Elektromagnetische Wellen

Elektromagnetische Wellen (also das, was Du mit "Strahlung" beschreibst) werden unterschieden zwischen ionisierend und nicht-ionisierend. Das hängt nur von der Frequenz ab, nicht von der Flussdichte. Ionisierende Wellen wie Röntgenstrahlung können Elektronen aus dem Atom herauslösen. Dann gehen Moleküle kaputt und Krebs kann entstehen. Die sind also gefährlich. Handys nutzen natürlich Frequenzen weit darunter, können also den Molekülen in Deinem Körper nicht direkt etwas antun. Sie können aber - wie alle elektromagnetischen Wellen - den Körper erwärmen. So wie eine Mikrowelle es ja auch tut. Nur hat eine Mikrowelle tausend Watt und Dein Handy maximal zwei.

www.gutefrage.net

Wieviel microTesla ist gefährlich?

Zunächst einmal hat die magnetische Flussdichte (gemessen in Tesla) nchts, aber auch gar nchts mit der Frequenz (gemessen in Hertz) zu tun. Daher kann man da auch nichts umrechnen. Die App, die…
www.gutefrage.net

View attachment 5588

Wirkungen elektromagnetischer Felder auf den Menschen 4.1 Einführung
Als „Biologische Wirkung" elektrischer, magnetischer und elektromagnetischer Felder (EMF) auf einen Organismus wird sowohl die Wahrnehmung dieser Felder, als auch die Beeinflussung der Physiologie definiert. Beispiele hierfür sind das Aufstellen von Haaren in statischen Feldern oder auch die Erwärmung von Gewebe in hochfrequenten Feldern. Die Wirkung der Felder auf biologische Systeme wird maßgeblich durch die Feldstärke, Frequenz, Einwirkdauer und Leistungsdichte bzw. Energiedichte bestimmt. Treten die Felder impulsförmig auf, so sind zusätzlich die Impulswiederholrate, die Impulsdauer und auch der zeitliche Verlauf der Impulse von Bedeutung. Darüber hinaus können individuelle Eigenschaften (z. B. Körpergröße) und physikalische Randbedingungen (z. B. Erdung, Ausrichtung zum Feld) auch eine Rolle spielen. Bei der Wirkung auf den Menschen wird in drei Frequenzbereiche unterschieden: statische Felder, nieder- und hochfrequente Felder. Diese drei Bereiche werden im Hinblick auf biologische Wirkungen im Folgenden kurz umrissen: Statische Felder: Bei statischen elektrischen Feldern können Effekte wie Kribbeln und Aufrichten der Haare auftreten. Bei statischen magnetischen Feldern können Kräfte auf Implantate wirken oder auch deren Funktion stören. Auch wirken statische Felder im Körper oft ähnlich wie niederfrequente Felder, da der Körper fast nie in Ruhe ist (Blutfluss, kleine Bewegungen) und somit ein sich veränderndes Feld wahrnimmt.
Niederfrequente Felder (NF): Als rein akute Wirkung dominiert hier die Reizung von Nerven- und

Muskelzellen, die zu den nichtthermischen Wirkungen zählt. Hochfrequente Felder (HF): Hier sind die thermischen Wirkungen (Erwärmung von Gewebe) vorherrschend.
Wissenschaftlicher Nachweis: Wissenschaftlich nachgewiesen ist ein Zusammenhang zwischen einer Gesundheitsbeeinträchtigung und elektromagnetischen Feldern, wenn wissenschaftliche Studien voneinander unabhängiger Forschungsgruppen diesen Zusammenhang reproduzierbar zeigen und das wissenschaftliche Gesamtbild das Vorliegen eines kausalen Zusammenhangs stützt. 2. Wissenschaftlich begründeter Verdacht: Ein wissenschaftlich begründeter Verdacht auf einen Zusammenhang zwischen einer Gesundheitsbeeinträchtigung und elektromagnetischen Feldern liegt vor, wenn die Ergebnisse bestätigter wissenschaftlicher Untersuchungen einen Zusammenhang zeigen, aber die Gesamtheit der wissenschaftlichen Untersuchungen das Vorliegen eines kausalen Zusammenhangs nicht ausreichend stützt. Das Ausmaß des wissenschaftlichen Verdachts richtet sich nach der Anzahl und der Konsistenz der vorliegenden wissenschaftlichen Arbeiten. 3. Wissenschaftliche Hinweise: Wissenschaftliche Hinweise liegen vor, wenn einzelne Untersuchungen, die auf einen Zusammenhang zwischen einer Gesundheitsbeeinträchtigung und elektromagnetischen Feldern hinweisen, nicht durch voneinander unabhängige Untersuchungen bestätigt sind und durch das wissenschaftliche Gesamtbild nicht gestützt werden. Andere Organisationen verwenden inhaltlich sehr ähnliche Einteilungen. Neben der Unterscheidung anhand verschiedener Frequenzbereiche kann auch in direkte und indirekte Wirkungen differenziert werden. Direkte Wirkung ist eine Wirkung unmittelbar auf den Organismus durch ein Feld (z. B. induzierter Körperstrom). Im Gegensatz dazu verursacht die indirekte Wirkung ein Ereignis, das sich negativ auf den Menschen auswirken kann. Man denke an die Projektilwirkung von metallischen Gegenständen in starken statischen magnetischen Feldern. Bei Feldern mit Feldstärken unterhalb der Reizschwelle im HF- und NF-Bereich werden Effekte diskutiert, die zu den nichtthermischen Wirkungen zählen. Dazu gibt es umfangreiche Untersuchungen an Zellen, Tieren und Menschen. Die bisherigen Ergebnisse deuten nicht auf eine biologische oder gesundheitliche Relevanz für den Menschen hin. Untersuchungen an Zellen und Tieren sind oft nicht ohne Weiteres auf den Menschen zu übertragen. Sie ermöglichen jedoch zu erforschen und zu verstehen ob ein bestimmter Wirkmechanismus existiert und wie dieser genau aussehen könnte. Die dabei verwendeten Feldstärken liegen oftmals weit oberhalb der üblichen Alltagsexposition. Eventuelle Auswirkungen von Langzeitexpositionen gegenüber elektromagnetischen Feldern wie sie im Alltag auftreten, werden seit etwa 40 Jahren mit Hilfe epidemiologischer Studien untersucht. Zu den in Tabelle 4.1 genannten Themen sind schon Untersuchungen zu biologischen Wirkungen von EMF in der wissenschaftlichen Literatur dokumentiert. Da die aufgeführten Effekte meist nur bei Überschreitung der von ICNIRP derzeit empfohlenen Grenzwerte auftreten, sind diese für Fragen des Gesundheits-, Arbeits- und Umweltschutzes irrelevant. Die Betrachtung biologischer Wirkung ist auch mit biologischen Reaktionen verknüpft. Generell gilt hierbei Folgendes zu beachten: Biologische Reaktionen können grundsätzlich zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen führen, müssen dies aber keineswegs.
Beeinträchtigungen liegen dann vor, wenn die körperliche Unversehrtheit, 25 die Leistungsfähigkeit oder das Wohlbefinden beeinträchtigt sind. Eine Verschlechterung des psychischen, physischen und sozialen Wohlbefindens sowie das Gefühl der Beeinflussung subjektiver Leistungsfähigkeit sind als Befindlichkeitsstörungen zu betrachten. Aus der Sicht der Strahlenschutzkommission (SSK) setzt eine Gesundheitsbeeinträchtigung eine biologische Reaktion voraus, der ein Effekt als Folge einer physikalischen Einwirkung vorausgeht. Menschen können ganz verschieden auf externe physikalische Einwirkungen reagieren. Mögliche Wirkungen physikalischer Einwirkungen, zu denen auch EMF zählt, müssen daher im Hinblick auf eine gesundheitliche Auswirkung betrachtet

werden. Tabelle 4.1 Schematische Darstellung von Studienarten und den untersuchten möglichen Wirkungen durch elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder (EMF) an Zellen, Tieren und an Menschen in der Literatur. Viele dieser Arbeiten können über den Internetauftritt www.emf-portal.org gefunden werden.

