

Aus dem Institut und Poliklinik für Arbeits- und Umweltmedizin
der Ludwig-Maximilians-Universität München
Vorstand: Prof. Dr. med Dennis Nowak

Krebsentstehung durch nieder- und hochfrequente elektromagnetische
Felder im beruflichen und außerberuflichen Bereich?
- Eine Literaturübersicht -

Dissertation
zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin
an der Medizinischen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Thomas Jurda

Aus
München

Jahr
2003

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. D. Nowak

Mitberichterstatter: Prof. Dr. Dr. h.c. E. Lengfelder

Mitbetreuung durch den
promovierten Mitarbeiter: PD Dr. rer. biol. hum. Katja Radon MSc

Dekan: Prof. Dr. med. Dr. h.c. K. Peter

Tag der mündlichen
Prüfung: 10. Juli 2003

1.	Einleitung.....	4
1.1	Physikalische Grundlagen	5
1.2	Biologische Grundlagen	7
1.3	Mögliche Confounder für epidemiologische Studien.....	8
2.	Zielsetzung	9
3.	Methoden und Material	10
3.1	Auswahl der Studien.....	10
3.2	Experimentelle Studien.....	10
3.3	Epidemiologische Studien	11
4.	Ergebnisse	13
4.1	In vitro-Experimente.....	13
4.1.1	Melatonin-Hypothese.....	13
4.1.2	Transkriptions- und Expressionsschäden.....	14
4.1.3	Calcium-Signalweg.....	17
4.1.4	Freie Radikale	18
4.1.5	Ornithindecaboxylase	18
4.1.6	Die Radon-Hypothese	19
4.2	In vivo-Experimente	20
4.2.1	Melatoninhypothese	20
4.2.2	In vivo-Experimente zu Chromosomenveränderungen	21
4.2.3	In vivo-Experimente zur Karzinogenese	22
4.2.4	In vivo-Experimente zu Tumorpromotion und Copromotion.....	23
4.2.4.1	Hautkrebs.....	23
4.2.4.2	Brustkrebs.....	24
4.2.4.3	Lebertumore, Leukämie.....	24
4.2.4.4	Durch UV-Strahlung induzierte Tumoren	25
4.2.5	In vivo-Experimente nach Implantation von Tumorzellen.....	25
4.3	Zusammenfassung	26
4.4	Epidemiologische Studien	27
4.4.1	Außerberufliche Exposition	27
4.4.1.1	Kinder und Jugendliche	27
4.4.1.1.1	Leukämie	27
4.4.1.1.2	Gehirntumore.....	37
4.4.1.1.3	Brustkrebs.....	40
4.4.1.1.4	Alle Krebsarten.....	40

4.4.1.2 Erwachsene	40
4.4.1.2.1 Leukämie	41
4.4.1.2.2 Gehirntumore.....	42
4.4.1.2.3 Brustkrebs.....	43
4.4.1.2.4 Andere Krebsarten.....	46
4.4.1.2.5 Krebs allgemein.....	46
4.4.2 Berufliche Exposition	47
4.4.2.1 Leukämie	47
4.4.2.2 Gehirntumore.....	57
4.4.2.3 Brustkrebs.....	62
4.4.2.4 Andere Krebsarten.....	69
4.4.2.5 Krebs allgemein.....	70
4.4.3 Exposition mit hohen Frequenzen	72
4.4.3.1 Leukämie	72
4.4.3.2 Gehirntumore.....	73
4.4.3.3 Andere Krebsarten.....	74
4.4.3.4 Krebs allgemein.....	74
4.4.4 Berufliche und außerberufliche Exposition	75
4.4.5 Krebs bei Kindern beruflich Exponierter.....	76
5. Diskussion.....	77
5.1 Experimentelle Studien.....	77
5.2 Epidemiologische Studien	78
5.3 Poweranalyse.....	80
6. Zusammenfassung.....	74
7. Anhang	85
7.1 Tabellenverzeichnis.....	85
7.2 Tabellen	88
7.3 Literaturverzeichnis.....	148
7.4 Lebenslauf	177

1. Einleitung

Das öffentliche Interesse am möglichen Zusammenhang zwischen der Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern und der Erkrankung an Krebs ist seit einer 1979 vorgelegten Studie, die einen zwei- bis dreifachen Anstieg an Krebserkrankungen bei Kindern nachwies, die nahe an Stromleitungen wohnten (Wertheimer und Leeper 1979), stark gestiegen. Es wurde ein Zusammenhang mit magnetischer Strahlung vermutet, da diese, im Gegensatz zu elektrischer Strahlung, in der Lage ist, normale Gebäude zu durchdringen. Dies war der Beginn intensiver Forschung mit epidemiologischen und experimentellen Ansätzen, die sich mit dem Zusammenhang zwischen elektromagnetischen Feldern und Krebs befaßte.

