

## Originalarbeiten

## Elektromagnetische Felder und Gesundheitsbelastungen – Interdisziplinäre Fallabklärungen im Rahmen eines umweltmedizinischen Beratungsprojektes

Anke Huss<sup>1</sup>, Joachim Küchenhoff<sup>2</sup>, Andreas Bircher<sup>3</sup>, Markus Niederer<sup>4</sup>, Josef Tresp<sup>5</sup>, Roger Waeber<sup>6</sup>, Charlotte Braun-Fahrländer<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institut für Sozial- und Präventivmedizin, Steinengraben 49, CH-4051 Basel

<sup>2</sup> Psychiatrische Universitätsklinik Basel, Socinstrasse 55a, CH-4051 Basel

<sup>3</sup> Kantonsspital Basel, Allergologie, Petersgraben 4, CH-4031 Basel

<sup>4</sup> Kantonales Laboratorium, Kannenfeldstrasse 2, CH-4012 Basel

<sup>5</sup> Amt für Umwelt und Energie, Rheinstrasse 29, CH-4410 Liestal

<sup>6</sup> Bundesamt für Gesundheit, Abteilung Chemikalien, CH-3003 Bern

Korrespondenzautorin: Dr. Anke Huss; E-Mail: [anke.huss@unibas.ch](mailto:anke.huss@unibas.ch)

**Zusammenfassung**

**Hintergrund:** In der Region Basel wurde während des Jahres 2001 eine Beratung für Personen angeboten, die Gesundheitsbeschwerden auf Umweltbelastungen wie z.B. elektromagnetische Felder (EMF) zurückführten.

**Methodik:** Alle Teilnehmer/-innen wurden systematisch medizinisch, psychologisch-psychiatrisch und umweltfachlich untersucht. Bei Betroffenen, die elektromagnetische Felder als Ursache vermuteten, wurden bei einem Hausbesuch zusätzlich nieder- und hochfrequente Felder gemessen. Die Plausibilität eines Zusammenhangs zwischen dem Gesundheitsproblem und der Belastung durch EMF wurde im interdisziplinären Team beurteilt und anhand folgender Kriterien abgeschätzt: Die EMF mussten ein Zehntel der Schweizer Grenzwerte überschreiten, um überhaupt in der Fallkonferenz diskutiert zu werden. (Niederfrequenz: 10 V/m, 0,1 µT, Hochfrequenz: 0,6 V/m). Die Exposition musste an einem Ort erfolgen, an dem sich die Betroffenen mindestens mehrere Stunden täglich aufhielten. Vorbedingung war, dass die Exposition vor Auftreten der Gesundheitsbeschwerden erfolgt war.

**Ergebnisse:** 25 von 63 (40%) Personen vermuteten EMF als Ursache ihrer Beschwerden. Alle EMF-Messwerte lagen unterhalb der Schweizer Grenzwerte. Trotz der Unsicherheiten, die mit der Einschätzung von Zusammenhängen zwischen Exposition und gesundheitlichen Auswirkungen in Einzelfällen einhergehen, sowie der wissenschaftlich umstrittenen Evidenz für die Gesundheitswirkungen von EMF, kam das Projektteam zur Einschätzung, dass bei 8 der 25 Personen (32%) ein Zusammenhang zwischen mindestens einem Symptom und der EMF-Exposition als plausibel erachtet wurde. Bei einem Evaluationsinterview ca. ein halbes Jahr nach der Beratung beschrieben 45%, dass mindestens ein Verbesserungsvorschlag erfolgreich umgesetzt werden konnte.

**Schlussfolgerungen:** Obwohl keiner der Grenzwerte überschritten wurde, erschien es dem Projektteam plausibel, dass bei einzelnen Personen Beschwerden durch EMF hervorgerufen worden waren. Aufgrund der hohen Komplexität der Fälle sollten derartige Personen von einem interdisziplinären Team untersucht werden.

**Schlagwörter:** Elektromagnetische Felder; elektromagnetische Hypersensibilität; umweltmedizinische Beratung

**Abkürzungen:** B-Feld: magnetische Flussdichte; EMF: elektromagnetische Felder; E-Feld: elektrisches Feld; HF: hochfrequent, Frequenzbereich zwischen 100 kHz und 300 GHz; µT: Mikrotesla, Einheit für die magnetische Flussdichte; NF: niederfrequent, Frequenzbereich bis maximal 100 kHz; V/m: Volt pro Meter, Einheit für die Stärke eines elektrischen Feldes.

**Abstract**

**Electromagnetic fields and health complaints – interdisciplinary case evaluations in an environmental medicine counselling project**

**Background:** During 2001, persons who attributed their health problems to environmental exposures, e.g. electromagnetic fields (EMF), were counselled in an interdisciplinary environmental medicine pilot project in the Basel area.

**Methods:** All participants had a medical and a psychological-psychiatric examination and were visited at home by an environmental hygienist. High and low frequency EMF measurements were conducted at the homes of those participants who attributed their health complaints specifically to EMF. The plausibility of a relation between health complaints and EMF exposure was discussed in joint case conferences. Plausibility was judged on the basis of the following criteria: EMF levels had to exceed a tenth of the Swiss threshold values to be considered in the case conference (low frequency: 10 V/m, 0.1 µT, high frequency: 0.6 V/m). The exposure had to occur in an area where the participant spent at least several hours or more every day. Prerequisite was that the exposure occurred before the onset of symptoms.

**Results:** 25 of 63 (40%) of participants suspected EMF as cause of their health complaints. All EMF measurements yielded fields below the Swiss threshold values. Despite of the difficulties in assessing an exposure-response relation in an individual case and the controversial scientific evidence related to health effects of EMF exposures, the project team concluded that in 8 of the 25 (32%) participants, at least one of the reported symptoms was plausibly related to the EMF exposure. An evaluation interview half a year after counselling yielded that around 45% of the participants reported that they had benefited from the project and their health problems had improved following participation.

**Conclusions:** Although none of the threshold values was exceeded, the project team rated an EMF exposure a plausible cause of the reported health complaints of few participants. Due to the high complexity in these cases, only an interdisciplinary team is likely to be able to adequately diagnose environmental related health problems and provide suitable advice to concerned persons.