View attachment 5589

Das vorliegende Kapitel beginnt mit der Betrachtung statischer Felder (Kap. 0). Hieran schließen Abschnitte über zeitlich veränderliche Felder im NF-Bereich (Kap. 4.3) und HF-Bereich (Kap. 4.4) an. In Kap. 4.5 wird der Übergangsbereich zwischen NF- und HF-Feldern (Zwischenfrequenzbereich) betrachtet. Im Anschluss daran werden indirekte Wirkungen (Kap. 4.6) und die Beeinflussung von Körperhilfsmitteln (4.7) behandelt. Gegenstand des Kapitels 4.8 sind nicht eindeutig nachgewiesene Effekte, wie z. B. mutagene Effekte oder Elektrosensibilität. In jedem Frequenzbereich wirken generell die Felder unterschiedlich. Den einzelnen Kapiteln sind daher auch Abschnitte über Wirkungen beigefügt, die primär in diesem Frequenzbereich auftreten. Diese Zuordnung ist jedoch nicht immer eindeutig: Herzschrittmacher können sowohl durch statische als auch niederfrequente Felder in ihrer Funktion gestört werden. Metallische Implantate können in starken statischen Feldern eine Kraftwirkung erfahren oder in anderen Frequenzbereichen induktiv erwärmt werden 4.2 Biologische Wirkungen statischer Felder Statische Felder sind Felder, die sich nicht mit der Zeit ändern. Jede zeitliche Änderung der Felder gehört somit per Definition bereits in den niederfrequenten Bereich. Allerdings ist ein Körper, der sich in einem rein statischen Feld befindet, nie in sich bewegungsfrei. Zum Beispiel zirkuliert Blut und „sieht" damit das statische Feld als ein sich veränderndes Feld. Bezogen auf die Quelle ist jedoch diese Trennung möglich. Die beiden folgenden Abschnitte gehen kurz auf statische elektrische und statische magnetische Felder ein. 4.2.1 Wirkungen statischer Magnetfelder Hohe statische Magnetfelder können Reizwirkungen (periphere Nervenstimulationen) verursachen. Daneben wurden Kurzzeiteffekte auf sensorische Funktionen während akuter Exposition beobachtet. Eine konsistente Evidenz für anhaltende Gesundheitseffekte aufgrund von Kurzzeitexpositionen bis zu einigen Tesla gibt es jedoch nicht.
Bewegungen in statischen Magnetfeldern (~ 2 T) können Schwindel oder Übelkeit verursachen. Diese sind jedoch durch anerkannte Wechselwirkungsmechanismen erklärt. Die Relevanz dieser Effekte in Bezug auf die Gesundheit bleibt aber unklar. Es wird als unwahrscheinlich erachtet, dass Felder von unterhalb 8 T die Pulsfrequenz oder den Herzrhythmus beeinflussen können [9]. Nach Sicht von [10], [11] ist weitere Forschung zur Klärung der manchmal widersprüchlichen Ergebnisse erforderlich. Bei einigen hypothetischen Effekten fehlt bislang der experimentelle Beleg [11]. Die in statischen Magnetfeldern auftretenden Wirkungen lassen sich in direkte und in indirekte Wirkungen unterscheiden (siehe beide nachstehende Abschnitte). 4.2.1.1 Direkte Wirkung statischer Magnetfelder (Reizwirkung) Die Reizwirkung durch Erregung von Nerven- und Muskelzellen kann auf die von Feldern verursachten elektrischen Stromdichten bezogen werden (siehe auch Abschnitt 4.3.4). Im Folgenden wird eine Formel zur Abschätzung der im Körper erzeugten Stromdichte erläutert. Ein statisches Magnetfeld kann in einem Körper einen elektrischen Strom induzieren, wenn dieser sich bewegende Ladungsträger enthält (Hall-Effekt). Auch ist dies 27 möglich, wenn sich der gesamte Körper in einer Weise bewegt, dass sich die Durchflutung mit Magnetfeldlinien ändert (Induktion). Im Falle des Menschen geschieht dies in nennenswertem Ausmaß in den großen

Blutgefäßen des Kreislaufes mit rasch fließendem Blut bzw. im schlagenden Herzen oder wenn sich Gliedmaßen oder der ganze Körper in Relation zum Magnetfeld bewegen. Die dadurch induzierte Stromdichte J kann mit der Bewegungsgeschwindigkeit v des Objektes relativ zum Magnetfeld und dem spezifischen Widerstand abgeschätzt werden zu: J = (B • v) • σ mit B magnetische Flussdichte in T ν Bewegungsgeschwindigkeit in m/s σ spezifische Leitfähigkeit in (1/(Ω·m)), σ = 1/ Auf Grund vergleichbarer Mechanismen im niederfrequenten Bereich wird in Abschnitt 4.3.4 näher auf die Reizwirkungen eingegangen 4.2.2 Statische elektrische Felder Statische elektrische Felder können aufgrund der elektrischen Leitfähigkeit des Körpers nicht in das Innere eindringen. Eine Neuanordnung elektrischer Ladungen in ursprünglich ungeladenen Körpern ist jedoch möglich. Dies führt dann zu lokalen Aufladungen in diesen Körpern. Dies gilt auch für die Körperoberfläche. Eine Folge kann eine reizauslösende Wirkung, wie z. B. das Aufstellen von Haaren sein. Auch das Entladen dieser Körperbereiche an geerdeten Objekten ist möglich. Umgekehrt kann sich ein geladenes Objekt natürlich auch über den Körper als Erdung entladen. Diese Entladungsvorgänge können als Mikroschocks wahrgenommen und auch als störend empfunden werden. Verursacht das häufige Auftreten von Mikroschocks Stress, so kann sich dies wiederum indirekt negativ auswirken. 4.3 Wirkung niederfrequenter Felder Unter niederfrequenten Feldern werden zeitlich veränderliche Felder bis zu einer Frequenz von bis zu 10 MHz verstanden. Als rein akute Wirkung dominiert hier die Reizung von Nerven und Muskelzellen, die zu den nichtthermischen Wirkungen zählt. Auch in diesem Bereich kann zwischen direkten und indirekten Wirkungen unterschieden werden. Zu erster Gruppe zählen Oberflächeneffekte in starken elektrischen Feldern und auch die Wirkungen im Körperinneren, die von elektrischen und magnetischen Feldern verursacht werden. Indirekte (mittelbare) Wirkungen entstehen z. B. bei der Berührung von Metallkörpern in elektrischen Feldern.
Dazu zählen aber auch die Auswirkungen, die aus der Beeinflussung von medizinischen Implantaten resultieren. Im Folgenden wird auf verschiedene Effekte eingegangen: Körperströme, Kontaktströme/Entladungen, Oberflächenwirkung und Reizwirkung. Der Abschnitt erhebt jedoch keinen Anspruch auf Vollständigkeit, sollte aber ein grundlegendes Verständnis der auftretenden Mechanismen ermöglichen. 4.3.1 Körperströme Durch unterschiedliche Kopplungsmechanismen (kapazitiv, induktiv und galvanisch) können Körperströme induziert werden. In den drei nachfolgenden Abbildungen sind 28 diese Mechanismen dargestellt. Die kapazitive Einkopplung eines induzierten Körperstroms durch ein zeitlich veränderliches elektrisches Feld ist in Abbildung 4.1 dargestellt. Hieran schließt sich die induktive Kopplung eines Magnetfeldes (Abbildung 4.2) an. In der letzten Abbildung dieses Abschnitts ist die galvanische Kopplung skizziert. Durch Berühren eines sich im elektrischen Feld befindlichen, isolierten Metalls einsteht ein Körperstrom (Abbildung 4.3).

