



# **Elektrosensibilität: Stand der Forschung**

*H. -Peter Neitzke und Julia Osterhoff*

**ECOLOG-Institut**

08/2005

# Elektrosensibilität: Stand der Forschung

## Teil 1

**H. -Peter Neitzke und Julia Osterhoff**

In der heutigen hochtechnisierten Welt sind niederfrequente elektrische und magnetische Felder (*NF EF* bzw. *NF MF*) sowie hochfrequente elektromagnetische Felder (*HF EMF*) praktisch allgegenwärtig (wenn im Folgenden nicht zwischen *NF EF*, *NF MF* und *HF EMF* zu unterscheiden ist, wird die Abkürzung *EMF* benutzt). Parallel zur Zunahme der *EMF*-Exposition großer Teile der Bevölkerung steigt die Zahl der nach eigener Aussage unter unspezifischen Symptomen Leidenden, die bei *NF EF*-, *NF MF*- oder *HF EMF*-Exposition allgemein oder in bestimmten Expositionssituationen (verstärkt) auftreten (Rösli et al. 2004). In der internationalen wissenschaftlichen Literatur konnte sich für dieses Phänomen noch keine einheitliche Bezeichnung durchsetzen. In der neueren Literatur wird sehr häufig der Begriff *Electromagnetic Hypersensitivity* benutzt, aber auch Bezeichnungen wie *Electrosensitivity*, *Hypersensitivity to Electromagnetic Fields*, *Sensitivity to Electricity* oder *Electrohypersensitivity* kommen vor. Im deutschsprachigen Raum werden meist die Begriffe *Elektrosensibilität* (*ES*) oder *Elektrosensitivität* benutzt, wobei ersterer meist gebraucht wird, wenn gesundheitliche Beschwerden auf *EMF* zurückgeführt werden, während der zweite Begriff überwiegend zur Beschreibung der Fähigkeit benutzt wird, Felder direkt oder indirekt wahrzunehmen. Allerdings gibt es auch Autoren, die diese Begriffe im genau entgegengesetzten Sinne benutzen (s. z.B. Leitgeb 1995). Im Folgenden wird für den tatsächlichen oder subjektiv wahrgenommenen Zusammenhang zwischen gesundheitlichen Beeinträchtigungen und *EMF*-Expositionen der Begriff *Elektrosensibilität* (*ES*) verwendet. Die Fähigkeit, das Vorhandensein elektrischer, magnetischer oder elektromagnetischer Felder bei geringeren Feldstärken 'spüren' zu können, als es 'der Durchschnittsmensch' kann, wird hier als *Elektrosensitivität* bezeichnet.

In der Literatur werden drei mögliche Kausalmechanismen zur Erklärung des Phänomens *Elektrosensibilität* diskutiert (Frick et al. 2004):

- ♦ biophysikalisch: es gibt eine tatsächliche Beeinflussung körperlicher Funktionen durch *EMF*
- ♦ psychosomatisch: das Bewusstsein des Vorhandenseins von *EMF* führt zu Symptomen
- ♦ artefakt: Faktoren, die die *EMF*-Exposition begleiten, bzw. methodische Probleme sind für die Symptome verantwortlich.

Zur Klärung des Zusammenhangs zwischen den auftretenden Symptomen und *EMF*-Expositionen werden drei unterschiedliche Untersuchungsansätze angewandt:

1. Epidemiologische Studien, also statistische Untersuchungen, mit denen Korrelationen zwischen dem Auftreten der berichteten Symptome und Expositionen bzw. Expositionssituationen sowie möglichen anderen Einflussfaktoren (z.B. demographische Merkmale, allgemeiner Gesundheitszustand, Chemikalien-Empfindlichkeit) nachgegangen wird.
2. Provokationsexperimente im Labor, bei denen idealer Weise in Doppelt-Blind-Untersuchungen geprüft wird, wie die betroffenen Personen auf unterschiedliche Expositionsbedingungen reagieren und ob sie das Vorhandensein von Feldern spüren können, ohne zu wissen, ob diese tatsächlich eingeschaltet sind.
3. Experimente, in denen der Frage nachgegangen wird, ob sich *ES* eindeutige biologische Effekte zuordnen lassen, wie z.B. Veränderungen des Blutbilds oder Störungen zellulärer Strukturen oder Funktionen.

Die Ergebnisse neuerer Forschung zur Elektrosensibilität, getrennt für die drei Untersuchungsansätze, sowie zu den Erfahrungen mit Maßnahmen zum Schutz vor EMF werden im Folgenden vorgestellt und diskutiert.

## **Ergebnisse statistischer Untersuchungen**

### *Betroffene*

Die Schätzungen bezüglich der Zahl der von ES betroffenen Personen variieren. Autoren älterer Studien schätzten, dass maximal ein Prozent der Bevölkerung betroffen sein könnte (s. z.B. Bergqvist et al. 1998). Eine im Großraum Stockholm durchgeführte Untersuchung von Hillert et al. (2002) ergab, dass sich 1,5 Prozent der Bevölkerung selbst als 'elektrosensibel' bzw. 'elektromagnetisch hypersensitiv' bezeichneten. In einer kalifornischen Studie wurde dagegen ein deutlich höherer Prozentsatz ermittelt: Der Anteil der nach eigener Auskunft Betroffenen lag hier bei 3,2 Prozent (Levallois et al. 2002). Die Vermessung der Elektrosensibilität in der Bevölkerung, also Studien, bei denen der Anteil der Personen in der Allgemeinbevölkerung ermittelt wird, die elektrische Vorgänge eher wahrnehmen als der Bevölkerungsdurchschnitt (s. z.B. Leitgeb 1995, Leitgeb und Schröttner 2003), erlauben keinen Rückschluss auf die Verbreitung der Elektrosensibilität, solange nicht geklärt ist, ob und ggf. wie höhere Empfindlichkeiten mit dem Auftreten von Beschwerden korrelieren. In einer Studie von Rösli et al. (2004) gaben 56 Prozent der nach eigener Aussage Elektrosensiblen an, elektromagnetische Felder wahrnehmen zu können. In den meisten Fällen konnte die Art des Feldes, z.B. Strahlung eines Mobiltelefons, nach eigener Aussage sogar spezifiziert werden. Es gab jedoch keinen Zusammenhang zwischen den Symptom-Mustern und einer erhöhten Elektrosensitivität.

### *Demographische Einflussfaktoren*

Die folgenden Aussagen basieren auf den Ergebnissen der bevölkerungsbezogenen Studien von Hillert et al. (2002, Schweden) und Levallois et al. (2002, USA) sowie der Untersuchung von Rösli et al. (2004) an elektrosensiblen Personen in der Schweiz, bei der das Untersuchungskollektiv mit den Daten aus dem Schweizerischen Gesundheits-Survey verglichen wurde. Ergänzend werden einige Ergebnisse der von Frick et al. (2004, Deutschland) durchgeführten Machbarkeitsstudie angeführt.

**Alter:** Während in der Studie von Levallois et al. keine Altersabhängigkeit festgestellt werden konnte, zeigen die Daten von Hillert et al. und Rösli et al. für die Elektrosensiblen ein statistisch signifikant höheres Alter.

**Geschlecht:** In der amerikanischen Studie wurde ebenfalls kein Unterschied zwischen den Geschlechtern in Bezug auf die ES-Prävalenz gefunden. Die Studien aus Schweden und der Schweiz belegen dagegen eine höhere Prävalenz in der weiblichen Bevölkerung. Allerdings wurden keine Unterschiede hinsichtlich der Symptom-Profile festgestellt (s.u.).

**Familienstand:** In der Schweizer Untersuchung wurde in der Gruppe der Elektrosensiblen ein höherer Anteil verheirateter Personen als im Bevölkerungsdurchschnitt festgestellt. In der in Schweden durchgeführten Studie ist der Anteil der allein lebenden Personen dagegen etwas höher, wobei der Unterschied allerdings keine statistische Signifikanz erreicht.

**Einkommen:** Hillert et al. und Levallois et al. geben übereinstimmend an, dass ES in Bevölkerungsschichten mit geringem Einkommen häufiger vorkommt. Rösli et al. machen hierzu mangels Daten keine Aussage.

**Bildung:** Nach der Untersuchung von Rösli et al. ist der Anteil der Personen mit höherer Bildung unter den von ihnen befragten Elektrosensiblen höher als im Durchschnitt der Bevölkerung der Schweiz. Dieser Befund ist aber möglicherweise darauf zurückzuführen, wie diese Gruppe rekrutiert wurde, nämlich über Beratungseinrichtungen, verbunden mit der Einwilligung, an der Untersuchung teilzunehmen. Sowohl die Kontaktaufnahme mit

einer Beratungseinrichtung, wie auch die Bereitschaft, an wissenschaftlichen Studien teilzunehmen, dürften bei Personen mit höherem Bildungsstand größer sein. In der Untersuchung von Hillert et al. wurde keine statistisch signifikante Abhängigkeit der ES-Prävalenz vom Bildungsstand festgestellt. Levallois et al. fanden eine höhere ES-Prävalenz für Bevölkerungsgruppen mit geringerem Bildungsstand.

**Berufstätigkeit:** In den Untersuchungen von Hillert et al. und Levallois et al. wurde im Vergleich mit dem Bevölkerungsdurchschnitt in der Gruppe der Elektrosensiblen übereinstimmend ein höherer Anteil nicht berufstätiger Personen bzw. von Personen, die frühzeitig aus dem Arbeitsleben ausgeschieden sind, oder solcher, die im Genesungsurlaub waren, festgestellt. Dieser Befund ist sicherlich zum größten Teil auf den insgesamt schlechteren Gesundheitszustand der Elektrosensiblen zurückzuführen (s.u.).

### *Symptom-Profile*

Hinsichtlich des Beschwerdebilds elektrosensibler Personen gibt es deutliche Unterschiede in den Ergebnissen verschiedener Untersuchungen, wie in Abbildung 1 am Beispiel der Untersuchungen aus Schweden und der Schweiz deutlich wird. Bei der Studie von Hillert et al. handelt es sich um eine epidemiologische Querschnittsstudie, die im Jahr 1997 im Großraum Stockholm durchgeführt wurde. Der Fragebogen wurde an 15.000 nach dem Zufallsprinzip ausgewählte Personen verschickt, von denen 10.670 antworteten. 167 Personen (1,5 Prozent) gaben an, elektrosensibel zu sein. Grundlage der Untersuchung von Rööslis et al., die von Juli 2001 bis Juni 2002 durchgeführt wurde, sind die Fragebögen von 394 elektrosensiblen Personen, die über Behörden, Selbsthilfeeinrichtungen und andere Institutionen für eine Beteiligung an der Untersuchung gewonnen wurden. Für beide Untersuchungen ist in Abbildung 1 der Prozentsatz der Personen angegeben, die sich selbst als 'elektrosensibel' bezeichnen und in den letzten drei Monaten 'oft' oder 'jede Woche' (Hillert et al. 2002) bzw. aktuell (Rööslis et al. 2004) an den genannten Symptomen gelitten haben. Der Wert 0 % bedeutet, dass das Symptom in der jeweiligen Untersuchung nicht abgefragt wurde, bzw. dass die Zahl der Personen, die darunter leiden, sehr klein war.