**Keywords:** Electromagnetic hypersensitivity; electromagnetic fields; environmental medicine counselling

## 1 Einleitung

Der enorme Zuwachs des Mobilfunks in den letzten Jahren hat zu einer Zunahme der öffentlichen Besorgnis in Bezug auf mögliche Gesundheitsrisiken geführt. Die wissenschaftlichen Erkenntnisse zu den Auswirkungen elektromagnetischer Felder (EMF) auf die Gesundheit sind lückenhaft und die Bedeutung von niedrigdosierten EMF für die Gesundheit und das Wohlbefinden umstritten (Repacholi et al. 1999, Matthes et al. 2003, NRPB 2003, Rösli et al. 2003, Mann et al. 2004). Entsprechend groß ist die Verunsicherung in der Bevölkerung.

Von den Patienten einer umweltmedizinischen Beratungsstelle, die in der Region Basel als Kooperationsprojekt verschiedener universitärer und öffentlicher Stellen während des Jahres 2001 angeboten wurde, führten 40% ihre Beschwerden auf EMF-Belastungen zurück (Huss et al. 2004). Bei all diesen Patienten wurden Messungen von EMF durchgeführt. Übergreifende Projektergebnisse wurden bereits von Huss et al. (2004) sowie Küchenhoff et al. (2004) veröffentlicht. Die vorliegende Publikation vertieft Resultate zu den Personen, die ihre Beschwerden spezifisch auf EMF zurückführen. Die hier vorgestellten Untersuchungen haben zum einen zum Ziel, Expositionssituation gegenüber nieder- und hochfrequenten EMF im Wohnbereich von Patienten der umweltmedizinischen Beratungsstelle darzustellen, da entsprechende Angaben in der wissenschaftlichen Literatur bislang kaum vorhanden sind. Zum anderen wurde untersucht, ob sich Personen, die lediglich EMF als Ursache ihrer Beschwerden vermuten, unterscheiden von Personen, die EMF sowie andere Umweltursachen, oder von Personen, die nur andere Umweltbelastungen vermuten. Zudem wird dargestellt, wie das interdisziplinäre Projektteam die Plausibilität des Zusammenhangs von Beschwerden und EMF-Belastung bei den Betroffenen beurteilte und ob die Projektteilnehmer von dem zeitintensiven Programm profitieren konnten.

## 2 Material und Methoden des umweltmedizinischen Beratungsprojektes

### 2.1 Projektablauf

Während des Jahres 2001 wurde das umweltmedizinische Beratungsprojekt an der Universität Basel in Zusammenarbeit mit verschiedenen kantonalen Fachstellen durchgeführt. Der Projektablauf wurde ausführlich von Huss et al. (2004) und Küchenhoff et al. (2004) beschrieben. In Kürze: Personen aus der Region Basel, die ihre Gesundheitsbeschwerden auf Umweltbelastungen zurückführten, konnten an dem Projekt teilnehmen. Alle Studienteilnehmerinnen und -teilnehmer wurden allergologisch-internistisch untersucht, in psychologischen Interviews befragt und füllten mehrere psychometrische Fragebögen aus. Zudem wurden alle Teilnehmenden von einer der kantonalen Umweltfachstellen (Basel-Stadt, Basel-Landschaft) zu Hause besucht, um mögliche Quellen von biologischen oder chemischen Umweltbelastungen im Wohnbereich erfassen zu können. Bei 25 Fällen wurden die EMF-Belastungen von einem weiteren Fachmann gemessen. In einer Fallkonferenz diskutierten die beteiligten Fachstel-

len und Ärztinnen bzw. Ärzte die Ergebnisse der einzelnen Untersuchungen und bewerteten sie nach einem einheitlichen Verfahren im Hinblick auf die angegebenen Beschwerden. Abschließend fand ein Beratungsgespräch statt, bei dem das weitere Vorgehen mit den Teilnehmenden besprochen wurde. Einige Monate nach dem Beratungsgespräch wurde ein telefonisches Nachgespräch durchgeführt, in dem die Teilnehmenden ihren Eindruck zum Projekt schildern konnten. Von besonderem Interesse war dabei die gesundheitliche Situation.

### 2.2 EMF-Messungen

Die EMF-Messungen umfassten niederfrequente (NF) elektrische Felder (E-Feld) im Frequenzbereich von 5 Hz bis 400 kHz und die magnetische Flussdichte (B-Feld) zwischen 5 Hz und 50 kHz sowie hochfrequente Felder (HF) in einem Frequenzbereich von 0,1 bis 3 GHz.

Alle angegebenen Nachweisgrenzen für die im Projekt benutzten Geräte entsprechen dem jeweils untersten Bereich, für den das Messgerät kalibriert ist.

#### Niederfrequente Felder (NF)

Für die Aufzeichnungen des E-Feldes in Innenräumen wurde das EM-400/E-Mess-System von Symann Trebbau mit dreidimensionaler isotroper E-Feld-Messsonde (Kugelsonde) benutzt. Die untere Nachweisgrenze der niederfrequenten E-Felder lag bei 3 V/m.

Die Messungen der niederfrequenten magnetischen Flussdichte wurden mit dem selben Gerät wie bei den elektrischen Feldern durchgeführt, jedoch mit einer anderen Sonde: einer dreidimensionalen, isotropen Messsonde mit Frequenzfilter. Die untere Nachweisgrenze lag bei 0,02  $\mu$ T.

Die Messungen wurden in zwei Schritten durchgeführt. Zunächst wurde die Sonde ca. in der Mitte des Raumes 1 m über dem Boden aufgestellt. Durch eine orientierende Messung mit Frequenzanalyse konnte festgestellt werden, welche möglichen Quellen in dem Raum vorhanden waren. In einem nächsten Schritt wurde zusätzlich an Punkten gemessen, die auf einer so genannten "Gebrauchshöhe" lagen, also der wahrscheinlichen Exposition eines Körpers an einer bestimmten Stelle am nächsten kamen. Dazu zählte insbesondere ein Abstand von ca. 50 cm zum Schreibtisch, in etwa Position Rumpf im Sitzen, und das Bett. Beim Bett wurde auf der Mittelachse auf Kopfhöhe gemessen sowie zur Kontrolle auf Höhe der Füße und der Mitte des Bettes. Dabei wurde mit der niederfrequenten E-Feld-Sonde ein Abstand von ca. 10 cm zum Bett eingehalten, das Messgerät für die magnetische Flussdichte wurde direkt auf dem Bett platziert. Diese Messungen waren Momentaufnahmen von der Zeitdauer einiger Sekunden.

Um einzelne Quellen zu identifizieren und ihren Beitrag an die Gesamtbelastung abschätzen zu können, wurden Elektroinstallationen und Verbraucher systematisch aus- und eingeschaltet. Die Messungen an einem Ort entsprachen der typischen Nutzungsart elektrischer Geräte am jeweiligen Messort: An einem Schlafplatz beispielsweise mit ausgeschalteten Lampen, an einem Computerarbeitsplatz mit eingeschaltetem Computer.