View attachment 5591

4.3.2 Kontaktströme / Entladungen Körperströme und Berührungsspannungen sind Ursache für indirekte Wirkungen. Sie ergeben sich durch Annäherung oder Berührung von elektrisch leitfähigen Teilen (siehe z. B. Abbildung 4.3). Auch die Störung und Beeinflussung von Körperhilfen (z. B. Herzschrittmacher) kann als mittelbare Feldwirkung angesehen werden. In elektrischen Feldern können sich isolierte leitfähige Objekte (z. B. Kraftfahrzeuge unter Hochspannungsleitungen) aufladen, und wenn sie berührt werden, gibt es eine Wechselspannungsquelle

(Potentialunterschied) 29 Entladung (Mikroschock). Die Wahrnehmungsschwellen für Funkenentladungen und die Ströme sind abhängig von der Empfindlichkeit der betreffenden Person und den Eigenschaften des berührten Gegenstandes. So können im elektrischen Feld einer Hochspannungsleitung unter ungünstigen Umständen schon Feldstärken von bis zu 5,0 kV/m wahrgenommen werden. Bei diesen Effekten zeigte sich, dass Frauen und Kinder empfindlicher als Männer sind. Auch wenn die im Alltag auftretenden Effekte durch indirekte Wirkungen nicht sehr häufig sind und in der Regel als nicht gesundheitsschädlich angesehen werden, so können sie doch als Belästigung empfunden werden. In Tabelle 4.2 sind Wirkungen von Strömen und jeweilige Schwellenwerte zusammengetragen. Tabelle 4.2 Wirkungen elektrischer Ströme (50/60 Hz), die durch den Körper fließen (aufgrund experimenteller Daten für 50% aller Männer). Zu beachten ist, dass die Schwellenwerte für Frauen etwa 2/3, die für Kinder nur die Hälfte der angegebenen Werte betragen. Bei einem geringen Prozentsatz aller Personen liegen die Schwellenwerte deutlich niedriger [12].

4.4 Wirkungen hochfrequenter Felder 4.4.1 Einleitung Unter hochfrequenten Feldern werden zeitlich veränderliche Felder ab einer Frequenz von 100 kHz verstanden. Es besteht somit eine Überlappung mit der Definition von niederfrequenten Feldern (siehe Abschnitt 4.3). Dieser Überlapp wird betrachtet, da bereits ab 100 kHz Erwärmungen im Körper auftreten können. Im Hochfrequenzbereich ist eine getrennte Betrachtung von elektrischen und magnetischen Feldern oftmals nicht mehr möglich. Daher wird hier auch der Begriff elektromagnetische Felder verwendet.
Dieses Kapitel beschreibt die Wirkungen hochfrequenter elektromagnetischer Felder auf den Menschen und teilweise auch auf die Technik. Die ersten beiden Abschnitte dieses Kapitels beschäftigen sich mit der thermischen Wirkung und Mikrowellenhören. 33 Hieran schließen sich Teile über Kontaktströme, Entladungen und die Entzündung von brennbaren Materialien an. 4.4.2 Thermische Wirkungen Geladene Teilchen und polare Moleküle können durch elektromagnetische Felder zum Schwingen angeregt werden. Mit anderen Worten sie bewegen sich, stoßen mit anderen zusammen und versetzen diese damit auch in Bewegung. Physikalisch ist die Temperatur eines Körpers mit dieser Bewegung verknüpft. Je stärker sich die Atome oder Moleküle bewegen, desto wärmer ist der betrachtete Körper. Wasser besteht aus polaren Molekülen und lässt sich damit durch hochfrequente Felder in Schwingung versetzen bzw. erwärmen. Der Mensch besteht grob zu 80% aus Wasser und lässt sich damit auch durch HF-Felder erwärmen. Für eine mögliche gesundheitliche Wirkung (schädlich oder nicht) ist beim Menschen die Wärmewirkung wichtig. Diese hängt davon ab, wo der menschliche Körper erwärmt wird und wie gut von dort aus die Wärme abtransportiert werden kann. Gut durchblutete Bereiche des Körpers können eine lokale Erwärmung besser ausgleichen als Bereiche, die weniger gut durchblutet sind. Auch kann durch Schwitzen eine gewisse Temperaturregulation erfolgen. Mit einer gesundheitlichen Auswirkung ist erst dann zu rechnen, wenn bestimmte Schwellenwerte überschritten werden und der Körper dies nicht regulieren kann. So wird z. B. die Entstehung von grauem Star durch eine langanhaltende Überwärmung im Augenbereich begünstigt. Als Maß für die im Körper aufgenommene Energie dient die spezifische Absorptionsrate (SAR). Sie gibt die Leistung (Energie pro Zeit) an, die pro Kilogramm Gewebe absorbiert wird. Erzeugt hochfrequente Strahlung einen SAR-Wert von 4 W/kg im Mittel auf den ganzen menschlichen Körper, so wird dieser um 1 °C erwärmt. Bei körperlicher Anstrengung können auch SAR-Werte von 3 bis 5 W/kg erreicht werden. Felder unterschiedlicher Frequenzen können unterschiedlich tief in den Körper eindringen: Rundfunkbereich (~100 MHz) - 30 cm, Mobilfunk (~1 GHz) – wenige Zentimeter, Radar (~10 GHz) – weniger als ein Millimeter

(siehe Abbildung 2.9). Auch die Geometrie und Ausrichtung des Körpers im elektromagnetischen Feld (z. B. Sitzen oder Stehen) spielen eine Rolle: Bei Teil- oder Ganzkörperresonanzen nimmt der Körper besonders gut Energie auf. 4.4.3 Mikrowellenhören Unter bestimmten Umständen können kurze, starke Impulse hochfrequenter elektromagnetischer Felder als Summen oder Klicken wahrgenommen werden. Diese Wirkung wird als Mikrowellenhören bezeichnet und basiert nach gegenwärtigen Kenntnissen auf thermoelastischen Eigenschaften des exponierten Gewebes im Ohr. Diese Gewebeareale werden erwärmt und dehnen sich aus. Dadurch werden mechanische Wellen erzeugt, die im hörbaren Bereich das Innenohr stimulieren können. Für diese Wirkung sind jedoch sehr hohe Energiewerte pro Einzelimpuls notwendig, die nur in unmittelbarer Nähe zu Radaranlagen vorkommen können. 4.4.4 Kontaktströme/Entladungen Diese indirekten Wirkungen sind in vorangegangenen Abschnitt betrachtet worden. Auch im HF-Bereich können diese auftreten. Es kann beim Berühren von leitfähigen Gebilden zu Verbrennungen (sog. Hochfrequenzverbrennungen) oder Schocks kommen. 34 4.5 Zwischenfrequenzbereich Der Zwischenfrequenzbereich ist in diesem Leitfaden als der Frequenzbereich zwischen 300 Hz und 10 MHz definiert (nach WHO). In diesem Bereich können sowohl thermische als auch nichtthermische Effekte auftreten. Welcher der Effekte dominant ist hängt unter anderem sowohl von der Frequenz, als auch von der zeitlichen Form des vorliegenden EMF Signals ab. Bei der Bewertung von Feldern in diesem Frequenzbereich werden sowohl Grenzwerte für den NF-Bereich, als auch für den HF Bereich berücksichtigt. Im Frequenzbereich zwischen 300 Hz und 100 kHz treten in Haushalten immer mehr Anwendungen auf. Gerade bei geringen Abständen können einige Geräte, teilweise auch Spielzeug, Grenzwerte überschreiten. Besonders stechen hier Induktionsherde hervor. Ursache hierfür ist, dass ihr Sicherheitsstandard bei der Bewertung einen Abstand von 30 cm vorsieht und nicht die verschiedenen möglichen Anwendungsfälle [11]. 4.6 Indirekte Wirkungen 4.6.1 Indirekte Wirkung statischer Magnetfelder Die relevante indirekte Wirkung in Zusammenhang mit statischen Magnetfeldern ist die Projektilwirkung. Sind die Magnetfelder ausreichend stark, so können Kräfte auf Ferromagnetika ausgeübt werden. Beispielsweise benötigt die Technologie der Magnetresonanz(MR)-Tomographie hohe statische Magnetfelder, um eine gemeinsame Ausrichtung des Kernspins im menschlichen Körper in Feldrichtung zu ermöglichen. Das Magnet-Streufeld um solche Großmagneten (meist supraleitende Magneten von 0,1 T – 4 T, in Versuchsanlagen bis zu 10 T) erzeugt erhebliche Kraftwirkungen auf Ferromagnetika, aber auch mechanische Momente auf im Streufeld bewegte Leiter, also z. B. Aluminium- oder Kupferbehälter.