In keiner der bisher beschriebenen Untersuchungen konnte ein für Elektrosensible typisches Symptom-Profil abgeleitet werden. Auch Frick et al. kommen in ihrer Untersuchung zu dem Ergebnis, dass bei einer Stichprobengröße von knapp 800 zufällig aus der Bevölkerung gezogenen Personen sich kein irgendwie geartetes, charakteristisches 'EMF-Syndrom' nachweisen lässt. Stattdessen gebe es eine klar messbare Persönlichkeitseigenschaft, wie stark jemand unter den aufgeführten Beschwerden leidet.

Personengruppen, die entweder aufgrund einer vermuteten (oder gemessenen) erhöhten EMF-Exposition oder die aufgrund einer tatsächlich oder vermeintlich erhöhten individuellen Sensitivität gegenüber EMF über eine Häufung von Beschwerden klagen, sollten sich von der Basisrate für das Auftreten dieser Symptome in der Bevölkerung unterscheiden. Diesen Nachweis zu erbringen, ist nicht einfach, da Beschwerden, die in der wissenschaftlichen Literatur und/oder von subjektiv 'elektrosensiblen' Personen als diejenigen Symptome benannt wurden, die möglicherweise im Zusammenhang stehen mit EMF-Expositionen, in der Bevölkerung sehr weit verbreitet sind. Mehr als die Hälfte der von Frick et al. (2004) untersuchten Beschwerden, die in der Literatur mit EMF in Verbindung gebracht wurden, treten in der Bevölkerung bei Personen im Alter zwischen 18 und 64 Jahren im Monat bei mehr als 25 Prozent mindestens einmal auf. In der Untersuchung von Hillert et al. finden sich allerdings für etliche Symptome statistisch signifikante Unterschiede zwischen der Allgemeinbevölkerung und den Personen, die sich als 'elektrosensibel' bezeichnen (in Abbildung 2 mit \* gekennzeichnet). Beim Vergleich der Elektrosensiblen mit Personen, die unter Asthma oder Heuschnupfen leiden, ergeben sich statistisch signifikante Unterschiede nur noch bei wenigen Symptomen (Hautprobleme, Augenprobleme, Müdigkeit, Gefühl der Schwere im Kopf).

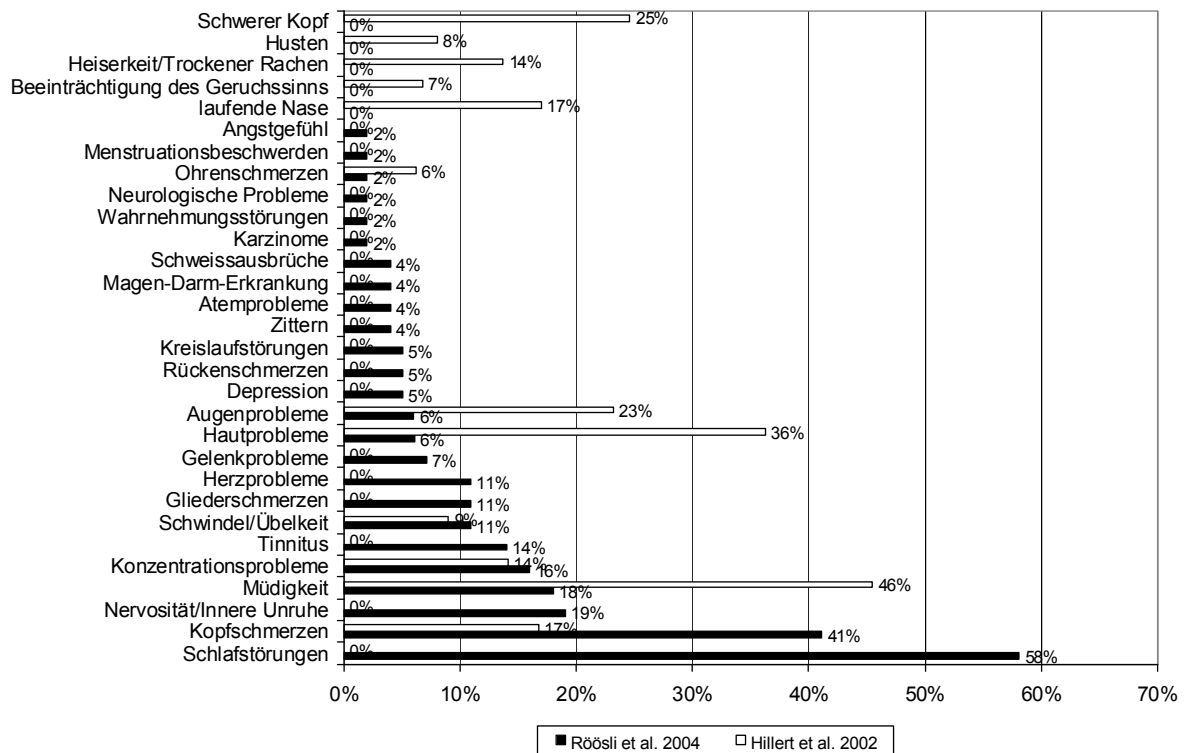


Abbildung 1

Nennung von Symptomen durch elektrosensible Personen, Vergleich der Ergebnisse zweier Untersuchungen aus der Schweiz (Rösli et al. 2004) und Schweden (Hillert et al. 2002)

In Abbildung 2 sind zum Vergleich Daten zum Auftreten verschiedener Symptome in der deutschen Allgemeinbevölkerung aufgetragen. Diese stammen aus der Untersuchung von Frick et al. (2004), die in Regensburg in einer repräsentativen Bevölkerungsstichprobe durchgeführt wurde. Dabei wurde das Auftreten von Symptomen, die in der Literatur mit EMF in Bezug gebracht werden, innerhalb der letzten vier Wochen abgefragt. Auffällig und durch die etwas andere Fragestellung im Vergleich zu der Untersuchung von Hillert et al. nicht zu erklären ist die sehr viel höhere Prävalenz in der deutschen Allgemeinbevölkerung für fast alle Symptome, die in beiden Untersuchungen abgefragt wurden. Für Konzentrationsprobleme, Schwindel/Übelkeit, Kopfschmerzen und Müdigkeit ist sie auch weit höher als bei den schwedischen Elektrosensiblen.

Leitgeb und Schröttner (2003) haben in ihrer Arbeit eine deutlich höhere Elektrosensitivität von Frauen im Vergleich mit Männern festgestellt und damit Befunde aus älteren Untersuchungen bestätigt. Hinsichtlich der Symptom-Prävalenz gibt es jedoch nach Angaben der Autoren keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen elektrosensiblen Männern und Frauen. Abbildung 3 zeigt dies anhand der Daten von Rösli et al. (2004). Dies ist erstaunlich, da z.B. die Untersuchung von Frick et al. (2004) zeigt, dass die Prävalenz aller von Rösli et al. untersuchten Symptome mit Ausnahme von Konzentrationsproblemen und Tinnitus für Frauen in der Allgemeinbevölkerung statistisch signifikant höher ist als für Männer.

Der am Beispiel der Arbeit von Hillert et al. dargestellte Befund, dass in der Gruppe der Personen, die sich als 'elektrosensibel' bezeichnen, verschiedene Symptome häufiger auftreten, als in der Allgemeinbevölkerung (Rösli et al. haben dies ebenfalls für Kopfschmerzen und Schlafstörungen festgestellt), ist für sich genommen nicht sonderlich aussagekräftig, da die Zuschreibung des Attributs 'elektrosensibel' nicht anhand objektiver Kriterien sondern anhand der Selbstzuschreibung der Betroffenen erfolgte, die ja erst durch das Vorliegen von Beschwerden zu Betroffenen werden.

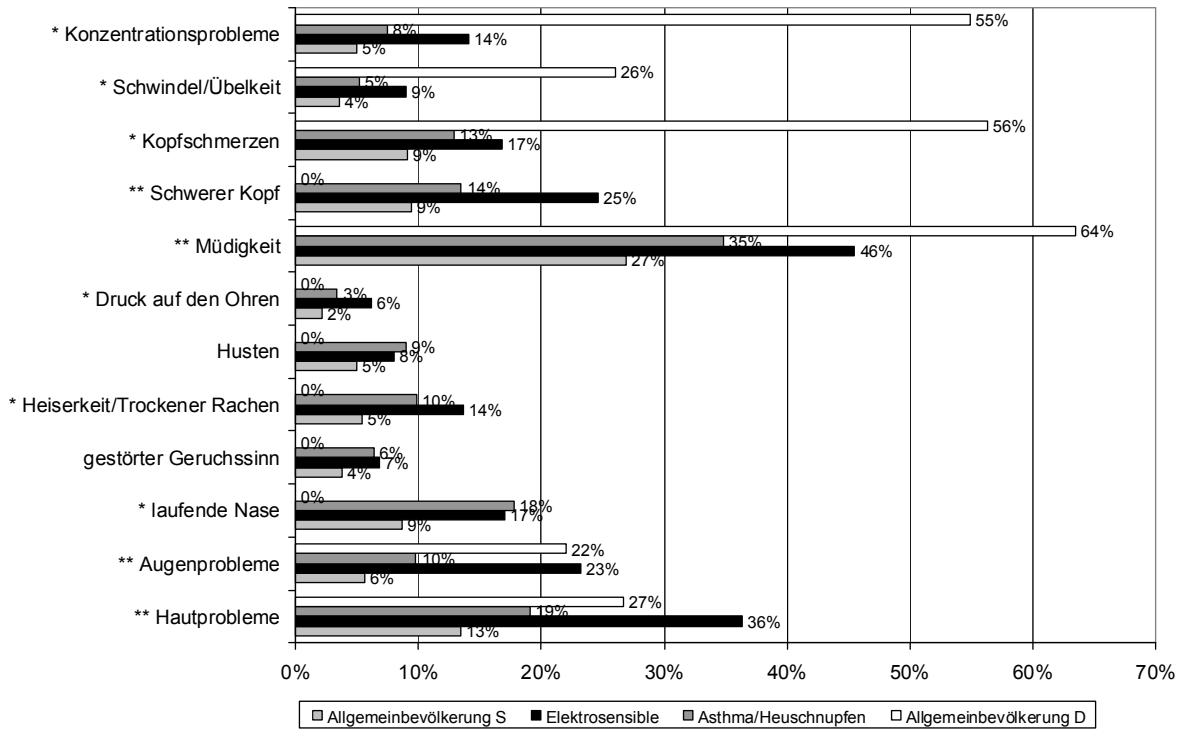


Abbildung 2

Vorkommen von Symptomen in der schwedischen Allgemeinbevölkerung, bei schwedischen Elektrosensiblen und Asthma- bzw. Heuschnupfenkranken (Hillert et al. 2002) sowie, zum Vergleich, in der deutschen Allgemeinbevölkerung (Frick et al. 2004)