### Hochfrequente Felder (EMF HF)

Im Projekt eingesetzt wurde das PMM 8053, ein isotropes Breitbandmessgerät des EMC-Center Milano. Das Gerät macht eine orientierende Breitbandmessung der HF-Strahlung, bei der sowohl Radio- und Funkemissionen als auch Mobilfunkstrahlungen erfasst werden. Um den Beitrag des Mobilfunks an der hochfrequenten Strahlung besser abschätzen zu können, wurde anschließend mit einer zweiten Sonde mit engerem Frequenzbereich von 0,7 bis 3 GHz gemessen. Die Nachweisgrenze lag bei 0,3 V/m.

Mit der Breitbandsonde wurde zunächst der Raum im Abstand von ca. 0,5 m von den Wänden und Fenstern abgeschritten. Über einen Zeitraum von ungefähr fünf Minuten wurde eine Fläche parallel zur Fensterwand "abgetastet" und der höchste Wert während ca. 10 bis 20 Sekunden erfasst.

Wie im Fall für die niederfrequenten Felder wurden in einem zweiten Schritt Messungen auf Gebrauchshöhe und nach der jeweiligen Nutzungsart gemacht. Bei Messungen auf dem Bett wurde auch hier ein Abstand der Sonde von ca. 10 cm eingehalten.

Für die Beurteilung der EMF in Bezug auf die gesundheitlichen Beschwerden ging es in diesem Projekt eher um eine "potenziell relevante Belastung", also eine Belastung, der die Betroffenen auch tatsächlich ausgesetzt waren. Es erfolgte daher keine Hochrechnung auf Vollast der Anlage, wie dies beispielsweise in der Messempfehlung für hochfrequente Felder in der Schweiz festgelegt ist (BUWAL et al. 2002).

Je nach momentaner Auslastung der Mobilfunkbasisstationen weisen die Emissionen eine gewisse Variabilität auf. Mit einer orientierenden Breitbandmessung wird daher der zu dem Zeitpunkt aktuelle Zustand der Immissionsituation festgestellt (Tabelle 1).

### 2.3 Beurteilungsgrundlage der Expositionssituation der Probanden

Die international vorgeschlagenen Empfehlungen der ICNIRP basieren auf Schwellenwerten, oberhalb derer EMF nach-

weisbar durch eine Wärmewirkung oder eine Zellstimulation einen schädlichen Effekt hervorrufen. Die im Zusammenhang mit EMF häufig genannten Befindlichkeitsprobleme wurden bei der Herleitung der Grenzwerte jedoch nicht einbezogen. Aus diesem Grund wurden Befindlichkeitsstörungen unterhalb der Empfehlungen der ICNIRP nicht *a priori* ausgeschlossen.

Als "potenziell relevante persönliche Belastung" wurden Expositionen erachtet, die zwei Bedingungen erfüllten: Erstens musste eine Mindeststärke der Exposition vorhanden sein. Außerdem musste die Exposition an einer Stelle erfolgen, an der sich die betreffende Person mindestens mehrere Stunden pro Tag aufhielt.

Als Mindestexposition für niederfrequente magnetische Flussdichte wurde eine Überschreitung eines Zehntels der schweizerischen Anlagegrenzwerte für (0,1  $\mu$ T) definiert. Für die niederfrequenten elektrischen Felder wurde ein Schwellenwert von 10 V/m festgelegt; diese beiden Werte für niederfrequente Felder sind von Elektrobiologen vorgeschlagen worden (Katalyse 1994, Neitzke et al. 1994). Für die hochfrequenten elektromagnetischen Felder wurde ein Wert von 0,6 V/m gewählt. Dies entspricht dem "Salzburger Vorsorgewert" in seiner ursprünglichen Fassung (Altpeter et al. 2000) und gleichzeitig dem von den Ärztinnen und Ärzten für den Umweltschutz in der Schweiz und in Österreich von den Ärztinnen und Ärzten für eine gesunde Umwelt vorgeschlagenen Grenzwert (Aufderreggen et al. 2002, die umweltberatung 2003).

### 2.4 Vorgang der Symptombeurteilungen

Die meisten der Betroffenen berichteten über mehr als ein Symptom, und viele vermuteten verschiedene Ursachen für ihre Symptome. Daher wurde jedes einzelne Symptom in der Fallkonferenz separat besprochen. Die Ergebnisse der medizinischen, psychologischen sowie der Umweltuntersuchung wurden dargelegt und diskutiert. Es wurde eine "Plausibilitätsbeurteilung" durchgeführt, bei der beurteilt wurde, ob die Existenz eines Symptoms aus den jeweiligen Befunden

Tabelle 1: Wohnraummessungen bei Personen, die EMF als Beschwerdeursache vermuteten

Feld	Zimmertyp, Anzahl Messungen (n)	Anzahl Zimmer im Nutzzustand, mit Messungen über Nachweisgrenze*, n (%)	Kennziffern aller Messwerte			Maximalwert, V/m oder $\mu$ T
			5. Perzentil	Median	95. Perzentil	
V/m oder $\mu$ T, Nutzzustand						
NF E-Feld	Schlafzimmer (21)	19 (90%)	< 3	23	90	110
	Wohnzimmer (21)	17 (81%)	< 3	9	46,4	90
	Büro (14)	13 (93%)	< 3	11	82,5	160
	Küche (7)	7 (100%)	4	6,5	200	200
NF B-Feld	Schlafzimmer (21)	11 (52%)	< 0,02	0,04	1,15	1,5
	Wohnzimmer (21)	8 (38%)	< 0,02	< 0,02	0,3	1,45
	Büro (14)	9 (64%)	< 0,02	0,045	2,03	15
	Küche (7)	3 (43%)	< 0,02	< 0,02	0,09	7
HF Feld	Schlafzimmer (21)	6 (29%)	< 0,3	< 0,3	2,12	2,25
	Wohnzimmer (21)	5 (24%)	< 0,3	< 0,3	1,12	1,35
	Büro (14)	7 (50%)	< 0,3	0,34	1,65	9
	Küche (8)	2 (25%)	< 0,3	< 0,3	1,13	2,95

\*Nachweisgrenze NF E-Feld: 3 V/m, NF B-Feld: 0,02  $\mu$ T HF: 0,3 V/m

heraus erklärbar war. Die medizinische Plausibilität eines Symptoms wurde aus der Krankengeschichte und den medizinischen Befunden abgeleitet. Die Plausibilitätsbeurteilung aus psychiatrischer Perspektive erfolgte aufgrund der psychiatrischen und psychodynamischen Untersuchung, der wissenschaftlichen Erkenntnisse über Symptome bei psychiatrischen Erkrankungen und auf der Diagnose psychosozialen Stresses bei Beginn der Symptome.