Die nicht zu vernachlässigende Gefahr ergibt sich aus der bei der Annäherung unerwartet schnell ansteigenden Kraftwirkung, die in [13] mit einem „1/r4 -Gesetz" hergeleitet wurde. Dies bedeutet, dass bei der Halbierung der Entfernung die Kraftwirkung um das 16-fache ansteigt. Ist die Anziehungskraft auf einen Gegenstand durch den Magneten größer als die wirkende Reibungskraft, so „fliegt" dieser zu dem Magneten und kann damit Personen verletzen. Starke statische Magnetfelder können somit Kräfte auf ferromagnetische Objekte ausüben. Diese Objekte können sich außer- oder innerhalb des Körpers befinden. Gerade für Implantatträger kann letzter Punkt kritisch sein (siehe auch Abschnitt 7). Auch ist es denkbar aktive Implantate, die über einen tragbaren Magneten gesteuert werden können, in starken statischen Feldern unbeabsichtigt zu „steuern". 4.6.2 Entzündung von brennbaren Materialien in HF-Feldern Als eine indirekte Wirkung ist die Entzündung von brennbaren Materialien zu erwähnen. Hierbei können durch die Verwendung von HF-Feldern Funken entstehen und zündfähige Gasgemische zur Entzündung oder zur Explosion bringen. Als Beispiel sei hier ein Hochfrequenz-Chirurgiegerät erwähnt, dass bei bestimmungsgemäßem Gebrauch Funken erzeugt. Brennbares Desinfektionsmittel kann dadurch entzündet werden. Generell hängt die Möglichkeit Funken zu bilden oft von der Geometrie des

jeweiligen leitfähigen Gebildes ab. 35 4.7 Beeinflussung von Körperhilfsmitteln Körperhilfsmittel kommen immer häufiger als Ersatz oder zur Unterstützung von geschädigten Körperteilen zur Anwendung. Inzwischen können Menschen nahezu jeder Altersstufe Körperhilfsmittel implantiert bekommen. Im Alltag und am Arbeitsplatz können elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder aufgrund unterschiedlicher physikalischer Mechanismen Implantatträger beeinflussen oder sogar schädigen. Zum Schutz von Implantatträgern wird daher sowohl in der EMFV [2] als auch in der Unfallverhütungsvorschrift DGUV-Vorschrift 15 (vormals BGV B11) bzw. DGUV-Vorschrift 16 (vormals GUV-V B11) [14] die Einhaltung besonderer Maßnahmen gefordert. Bei implantierbaren Körperhilfsmitteln wird zwischen Implantaten ohne und mit Energiequelle, d. h. zwischen passiven und aktiven Implantaten unterschieden. 4.7.1 Passive Implantate Passive Implantate übernehmen fast immer eine mechanische Funktion des Körpers. Sie haben den Zweck beeinträchtigte Körperteile ganz oder teilweise zu ersetzen, so dass die Funktion eines Körperteils verbessert oder wiederhergestellt wird. Die Implantate verbleiben entweder für einen bestimmten Zeitraum oder auf Dauer im Körper des Patienten. Die wichtigsten passiven Implantate sind: Endoprothesen (Künstliche Hüft-, Knie- und Schultergelenke) Platten, Schienen sowie Nägel und Schrauben zur Knochenstabilisation Stabilisatoren für Blutgefäße („Stent"), Aneurysma-Clips Herzklappen Gegenwärtig werden passive Implantate überwiegend aus Metall (Edelstahl, Titan, Gold) hergestellt. In zunehmendem Maße werden aber speziell entwickelte Materialien aus Kunststoffen, Keramik oder Verbundmaterial verwendet. Sie sind mechanisch stark beanspruchbar und weisen eine gute Gewebeverträglichkeit auf. Implantate aus Metall erwärmen sich bei sehr starken niederfrequenten Magnetfeldern und bei elektromagnetischen Feldern. Bei zu starker Erwärmung kann das am Implantat angrenzende Gewebe geschädigt werden. Mit der Schädigung einhergehend tritt oftmals auch eine Lockerung des Implantates auf. Bei starken statischen magnetischen Feldern (größer 100 mT), kann es speziell bei Implantaten mit ferromagnetischen Bestandteilen (z. B. Eisen, Nickel oder Cobalt) aufgrund der Kraftwirkung des Feldes zu einer Dislokation des Implantates kommen. 4.7.2 Aktive Implantate Aktive Implantate werden als Ersatz oder Unterstützung von Organfunktionen eingesetzt. Die am häufigsten implantierten Geräte sind Herzschrittmacher und Defibrillatoren. Sie verbleiben in der Regel für eine Dauer von 8 bis 10 Jahren im Körper, bis sie aufgrund der erschöpften Batterie ausgetauscht werden müssen. Beispiele für aktive Implantate sind: Herzschrittmacher Defibrillator Cochlea-Implantat Neurostimulator (z.B. Hirnschrittmacher) Medikamentenpumpe 36 Aktive Implantate sind meist aufgrund ihres elektrischen und mechanischen Aufbaus empfindlich gegenüber niederfrequenten elektrischen und magnetischen Feldern. Durch ein magnetisches Wechselfeld können z. B. Ströme direkt in die Elektronik des Implantates induziert werden und so die Funktion des Implantats störend beeinflussen. Bei Herzschrittmachern und Defibrillatoren können Funktionsstörungen auch indirekt über die Beeinflussung der Wahrnehmung erfolgen, in dem die durch Wechselfelder im Körper erzeugten Ströme (siehe Abschnitt 4.3.1) die Wahrnehmung der Herzerregung störend beeinflussen. Dies kann z. B. ein verlängertes Stimulationsintervall, eine Verhinderung der Impulsabgabe des Herzschrittmachers oder eine inadäquate Schockabgabe des Defibrillators zur Folge haben. Beeinflussungen von Herzschrittmachern und Defibrillatoren aufgrund elektrischer und magnetischer Felder sind u. a. durch Elektrohandwerkzeuge, Warensicherungs anlagen, Schweißeinrichtungen möglich (siehe hierzu auch die DGUV Information 203-043 „Beeinflussung von Implantaten durch elektromagnetische Felder", Anhang 1 [15]). Statische magnetische Felder von etwa 1 mT können die in vielen aktiven Implantaten speziell eingebauten elektrischen Schalter, z. B. Reed-Kontakte oder Hall-Effekt Schalter, auslösen und so eine Funktionsänderung bewirken. Auch im hochfrequenten Bereich kann es zu indirekten Feldwirkungen kommen. So können Sender