\* Abweichungen der Angaben der Elektrosensiblen von denen der Allgemeinbevölkerung (S) statistisch signifikant, nicht jedoch von denen der Personen, die unter Asthma oder Heuschnupfen litten;  
 \*\* Abweichung der Angaben der Elektrosensiblen von denen beider Vergleichsgruppen statistisch signifikant

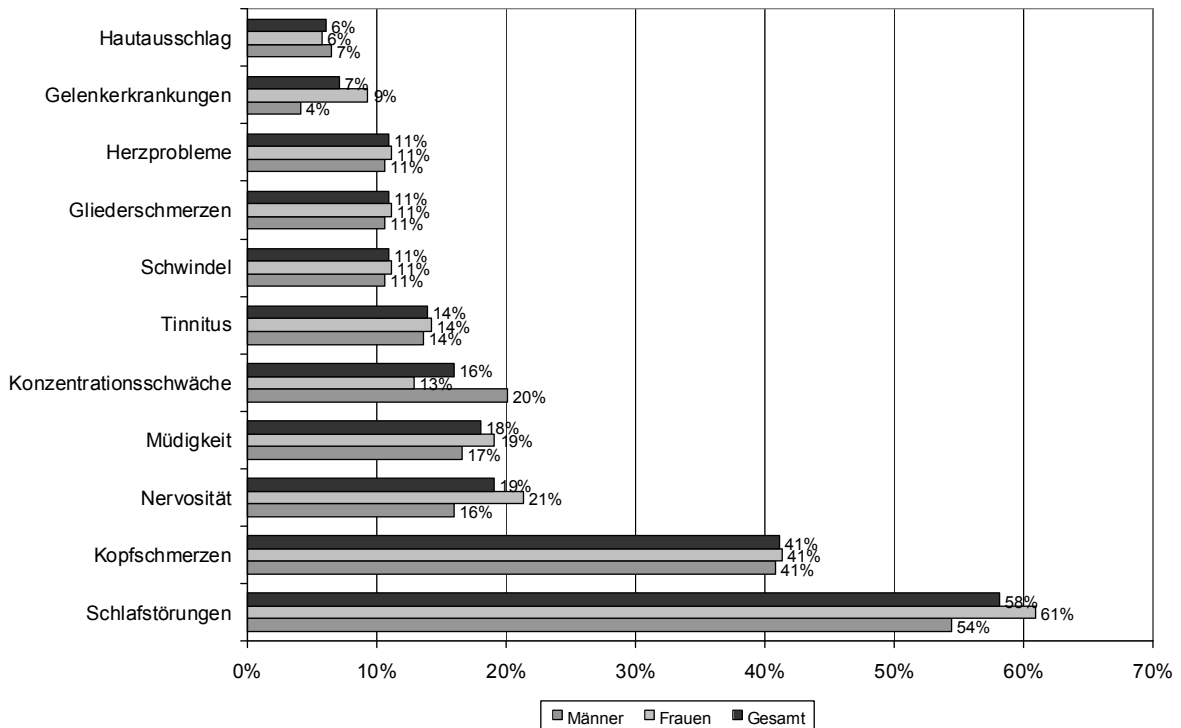


Abbildung 3

Nennung von Symptomen durch elektrosensible Personen, Männer und Frauen im Vergleich (Rösli et al. 2004)

## Auslöser

Die Auslöser für Elektrosensibilitäts-Reaktionen wurden von Rösli et al. abgefragt. Die Ergebnisse sind in Abbildung 4 und Tabelle 1 dargestellt. Abbildung 4 zeigt, dass Mobilfunkbasisstationen von den Betroffenen mit großem Abstand als größtes Problem angesehen werden. Die Autoren der Studie merken an, dass sie es auffallend fanden, dass die Betroffenen das Auftreten ihrer Beschwerden bestimmten Quellen zuordnen können. Nur 9 von 394 Befragten gaben für alle 11 in Abbildung 4 aufgeführten Quellen an, dass sie 'sicher' oder 'ziemlich sicher' zu ihren Befindlichkeitsstörungen führen.

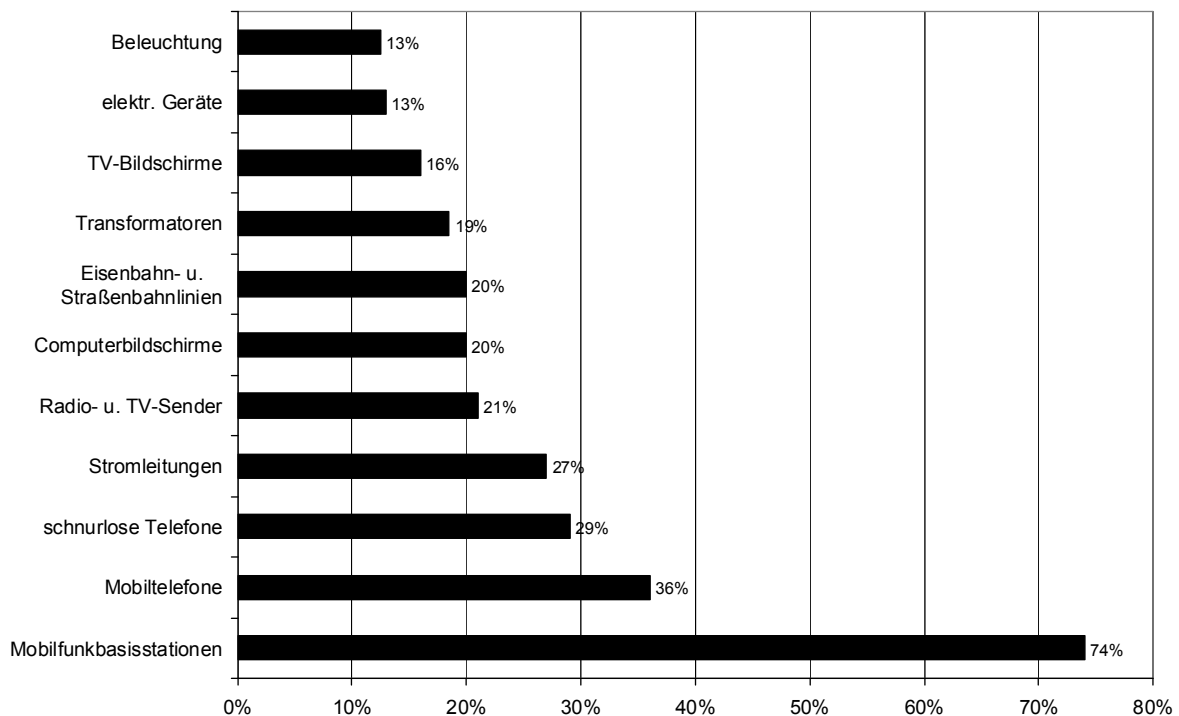


Abbildung 4

Von den Betroffenen als 'sichere' und 'ziemlich sichere' Ursachen/Auslöser ihrer Elektrosensibilität benannte EMF-Quellen (Rösli et al. 2004; fünf Antwortmöglichkeiten: 'sicher', 'ziemlich sicher', 'weiß nicht', 'eher nicht', 'sicher nicht')

Rösli und Mitarbeiter wollten auch herausbekommen, ob spezifische Quellen mit spezifischen Symptomen korrelieren (s. Tabelle 1). Nach Angaben der Autoren gab es keine statistisch signifikanten Auffälligkeiten in Bezug auf die Zuordnung der zehn am häufigsten genannten Symptome zu vier Expositionsarten, in denen jeweils mehrere Quellen zusammengefasst wurden:

ELF: extrem niederfrequente Felder (Stromversorgung, Eisenbahn- und Straßenbahnlinien, elektrische Geräte, Transformatoren und Beleuchtung)

Bildschirme: Niederfrequenz und kHz-Bereich (Computer und TV)

HF: hochfrequente Felder (Mobilfunk, Radio- und Fernsehsender)

Rösli et al. weisen aber auf einige Tendenzen hin (s. Tabelle 1):

- ♦ Personen, die ihre Symptome Bildschirmen von Computern und Fernsehgeräten zuschrieben, litten häufiger unter Kopfschmerzen, während bei den anderen Quellen Schlafstörungen das Hauptproblem darstellten;
- ♦ Konzentrationsstörungen und Tinnitus waren bei Personen überrepräsentiert, die ihre Symptome mit HF-Quellen in Beziehung brachten;
- ♦ Personen, die Quellen im Niederfrequenz-Bereich (ELF) für ihre Gesundheitsstörungen verantwortlich machten, litten vergleichsweise häufig unter Nervosität.