Für eine EMF-Plausibilität war von Bedeutung, ob neben Überschreitung des Schwellenwertes und dem Aufenthalt der betroffenen Personen im Bereich der Felder auch ein zeitlicher und ein räumlicher Bezug zwischen der Belastung und dem Auftreten der Beschwerden gegeben war. Wichtigstes Kriterium war hierbei, dass sich das Symptom erst nach Auftreten der Belastung entwickelt hatte (zeitlicher Bezug). Falls die Betroffenen bereits einmal versucht hatten die Exposition zu reduzieren, war von Interesse, in welcher Form dies stattgefunden hatte und wie sich das Befinden der Betroffenen änderte, wenn sie den Feldern nicht ausgesetzt waren (z.B. Ferien, Sicherung herausdrehen, schlafen in einem anderen Raum, etc.).

Bei der Beurteilung des Zusammenhangs von EMF und Gesundheitsbeschwerden ist zu beachten, dass im Einzelfall Kausalität nie bewiesen werden kann. Zusammenhänge zwischen EMF-Exposition und gesundheitlichen Auswirkungen müssen mithilfe großer epidemiologische oder auch toxi-kologischer Studien untersucht werden. Derartige Studien sind bisher nicht in ausreichender Qualität vorhanden und die wissenschaftliche Evidenz eines Expositions-Wirkungszusammenhangs umstritten. Trotz der gegebenen Unsicherheiten ist man bei der Abklärung eines Patienten darauf ange-

wiesen, die Wahrscheinlichkeit eines solchen Zusammenhanges zu beurteilen. Eine solche Beurteilung der Plausibilität wurde im vorliegenden Projekt nach Berücksichtigung der verschiedenen Expositions-kriterien im Rahmen der interdisziplinären Fallkonferenz vorgenommen .

Jedes Symptom der Betroffenen wurde in der Fallkonferenz jeweils aufgrund der vorliegenden Befunde für jeden der drei Bereiche (Medizin, Psychologie-Psychiatrie, Umwelt) die Bewertung "plausibel" oder "unplausibel" zugeordnet. Jedes Symptom hatte so gleichzeitig drei Plausibilitätsbewertungen, je eine aus den drei Untersuchungsbereichen. Dies beinhaltete, dass auch sogenannte "multiple Plausibilitäten" auftreten konnten, d.h. dass das selbe Symptom gleichzeitig von zwei oder drei Fachgebieten als "plausibel erklärbar" bewertet werden konnte.

Der Gruppenunterschied des Alters zwischen den Personen, die nur EMF, die EMF sowie weitere Belastungen, oder die nicht EMF als Ursache der Beschwerden vermuteten, wurde mithilfe des Kruskal-Wallis-Tests errechnet, die restlichen Gruppenunterschiede mit dem chi<sup>2</sup> oder dem Fisher's Exact Test (Tabelle 2).

### 3 Ergebnisse

Insgesamt interessierten sich 95 Personen für das Projekt, 63 nahmen an allen Untersuchungen teil. Davon führten 25 ihre Beschwerden auf elektromagnetische Felder zurück (Huss et al. 2004, Küchenhoff et al. 2004).

#### 3.1 Expositionssituation EMF

Von den 25 Personen, die EMF mindestens als Teilursache der Beschwerden vermuteten, waren drei Paare verheiratet

**Tabelle 2:** Charakteristika von Personen mit und ohne EMF-Belastung als vermutete Umweltursache von Gesundheitsbeschwerden

	Nur EMF als Ursache vermutet (n = 12)	EMF und anderes als Ursache vermutet (n = 13)	keine EMF als Ursache vermutet (n = 38)	p-Wert
Alter (Median)	51	52	57,5	0,3
Anteil Frauen	50%	62%	63%	0,7
Niedriger oder mittlerer Bildungsstand	58%	31%	47%	0,4
Hoher Bildungsstand	42%	69%	53%	
War vorher bei Arzt/Ärztin	25%	77%	81%	0,001
War vorher bei "Komplementärmediziner"	42%	85%	58%	0,08
Schlafstörungen	67%	46%	26%	0,04
Diagnostiziertes Asthma	0%	8%	29%	0,04
Hat mind. 1 psych. Diagnose	75%	77%	61%	0,5
• Depressionen	25%	15%	16%	0,8
• Somatisierungsstörungen	17%	31%	18%	0,7
• Angststörungen	17%	8%	13%	0,9
• Persönlichkeitsstörungen	0%	54%	29%	0,008
Würde das Projekt weiterempfehlen	82%	89%	82%	0,8
Fand seine/ihre Erwartungen in das Projekt mind. zum Teil erfüllt	44%	55%	50%	0,4
Hat einen Beratungsvorschlag umgesetzt und damit mindestens teilweise eine Besserung des Gesundheitszustandes erreicht	44%	45%	35%	1,0

und lebten zusammen, sodass Messungen an 22 verschiedenen Orten durchgeführt werden konnten. Eine dieser Messungen wurde an einem Arbeitsplatz durchgeführt, sodass insgesamt für 21 verschiedene Wohnbereiche Werte vorliegen.

Es wurde in 83 Räumen EMF gemessen (siehe **Tabelle 1**). Dies beinhaltete 21 Schlafzimmer, 21 Wohnzimmer, 14 Büros oder Geschäftsräume, 7 Küchen, 8 Kinderzimmer sowie verschiedene Gäste-, Musik- oder sonstige Zimmer. In einer zusätzlichen (Arbeitsplatz-) Küche wurden lediglich hochfrequente Felder gemessen.

Oberhalb des Schwellenwertes von 10 V/m lagen bei den niederfrequenten E-Feldern 14 Schlafräume (67%), 10 Wohnzimmer (48%), 9 Büros oder Praxisräume (64%) und 3 (43%) Küchen. Damit lag bei 19 von 25 (76%) Personen das niederfrequente E-Feld in mindestens einem der Wohnräume oberhalb von 10 V/m.

5 Schlafzimmer (23%), 3 Wohnzimmer (14%) und 4 Büros (29%), jedoch keine Küche, wiesen niederfrequente B-Felder über 0,1  $\mu\text{T}$  auf. Diese Werte wurden bei 14 (56%) der Teilnehmer/-innen gemessen. Ein Maximalwert von 15  $\mu\text{T}$  ergab sich durch den Gebrauch von Trockenhauben einer Frisörin bei der Arbeit.

