten Häufigkeitsverteilungen konnten Wertebereiche unterschiedlicher "Elektrosensibilität" definiert und ein "Elektrosensibilitäts- Diagramm" erstellt werden, die für die quantitative Diagnose herangezogen werden können. Die bisherigen Erfahrungen zeigen, dass

- eine wesentliche Verbesserung der Differenzierbarkeit der "Elektrosensibilität" durch die zusätzlichen Untersuchungsparameter erreicht werden konnte;
- die "Elektrosensibilität" von Person zu Person stark unterschiedlich ist;
- die "Elektrosensibilität" selbst bei der selben Person starken Tagesschwankungen unterliegt. Dies bedeutet, dass selbst im Fall einer Kausalbeziehung zwischen Symptomen und elektromagnetischen Feldern immer wieder Phasen der Besserung auftreten sollten und auch bei stark "Elektrosensitiven" kein Dauerstress zu erwarten ist.

Die bisherigen Ergebnisse vermitteln insgesamt ein differenziertes Bild:

- Einerseits sind sie eher geeignet die "Elektrosensibilitäts"- Hypothese zu stützen als zu widerlegen;
- Andererseits konnten an selbst- deklarierten "Elektrosensitiven" keine signifikant erhöhten Indikatoren für eine kausale Verursachung ihrer Symptome durch elektromagnetische Felder festgestellt werden. Dies deutet darauf hin, dass in dieser Personengruppe andere dominantere Einflussfaktoren vorherrschen
- Die interpersonelle Streuung der "Elektrosensibilität" ist wesentlich größer, als bisher angenommen, aber wesentlich geringer, als von "Elektrosensitivitäts"- Selbsthilfegruppen behauptet.

5. Schlussfolgerung

Die Annahme, wonach eine kleine Untergruppe von Personen existiert, die gegenüber elektromagnetischen Feldern eine höhere Empfindlichkeit besitzen, als normal wird durch die bestehenden Ergebnisse eher unterstützt als widerlegt. Niedrigere Wahrnehmbarkeitsschwellen waren jedoch mit Gesundheitsproblemen oder Elektrosensibilitäts- Fällen nicht korreliert. Es konnte bisher nicht bewiesen werden, dass Symptome wie sie von "Elektrosensitivitäts"- Fällen beschrieben werden, von elektromagnetischen Feldern hervorgerufen werden.

Die gegenwärtigen Befunde sind daher weder schlüssig noch gesichert genug, um eine kausale Rolle elektromagnetischer Felder für unspezifische Krankheitssymptome, weder als dominierende Ursache noch als Kofaktor, nachzuweisen. Sie haben jedoch gezeigt, dass die "Elektrosensibilität" in der Bevölkerung sowohl was den Absolutwert als auch die interpersonelle Streuung anbelangt, wesentlich größer ist, als

bisher z. B. bei Schutzüberlegungen angenommen, aber auch deutlich geringer, als von "Elektrosensitivitäts"- Selbsthilfegruppen behauptet.

Die erarbeitete Untersuchungsmethodik hat sich bereits zur Ausschluss- Diagnostik als geeignet erwiesen, da bei "Elektrosensitiven" mit normaler "Elektrosensibilität" eine kausale Rolle elektromagnetischer Felder mit großer Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden kann.

Literatur:

- /1/ Bergqvist, U.: Non-Specific Health Symptoms Attributed to Electromagnetic Field Sources
Proc. Electromagn. Fields and Non-Specific Health Symptoms, Graz 1998, 34-45
- /2/ Hillert, L.: Hypersensitivity to Electricity: Management and Intervention Programs
Proc. Electromagn. Fields and Non-Specific Health Symptoms, Graz 1998, 17-30
- /3/ Hinrichs, H., Heinze, H., J.: Brain Activity and the Role of Weak Electromagnetic Fields
Proc. Electromagn. Fields and Non-Specific Health Symptoms, Graz 1998,72-81
- /4/ ICNIRP: Health Issues related to the Use of Hand-Held Radiotelephones and Base Transmitters
Health Physics 72 (1996), 587-593
- /5/ ICNIRP: Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic and Electromagnetic Fields (up to 300 GHz)
Health Physics 74 (1998), 494-522
- /6/ Kunze, M.: Environmental Incompatibility Syndrom
Proc. Electromagn. Fields and Non-Specific Health Symptoms, Graz 1998,5-7
- /7/ Leitgeb, N.: Electromagnetic Hypersensitivity:
Proc. Electromagn. Fields and Non-Specific Health Symptoms, Graz 1998, 8-16
- /8/ Matthes, R., Bernhardt, J. H., Repacholi, M.: Risk Perception, Risk Communication and its Application to EMF Exposure
ICNIRP 5/98: Proc. Int. Seminar, Vienna 1997
- /9/ Mild, K.-H.: Mobile Phones and Non-Specific Health Symptoms
Proc. Electromagn. Fields and Non-Specific Health Symptoms, Graz 1998, 46-52
- /10/ Müller, C.: NEMESIS: Niederfrequente elektromagnetische Felder und Elektrosensibilität in der Schweiz.
Dissertation, ETHZ, Zürich 2000

*Univ. -Prof. Dipl. -Ing. Dr. Norbert Leitgeb
Abteilung für Krankenhaustechnik
Institut für Biomedizinische Technik
Technische Universität Graz
Inffeldgasse 16a
A-BO10 Graz 7*