Tabelle 1

Häufigkeit der 10 in der Studie von Rösli et al (2004) am häufigsten genannten Symptome in Bezug zur Häufigkeit der Nennung als verantwortliche Quelle (die tendenziell, aber nicht statistisch signifikant überrepräsentierten Quelle-Symptom-Korrelationen sind markiert; Gesamtzahl der Befragten 394)

	ELF	Bildschirme	HF	unspezifisch
<b>alle Symptome</b>	34 (100%)	8 (100%)	166 (100%)	186 (100%)
<b>Schlafstörungen</b>	19 (56%)	4 (50%)	100 (60%)	106 (57%)
<b>Kopfschmerzen</b>	12 (35%)	7 (88%)	74 (45%)	69 (37%)
<b>Nervosität</b>	10 (29%)	2 (25%)	29 (17%)	32 (17%)
<b>Müdigkeit</b>	7 (21%)	2 (25%)	28 (17%)	32 (17%)
<b>Konzentrationsschwäche</b>	4 (12%)	0 (0%)	38 (23%)	23 (12%)
<b>Tinnitus</b>	2 (6%)	1 (12%)	29 (17%)	22 (12%)
<b>Schwindel</b>	2 (6%)	1 (12%)	12 (7%)	30 (16%)
<b>Gliederschmerzen</b>	5 (15%)	2 (25%)	17 (10%)	20 (11%)
<b>Herzprobleme</b>	4 (12%)	1 (12%)	13 (8%)	24 (13%)
<b>Gelenkerkrankungen</b>	4 (12%)	1 (12%)	7 (4%)	15 (8%)

### *Gesundheitszustand*

In zwei Arbeiten wird für die Gruppe der Elektrosensiblen ein insgesamt schlechterer Gesundheitszustand festgestellt. Rösli et al. fanden statistisch signifikant erhöhte Prävalenzen für Rheumatismus, Bronchitis, Bluthochdruck, Krebs, Allergien und Depressionen. Hillert et al. konstatieren deutlich erhöhte Anfälligkeiten für Asthma, Heuschnupfen, allergische Bindehautentzündungen, Erkältungen und Bluthochdruck. Die von den beiden anderen Forschergruppen gefundenen Anfälligkeiten für allergische Erkrankungen wurden von Levallois et al. nicht festgestellt. Bei Asthma zeigte sich sogar eine negative Assoziation, das heißt in der Gruppe der Elektrosensiblen trat diese Krankheit statistisch signifikant seltener auf.

Personen, die sich in der Untersuchung von Hillert et al. als 'elektrosensibel' bezeichneten, zeigten oft eine erhöhte Empfindlichkeit gegenüber bekannten Allergenen (s. Abbildung 5). Bei allen Allergenen waren die Unterschiede zwischen Allgemeinbevölkerung und Elektrosensiblen statistisch signifikant. Bei Schimmel, Milben, Gluten, Nickel und Kosmetika lag die Empfindlichkeit auch noch statistisch signifikant über der von Asthma- und Heuschnupfenkranken. Das gilt auch für Amalgam und andere Zahnfüllungen. In der Studie von Levallois et al. gaben fast 40 Prozent der Personen, die sich selbst als 'elektrosensibel' bezeichneten, an, auch an einer erhöhten Chemikalienempfindlichkeit zu leiden. Eine selbst berichtete bzw. medizinisch diagnostizierte Chemikalienunverträglichkeit erwies sich in dieser Untersuchung denn auch als ein wichtiger Risikofaktor für ES.

### *Andere Einflussfaktoren*

Die von Hillert et al. befragten Personen, die sich selbst als 'elektrosensibel' einstuften, gaben sehr viel häufiger an, an ihrem Wohnort durch verschiedene Umweltfaktoren gestört zu werden, als dies im Bevölkerungsdurchschnitt der Fall war (s. Abbildung 6). Frühere Studien an Personen, die nach eigener Aussage an einer Umweltkrankheit litten oder die am Arbeitsplatz störenden Einflüssen ausgesetzt waren (Bildschirmarbeit, flackerndes Licht), gaben bereits Hinweise auf eine sehr starke Erregbarkeit des zentralen und des autonomen Nervensystems sowie erhöhte Niveaus der Stresshormone Prolactin und Thyroxin (Hillert et al. 2004). Unterschiede in den Funktionen des vegetativen Ner-

vensystems und der Kontrolle des autonomen Nervensystems wurden auch im Zusammenhang mit der Multiplen Chemikalien-Empfindlichkeit (MCS) diskutiert.

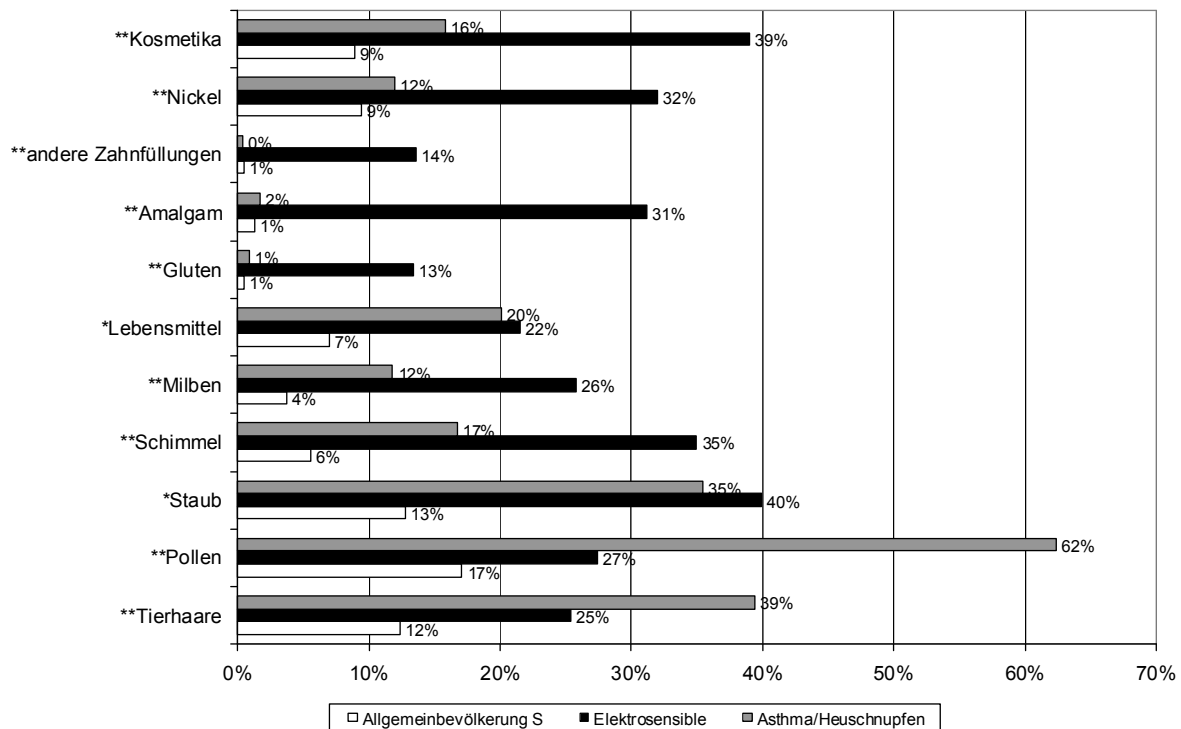


Abbildung 5

Empfindlichkeit gegenüber Allergenen in der schwedischen Allgemeinbevölkerung, der Gruppe der Elektrosensiblen und der Gruppe der Asthma- und/oder Heuschnupfenkranke (Hillert et al. 2002)

\* Abweichungen der Angaben der Elektrosensiblen von denen der Allgemeinbevölkerung statistisch signifikant, nicht jedoch von denen der Personen, die unter Asthma oder Heuschnupfen litten;

\*\* Abweichung der Angaben der Elektrosensiblen von denen beider Vergleichsgruppen statistisch signifikant

### Zusammenfassung

Die vorgestellten Arbeiten können aufgrund ihrer Anlage (epidemiologische Querschnittsstudie bzw. Betroffenen-Survey) keine Aussage zu einem ursächlichen Zusammenhang zwischen EMF-Exposition und Elektrosensibilität machen. Sie weisen zudem zwei grundlegende Defizite auf:

- Die Klassifizierung der befragten Personen als 'Elektrosensible' erfolgte allein aufgrund einer Selbstzuschreibung und nicht an Hand einer medizinischen Diagnose - die derzeit allerdings kaum machbar sein dürfte, wie die Ergebnisse der Provokationsstudien und der Untersuchungen zu spezifischen biologischen Effekten, die im Teil II dieser Arbeit vorgestellt werden, zeigen.
- Auch die Expositionen sowie ihre zeitliche und 'ursächliche' Zuordnung zu dem (verstärkten) Auftreten von Symptomen wurden lediglich über die Aussagen der Befragten ermittelt.

Die Art der Rekrutierung des Untersuchungskollektivs in der Studie von Rööslis et al. (2004) macht zudem die Interpretation und die Einschätzung der Übertragbarkeit einiger Ergebnisse schwierig.

Das Hauptanliegen aller vorgestellten Studien, ein eindeutiges Symptommuster für die Elektrosensibilität zu identifizieren, konnte nicht erreicht werden. Das Spektrum der Symptome gleicht stark dem von Personen, die unter MCS leiden.

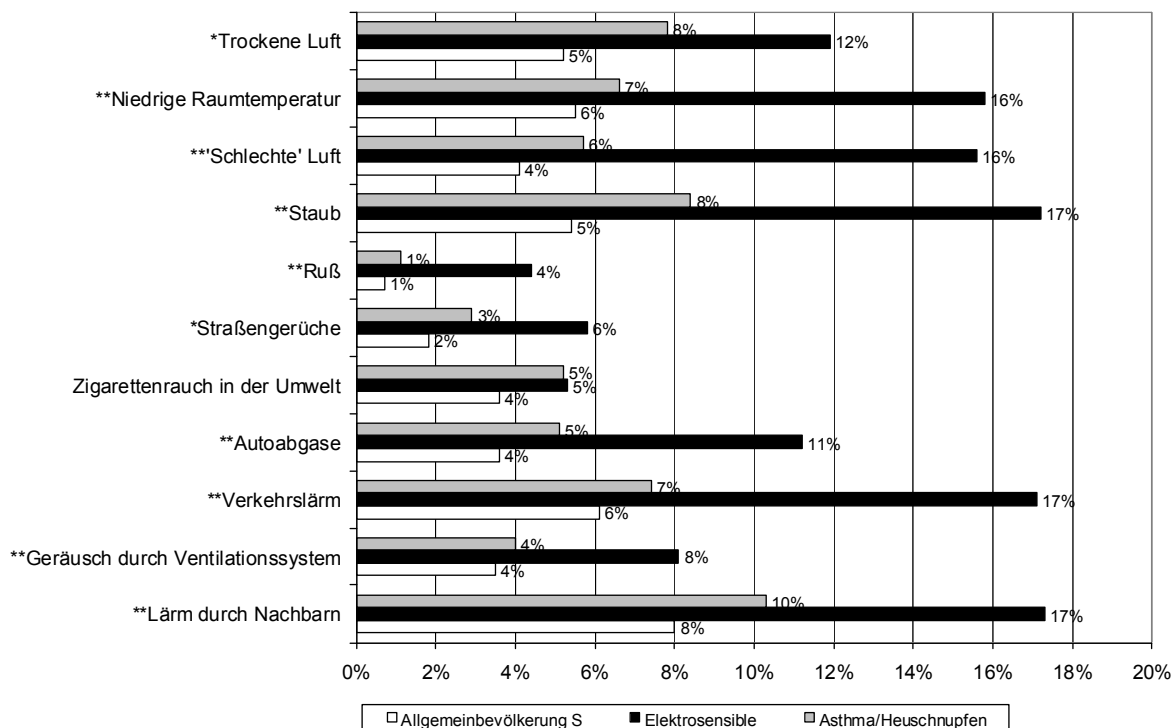


Abbildung 6

Anteil der Personen, die angaben, sich mindestens einmal pro Woche in ihrer Wohnung durch einen der angegebenen Umweltfaktoren gestört zu fühlen