Für die hochfrequenten Felder lagen Messwerte in 3 Schlafzimmern (14%), 4 Wohnzimmern (19%), 1 Büro (7%) und 2 Küchen (22%) von 8 (32%) Personen oberhalb von 0,6 V/m.

### 3.2 Vergleich mit den übrigen Projektteilnehmern

13 der 25 (52%) Personen vermuteten Strahlung von "Mobilfunkantennen" (hochfrequente EMF) als Ursache der gesundheitlichen Beschwerden. 5 Personen (20%) vermuteten das Problem im niederfrequenten Bereich, z.B. ausgehend von den elektrischen Leitungen, dem Kochherd oder Heizungen, 7 (28%) vermuteten beides oder grenzten ihren Verdacht nicht näher ein ("Elektrosmog"). 12 Personen (48%) vermuteten lediglich EMF als Ursache der Beschwerden, die anderen 13 Teilnehmer/-innen (52%) verdächtigten zusätzlich Innen- oder Außenraumluftverschmutzungen, Schimmel, Lärm, trockene Luft, Emissionen aus dem Mobiliar oder Teppich, Wasseradern, verschmutztes Trinkwasser oder Formaldehyd als weitere Belastungsquellen.

Die Projektteilnehmer/-innen, die EMF alleine oder zumindest zum Teil als Ursache ihrer Beschwerden vermuteten, waren geringfügig jünger als diejenigen, die andere Umweltursachen annahmen (siehe **Tabelle 2**). In Bezug auf das Geschlechterverhältnis und den Bildungsstand gab es nur geringe Unterschiede. Dagegen hatten sich die Personen, die lediglich EMF als Ursache vermuteten, signifikant seltener vor Projektbeginn von ihrem Hausarzt oder in einer Klinik beraten lassen.

Schlafstörungen waren insgesamt die am häufigsten genannte Beschwerde. Personen, die lediglich EMF als Ursache vermuteten, nannten Schlafstörungen jedoch viel häufiger als Personen mit anderen Ursachenzuschreibungen. Dieser Unterschied war statistisch signifikant. Als zweithäufigstes wurde von den Personen, die EMF mindestens zum Teil als Ur-

sache vermuteten, Kopfschmerzen, Müdigkeit oder Hautprobleme (Kribbeln, Juckreiz) aufgelistet. In der Nicht-EMF-Gruppe wurden als zweithäufigstes Husten und andere respiratorische Beschwerden genannt. Passend zu den vermehrt berichteten respiratorischen Symptomen in der Nicht-EMF-Gruppe wurde hier signifikant häufiger Asthma diagnostiziert (ICD 10 Code J 45).

Die Nicht-EMF-Gruppe berichtete die längste Beschwerdedauer des Hauptsymptoms (Median: 5 Jahre). Personen, die lediglich EMF als Ursache vermuteten, gaben eine Dauer von 1,8 Jahren an, Personen die EMF mindestens zum Teil als Ursache vermuteten, 3 Jahre. Dieser Unterschied war nicht statistisch signifikant ( $p = 0,3$ ).

Insgesamt wurden psychiatrische Diagnosen häufig gestellt und waren häufiger als normalerweise in der Allgemeinbevölkerung (Meyer et al. 2000). Das Kriterium "mindestens eine vorhandene psychiatrische Hauptdiagnose" traf auf 61 bis 77% der Teilnehmer in den verschiedenen Gruppen zu. Dieser Unterschied ist jedoch nicht statistisch signifikant. Persönlichkeitsstörungen traten nicht in der Nur-EMF-Gruppe auf. Sie waren jedoch häufig in der Gruppe vertreten, die neben EMF auch noch andere Ursachen vermuteten. Dieser Gruppenunterschied war statistisch signifikant. Im Gegensatz dazu gab es bei Depressionen, Angststörungen oder Somatisierungsstörungen keine signifikanten Gruppenunterschiede.

### 3.3 Symptomplausibilitäten

Die 25 Personen schilderten insgesamt 85 verschiedene Symptome (Durchschnitt: 3,4 pro Person). In der interdisziplinären Fallkonferenz wurden folgende 14 Symptome von 8 Personen als plausibel mit der EMF-Belastung zusammenhängend beurteilt:

Schlafstörungen (5), Müdigkeit oder Erschöpfung (2), Kopfschmerzen (2), Unruhe oder Nervosität (2), Kribbeln (1), Herzklopfen (1), Gefühl von Druck und Hitze im Kopf (1). Von diesen wurden 6 Symptomen von 2 Personen als alleine mit EMF im Zusammenhang stehend beurteilt (siehe Fallbeispiel).

Eine Person hatte ein plausibles Symptom aufgrund einer anderen Umweltbelastung (Schimmel). Insgesamt 71 Symptome wurden vom Projektteam als "nicht plausibel" mit einer EMF-Belastungen zusammenhängend beurteilt. 60 Symptome konnten plausibel entweder durch medizinische oder psychologische oder Umweltfaktoren allein erklärt werden. 17 Symptome hatten "multiple Plausibilitäten". Das heißt, vorliegende medizinische oder psychiatrisch-psychologische Plausibilitäten schlossen einen plausiblen EMF-Zusammenhang nicht aus.

Bei den Personen, bei denen eine Belastung oberhalb der Schwellenwerte vorlag, der Zusammenhang mit den Beschwerden aber nicht als plausibel angesehen wurde, waren die übrigen Plausibilitätskriterien nicht erfüllt. Insbesondere waren in diesen Fällen entweder die Expositionen nicht an einem Ort erfolgt, an dem sich die Betroffenen mehrere Stunden am Tag aufhielten oder die Beschwerden waren vor der

Exposition aufgetreten oder waren nicht in einen zeitlich plausiblen Zusammenhang mit der Exposition zu bringen.