oder Mobiltelefone aktive Implantate unter ungünstigen Bedingungen wie z. B. bei nur geringem Abstand beeinflussen. Es gilt generell, dass bei Geräten des täglichen Lebens Beeinflussungen durch Einhaltung eines Abstandes von mindestens 30 cm zum Gerät verhindert werden können. Im beruflichen Umfeld dagegen, insbesondere an Anlagen und Maschinen, bei denen u. U. höhere Feldstärken vorliegen, können größere Abstände erforderlich sein. Weitere konkrete Schwellenwerte für passive und aktive Implantate zur Vermeidung von Beeinflussungen durch elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder finden sich im BMAS Forschungsbericht 451 [16]. 4.8 Nicht eindeutig nachgewiesene Effekte und Wirkungen Dieser Abschnitt behandelt Effekte, Wirkungen und Phänomene, die wissenschaftlich nicht eindeutig nachgewiesen sind. Gerade vor diesem Hintergrund werden diese hier eigenständig beschrieben.
Oft sind in der Bevölkerung große Ängste mit diesen Aspekten verbunden. Es soll jedoch nicht der Eindruck entstehen, dass die hier behandelten Themen irrelevant seien oder gar reine Spinnereien von Betroffenen. Vielmehr besteht hier ein großer Forschungsbedarf, um in diesen Gebieten offene Fragen zu klären und Klarheit für Betroffene schaffen zu können. Die Abschnitte dieses Kapitels behandeln elektromagnetische Hypersensibilität, zelluläre Effekte außerhalb der Reizwirkung, mutagene und teratogene Effekte, Krebs, andere Erkrankungen, athermische Effekte und gesundheitliche Effekte. 4.8.1 Mutagene und teratogene Effekte Mutagene Effekte führen zu Erbgutveränderung, teratogene Effekte beziehen sich auf Fehlbildungen durch Umwelteinflüsse. Zahlreiche Studien haben gezeigt, dass HF Felder bei Tieren teratogen wirken, wenn die Körperkerntemperatur deutlich (>1°C) durch diese erhöht wird. Es gibt allerdings keinen konsistenten Beweis für eine negative Wirkung bei elektromagnetischen Feldern unterhalb der thermischen Wirkung. Auch konnten aktuelle Studien keinen weiteren Erkenntnisgewinn bringen. 37 Es besteht daher weiterhin die Meinung, dass alles gegen eine teratogene Wirkung von HF-Feldern spricht [11]. In Bezug auf erbgutverändernde Effekte gibt es keine experimentellen oder epidemiologischen Hinweise. Studien haben den Zusammenhang zwischen der Exposition von Vätern und Krebserkrankungen der Kinder untersucht und keine verwertbare Aussage ergeben. 4.8.2 Krebs Eine oft geäußerte Sorge betrifft die Entstehung von Krebs im Zusammenhang mit der Exposition von EMF. Um die Frage zu beantworten, ob schwache niederfrequente elektrische und/oder magnetische Felder zu einer Erhöhung der Häufigkeit von Krebserkrankungen beitragen, wurden in den letzten Jahrzehnten etliche epidemiologische Studien durchgeführt. Die meisten Studien betrafen Beschäftigte in Berufen, bei denen eine höhere EMF-Exposition angenommen wurde. Ein zweiter Schwerpunkt waren Kinder in ihrer häuslichen Umgebung. Die durchgeführten Studien sind in ihrem Design sehr uneinheitlich, dennoch wurde am häufigsten folgende Frage gestellt: Hat eine langandauernde Exposition gegenüber erhöhten Magnetfeldern innerhalb der zulässigen Grenzwerte zu einer Häufung von Krebs geführt? Einige Arbeiten differenzierten dabei nicht nach der Art des Krebses, andere suchten nach einer Häufung von Leukämie oder Gehirntumoren. Eine Reihe von Studien zeigte einen schwachen Zusammenhang zwischen der Feldexposition und der untersuchten Krebsart. Die Betrachtung mehrerer Studien zusammen (Metastudie) zeigt häufig eine Erhöhung des betrachteten Krebsrisikos. Auf der anderen Seite gibt es auch eine Reihe von Studien, die keinen Zusammenhang finden konnten. Die Ergebnisse der Studien müssen aber sehr differenziert betrachtet werden und geben keinen eindeutigen Hinweis auf einen möglichen Zusammenhang.
Generell kann festgestellt werden, dass bei einer Bewertung der Ergebnisse der epidemiologischen Studien, insbesondere deren statistische Aussagekraft, die Art und Weise der Expositionsbestimmung und allgemein das Fehlen von Modellvorstellungen für eine Krebsverursachung problematisch sind. International besteht daher Übereinstimmung mit der

Konsequenz, dass in den Grenzwertüberlegungen die Ergebnisse der epidemiologischen Studien keine relevanten Schlussfolgerungen zulassen. Es gibt kein Indiz dafür, dass elektrische und magnetische Felder bei Feldstärken niederfrequenter Felder, wie sie an Arbeitsplätzen oder auch in der Wohnumgebung auftreten, Krebs auslösen können. Es wurde aber zusätzlich untersucht, ob diese Felder nicht vielleicht in der Lage sein könnten, das Wachstum von Krebs zu beschleunigen, der durch andere Ursachen ausgelöst wurde („Krebs Promotion", siehe z. B. [17]). 4.8.2.1 Epidemiologische Studien – Hochfrequente Felder Für die meisten Menschen ist die Exposition durch hochfrequente Felder am größten bei Verwendung eines Mobiltelefons. Dies hat seine Ursache darin, dass beim Telefonieren meist das Gerät direkt an den Kopf (an das Ohr) gehalten wird. In [11] werden auch Studien betrachtet, die die Nutzung von Mobiltelefonen und das Auftreten von Tumorbildung untersuchen: Es gibt nur eine geringe Beweiskraft (little evidence) zwischen moderater Nutzung von Mobiltelefonen und dem Risiko in Kopf oder Nackenregion irgendeine Art von Krebs zu bekommen. Unterstützt wird dies durch große epidemiologische Studien mit unterschiedlichen Designs. Nur eine Fallstudie zeigt eine Risikozunahme bei moderater Nutzung.
Allerdings sind die Daten 38 dieser Studie unvollständig und können daher nicht für die Beurteilung der Gefahr benutzt werden. Der Zusammenfassung von [11] kann entnommen werden, dass epidemiologische Studien im Zusammenhang mit Mobilfunk keine Zunahme des Risikos erkennen an anderen bösartigen Erkrankungen, einschließlich Krebs bei Kindern, zu erkranken. Insgesamt haben zu wenige der publizierten Studien ausreichende statistische Aussagekraft und Beobachtungsdauer, um ein potentielles geringes Risiko für Krebs über Perioden von 15 Jahren und mehr zu identifizieren. 4.8.2.2 In Vivo Studien – Hochfrequente Felder Hierbei handelt es sich um Studien, die im lebenden Organismus (z. B. Nagern) stattfinden. Der Großteil der durchgeführten Studien hat gezeigt, dass die Exposition durch Mobilfunksignale mit keiner Zunahme von Tumorbildungen verbunden ist. Auf Basis dieser Studien an Tieren (Stand 2015, [11]) wird keine krebserzeugende Wirkung angenommen („strong evidence"). Dem gegenüber steht eine NTP-Studie (2018) zur Auswirkung von Mobilfunkfeldern auf Mäuse und Ratten [18], [19]. Nach dieser Studie konnte unter anderem eine Tumorbildung (abhängig von Art der Tumore und Position im Körper) bei Ratten festgestellt werden. Die lebenslangen Ganzkörperexpositionen der Tiere lagen weit oberhalb der beim Mobilfunk typischerweise vorliegenden Werte. Kritsch gesehen wird, ob die als signifikant im Hinblick auf eine Evidenz ermittelten Ergebnisse nicht doch durch erhöhte Körpertemperaturen und dadurch bewirkten Stress zumindest beeinflusst wurden. In einer weiteren geplanten Studie sollen solche Effekte untersucht werden. Darüber hinaus wurden in einer anderen Studie im Ramazzini-Institut in gewisser Hinsicht die Ergebnisse der NTP-Studie bestätigt, und zwar bei Expositionen, die denjenigen durch Basisstationen entsprechen [20]. Die Ergebnisse werden aber zum Teil kontrovers diskutiert. 4.8.2.3 In Vitro Studien – Hochfrequente Felder Bei In Vitro Studien wird an Zellen geforscht. In Bezug auf die Exposition durch hochfrequente Felder bei typischen für die Allgemeinbevölkerung zugänglichen Werten konnten keine Effekte festgestellt werden, obwohl in manchen Fällen Brüche im DNA-Strang und Störungen in der Helix (spindle disturbance) beobachtet werden konnten. 4.8.2.4 Studien im Bereich zwischen 300 Hz und 100 kHz In diesem Bereich sind immer noch zu wenige Studien verfügbar. Es wurden auch keine epidemiologischen Studien durchgeführt. Vor dem Hintergrund einer zunehmenden Exposition wäre dies allerdings wünschenswert. 4.8.2.5 Studien im Bereich unterhalb von 300 Hz Niederfrequente elektrische oder magnetische Felder, die bei der Übertragung elektrischer Energie (Hochspannungs-Freileitungen) vorhanden sind, werden in Zusammenhang mit einem vergrößerten Risiko für Leukämie bei Kindern gebracht. Neue epidemiologische Studien sind konsistent mit