Untersucht wurden die Krebsrate bei Kindern und Erwachsenen, die in der Nähe von Hochspannungsleitungen und normalen Versorgungsleitungen wohnten, der Zusammenhang mit ihrem Stromverbrauch oder mit der Nutzung elektrischer Geräte im Haushalt.

In immer stärkerem Maße sind auch hochfrequente Felder, wie sie zum Beispiel durch Funktelefone entstehen, von Interesse. Beiden Arten von Feldern ist gemeinsam, daß sie ubiquitär vorkommen und aus der heutigen, hochtechnisierten Welt kaum wegzudenken sind. Niemand kann sich ihnen ganz oder dauernd entziehen.

Der Zusammenhang zwischen beruflicher Exposition durch elektromagnetische Felder und Krebsinzidenz war ein weiterer Schwerpunkt der Forschung, hier sind vor allem die wesentlich höheren Feldstärken von Interesse. Auch im beruflichen Bereich gibt es neben der Belastung durch niederfrequente Felder (etwa im Elektrizitätswerk) Belastungen im Mikro- oder Radiowellenbereich, etwa in Radaranlagen oder der elektronischen Industrie.

Eine große Herausforderung auf dem Gebiet der elektromagnetischen Felder ist dabei nach wie vor die Expositionsabschätzung, wobei hauptsächlich zwei Methoden angewandt wurden. Zum einen wurde hierfür die konkrete Messung der tatsächlichen Feldstärke zu einem bestimmten Zeitpunkt verwendet. Zum anderen wurde vielfach die Abschätzung der kumulativen Belastung über einen gewissen Zeitraum hinweg verwendet zum Beispiel durch die Entfernung zu einer Stromleitung und den sogenannten „historic load“, den Stromdurchfluß in dieser Leitung in der Vergangenheit. Des weiteren wurde die Belastung über den Beruf oder den Stromverbrauch abgeschätzt.

Neben epidemiologischen Untersuchungen existiert eine Vielzahl von experimentellen Studien, die versuchen, die Mechanismen für eine mögliche Krebsentstehung durch elektromagnetische Felder zu klären. Es werden mehrere Mechanismen diskutiert, auch ist noch offen, ob elektromagnetische Felder, wenn sie zur Entstehung beitragen, den Krebs initiieren oder ob sie im Sinne einer Promotion oder

Co-Promotion dazu beitragen, daß sich Krebs entwickelt, nachdem er aus anderen Ursachen entstanden ist.

1.1 Physikalische Grundlagen

Elektromagnetische Felder werden nach ihrer Frequenz eingeteilt (s. Abb. 1).

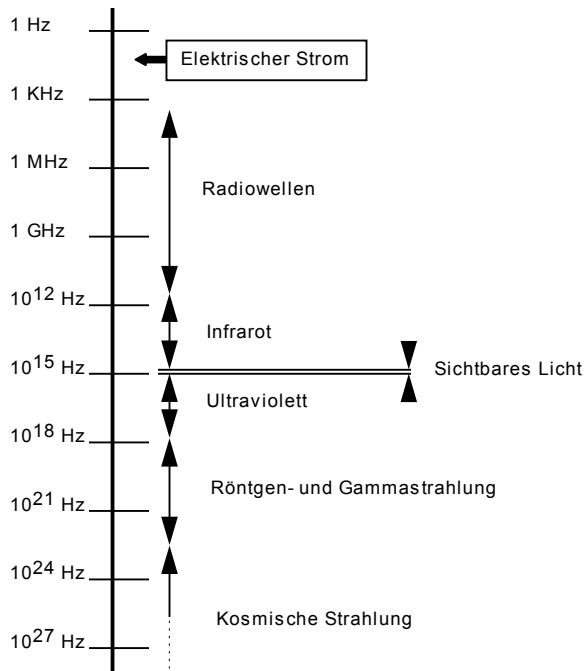


Abbildung 1: Das Frequenzspektrum elektromagnetischer Felder

Die von Haushaltsstrom (50 Hz in Europa, 60 Hz in den USA) oder Bahnstrom (16,67 Hz) erzeugten Felder gehören zu den elektromagnetischen Feldern extrem niedriger Frequenz („extremely low frequency electromagnetic fields“ oder „ELF-EMF“).