#### Fallbeispiel

Person O. beschrieb eine ganze Reihe an Symptomen wie Herzklopfen, Schlafstörungen und Kopfschmerzen etc., beim Aufenthalt im oberen Stockwerk der zweistöckigen Wohnung. Als Ursache wurde eine Mobilfunk-Basisstation vermutet, die sich in unmittelbarer Nähe (ca. 5-7 m Abstand) auf dem Dach des Nachbarhauses befand. Um die Beschwerden zu lindern, hatte O. einen Expositionsversuch gemacht, indem der Schlafraum in einen Teil der im unteren Stockwerk in die Wohnung eingegliederten Geschäftsräume verlegt wurde. Diese Maßnahme war sehr erfolgreich. Von der Basisstation ging eine Belastung bis zu 2,25 V/m hochfrequenter EMF im ursprünglichen Schlafzimmer aus. In den anderen Räumen war die Belastung generell niedriger, aber noch messbar (0,38-0,55 V/m). Im ursprünglichen Schlafzimmer waren also eine potenziell relevante Belastung gegeben, da zum einen der Schwellenwert überschritten und zum anderen eine Exposition von mehreren Stunden täglich gegeben war. Die zeitlichen (Beschwerden entwickelten sich nach Inbetriebnahme der Antenne) und räumlichen Zusammenhänge (Beschwerden nur bei Aufenthalt in dem tatsächlich stärker belasteten Raum) der Symptome mit der EMF-Belastung führten dazu, dass die Beschwerden als plausibel von der EMF-Belastung verursacht beurteilt wurden. Es gab keine medizinischen oder psychologischen Befunde, die die Beschwerden hätten erklären können. Im Verlauf eines weiteren Besuches einige Wochen später stellte sich heraus, dass O. nicht mehr in dem unteren Zimmer mit der geringeren Belastung schlief. Die Messung in dem ersten, nun wieder in Gebrauch genommenen Schlafzimmer ergab, dass die allgemeine Belastung in genau der einen Ecke, die O. als unbelastet empfunden hatte und deshalb das Bett dort installiert hatte, tatsächlich die geringsten Felder gemessen wurden (unter Nachweisgrenze).

### 3.4 Evaluation des Projektes aus Sicht der Teilnehmer/-innen

20 der 25 Personen (80%) aus der Gruppe, die EMF alleine oder mindestens zum Teil als Ursache der Beschwerden vermutete, und 34 von 38 Personen (89%) aus der Nicht-EMF-Gruppe konnten für die Projektevaluation interviewt werden. Insgesamt berichteten über 80% der Teilnehmer, dass sie das Projekt weiterempfehlen würden, falls es weitergeführt würde. In etwa jeder zweite fand seine Erwartungen an das Projekt mindestens zum Teil erfüllt (siehe auch Tabelle 2).

Weiterhin wurden alle Teilnehmer in dem Gespräch gefragt, ob sie Veränderungsvorschläge erfolgreich umsetzen konnten. 35 bis 45% bestätigten eine mindestens teilweise Besserung des Gesundheitszustandes nach Umsetzung eines Vorschlags.

## 4 Diskussion

In dieser Untersuchung konnten Gesundheitsdaten von insgesamt 25 Personen mit Messungen elektromagnetischer Felder verknüpft werden. Alle festgestellten EMF-Messwerte lagen unterhalb der gesetzlichen Grenzwerte. Nach Abwägung

aller Befunde und Informationen wurden 14 von insgesamt 85 geschilderten Symptomen (16%) bzw. Beschwerden bei 8 von 25 Personen (32%) in der interdisziplinären Fallkonferenz als plausibel mit der EMF-Belastung zusammenhängend erachtet. Die Hälfte dieser Symptome waren Schlafstörungen, Müdigkeit oder Erschöpfung. Bei all diesen "plausiblen" Symptomen handelte es sich um kurzfristig (z.B. Kribbeln) bis mittelfristig (z.B. nicht chronische Schlafstörungen) einsetzende Einschränkungen des Wohlbefindens.

Ergebnisse der Expositionserfassung in anderen Studien (hauptsächlich NF, B-Feld; insbesondere bei Kindern), sind nur sehr bedingt vergleichbar mit den Ergebnissen unserer Studie. Aufgrund technischer Differenzen sollte im niederfrequenten Bereich außerdem kein Vergleich mit Studienergebnissen aus Nordamerika gezogen werden (Matthes et al. 2003). Der Median der nächtlichen B-Feld-Innenraumbelastung lag in einer bayerischen Studie etwas höher als die in unserer Studie erfassten Spot-Messungen auf dem Bett (Median 0,09 versus 0,04  $\mu\text{T}$ , aber 99. Perzentil 0,11 versus 1,3  $\mu\text{T}$ ) (Brix et al. 2001). Studien über hochfrequenter Felder in Haushalten sind in der wissenschaftlichen Literatur noch seltener zu finden. Der Median der Expositionen hochfrequenter Felder liegt mit ca. 0,3 V/m in unserer Studie an der unteren Nachweisgrenze des eingesetzten Gerätes. Die Werte entsprechen dennoch in etwa den Ergebnissen der Studie von Schüz und Mann (Schüz et al. 2000). Auch hier traten einzelne wesentlich höhere Maximalwerte auf. Die aufgetretenen höheren Expositionen in der Basler Studie könnten daran liegen, dass im Vergleich zu einem repräsentativen Kollektiv einzelne Personen tatsächlich stärker belastet waren.

Für die niederfrequenten E-Felder liegen innerhalb von Europa bisher gar keine Vergleichswerte vor. Diese Felder sind aufgrund ihrer weiten Verbreitung schwierig zu beurteilen. In der vorhandenen Literatur zu niederfrequenten elektrischen und magnetischen Feldern werden nur in wenigen Fällen überhaupt elektrische Felder gemessen (Levallois et al. 2001, Müller et al. 2002), jedoch kaum deren Bedeutung diskutiert.

Für die Plausibilitätsabschätzung war die erste Schwierigkeit, einen Schwellenwert festzulegen, oberhalb dessen eine EMF-Exposition als eine potenzielle Belastung angesehen wurde. Tiefere Grenzwerte als die von der ICNIRP vorgeschlagenen (ICNIRP et al. 1998) berufen sich auf Vorsorgemaßnahmen und nicht auf Auswirkungen auf die Gesundheit des Menschen. In diesem Projekt folgte die Verbindung des "Schwellenwertes" zusammen mit den weiteren Plausibilitätskriterien einem pragmatischen Ansatz. Eine Schwäche dieser Studie ist daher, dass dieser Ansatz einen inhärenten Ermessensspielraum hat, dem die unklare wissenschaftliche Evidenz zugrunde liegt.

Obwohl kein rechtsverbindlich festgelegter Grenzwert überschritten wurde, erschien es dem Projektteam nach sorgfältigem Abwägen aller zur Verfügung stehender Informationen plausibel, dass bei einzelnen Personen Beschwerden durch EMF hervorgerufen worden waren.