früheren Erkenntnissen: Sie zeigen eine Korrelation zwischen magnetischen Feldern und Kinderleukämie. Das Risiko erhöht sich bei Überschreitung täglicher Exposition von über 0,3-0,4 µT (ca. 5% der Bevölkerung). Ein Wirkungsmechanismus konnte jedoch nicht identifiziert werden. Sollte ein kausaler Zusammenhang existieren, könnten weniger als 1-4 % der Fälle 39 von Kinderleukämie in Zusammenhang mit der Exposition durch niederfrequente magnetische Felder gebracht werden [11], [21]. Niederfrequente Magnetfelder werden von der IARC seit 2001 in Gruppe 2B „möglicherweise karzinogen" eingestuft [22]. Diese Einstufung basiert auf epidemiologischen Studien zu Kinderleukämie. Anmerkung: Die Einordnung in Gruppe 2B erfolgt vor dem Hintergrund, dass Evidenz beim Menschen vorliegt, die als glaubwürdig gilt, wofür aber andere Erklärungen nicht ausgeschlossen werden können. 4.8.3 Elektromagnetische Hypersensibilität Es berichten immer wieder Menschen darüber, dass sie überempfindlich auf nieder und hochfrequente elektromagnetische Felder reagieren, die von Handys, Computern, WLAN-Routern, Mikrowellengeräten, Funkmasten, Radargeräten oder Stromleitungen erzeugt werden. Die betroffenen Personen gehen davon aus, dass elektromagnetische Felder unspezifische körperliche Symptome wie beispielsweise Kopfschmerzen, Schlafstörungen, Appetitlosigkeit, Hautirritationen, Reizbarkeit, Konzentrationsschwäche oder Muskelschmerzen verursachen. Dieses Phänomen wird als elektromagnetische Hypersensibilität (auch Elektrosensibilität oder Elektroallergie) bezeichnet und wird – wie das chronische Erschöpfungssyndrom oder die vielfache Chemikalienunverträglichkeit – von der Weltgesundheitsorganisation (WHO) zu den Umwelterkrankungen ohne erkennbare Ursache (medizinisch: idiopathisch) gezählt. In dieser Gruppe werden Erkrankungen zusammengefasst, die sich durch das Auftreten von unspezifischen Symptomen auszeichnen, für die bisher keine pathophysiologische Ursache bzw. kein Wirkmechanismus gefunden werden konnte. Dennoch stellen die Beschwerden für die Betroffenen meist eine große Belastung dar. Sie fühlen sich häufig in ihrem Alltag und in ihrer Leistungsfähigkeit stark eingeschränkt. Als Folge dessen ziehen sich einige der betroffenen Personen immer weiter aus ihrem Arbeitsumfeld sowie ihrem sozialen Umfeld zurück. Für Personen, die sich als elektrosensibel bezeichnen, ist es besonders problematisch, dass es bisher keine zuverlässigen diagnostischen Kriterien gibt, anhand derer abgegrenzt werden kann, ob die Symptome durch die Wirkungen von elektromagnetischen Feldern oder durch andere Ursachen hervorgerufen werden. Betroffene wenden sich meist an Hausärzte, Heilpraktiker und/oder Baubiologen, die allerdings häufig nur unzureichende Kenntnis über die Wirkungen von elektromagnetischen Feldern besitzen. Bereits zwischen 1996 und 1997 hat die Europäische Kommission ein Projekt über „Possible Health Implications of Subjective Symptoms and Electromagnetic Fields" gefördert [23]. Damit sollte ein Statusbericht über mögliche Auswirkungen von elektromagnetischen Feldern auf die Gesundheit erstellt werden, der die Lage in den verschiedenen europäischen Ländern beschreibt. Außerdem erwartete die Europäische Kommission Empfehlungen für ein weiteres Vorgehen. Die Projektgruppe setzte sich aus elf Wissenschaftlern aus sechs europäischen Ländern zusammen. Anhand von Fragebögen, die an entsprechende Selbsthilfegruppen sowie an spezialisierte umwelt- und arbeitsmedizinische Zentren in den verschiedenen europäischen Ländern gerichtet wurden, konnten Daten zur Häufigkeit von elektromagnetischer Hypersensibilität in der Bevölkerung, zur Art der Symptome, zum Ausmaß der Beeinträchtigung der betroffenen Personen und zu Situationen, in denen die Beschwerden auftreten, erhoben werden. Dem EU-Bericht sind folgende Schlussfolgerungen zu entnehmen (vgl. [23]): 40 Wissenschaftliche Untersuchungen konnten keinen ursächlichen Zusammenhang zwischen gesundheitlichen Beeinträchtigungen und den Wirkungen von elektrischen, magnetischen oder elektromagnetischen Feldern nachweisen. Gleichermaßen konnte bisher kein