\* Abweichungen der Angaben der Elektrosensiblen von denen der Allgemeinbevölkerung statistisch signifikant, nicht jedoch von denen der Personen, die unter Asthma oder Heuschnupfen litten;

\*\* Abweichung der Angaben der Elektrosensiblen von denen beider Vergleichsgruppen statistisch signifikant

Es ist nicht gelungen 'typische' demographische Merkmale Elektrosensibler zu benennen. Zwei Studien zeigen allerdings eine höhere Prävalenz des Syndroms 'Elektrosensibilität' für Frauen und ältere Personen. Die Symptom-Muster der weiblichen Studienteilnehmer unterscheiden sich jedoch nicht von denen der männlichen. Ob und welchen Einfluss Bildungsstand, Einkommen und Familienstand haben, kann anhand der vorliegenden Arbeiten nicht beurteilt werden.

Auch eine Zuordnung von Symptomen zu bestimmten Quellen ist nicht möglich. Mobilfunkbasisstationen werden von den Betroffenen in der Schweiz mit Abstand am häufigsten als Auslöser ihrer Symptome genannt. Dies mag darauf zurückzuführen sein, dass diese Anlagen mit den von ihnen verursachten Immissionen mittlerweile allgegenwärtig sind, spiegelt vielleicht aber auch lediglich die Zuspitzung der 'Elektrosmog'-Diskussion in der Schweiz auf den Mobilfunk wieder (die auch in Deutschland zu konstatieren ist).

Relativ klare und weitgehende übereinstimmende Aussagen liefern die Untersuchungen im Hinblick auf den allgemeinen Gesundheitszustand der Elektrosensiblen und den Einfluss anderer Umweltfaktoren. Personen, die sich selbst als 'elektrosensibel' bezeichnen,

- sind nach eigener Aussage meist auch anfälliger für andere Krankheiten, ihr Gesundheitszustand ist insgesamt schlechter als der der Allgemeinbevölkerung;
- fühlen sich häufiger und stärker durch andere Umwelteinflüsse beeinträchtigt.

## Teil 2

### Ergebnisse von Provokationsstudien

Neben epidemiologischen Studien werden Provokationsstudien zur Klärung des Phänomens 'Elektrosensibilität' durchgeführt.

Mit Provokationsstudien kann untersucht werden, wie groß die Felderkennungsrate bei Elektrosensiblen im Vergleich zu gesunden Kontrollen ist und/oder ob die Probanden unter Befeldung mehr oder stärkere Symptome nennen. Ein Vergleich mit gesunden Kontrollen kann bei dieser Fragestellung dazu beitragen, das Ergebnis abzusichern. Zudem können in Laborversuchen objektive Befunde (s. Kasten 1) erhoben werden.

Die Zahl der Blind- oder Doppelt-Blind-Provokationsstudien zur Untersuchung der elektromagnetischen Sensibilität ist sehr begrenzt. Die Studien zeigen eine große Varianz bezüglich der untersuchten Expositionsquellen und der erhobenen Symptome. Das ist darauf zurückzuführen, dass das Auftreten der Symptome unterschiedlichen Auslösern zugeschrieben wird (s. Abbildung 4 in: EMF-Monitor 4/2005, S. 5) und die Symptome, die von subjektiv Elektrosensiblen (SES) genannt werden (s. Abbildungen 1, 2 und 3 in: EMF-Monitor 4/2005, S. 3 u. 4), sehr vielfältig sind, so dass kein typisches Krankheitsbild herausgearbeitet werden kann. Erschwerend kommt hinzu, dass es sich bei den untersuchten Effekten um subjektive Symptome handelt. In Bezug auf Schmerzen ist zu hoffen, dass aufgrund der Fortschritte der Schmerzforschung in nicht zu ferner Zukunft Schmerzen objektiv erfassbar werden.

#### Kasten 1

##### **Glossar**

*Azetylcholin*: Neurotransmitter der u.a. Blutdrucksenkung und Zunahme der Drüsensekretion bewirkt

*Cholinesterase*: Enzym, das Azetylcholin aufspaltet

*evoziertes Potenzial*: durch Reizung eines Sinnesorgans hervorgerufene registrierbare Energie, z.B. an der Großhirnrinde

*Mastzellen*: Zellen im Bindegewebe, die bei Immunreaktionen eine Rolle spielen

*motorisch evoziertes Potenzial*: motorische Reaktion eines Muskels auf eine transkranielle Magnetstimulation

*objektive Befunde*: messbare bzw. von nicht Betroffenen wahrnehmbare Erscheinungen oder Veränderungen

*subjektiv Elektrosensibel*: Personen, die subjektive Symptome haben, die evtl. auf die Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern zurückzuführen sind

*subjektive Symptome*: Manifestationen, die nur von der untersuchten Person beobachtet werden können, z.B. Schmerz, Übelkeit, Müdigkeit

*Thyroxin*: Hauptbestandteil des Schilddrüsenhormons

*transkranielle Magnetstimulation*: nicht invasive Stimulation Gehirns mithilfe starker Magnetfelder

*Zytokine*: Substanzen, die bei Immunreaktionen eine Rolle spielen

#### *Feldererkennung*

Von den gesichteten Arbeiten (s. Tabelle 1) finden fünf bei einzelnen Probanden die Fähigkeit, das Vorhandensein eines Feldes zu erkennen. In zwei Studien (Andersson et al. 1996 und Flodin et al. 2000) konnte jeweils eine von 15 bzw. 16 elektrosensiblen Personen erkennen, ob sie befeldet wurde. Johansson (1995) ermittelte unter sieben SES ei-

nen sensitiven Probanden. Leider haben Andersson und Johansson keine Kontrollpersonen getestet. Bei Flodin hatte eine von 26 Kontrollen diese Fähigkeit.

Bei Mueller et al. (2002) konnten sechs von 49 SES das Feld erkennen, bei den Kontrollen war es einer von 14. Die statistische Auswertung ergab zwischen den beiden Probandengruppen keinen signifikanten Unterschied in der Häufigkeit der Sensitivität. Es gab es hinsichtlich der Sensitivität auch keinen geschlechtsspezifischen Unterschied.

**Tabelle 1**  
Untersuchungen zur Felderkennungsrate

<b>Autor</b>	<b>Exposition</b>	<b>Probanden</b>	<b>Ergebnis</b>	<b>Anmerkungen</b>
Hamnerius et al. 1993 <sup>3</sup>	Magnetfeld wie vom Bildschirm	30 SES	-	
Johansson 1995 <sup>3</sup>	Handy	7 SES	-	Feldererkennung 1 von 7, keine Kontrollen untersucht
Sjöberg & Hamnerius 1995	Bildschirm	7 SES, 5 Kontr.	-	
Andersson et al. 1996	Bildschirm	16 SES	-	Feldererkennung 1 von 16, keine Kontrollen untersucht
Radon & Maschke 1998	Handy	11 SES	-	
Barth et al. 2000	Handy	1 SES	-	
Flodin et al. 2000	Bildschirm	15 SES, 26 Kontr.	-	Feldererkennung SES: 1 von 16, Kontrollen: 1 von 26
Lonne-Rahm et al. 2000	Bildschirm mit/ohne zusätzlichem Stress	24 SES, 12 Kontr.	-	
Raczek et al. 2000	Handy	16 SES	-	
Reißenweber et al. 2000	50 Hz sinusförmig	37 SES, 37 Kontr.	-	
Lyskov et al. 2001 a	Magnetfeld	20 SES, 20 Kontr.	-	
David et al. 2002	50 Hz B	29 SES, 20 Kontr.	-	
Hietanen et al. 2002	Handy	13 SES	-	
Mueller et al. 2002	50 Hz E, B	49 SES, 14 Kontr.	-	Feldererkennung SES: 6 von 49, Kontrollen: 1 von 14
Frick et al. 2005	Magnetfeld	30 SES, 28 N-Kontr. <sup>1</sup> , 27 H-Kontr. <sup>2</sup>	-	SES schnitten am schlechtesten ab, H-Kontrollen am besten.

+ : Unterschied in der Felderkennungsrate bei SES und Kontrollen oder Felderkennungsrate der SES liegt über der zufällig zu erwartenden Rate

- : keine erhöhte Felderkennungsrate bei SES

E: elektrisches Feld, B: Magnetfeld

<sup>1</sup> N-Kontrollen: Personen ohne selbstberichtete Elektrosensibilität, die in der Vorerhebung sehr wenig Befindlichkeitsstörungen nennen, die mit EMF in Verbindung gebracht werden.

<sup>2</sup> H-Kontrollen: Personen ohne selbstberichtete Elektrosensibilität, die in der Vorerhebung viele Befindlichkeitsstörungen nennen, die mit EMF in Verbindung gebracht werden.

<sup>3</sup> zit. nach Rubin et al. 2005

Leitgeb & Schröttner (2003) haben mit 708 gesunden Personen (349 Männer und 359 Frauen) die Wahrnehmungsschwellen einer elektrischen Stimulation untersucht. Sie klassifizierten die Personen entsprechend der Wahrnehmungsschwellen als normal, sensitiv, sehr sensitiv, insensitiv und sehr insensitiv. Es ergab sich, dass 4,2 Prozent der Frauen und 1,7 Prozent der Männer sehr sensitiv waren. Umgekehrt reagierten 0,6 Prozent der

Frauen und 1,2 Prozent der Männer sehr unempfindlich. Dies deutet auf einen Geschlechtsunterschied bezüglich der Elektrosensitivität hin. Keine der sehr sensitiven Personen bezeichnete sich selbst als elektrosensibel.

### Subjektive Symptome

Auch unter den Arbeiten, die das Auftreten subjektiver Beschwerden untersuchen, sind nur wenige, die einen deutlichen Zusammenhang zwischen dem Vorhandensein eines Feldes und den Befindlichkeitsstörungen feststellen (s. Tabelle 2).