Die in dem Projekt gemessenen maximalen Felder gingen von Haushalts- oder Bürogeräten aus. Für die Frage der "re-

levanten persönlichen Belastung" muss jedoch bedacht werden, dass die Exposition gegenüber Geräten im Allgemeinen von wesentlich kürzerer Dauer ist als beispielsweise die gegenüber ortsfesten Installationen. In diesem Projekt wurde es von dem interdisziplinären Team eher als plausibel erachtet, dass eine Exposition längerer Zeitdauer gesundheitliche Auswirkungen zeigte, während sehr kurze (stärkere) Expositionen eher mit der Wahrnehmung von Feldern in Verbindung gebracht wurde. Diese Fähigkeit, ein Feld zu spüren, wird in einigen Studien unterschieden von dem Auftreten von Gesundheitsbeschwerden infolge der Felder ("Elektrosensitivität" versus "elektromagnetische Hypersensibilität"). Beides muss nicht miteinander gekoppelt sein (Müller et al. 2002, Leitgeb et al. 2003).

Es wird diskutiert, ob lediglich ein kleiner Teil der Bevölkerung hypersensibel gegenüber EMF-Exposition reagiert. In einer schwedischen Studie berichten Hillert et al. (2002) über ca. 1,5% der Bevölkerung, die sich selbst als elektromagnetisch hypersensibel einstuft. Der Anteil an empfindlichen Personen dürfte also eher gering sein. Solange das Phänomen "elektromagnetische Hypersensibilität" nicht aufgeklärt ist, bleibt zudem unklar, inwieweit eine Überschreitung der Schwellenwerte bei nicht empfindlichen Personen relevant ist. Dies spricht dagegen, bei allen Beteiligten lediglich die Messwerte zu betrachten und allein von der Stärke des vorhandenen Feldes eine Plausibilität abzuleiten.

Die Hälfte der Projektteilnehmer/-innen hatten bereits seit mehr als drei Jahren Beschwerden (Hauptbeschwerde). Die meisten hatten außerdem bereits in verschiedenen Anlaufstellen Hilfe gesucht (Huss et al. 2004). Insgesamt zeigte sich sowohl bei der Gruppe, die EMF mindestens zum Teil als Ursache ihrer Beschwerden vermuteten, wie bei der Gruppe, die nur andere Umweltexpositionen verdächtigten, eine häufige Verknüpfung medizinischer und psychologisch-psychiatrischer Probleme. Die Gruppen präsentierten somit ähnlich komplexe Probleme. Auffallend war, dass sich sonst nur wenige Unterschiede feststellen ließen. Gemessen an der Komplexität scheint ein Anteil von 35 bis 45% für die EMF-Gruppe von Personen, die mindestens einen der genannten Beratungsvorschläge mit Erfolg umsetzen konnten, hoch.

Viele bisherige Studien im Bereich der elektromagnetischen Felder haben sich auf verschiedene Krebserkrankungen konzentriert. Bis auf ein kürzlich in den Niederlanden durchgeführtes Projekt (Zwamborn et al. 2003), gibt es wenig Studien, die einen potenziellen Zusammenhang zwischen dem Wohlbefinden und EMF untersucht haben. Gesundheitsbeschwerden wie Kopfschmerzen oder Schlafstörungen werden jedoch von Betroffenen erfahrungsgemäß am häufigsten genannt (Röösli 2004). Es bleibt zu hoffen, dass weitere Forschungsanstrengungen auf diesem Gebiet mehr Klarheit bringen werden.

Solange die Ergebnisse wissenschaftlicher Forschung im EMF-Bereich so in den Anfängen stecken und widersprüchlich sind, ist man im Einzelfall in der Umweltmedizin auf pragmatische Ansätze angewiesen. Im vorliegenden Projekt konnte so einem nicht kleinen Teil der Patienten mit konkreten Handlungsvorschlägen Hilfestellung geleistet werden.

## Danksagung

Das umweltmedizinische Beratungsprojekt wurde finanziert durch die Stiftung Mensch Gesellschaft Umwelt MGU, Förderkennzahl F3.00, dem Bundesamt für Gesundheit, BAG, Bern, dem Schweizerischen Zentrum für Allergie, Haut und Asthma, AHA!, sowie dem Wissenschaftlichen Kredit, Kantonsspital Basel-Stadt.

Die Messungen der elektromagnetischen Felder und diese Publikation konnten durch die großzügige Förderung des Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft durchgeführt werden. Dank gilt auch Herrn K. Fischer für die Durchführung der umfangreichen Messungen. Ein herzlicher Dank für den umfangreichen Input geht an Dr. M. Röösli und Dr. J. Baumann.

## 5 Literatur

- Altpeter E, Cherry C, Chiang H, Curry P, Giuliani L, Grigoriev Y, et al. (2000): Salzburg Resolution on Mobile Telecommunication Base Stations. International Conference on cell Tower Siting, Linking Science & Public Health, Salzburg, Austria, Landessanitätsdirektion, Land Salzburg, Österreich
- Aufdereggen B, Steiner R (2002): Verbindung der Schweizer Ärztinnen und Ärzte FMH und Ärztinnen und Ärzte für Umweltschutz AefU fordern niedrigere Grenzwerte für Mobilfunkantennen. Im Internet: [www.aefu.ch/themen/index.htm](http://www.aefu.ch/themen/index.htm)
- Brix J, Wettemann H, Scheel O, Feiner F, Matthes R (2001): Measurement of the individual exposure to 50 and 16 2/3 Hz magnetic fields within the Bavarian population. *Bioelectromagnetics* 22(5), 323-332
- BUWAL, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, METAS, Bundesamt für Metrologie und
- Akkreditierung (2002): Mobilfunk-Basisstationen (GSM), Messempfehlung. Vollzug Umwelt. Bern 1-49
- die umweltberatung (2003): Spannungsfeld Mobilfunk. Wien
- Hillert L, Berglind N, Arnetz BB, Bellander T (2002): Prevalence of self-reported hypersensitivity to electric or magnetic fields in a population-based questionnaire survey. *Scand J Work Environ Health* 28(1), 33-41
- Huss A, Küchenhoff J, Bircher A, Heller P, Kuster H, Niederer M, et al. (2004): Symptoms attributed to the environment—a systematic, interdisciplinary assessment. *Int J Hyg Environ Health* 207(3), 245-254
- ICNIRP, International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (1998): Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields (up to 300 GHz): *Health Physics* 74(4), 494-522
- Katalyse e.V. (1994): Elektrosmog, Gesundheitsrisiken, Grenzwerte, Verbraucherschutz. C.F. Müller
- Küchenhoff J, Heller P, Brand S, Huss A, Bircher A, Niederer M, et al. (2004): Quantitative und qualitative Analysen bei Menschen mit umweltbezogenen Gesundheitsstörungen. *Zeitschrift für Psychosomatische Medizin und Psychotherapie* 50(3), 288-305
- Leitgeb N, Schroettner J (2003): Electrosensitivity and electromagnetic hypersensitivity. *Bioelectromagnetics* 24(6), 387-394
- Levallois P, Dumont M, Touitou Y, Gingras S, Masse B, Gauvin D, et al. (2001): Effects of electric and magnetic fields from high-power lines on female urinary excretion of 6-sulfatoxymelatonin. *Am J Epidemiol* 154(7), 601-609
- Mann K, Rösche J (2004): Sleep under exposure to high-frequency electromagnetic fields. *Sleep Med Rev* 8(2), 95-107
- Matthes R, McKinlay A, Bernhardt J, Vecchia P, Veyret B, Hrsg. (2003): Exposure to Static and Low Frequency Electromagnetic