Wirkmechanismus identifiziert worden, der die Symptome hervorruft. Es fehlen zuverlässige, diagnostische Kriterien. Die Häufigkeit von Personen in der Bevölkerung, die sich als elektrosensibel beschreiben, variiert beträchtlich zwischen den einzelnen Ländern.
Die Betroffenen führen ihre Beschwerden auf unterschiedliche elektromagnetische Quellen zurück. Verantwortlich für das Auftreten der Symptome ist wahrscheinlich eine Kombination aus internen und externen Faktoren. Da elektromagnetische Hypersensibilität ein offensichtlich multifaktorielles, heterogenes Syndrom ist, sollte bei der Behandlung ein breiter Ansatz gewählt und möglichst viele Faktoren berücksichtigt werden. Es gibt Hinweise, dass psychosomatische Erkrankungen bzw. Prädispositionen eine wichtige Rolle für das Auftreten bzw. die weitere Ausprägung des Syndroms spielen. Medizinische Untersuchungen von Personen, die sich als elektrosensibel bezeichnen, haben ergeben, dass bisweilen andere Erkrankungen vorliegen, die oft behandelbar sind. Das Beschwerdebild entwickelt sich weniger ausgeprägt, wenn frühzeitig Therapiemöglichkeiten angeboten werden. In Nordeuropa richtet sich ein wesentlicher Teil der Forschung zu elektromagnetischer Hypersensibilität auf das Auftreten von Symptomen in Verbindung mit Bildschirm-Arbeitsplätzen. In anderen Ländern wie der Schweiz, Österreich und Deutschland konzentriert man sich vorwiegend auf die Untersuchung des Einflusses von Hochspannungsleitungen und Mobilfunk Sendestationen auf Belastungen im privaten Bereich. In den letzten 25 Jahren sind zahlreiche weitere Studien durchgeführt worden, die elektromagnetische Hypersensibilität sowohl experimentell als auch anhand von Umfragen in der Bevölkerung untersucht haben. Die meisten Schlussfolgerungen des EU-Berichtes wurden durch die neugewonnenen Erkenntnisse bestätigt. Nach Bewertung der wissenschaftlichen Studienlage hat die WHO in ihrem im Jahr 2005 veröffentlichten Fact Sheet No 296 [24] dargelegt, dass es keinen ursächlichen Zusammenhang zwischen der Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern und dem Auftreten der Symptome gibt, über die Elektrosensible berichten. Gleichermaßen weisen auch die Deutsche Strahlenschutzkommission und der Wissenschaftliche Ausschuss „Neu auftretende und neu identifizierte Gesundheitsrisiken" (SCENIHR) der Europäischen Kommission in ihren Stellungnahmen von 2009 [25], 2011 [26] und 2015 [11] darauf hin, dass die Beschwerden mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht auf elektromagnetische Felder zurückzuführen sind. Allerdings ergaben epidemiologische Studien, die in verschiedenen Ländern durchgeführt wurden, dass die Zahl der Personen, die sich als elektrosensibel bezeichnen, zugenommen hat. Demzufolge berichten 1,5 % bis 13,3 % der Bevölkerung über unspezifische Beschwerden, die sie mit den Wirkungen von elektromagnetischen Feldern in Verbindung bringen. Eine Rolle bei dieser Entwicklung könnte die in der Öffentlichkeit und in den Medien stärker in den Vordergrund gerückte Diskussion über potentielle Gefahren 41 elektromagnetischer Felder auf die Gesundheit spielen.
Allerdings werden diese Diskussionen mit unterschiedlicher Sachkenntnis geführt und lösen in der Bevölkerung zunehmend eine Verunsicherung aus. Viele Menschen sehen daher eine Gefahr in elektrischen Geräten, drahtlosen Anwendungen, Funkmasten oder Hochspannungsleitungen und ziehen in Betracht, dass körperliche Beschwerden ungeklärter Ursache auf die Wirkungen von elektrischen und magnetischen Feldern zurückgeführt werden können. Demgegenüber stehen jedoch zahlreiche wissenschaftliche Befunde [24] [27] , dass die Symptome bei einem nicht unerheblichen Teil der Betroffenen durch psychosomatische Erkrankungen hervorgerufen werden können. Einige Forscher haben in diesem Zusammenhang insbesondere die Rolle des sogenannten Nocebo Effekts diskutiert. Bei diesem Effekt treten die Symptome als Folge einer negativen Erwartungshaltung der betroffenen Person auf: Sie verstärken sich, sobald die Person annimmt, einem elektromagnetischen Feld ausgesetzt zu sein. Weiterhin werden Neigungen zu

Angststörungen, psychosoziale Probleme, Stress, ein generell verschlechterter Gesundheitszustand und ein Ungleichgewicht in der Regulie rung des autonomen Nervensystems als mögliche Ursachen der Symptome diskutiert. Fragebogenstudien haben zudem ergeben, dass Betroffene ein erhöhtes Risikobe wusstsein für elektromagnetische Felder aufweisen und Frauen häufiger als Männer angeben, unter elektromagnetischer Hypersensibilität zu leiden [23], [24], [28].
Bestätigt wurde weiterhin, dass Personen, die sich als elektrosensibel bezeichnen, eine sehr heterogene Gruppe bilden und sich hinsichtlich der Art und Intensität der Symptome sowie der Zeitspanne im Auftreten bzw. Abklingen der Symptome stark unterscheiden. In den letzten Jahren wurde mehrfach diskutiert, dass nicht auszuschließen ist, dass es einige wenige Personen gibt, die tatsächlich überempfindlich auf elektromagnetische Felder reagieren und bei denen ein ursächlicher Zusammenhang zwischen elektromagnetischen Feldern und gesundheitlichen Beschwerden besteht. Da in den meisten Studien die selbst diagnostizierte Elektrosensibilität meist das einzige Kriterium für die Teilnahme war, ist anzunehmen, dass solche Einzelfälle – sofern es sie gibt – in heterogenen Studiengruppen weitgehend unentdeckt geblieben sind. Allein die Tatsache, dass es einzelne Menschen gibt, die unter schweren gesundheitlichen Problemen leiden, ist Grund genug für eine entsprechende medizinische Betreuung. Auch die Tatsache, dass die meisten Menschen, die sich als elektrosensibel bezeichnen, nur schwache Symptomausprägungen zeigen, erfordert ein entsprechendes Vorgehen. Besonders wichtig ist, dass diese Personen ernst genommen und ihre Beschwerden analysiert und entsprechend behandelt werden. Es konnte mehrfach gezeigt werden, dass die Kognitive Verhaltenstherapie (englisch: cognitive behavioural therapy) ein vielversprechendes Instrument bietet, die Beschwerden der betroffenen Personen zu lindern. Die Therapieform basiert auf der Annahme, dass bestimmte Überzeugungen und negative Stimmungslagen der Betroffenen das Auslösen der Symptome begünstigen können. Den Betroffenen werden während der Therapie Strategien vermittelt, um mit ihren Beschwerden besser im Alltag zurechtzukommen. Ebenso werden sie dabei unterstützt, ihre Verhaltensweisen und Grundeinstellungen zu korrigieren und andere Ursachen als elektromagnetische Felder für ihre Beschwerden in Betracht zu ziehen. Da bisher keine abschließenden Erkenntnisse zu den Ursachen und Wirkmechanismen der elektromagnetischen Hypersensibilität vorliegen, besteht weiterhin Forschungsbedarf auf diesem Gebiet. Dieser setzt sich vor allem aus folgenden Punkten zusammen (vgl. [23]): 42 umfassende Charakterisierung der Betroffenengruppe (Art und Intensität der Symptome, zeitlicher Verlauf des Auftretens und Abklingens der Symptome, mögliche andere zugrundeliegende Krankheitsursachen)
Untersuchung eines möglichen Zusammenhangs zu anderen idiopathischen Umwelterkrankungen wie das Amalgamsyndrom, das chronische Erschöpfungssyndrom, das Sick-Building-Syndrom oder die vielfache Chemikalienunverträglichkeit effiziente Therapieformen, mit denen die Beschwerden der betroffenen Personen behandelt werden können kombinierte Datenerhebung, bei der gleichzeitig die Belastung durch elektromagnetische Felder im Alltag gemessen wird und die Symptome dokumentiert werden. Zusätzlich zur Bearbeitung von Forschungsfragen sollte das Bewusstsein, dass die Symptome auch durch andere Ursachen als elektromagnetische Felder hervorgerufen werden können, sowohl bei Betroffenen, Ärzten, Medienvertretern als auch Entscheidungsträgern im Gesundheitswesen und in der Politik gestärkt werden. 4.8.4 Weitere gesundheitliche Effekte In den vorangegangenen Abschnitten liegt ein Hauptaugenmerk auf Krebs und ähnlichen Erkrankungen. Dieser Abschnitt soll noch andere Effekte ergänzen. Ein Teil der aufgeführten Effekte kann auch wieder mit Krebs in Verbindung stehen (z. B. Zellwachstum oder DNA-Strangbrüche). Ein DNA-Strangbruch ist jedoch nicht mit Krebs gleich zu setzen. Die möglichen Effekte werden auch als athermische Effekte bezeichnet, da sie in ihrer biologischen