Tabelle 2  
Untersuchungen zum Auftreten subjektiver Symptome

Autor	Exposition	Personenzahl	Ergebnis	Anmerkungen
Swanbeck & Bleeker 1989	Bildschirme mit verschiedenen Intensitäten	30 SES	-	kein Unterschied zwischen verschiedenen Intensitäten, bei einem Teil der SES Verschwinden der Symptome bei höherer Luftfeuchtigkeit
Rea et al. 1991	verschiedene Frequenzen von 0,1 Hz bis 5 MHz	100 SES, 25 Kontr.	+	16 SES zeigten Effekte, die nicht bei allen Frequenzen auftraten
Hamnerius et al. 1993 <sup>1</sup>	Magnetfeld wie vom Bildschirm	30 SES	-	
Sandström et al. 1993 <sup>1</sup>	Bildschirm	22 SES	-	
Oftedal et al. 1995	Bildschirm mit und ohne Filter	20 SES	+	
Andersson et al. 1996	Bildschirm	16 SES	-	intensivere Symptome, wenn Probanden glaubten, das Feld wäre an
Bertoft 1996	50 Hz, Zahnarztstuhl	4 SES	-	
Toomingas 1996	Magnetfeld, zwei Intensitäten	1 SES	-	
Trimmel & Schweiger 1998	50 Hz B und Lärm, nur Lärm	36 SES, 30 Kontr.	-	
Oftedal et al. 1999 <sup>2</sup>	Bildschirm mit aktivem/inaktivem und ohne Filter	38 SES	-	signifikante Abnahme der Symptome bei vorhandenem Filter, kein Unterschied zwischen aktivem und inaktivem Filter
Lonne-Rahm et al. 2000	Bildschirm +/- Stress	24 SES, 12 Kontr.	-	SES gaben stärkere Haut-Symptome an, wenn sie wussten, dass sie exponiert waren
Flodin et al. 2000	Bildschirm	15 SES, 26 Kontr.	-	
Barth et al. 2000	Handy	1 SES	-	
Müller 2000	50 Hz E, B, intermittierend	53 SES	+	positive Stimmungsveränderung bei 34 Probanden nach Exposition
Hietanen et al. 2002	Handy	20 SES	+	Subjektive Symptome während Scheinexposition höher als bei Exposition
Zwamborn et al. 2003	Handy	36 SES, 36 Kontr.	+	Veränderungen unter Exposition bei beiden Gruppen, subjektive Symptome bei SES deutlicher
Spegel et al. 2005	Handy	64 SES	+	z.T. inverse Effekte

+ : Unterschied zwischen Elektrosensiblen und Kontrollen oder Unterschied in Häufigkeit und/oder Stärke der Symptome zwischen Exposition und Scheinexposition bei SES

- : keine Unterschiede

E: elektrisches Feld, B: Magnetfeld

<sup>1</sup> zit. nach Rubin et al. 2005

<sup>2</sup> Replikationsstudie zu Oftedahl et al. 1995

Rea et al. (1991) fanden unter 100 Probanden mit selbstberichteter Elektrosensibilität 16, die reproduzierbar von Befindlichkeitsstörungen während der Exposition berichteten. In dieser Arbeit wurde die Wirkung unterschiedlicher Frequenzen zwischen 0,1 Hz und 5 MHz untersucht und es zeigte sich, dass in der Regel bei den einzelnen Elektrosensiblen nicht jede Frequenz Effekte auf das Befinden hat.

In einer Untersuchung von Oftedal et al. (1995) berichteten Probanden von einem geringfügigen Nachlassen der Missempfindungen der Haut nachdem sie zwei Wochen an Bildschirmen mit einem Filter gearbeitet hatten, ein Placebo-Effekt konnte ausgeschlossen werden. Eine später durchgeführte Replikationsstudie (Oftedal et al. 1999) mit einer größeren Probandenzahl konnte dieses Ergebnis jedoch nicht bestätigen.

Müller (2000) untersuchte die Reaktionen von 53 SES auf intermittierende niederfrequente Felder. Die Exposition fand während des Schlafs in 25 Nächten für jeweils vier Stunden statt. Die Erhebung der Stimmung bzw. Wachheit am Morgen ergab für 34 Probanden signifikante Unterschiede zwischen Exposition und Scheinexposition. Dabei berichteten diese Probanden, im Gegensatz zu den sonst üblichen Erfahrungen Elektrosensibler, nach der Exposition positiver über ihre Morgenstimmung und -wachheit.

In der Untersuchung von Hietanen et al. (2002) variierte die Anzahl der berichteten Symptome bei männlichen und weiblichen Probanden in Abhängigkeit von unterschiedlichen Expositionssituationen gegenüber einem Handy in gleicher Weise. Die Anzahl der berichteten Symptome war nach der Scheinexposition höher als nach der Exposition. Ähnlich wie bei Müller (2000) widerspricht das Ergebnis somit den sonst üblichen Erfahrungen Elektrosensibler.

Zwamborn et al. (2003) berichteten bei Kontrollpersonen und elektrosensiblen Probanden von signifikanten Beeinflussungen des Wohlbefindens durch UMTS-Felder im Vergleich zur Scheinexposition (s. EMF-Monitor 5/2003, S. 3). Der Effekt bei den Kontrollen war jedoch geringer als bei den Elektrosensiblen. Bei dieser Studie kann jedoch nicht vollständig ausgeschlossen werden, dass dieser Unterschied durch demographische Unterschiede zwischen den beiden Gruppen, insbesondere bezüglich des Geschlechterverhältnisses und des Alters, (mit)verursacht wurde.

Spegel et al. (2005) maßen in einer Pilotstudie für eine epidemiologische Untersuchung bei 64 Probanden mit Personendosimetern die Hochfrequenzbelastung über 24 Stunden. Bei den akuten Symptomen Kopfschmerzen und Müdigkeit ergab sich ein inverser Zusammenhang mit der HF-Exposition. Ebenfalls invers war der Zusammenhang zwischen Schlafproblemen, Benommenheit und Körperschmerzen während der letzten sechs Monate und der Handy-Exposition, während anormale Körperempfindungen, wie Kribbeln, bei vermehrter Handy-Exposition zunahmen.

### *Psychologische Einflussfaktoren*

Einige Ergebnisse der Untersuchungen zur Elektrosensitivität und zur -sensibilität weisen darauf hin, dass die psychische Dimension nicht außer Acht gelassen werden darf. Bei Untersuchungen zur Felderkennung gaben z.B. SES häufiger an, dass das Feld eingeschaltet sei, während die Kontrollen häufiger annahmen, dass das Feld aus war (s. David et al. 2002).

In einer Untersuchung von Reißerweber et al. (1992) nahmen Probanden in dunklen Räumen Magnetfelder anhand von Farberscheinungen auf der Netzhaut wahr, nachdem das Einschaltgeräusch simuliert wurde. Tatsächlich war das Feld jedoch nicht vorhanden. Die Autoren können jedoch andere Ursachen für die Erscheinungen, genannt wird das Eigenrauschen der Netzhaut im abgedunkelten Raum, nicht vollständig ausschließen.

Lonne-Rahm et al. (2000) und Andersson et al. (1996) berichten, dass SES stärkere Symptome angaben, wenn sie glaubten bzw. wussten, dass sie exponiert sind.

Andersson et al. (1996) teilten Elektrosensible, die über Hautprobleme im Zusammenhang mit der Arbeit an Bildschirmen berichteten, in zwei Gruppen. Mit den Probanden einer Gruppe wurden zwischen vier und zehn psychotherapeutische Sitzungen durchgeführt. Im Vergleich zur Befragung vor dieser Behandlung bewerteten die Betroffenen in der Befragung nach Abschluss der Behandlung ihre Befindlichkeitsstörungen als geringer. In der nicht behandelten Gruppe gab es keine Veränderungen. Es wurde sichergestellt, dass diese Verbesserung des Befindens nicht auf Veränderungen am Arbeitsplatz zurückzuführen war.

In der Untersuchung von Oftedahl et al. (1999) waren die meisten Hautsymptome während der Zeit, in der die Probanden an Bildschirmen arbeiteten, die einen Filter hatten, signifikant schwächer, unabhängig davon ob der Filter aktiv war oder nicht. Die Abschwächung des Feldes durch den inaktiven Filter war im Vergleich zum Bildschirm ohne Filter nur minimal.

### *Objektive Symptome*

Objektive Symptome sind Erscheinungen, die messbar bzw. von Außenstehenden erkennbar sind. Hierzu gehören im Labor ermittelbare Werte, z.B. veränderte Blutparameter oder von Dritten beobachtbare Erscheinungen, wie Hautrötungen, aber auch Veränderungen messbarer kognitiver Parameter.

Untersuchungen, die objektive Symptome erfassen, sind am ehesten geeignet, einen Zusammenhang zwischen (angenommener) Ursache und Wirkung nachzuweisen. In Bezug auf die Elektrosensibilität sind sie vor allem dann aussagekräftig, wenn Elektrosensible und gesunde Kontrollen miteinander verglichen werden, da nur so feststellbar ist, ob SES empfindlicher bzw. anders reagieren als Gesunde.

Ein Problem bei den Laboruntersuchungen zur Elektrosensibilität ist, dass bisher keine pathophysiologischen Marker identifiziert wurden, die dem Krankheitsbild zugeordnet werden können. Hier setzen Arbeiten einer Forschungsgruppe (Lyskov et al. 2001 a, b, Sandström et al 2003) an, die sich mit messbaren Unterschieden zwischen SES und Gesunden befassen, ohne dass elektromagnetische Expositionen stattfinden (s. Tabelle 3). So konnte gezeigt werden, dass es bei SES im Vergleich zu Gesunden Abweichungen in den Basiswerten der Herzparameter, z.B. Herzfrequenz und Herzfrequenzvariabilität, gibt, die darauf hindeuten, dass bei Elektrosensiblen die Balance der autonomen Regulation gestört ist. Zudem fand diese Gruppe, dass es bei Exposition gegenüber schnell flackerndem Licht Unterschiede in den visuell evozierten Potenzialen gibt (Sandström et al. 1997).

Hillert et al. (2001) untersuchten die Aktivität der Cholinesterase bei 14 Probanden, die das Auftreten von starker Müdigkeit und Konzentrationsstörungen elektromagnetischen Feldern zuschreiben. Ein Vergleich der Werte zu drei verschiedenen Zeitpunkten, bei normalem Befinden, bei Müdigkeit und zu einem beliebigen Zeitpunkt, ergab in allen Situationen keinen Unterschied in diesem Wert. 13 der Probanden hatten jedoch - unabhängig vom Auftreten der Müdigkeit - bei anderen Blutwerten (Hämoglobin, Glukose, Eisen, Kalzium, Thyroxin u.a.) vom Normalwert abweichende Ergebnisse.