Im Radiowellenbereich (10 MHz bis 300 GHz) ist der Mikrowellenbereich (300 Mhz bis 300 Ghz) enthalten. Diese sogenannten hochfrequenten Felder („high-frequency fields“ oder HF-fields) entstehen zum Beispiel durch Funktelefone (800-900 MHz und 1,8-2,2 GHz, je nach Netz), Mikrowellenherde (2450 Hz), oder Radaranlagen (>3000 Hz).

Felder höherer Frequenz (auf die hier nicht eingegangen werden soll) findet man bei Infrarot- und Ultraviolettstrahlung (IR und UV), bei Röntgen- und Gamma-Strahlung und schließlich bei der kosmischen Strahlung.

Radiowellen werden oft durch ein weiteres Signal niedrigerer Frequenz moduliert. So können sie zum Beispiel Informationen weiterleiten. Die häufigsten Formen der Modulation sind Amplitudenmodulation, Frequenzmodulation und Pulsmodulation (siehe Abbildung 2).

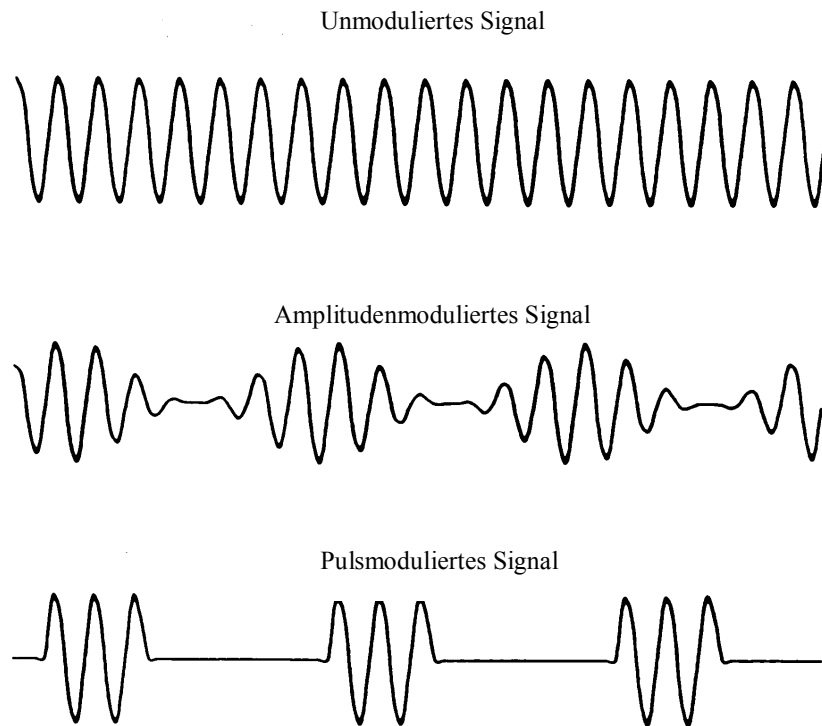


Abbildung 2 Modulation hochfrequenter Wellen (nach Juutilainen und des Seze 1998)

Bei der Amplitudenmodulation wird die Amplitude der Trägerwelle durch das niederfrequente Signal moduliert. Ähnlich wird bei der Frequenzmodulation die Frequenz in einem engen Bereich nahe der Grundfrequenz moduliert. Eine Sonderform der Amplitudenmodulation ist die Pulsmodulation. Sie wird zum Beispiel beim europäischen (GSM) oder amerikanischen (DAMPS) Mobilfunksystem benutzt, während beim analogen Mobilfunk frequenzmodulierte Signale verwendet werden. Pulsmodulierte Signale hoher Intensität und mit kurzen Pulsen findet man z.B. bei Radaranlagen.

Die Intensität der Felder wird für nieder- und hochfrequente Felder unterschiedlich bestimmt. Für Felder, die durch Stromleitungen, Haushaltsgeräte etc., also niederfrequente Wechselströme, entstehen, wird zur Dosimetrie üblicherweise die magnetische Flußdichte in Tesla (T) angegeben.