Wirkung mit keiner Wärmewirkung verbunden sind, jedoch eine Reaktion des Körpers hervorrufen können. Was wurde bisher untersucht? Es gibt eine Vielzahl von Untersuchungen, die sich mit athermischen Effekten beschäftigen. Nachfolgend sind exemplarisch einige Themen aufgeführt, mit denen sich Studien beschäftigt haben: Bestimmung der Expositionsdauer, bis sich ein Effekt zeigt [29] Festlegung, ob aktive Zellen sensibler auf Strahlung reagieren als inaktive Zellen [29] Klärung, ob bestehende Zell- oder DNA-Schäden durch EMF-Exposition verstärkt werden [29] DNA-Strangbrüche, Genexpression, Chromatin-Konformation [29], [30] Veränderung im EEG (Hirnaktivität) [31] Zellwachstum, Zellüberleben, Verteilung des Zellzyklus [32] Schlaf [33] Es gibt eine Reihe von Publikationen, in denen teilweise über Veränderungen der o. g. Parameter nach Applikation von elektromagnetischen Feldern berichtet wurde, ohne dass dabei eine Erwärmung des Systems messbar war. Dabei sind allerdings nur solche Veränderungen als gesundheitlich relevant anzusehen, die über die Auslenkung der physiologischen Normen hinausgehen. 4.8.4.1 Mobilfunk – Erkenntnisse außerhalb der Krebsthematik Im Frequenzbereich oberhalb von ca. 10 MHz, also auch beim Mobilfunk, liegen die Schwellenwerte für nicht-thermische Mechanismen (z. B. Membraneffekte, Kraftwirkungen auf Zellen und molekulare Strukturen) weit oberhalb der 43 Schwellenwerte für thermische Reaktionen. Die Grenzwerte in diesem Frequenzbereich wurden aufgrund thermischer Reaktionen festgelegt und decken diese somit ab. Gerade mit dem zunehmenden Ausbau der Mobilfunknetze wird von Symptomen und gesundheitlichen Effekten berichtet. Hierzu zählen oft unspezifische Beschwerden wie z. B. Kopfschmerzen, Migräne, physische und psychische Leistungsschwäche, chronische Erschöpfung, leichte Reizbarkeit, allgemeines Krankheitsgefühl, Schwindelgefühl, Schlaf-, Konzentrationsstörungen und Appetitlosigkeit. Diskutiert wird dabei insbesondere die Wirkung niederfrequent modulierter Felder des Mobilfunks, wobei ein besonderes Augenmerk vor allem auf den Langzeiteffekten liegt, weitere Infos siehe im obigen Abschnitt über Elektromagnetische Hypersensibilität. 4.8.4.2 Neurodegenerative Erkrankungen und Reproduktion Es wurden epidemiologische Untersuchungen publiziert, die sich mit dem Zusammenhang zwischen dem Auftreten verschiedener neurodegenerativer Erkrankungen und der Exposition mit Magnetfeldern befassen.
Die Studien zeigen keinen klaren Effekt, allerdings ist ihre Beweiskraft begrenzt. Weitere Studien stützen auch keinen kausalen Zusammenhang zwischen niederfrequenten Feldern und den selbst-berichteten Symptomen (Erfahrungsberichte). Auch gibt es keinen Beweis für die negative Beeinflussung von Schwangerschaften durch niederfrequente Magnetfelder. Gleiches gilt für die Reproduktion [11]. 4.8.5 Bewertung der aktuellen Forschung Wie schon in den vorangegangenen Kapiteln angesprochen wird von Teilen der Allgemeinbevölkerung der Ausbau des Mobilfunknetzes mit Sorgen und Ängsten betrachtet. Daher werden in diesem Kapitel aktuelle wissenschaftliche Erkenntnisse in Bezug auf die Exposition mit Hochfrequenzfeldern kurz zusammengestellt. Die dargestellten Erkenntnisse erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit, jedoch soll verdeutlicht werden welcher Erkenntnisstand zum Zeitpunkt des Verfassens dieses Leitfadens vorlag. Die Forschung an einem Aspekt elektrischer oder magnetischer Felder bedeutet für viele, dass dabei etwas gefährlich oder schädlich sein muss. Es ist jedoch nötig bestehendes Wissen zu überprüfen und auch neue Erkenntnisse sammeln zu können. Die aktuelle Forschung wird durch wissenschaftliche Ausschüsse bewertet und dann in Form einer Meinung oder eines Berichtes veröffentlicht. Zwei seien hier nochmal genannt: Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks (SCENIHR, jetzt SCHEER) und die Weltgesundheitsorganisation (WHO).
Die aktuellsten Dokumente sind der Weltkrebsreport der WHO [21] und die SCENIHR Opinion on Potential health effects of exposure to electromagnetic fields [11]. Der SCENIHR Opinion [11] können folgende Aussagen entnommen werden: Epidemiologische Studien zeigen in Bezug auf die

Exposition durch Mobiltelefone kein erhöhtes Risiko von Gehirntumoren. Auch deutet nichts auf eine Risikoerhöhung von Krebs in der Kopf- und Nackenregion hin. Einige Studien werfen Fragen bzgl. einer Risikoerhöhung von Gliomen und akustischen Neuromen bei Vielnutzern von Mobiltelefonen. Weitere Studien konnten eine Risikozunahme für Gliome nicht bestätigen; für akustische Neuromen besteht noch Unklarheit. Ein möglicher Einfluss auf die Gehirnaktivität durch die Exposition mit hochfrequenten Feldern wird weiter gestützt. 44 Insgesamt besteht ein Mangel an Beweisen, dass Exposition mit hochfrequenten Feldern kognitive Funktionen der Menschen beeinflusst. Die konsistenten Ergebnisse von mehreren Doppelblindexperimenten deuten stark darauf hin, dass mit Kurzzeitexposition von hochfrequenten Feldern ausgelöste Symptome nicht durch HF-Felder verursacht werden. Für Symptome, die mit einer Langzeitexposition zusammenhängen, ist der Beweis von Beobachtungsstudien konsistent und steht gegen einen kausalen Effekt. Es bestehen allerdings Lücken, meist in der objektiven Aufzeichnung der Exposition. Studien zu neurologischen Erkrankungen und Symptomen zeigen keine klare Wirkung, allerdings ist die Beweiskraft begrenzt. Studien zu einem Einfluss auf die männliche Fruchtbarkeit sind bisher von geringer Qualität und haben geringe Beweiskraft. Bei hochfrequenten Feldern mit nichtthermischem Expositionsniveau bestehen keine negativen Effekte auf die Reproduktion und Entwicklung. Studien am Menschen in Bezug auf die Entwicklung und Verhaltensprobleme von Kindern haben widersprüchliche Ergebnisse ergeben und haben auch Einschränkungen in der gewählten Untersuchungsmethode. In [21] sind folgende Punkte in Bezug auf hochfrequente EMF dargestellt: Hochfrequente elektromagnetische Felder werden als möglicherweise krebserzeugend (Gruppe 2B) beim Menschen eingestuft. Studien bei sehr starker Nutzung von Mobiltelefonen haben ein erhöhtes Risiko von Gliomen und akustischen Neuromen festgestellt. Eine dänische landesweite Studie zeigt kein erhöhtes Risiko bei der Entstehung von Gehirntumoren bei Nutzern von Mobiltelefonen. Eine starke Zunahme von Hirntumoren und Nutzung von Mobiltelefonen konnte ausgeschlossen werden, und zwar zumindest bei relativer Kurzzeitnutzung. Es wurde kein Zusammenhang zwischen der Benutzung von Mobiltelefonen und anderen Krebsarten beobachtet. Einige großangelegte Studien im Zusammenhang mit Krebs bei Kindern und elektromagnetischen Feldern, die durch Hochleistungsfernsehsender und oder Radiosender erzeugt werden, ergab Inkonsistenzen oder keinen Zusammenhang. Anhand der oben aufgeführten Punkte wird deutlich, dass viele Ängste in der Bevölkerung nach bisherigem Erkenntnisstand unbegründet sind. Allerdings wird auch klar, dass viele Fragen noch offen sind und weitere Forschung nötig ist.

RICHTLINIEN FÜR DIE BEGRENZUNG DER EXPOSITION.pdf

Revision #2
Created 20 October 2025 03:07:34 by investigatione
Updated 20 October 2025 03:08:43 by investigatione