Diese wenigen Untersuchungen geben Hinweise darauf, dass sich SES in einzelnen Parametern von Gesunden unterscheiden.

Nicht alle Arbeiten, die die Auswirkungen der Exposition gegenüber elektrischen, magnetischen und/oder elektromagnetischen Feldern auf objektive, d.h. messbare Befunde untersuchen, vergleichen die Ergebnisse der SES-Gruppe mit denen von gesunden Kontrollen. Nur so, lässt sich jedoch ausschließen, dass Gesunde dieselben Reaktionen auf die Exposition zeigen. Nur drei der gesichteten Arbeiten stellen einen Effekt der Exposition fest (s. Tabelle 4).

Tabelle 3  
Objektive Befunde ohne Exposition

Autor	Exposition	Personenzahl	untersuchte Parameter	Ergebnis	Anmerkungen
Sandström et al. 1997	flackerndes Licht	10 SES, 10 Kontr.	elektrophysiologische Parameter	+	
Lyskov et al. 2001 b	keine	20 SES, 20 Kontr.	Parameter der autonomen Regulation (Herzparameter)	+	
Hillert et al. 2001	keine	14 SES	Cholinesterase u. andere Blutwerte	- bei Cholinesterase + bei anderen Blutwerten	Erhebung bei verschiedenen Befindlichkeiten der Probanden
Sandström et al. 2003	keine	14 ES, 14 Kontr.	Parameter der autonomen Regulation (Herzparameter)	+	

+ : Unterschied zwischen Elektrosensiblen und Kontrollen oder Unterschied bei verschiedenen (Expositions-) Bedingungen bei SES  
- : keine Unterschiede

Rea et al. (1991) untersuchten neben dem subjektiven Befinden auch Auswirkungen auf die Herzfrequenz, die Funktionen des autonomen Nervensystems und die Lungenfunktion. 16 der SES Probanden zeigten auch bei den objektiven Befunden deutliche Reaktionen auf die Exposition gegenüber Feldern mit der Frequenz, bei der sie auch von Veränderungen ihres subjektiven Befindens berichteten (s. Tabelle 2).

Trimmel & Schweiger (1998) untersuchten die kognitive Leistung unter dem Einfluss von Lärm oder von Lärm und einem niederfrequenten Feld. Sie stellten fest, dass SES bei zwei kognitiven Tests durch die zusätzliche EMF-Belastung in ihrer Leistung stärker beeinträchtigt waren, bei drei weiteren Tests und beim subjektiven Befinden gab es dagegen keinen Unterschied (s. Tabelle 2).

Zwamborn et al. (2003) stellten bei SES und bei den Kontrollen Veränderungen der kognitiven Leistungen unter Exposition fest. Die Ergebnisse beider Gruppen variierten bezüglich der Art des Feldes und der Art des Tests. Insgesamt wurde bei den Kontrollen jedoch häufiger eine Beeinflussung der kognitiven Leistung festgestellt als bei den SES (s. EMF-Monitor 5/2003, S. 3ff). Die Uneinheitlichkeit der beiden Gruppen (s.o.) erschwert eine Interpretation der Ergebnisse.

### *Zusammenfassung*

In fünf von 17 Arbeiten, die die Elektrosensitivität untersuchen, werden Personen identifiziert, die reproduzierbar elektrosensitiv sind. Einen Zusammenhang zwischen Elektrosensitivität und Elektrosensibilität scheint es jedoch nicht zu geben. Bei allen anderen Untersuchungen konnten keine Elektrosensiblen oder Kontrollpersonen identifiziert werden, die in der Lage waren, die Befeldung zu erkennen. Die Ergebnisse lassen den Schluss zu, dass es eine kleine Gruppe von elektrosensitiven Personen gibt. In einer Untersuchung (Leitgeb & Schröttner 2003) finden sich Hinweise darauf, dass Elektrosensitivität bei Frauen häufiger anzutreffen ist als bei Männern. Dass dieser Unterschied in den anderen Arbeiten nicht festgestellt wurde, liegt u.U. an der zu geringen Zahl der identifizierten Sensitiven.

Tabelle 4  
Objektive Befunde bei Exposition

Autor	Expositionsquelle	Personenzahl	Untersuchte Parameter	Ergebnis	Anmerkungen
Nilsen 1982	Bildschirm	5 SES, 3 Kontr.	dermatologische Begutachtung	-	
Rea et al. 1991	verschiedene Frequenzen von 0,1 Hz bis 5 MHz	100 SES, 25 Kontr.	Herzfrequenz, Funktion d. autonomen Nervensystems, Lungenfunktion	+	16 SES zeigten Effekte
Oftedal et al. 1995	Bildschirm mit und ohne Filter	20 SES	dermatologische Begutachtung	-	
Andersson et al. 1996	Bildschirm	16 SES	versch. stressbezogene Blutwerte (z.B. Prolactin, Kortison)	-	
Trimmel & Schweiger 1998	50 Hz B und Lärm, nur Lärm	36 SES, 30 Kontr.	kognitive Leistung (visuelle Verarbeitung und visuelle Aufmerksamkeit)	+	Lärmauswirkungen nur unter EMF-Exposition
Lonne-Rahm et al. 2000	Bildschirm mit/ohne Stress	24 SES, 24 Kontr.	verschiedene Stress-Hormone, Zytokine, Mastzellen in Hautbiopsien	-	
Müller 2000	50 Hz E, B, intermittierend	35 SES	Schlafqualität, Herz- und Atmungsparameter	-	
Lyskov et al 2001a	Magnetfeld	20 SES, 20 Kontr.	EEG, EKG u.a.	-	
Hietanen et al. 2002	Handy	20 SES	Blutdruck, Herz- und Atemfrequenz	-	
Zwamborn et al. 2003	Handy	36 SES, 36 Kontr.	kognitive Leistung	+	
Belyaev et al. 2005	50 Hz B, Handy	7 SES, 7 Kontr.	Gentoxizität, Apoptose	-	in vitro Exposition der Lymphozyten, Identische Effekte bei beiden Gruppen
Frick et al. 2005	Magnetfeld	30 SES, 28 N-Kontr. <sup>1</sup> , 27 H-Kontr. <sup>2</sup>	motorisch evoziertes Potenzial	-	
Wenzel et al. 2005	NF Magnetfeld	3 SES, 7 Kontr.	Mikrozirkulation der Haut	-	
Marková et al. 2005	Handy	5 SES, 5 Kontr.	Gentoxizität	-	in vitro Exposition von Lymphozyten. Ergebnis kann durch die große Heterogenität in beiden Gruppen verursacht sein

+ : Unterschied zwischen Elektrosensiblen und Kontrollen oder Unterschiede zwischen Exposition und Scheinexposition bei SES

- : keine Unterschiede

E: elektrisches Feld, B: Magnetfeld

<sup>1</sup> N-Kontrollen: Personen ohne selbstberichtete Elektrosensibilität, s. Tabelle 1

<sup>2</sup> H-Kontrollen: Personen ohne selbstberichtete Elektrosensibilität, s. Tabelle 1

Die Ergebnisse der Arbeiten zu subjektiven Symptomen sind sehr widersprüchlich:

- ♦ elf Arbeiten finden keinen Zusammenhang zwischen der Exposition und den subjektiven Symptomen
- ♦ in drei Arbeiten werden negative Auswirkungen auf das Befinden festgestellt,
- ♦ in ebenfalls drei Arbeiten wirkt sich die Exposition positiv aus.

Die Untersuchung von Rea et al. (1991) gibt einen Hinweis darauf, dass es evtl. individuelle 'Frequenzfenster' gibt, auf die Probanden empfindlich reagieren. Zur Untersuchung dieser Möglichkeit sind die Versuchsdesigns der anderen Arbeiten in der Regel nicht geeignet. Zudem könnte bei einigen Untersuchungen die Abfolge der unterschiedlichen Expositionen und deren zeitlicher Abstand voneinander Einfluss auf die Ergebnisse gehabt haben.

In einigen Arbeiten gibt es Hinweise, dass psychische Faktoren (Mit)Verursacher sein könnten, dadurch ist jedoch nicht ausgeschlossen, dass elektrische, magnetische oder elektromagnetische Felder zur Entstehung der Symptome beitragen. Hervorzuheben ist, dass - soweit dies untersucht wurde - SES keine psychischen Auffälligkeiten zeigen (s. Müller 2000). Zudem sind Befindlichkeitsstörungen auch dann, wenn sie psychisch verursacht sind, real und müssen entsprechend ernst genommen werden. Im Falle der Elektrosensibilität ist die Zahl der durchgeführten Untersuchungen nicht ausreichend, um zu einer abschließenden Bewertung der psychologischen Einflussfaktoren zu kommen.

Drei der vier ausgewerteten Laboruntersuchungen mit nicht-exponierten Elektrosensiblen, stammen von derselben Arbeitsgruppe. Alle vier Arbeiten stellen bei einzelnen untersuchten Parametern Abweichungen von 'Normalbefunden' fest. Wie diese Abweichungen mit den geschilderten Befindlichkeitsstörungen zusammenhängen, wurde bisher nicht schlüssig erklärt. Replikationsuntersuchungen sowie weitere Untersuchungen dieser Art sind wünschenswert, da sie evtl. Aufschluss über generelle physiologische Unterschiede zwischen Elektrosensiblen und Gesunden geben könnten, auf deren Basis gezielter Laboruntersuchungen unter Expositionsbedingungen durchgeführt werden könnten.

Von den 14 Arbeiten, die objektive Befunde unter Expositionsbedingungen erheben, kommen nur drei zu einem positiven Ergebnis. Zwei dieser Arbeiten stellen Auswirkungen bezüglich der kognitiven Leistung fest. Die Interpretation der Ergebnisse der TNO-Studie (Zwamborn et al. 2003) wird durch die Unterschiede zwischen den Untersuchungsgruppen erschwert. Die zurzeit durchgeführte Replikationsstudie könnte hier eventuell Klarheit schaffen.