Die „Hintergrundstrahlung“ in der Umgebung erreicht Flußdichten von bis zu 10^{-13} T (Lacy-Hulbert et al. 1998). In 50 cm Abstand von einem Fön werden zum Beispiel $30 \mu\text{T}$ gemessen (Lacy-Hulbert et al. 1998), in unmittelbarer Nähe einer Heizdecke über $10 \mu\text{T}$ (Vena et al. 1991). Durch elektrische Geräte verursachte Felder lassen aber mit zunehmender Entfernung in ihrer Flußdichte stark nach ($1/s^2$), so daß in 1 m Abstand meist kein Feld mehr nachgewiesen werden kann.

In Wohnungen mit elektrischer Heizung findet man Flußdichten von $0,08$ bis $0,16 \mu\text{T}$ (Valjus 1996), während durch Stromleitungen verursachte Felder in Wohnungen nach einer französischen Untersuchung in der Regel zwischen $0,01$ und $1 \mu\text{T}$ betragen (Lacy Hulbert et al. 1998). Diese Angaben gelten

für Europa (Wechselstrom mit 50 Hz, 220/230 V). In Ländern mit anderer Stromversorgung, etwa den USA (Wechselstrom mit 60 Hz, 110 V) herrschen andere Feldstärken vor.

Bei hochfrequenten Feldern, wie sie zum Beispiel durch Mobiltelefone verursacht werden, wird zur Dosimetrie die spezifische Absorptionsrate (SAR) verwendet. Sie wird in Watt pro Kilogramm (W/kg) angegeben und beträgt bei Mobiltelefonen zum Beispiel durchschnittlich $8,1 \cdot 10^{-4}$ bis $2,35 \cdot 10^{-3}$ W/kg mit Spitzen von bis zu 1,9 W/kg (Rothman et al. 1996 a).

1.2 Biologische Grundlagen

Im Gegensatz zu niederfrequenten Feldern, deren Energie im allgemeinen nicht ausreicht um Gewebe zu erwärmen, werden bei hochfrequenten Feldern drei Arten der Exposition nach ihrem Effekt gegenüber des exponierten Gewebes unterschieden. Bei hoher Exposition steigt die Körpertemperatur des exponierten Organismus trotz körpereigener Gegenregulation an, somit wird ein thermischer Effekt erzielt. Bei der mittleren Exposition hält die Thermoregulation die Körpertemperatur konstant. Im niedrigen Expositionsbereich wird weder die Körpertemperatur verändert noch kommt es zu Wirkungen auf die Thermoregulation. Die letzten beiden Arten der Exposition (auch „athermale Exposition“ genannt) sind im Zusammenhang mit Krebsinitiation oder -promotion interessant. Als Grenze zwischen athermischer und thermischer Exposition wurde eine SAR von 4 W/kg gewählt. In dieser Arbeit wurden nur Expositionen im athermischen Bereich betrachtet.

Krebs entsteht durch Störungen der Prozesse, die Proliferation, Lokalisation und Mortalität der Zellen betreffen. Veränderungen in der DNA von Krebszellen reichen vom Austausch einzelner Basen bis hin zu komplexen chromosomalen Abnormalitäten, zum Beispiel Translokationen und Deletionen. Bekannte Tumoringitiatoren wie chemische Karzinogene, ionisierende oder Röntgenstrahlung oder UV-Licht verursachen direkte DNA-Schäden. Ebenso kommt es zu mutationsbedingten Schäden in DNA-Reparaturmechanismen.

Neben gesteigerter Proliferation kann auch eine Störung der Prozesse, die die Zellzahl senken (programmierter Zelltod oder Apoptose), zur Krebsentwicklung führen.

Für die Entstehung eines Tumors sind wahrscheinlich mehrere Mutationen notwendig. Daraufhin deuten auch Tierversuche zur Tumorgenese, bei denen ein bekanntes Mutagen als Initiator eingesetzt wird. Krebs entsteht dann nach Applikation eines Tumorpromotors, der für sich allein nicht karzinogen, wohl aber proliferationssteigernd ist. Dieser Promotor führt ohne Initiation durch ein Mutagen nicht zu Krebs, ist aber dennoch ein wesentlicher Faktor in der Kanzerogenese: wird die Exposition mit dem Promotor vermieden, wird die Häufigkeit manifester Krebserkrankungen gesenkt.