- Fields, Biological Effects and Health Consequences (0-100 kHz), ICNIRP.
- Meyer C, Rumpf HJ, Hapke U, Dilling H, John U (2000): [Lifetime prevalence of mental disorders in general adult population. Results of TACOS study]. *Nervenarzt* 71(7), 535-542
- Müller CH, Krüger 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
- Neitzke H, Capelle Jv, Depner K, Edeler K, Hanisch T (1994): Risiko Elektrosmog? Auswirkungen elektromagnetischer Felder auf Gesundheit und Umwelt. Birkhäuser, Basel/Boston/Berlin
- NRPB (2003): Health Effects from Radiofrequency Electromagnetic Fields. Documents of the NRPB, National Radiological Protection Board
- Repacholi MH, Greenebaum B (1999): Interaction of static and extremely low frequency electric and magnetic fields with living systems: health effects and research needs. *Bioelectromagnetics* 20(3), 133-60
- Röösli M, Moser M, Baldinini Y, Meier M, Braun-Fahrländer C (2004): Symptoms of ill health ascribed to electromagnetic field exposure – a questionnaire survey. *Int J Hyg Environ Health* 207(2), 141-50
- Röösli M, Rapp R (2003): Hochfrequente Strahlung und Gesundheit, BUWAL, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft 1-165
- Schüz J, Mann S (2000): A discussion of potential exposure metrics for use in epidemiological studies on human exposure to radio-waves from mobile phone base stations. *J Expo Anal Environ Epidemiol* 10, 600-605
- Zwamborn A, Vossen S, Leersum Bv, Ouwens M, Mäkel W (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., TNO

Eingegangen am: 30.08.2004  
Akzeptiert am: 12.01.2005

## Nachrichten

### Radon ist zweithäufigste Ursache für Lungenkrebs

Mit steigender Radonkonzentration in Aufenthaltsräumen nimmt das Risiko einer Lungenkrebserkrankung zu. Dies belegt eine europaweit durchgeführte Studie, die von der Europäischen Kommission gefördert wurde. Das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) war an dieser größten epidemiologischen Studie zu Lungenkrebs und Radon in Aufenthaltsräumen beteiligt. In der Studie wurden die Daten von 13 Fall-Kontroll-Studien aus 9 Ländern zusammengefasst und ausgewertet. "Demnach werden europaweit ungefähr neun Prozent der Lungenkrebstodesfälle und zwei Prozent aller Krebstodesfälle durch Radon in Aufenthaltsräumen verursacht", sagte Wolfgang Weiss, Leiter des Fachbereiches Strahlenschutz und Gesundheit des BfS, der die Ergebnisse der Studie am 1.2.05 vor der Presse in München vorstellte. Radon verursacht damit jährlich ungefähr 20 000 Lungenkrebstodesfälle in der Europäischen Union, davon etwa 3000 in Deutschland.

Die Studie weist unter Berücksichtigung von Rauchen und Unsicherheiten in der Abschätzung der Radonkonzentration eine statistisch signifikante Erhöhung des Lungenkrebsrisikos um 16% bei einer Zunahme der Radonkonzentration um 100 Becquerel pro Kubikmeter ( $\text{Bq}/\text{m}^3$ ) Raumluft nach. Der Zusammenhang ist annähernd linear. Es gibt keinen Hinweis auf einen Wert, unterhalb dessen kein Risiko auftritt.

Die Wahrscheinlichkeit, bis zum Alter von 75 Jahren an Lungenkrebs tödlich zu erkranken, stellt sich wie folgt dar: Bei einer Radonkonzentration von 0, 100 und 400  $\text{Bq}/\text{m}^3$  für Nichtraucher vier, fünf bzw. sieben von 1000 Personen.

Weiterhin wird beobachtet, dass Personen, die Räume mit Radonkonzentrationen zwischen 100 und 200  $\text{Bq}/\text{m}^3$  Raumluft bewohnen, ein um 20% höheres Lungenkrebsrisiko haben, als Personen, die in Räumen mit Werten unterhalb von 100  $\text{Bq}/\text{m}^3$  leben. Somit liegt ein statistisch signifikant erhöhtes Lungenkrebsrisiko selbst unterhalb der Radonkonzentrationen von 200  $\text{Bq}/\text{m}^3$  vor. Weiss: "International werden derzeit aber erst oberhalb dieses Wertes Sanierungsmaßnahmen zur Radonverminderung empfohlen".

Das BfS hat ein Konzept für Strahlenschutzmaßnahmen zur Verminderung der Strahlenexposition durch Radon in Aufenthaltsräumen entwickelt und vorgestellt. Diese sehen bei Neubauten einen Wert von 100  $\text{Bq}/\text{m}^3$  Raumluft vor. Wolfgang Weiss fordert daher: "Es muss das Ziel sein, diesen Wert in Aufenthaltsräumen sicher zu unterschreiten. Dies kann durch geeignete, oft sehr einfache und wenig aufwändige bauliche Maßnahmen erreicht werden." Die Kosten liegen bei Neubauten in vielen Fällen bei maximal 2000 Euro für ein Haus mit 100  $\text{m}^2$  Grundfläche. Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) wird deshalb in Kürze einen Gesetzentwurf für ein Radonschutzgesetz mit einem Zielwert von 100  $\text{Bq}/\text{m}^3$  Raumluft vorlegen.

Lungenkrebsrisiko Nr. 1 bleibt das Rauchen. Besonders gefährlich ist die kombinierte Wirkung von Radon und Rauchen. Bei den Rauchern erkranken bei einer Radonkonzentration von 0, 100 und 400  $\text{Bq}/\text{m}^3$  100, 116 bzw. 160 von 1000 Personen.

[Quelle: BfS]