Die gesichteten Arbeiten ergeben nur einen schwachen Hinweis auf einen ursächlichen Zusammenhang zwischen der EMF Exposition und den gesundheitlichen Problemen Elektrosensibler. Auf der Basis der vorliegenden Ergebnisse kann jedoch auch nicht ausgeschlossen werden, dass eine kleine Gruppe Betroffener sehr empfindlich auf die Belastung reagiert. Die Arbeit von Rea et al. (1991) gibt einen Hinweis darauf, dass eine stärkere Differenzierung bezüglich der eingesetzten Frequenzen dazu beitragen könnte, die Methoden zur Identifizierung elektrosensibler Personen empfindlicher zu machen.

## Literatur

- Andersson B., Berg M., Ametz B.B., Melin L., Langlet I. & Lidén S. 1996: A cognitive-behavioral treatment of patients suffering from 'electromagnetic hypersensitivity': subjective effects and reactions in a double-blind provocation study. *J. Occup. Environ. Med.* 38 (8): 752-758
- Barth A., Maritzak L., Valic E., Konnaris C. & Wolf C. 2000: Pseudoangina caused by exposure to electromagnetic fields ("electrosmog"). *Deutsche Med. Wochenschr.* 125 (27): 830-832
- Belyaev I.Y., Gillert L., Protopopova M., Tamm C., Malmgren L.O.G., Persson B.R.R., Selinova G. & Harms-Ringdahl M. 2005: 915 MHz microwaves and 50 Hz magnetic field affect chromatin conformation and 53BP1 foci in human lymphocytes from hypersensitive and healthy persons. *Bioelectromagnetics* 26 (3): 173-184
- Bergqvist U., Vogel E., Aringer L., Cunningham J., Gobba F., Leitgeb N., Miro L., Neubauer G., Ruppe I., Vecchia P. & Wadman C. 1998: Mögliche gesundheitliche Folgen subjektiver Beschwerden und elektromagnetische Felder. *Schriftenreihe der BAuA, Bericht europäischer Sachverständiger Ü 11*
- Bertoft G. 1996: Patient reactions to some electromagnetic fields from dental chair and unit: a pilot study. *Swed. Dent. J.* 22 (3): 107-112
- David E., Reißerweber J., Wojtysiak J. & Pfothner M. 2002: Das Phänomen der Elektrosensibilität. *Umwelt-med. Forsch. Prax.* 7 (1): 7-16
- Flodin U., Seneby A. & Tegenfeldt C. 2000: Provocation of electric hypersensitivity under everyday conditions. *Scand. J. Work Environ. Health* 26 (2): 93-98
- Frick U., Kharraz A., Hauser S., Wiegand R., Rehm J., von Kovatsits U. & Eichhammer P. 2005: Comparison perception of singular transcranial magnetic stimuli by subjectively electrosensitive subjects and general population controls. *Bioelectromagnetics* 26 (4): 287-298
- Frick U., Meyer M., Hauser S. & Eichhammer P. 2004: Machbarkeitsstudie: Verifizierung der Beschwerden "Elektrosensibler" vor und nach einer Sanierung. Bundesministerium f. Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU): *Schriftenreihe Reaktorsicherheit und Strahlenschutz BMU - 2004-638*
- Hamnerius Y., Agrup G., Galt S., Nilsson R., Sandblom J. & Lindgren R. 1993: Double-blind provocation study of hypersensitivity reactions associated with exposure from VDUs. Preliminary short version. *R. Swed. Acad. Sci. Rep.* 2: 67-72
- Hietanen M., Hämäläinen A.-M. & Husman T. 2002: Hypersensitivity symptoms associated with exposure to cellular telephones: no causal link. *Bioelectromagnetics* 23 (4): 264-270
- Hillert L., Berglund N., Ametz B.B. & Bellander T. 2002: Prevalence of self-reported hypersensitivity to electric and magnetic fields in a population-based questionnaire survey. *Scand. J. Work Environ. Health* 28 (1): 33-41
- Hillert L., Flato S., Georellis A., Ametz B.B. & Kolmodin-Hedman B. 2001: Environmental illness: fatigue and cholinesterase activity in patients reporting hypersensitivity to electricity. *Environ. Res. A* 58 (2): 200-206
- Johansson O. 1995: Hypersensitivity to electricity and sensitivity to mobile phones. Results from a double-blind provocation study of methodological character. *Karolinska Institute, Department of Dermatology*
- Leitgeb N. (1995): Elektrosensibilität. *VEÖ-Journal* 52:51-55
- Leitgeb N. & Schröttner J. 2003: Electrosensitivity and electromagnetic hypersensitivity. *Bioelectromagnetics* 24 (6): 387-394
- Levallois P. 2002: Hypersensitivity of human subjects to environmental electric and magnetic field exposure: a review of the literature. *Environ. Health Persp.* 110 (Suppl. 4): 613-618
- Levallois P., Neutra R., Lee G. & Hristova L. 2002: Study of self-reported hypersensitivity to electromagnetic fields in California. *Environ. Health Perspec.* 110 (Suppl. 4): 619-623
- Lonne-Rahm S., Andersson B., Melin L., Schultzenberg M., Ametz B. & Berg M. 2000: Provocation with stress and electricity of patients with "sensitivity to electricity". *J. Occup. Environ. Health* 42 (5): 512-516
- Lyskov E., Sandström M. & Hansson Mild K. 2001 a: Provocation study of persons with perceived electrical hypersensitivity and controls using magnetic field exposure and recording of electrophysiological characteristics. *Bioelectromagnetics* 22 (7): 457-462
- Lyskov E., Sandström M. & Hansson Mild K. 2001 b: Neurophysiological study of patients with perceived 'electrical hypersensitivity'. *Int. J. Psychophysiol.* 42 (3): 233-241

- Markovà E., Hillert L., Malmgren L., Persson B.R.R. & Belyaev I.Y. 2005: Microwaves from GSM mobile telephones affect 53BP1 and Gamma-H2AX foci in human lymphocytes from hypersensitive and healthy persons. *Environ. Health Persp.* 113 (9): 1172-1177
- Müller C.H. 2000: Projekt NEMESIS. Niederfrequente elektrische und magnetische Felder und Elektrosensibilität in der Schweiz. Diss. ETH Nr. 13903
- Mueller C.H., Krueger H. & Schierz C. 2002: Project NEMESIS: perception of a 50 Hz electric and magnetic field at low intensities (laboratory experiment). *Bioelectromagnetics* 23 (1): 26-36
- Nilsen A. 1982: Facial rash in visual display unit operators. *Contact Dermatitis* 8 (1): 25-28
- Oftedahl G., Vistnes A.I. & Rygge K. 1995: Skin symptoms after the reduction of electric fields from visual display units. *Scand. J. Work Environ. Health* 21 (5): 335-344
- Oftedahl G., Nyvang A. & Moen B.E. 1999: Long-term effects on symptoms by reducing electric fields from visual display units. *Scand. J. Work Environ. Health* 25 (5): 415-421
- Radon K. & Maschke C. 1998: Gibt es Elektrosensibilität im D-Netzbereich. Ein 3-AFC-Doppelblindversuch. *Umweltmed. Forsch. Prax.* 3 (3): 125-129
- Raczek J., Runow K., Oetzel H., Gailus T. & Herget I. 2000: Investigation of electrosensitivity to a GSM signal at 900 MHz for a self-reported electrosensitive target group. 22<sup>nd</sup> Annual Meeting of the Bioelectromagnetics Society: 269-270
- Rea W.J., Pan Y., Yenyves Y., Sujisawa I., Samadi N. & Ross G.H. 1991: Electromagnetic field sensitivity. *J. Bioelectr.* 10 (1+2): 241-256
- Reißenweber J., David E. & Pfotenhauer M. 1992: Untersuchungen über psychologische Aspekte bei der Wahrnehmung von Magnetophosphenen und Elektrophosphenen. *Biomed. Technik* 37 (3): 42-45
- Reißenweber J., David E. & Kentner S. 2000: Different aspects of electromagnetic hypersensitivity. 22<sup>nd</sup> Annual Meeting of the Bioelectromagnetics Society: 270-271
- Röööli M., Moser M., Baldinini Y., Meier M. & Braun-Fahrländer C. 2004: Symptoms of ill health to electromagnetic field exposure – a questionnaire survey. *Int. J. Environ. Health* 207 (42): 141-150
- Rubin G.J., Das Munshi J. & Wessely S. 2005: Electromagnetic hypersensitivity: a systematic review of provocation studies. *Psychosom. Med.* 67 (2): 224-232
- Sandström M., Stenberg B. & Hansson Mild K. 1993: Experiences with provocations with electric and magnetic fields. *R. Swed. Acad. Sci. Rep.* 2: 62-66
- Sandström M., Lyskov E., Berglund A., Medvedev S. & Hansson Mild K. 1997: Neurophysiological effects of flickering light in patients with perceived electrical hypersensitivity. *J. Occup. Environ. Med.* 39 (1): 15-22
- Sandström M., Lyskov E., Hornsten R., Hansson Mild K., Wiklund U, Rask P., Klucharev V., Stenberg B. & Bjerle P. 2003: Holter ECG monitoring in patients with perceived electrical hypersensitivity. *Int. J. Psychophysiol.* 49 (3): 227-235
- Sjöberg P. & Hamnerius Y. 1995: Study of provoked hypersensitivity reactions from VDU. in Katjalainen, Knave (Hrsg.): *Electromagnetic hypersensitivity. 2<sup>nd</sup> Copenhagen Conference*
- Spegel H., Radon K., Meyer N., Heinrich S., von Kries R., Brix J. & Nowak N. 2005: Mobile phones: exposure and well-being in adults. *Epidemiology* 16 (5): S146-S147
- Swanbeck G. & Bleeker T. 1989: Skin problems from visual display units. Provocation of skin symptoms under experimental conditions. *Acta Derm. Venereol.* 69 (1): 46-51
- Toomingas A. 1996: Provocation of the electromagnetic distress syndrome. *Scand. J. Work Environ. Health* 22 (6): 457-458
- Trimmel M. & Schweiger E. 1998: Effects of an ELF (50 Hz, 1 mT) electromagnetic field (EMF) on concentration in visual attention, perception and memory including effects of EMF sensitivity. *Toxicol. Lett.* 96-97: 377-382
- Wenzel F., Reißenweber J. & David E. 2005: Cutaneous microcirculation is not altered by a weak 50 Hz magnetic field. *Biomed. Technik* 50 (1-2): 14-18
- Zwamborn A.P.M., Vossen S.H.J.A., van Leersum B.J.A.M., Ouwens M.A. & Mäkel W.N. 2003: Effects of global communication system radio-frequency fields on well being and cognitive functions of human subjects with and without subjective complaints. TNO-Report FEL-03-C148