1.3 Mögliche Confounder für epidemiologische Studien

Bei epidemiologischen Studien sollten mögliche Confounder berücksichtigt werden, d.h. Noxen, Einflüsse etc., die neben den zu untersuchenden Faktoren, auf die die Studie abzielt, möglicherweise ebenfalls Auswirkungen auf den Untersuchungsgegenstand haben. Im Falle der Studien zum möglichen Zusammenhang zwischen der Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern und Krebs müssen also Faktoren berücksichtigt werden, die möglicherweise eine Rolle bei der Kanzerogenese bzw. der Promotion oder Copromotion spielen und mit der Exposition assoziiert sind.

Werden diese möglichen Confounder nicht berücksichtigt, wird das Ergebnis der Untersuchung möglicherweise verfälscht. Es ist dann nicht klar, ob die zu untersuchende Größe, die Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern, oder ein anderer Faktor, der zwar möglicherweise mit der Belastung gegenüber elektromagnetischen Feldern zusammenhängt, aber nicht explizit erfaßt wurde, dessen Exposition also nicht qualitativ oder quantitativ abgeschätzt wurde, für die Krebsentstehung verantwortlich ist.

Ein Beispiel für einen solchen möglichen Confounder ist die Benzolbelastung an Hauptverkehrsstraßen. Wird eine Studie durchgeführt, die den Zusammenhang zwischen „Wohnen an Hochspannungsleitungen“ und „Leukämieentstehung“ bei Kindern in den Vereinigten Staaten untersucht, muß die leukämogene Wirkung der Autoabgase berücksichtigt werden, da in den Vereinigten Staaten die Hochspannungsleitungen an den Highways entlang verlaufen, und Kinder, die einer hohen Belastung gegenüber Hochspannungsleitungen ausgesetzt sind, zwangsläufig auch einer hohen Abgasbelastung ausgesetzt sind.

Neben der Belastung gegenüber Benzol und Abgasen spielt möglicherweise auch eine Belastung z. B. gegenüber ionisierenden Strahlen, Styrol, Lösemitteln oder Pestiziden eine Rolle bei der Leukämieentstehung.

Mögliche Confounder, die bei Untersuchungen zu Krebsarten des Gehirns bzw. des ZNS berücksichtigt werden sollten, sind z.B. Passivrauchen, Halsverletzungen, Epilepsie, Röntgenaufnahmen von Kopf oder Hals oder Exposition gegenüber Lösemitteln.

2. Zielsetzung

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, einen Gesamtüberblick über die bestehende Literatur zum möglichen Zusammenhang zwischen der Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern und der Entstehung von Krebs zu geben. Zum einen sollten die Ergebnisse experimenteller Studien dargestellt werden, zum anderen die epidemiologischen Untersuchungen zu diesem Thema.

Hieraus wurde der aktuelle Forschungsstand beurteilt, und gezeigt, in welchen Bereichen Forschungsbedarf besteht. Ein empfehlenswertes Studiendesign für experimentelle und epidemiologische Studien wurde entwickelt. Über eine Poweranalyse sollte darüber hinaus die benötigte Fallzahl für epidemiologische Studien anhand der aus den bestehenden Studien bekannten Kenngrößen ermittelt werden. Damit sollen nicht nur ein Vergleich mit den Fallzahlen der vorhandenen Studien ermöglicht werden sondern auch die Mindestzahlen für weiterführende Studien angegeben werden.

3. Methoden und Material

3.1 Auswahl der Studien

Mittels Medline Recherche wurden aus den publizierten Studien zum Themenkomplex „Elektromagnetische Felder und Krebs“ zum einen solche Untersuchungen ausgewählt, die einen kausalen Zusammenhang bzw. einen Wirkungsmechanismus experimentell nachzuweisen versuchten, zum anderen Studien, die sich mit der Epidemiologie von Krebs bei Personen, die gegenüber elektromagnetischen Feldern exponiert waren, beschäftigten. Die Studien wurden tabellarisch erfasst. Kritisch bewertet wurde die Verwertbarkeit einer experimentellen Arbeit anhand der Relevanz für die vorliegende Fragestellung, d.h. inwieweit die Ergebnisse der Studie zur Klärung des Zusammenhanges zwischen elektromagnetischen Feldern und Krebs *beim Menschen* beitragen können. Außerdem wurde darauf geachtet, ob versucht wurde, die Ergebnisse zu reproduzieren. Als Gütekriterien für die epidemiologischen Studien wurden in erster Linie die Expositionsklassifizierung, die Berücksichtigung von möglichen Confoundern und die Anzahl der exponierten Fälle verwendet.

Es wurden nur solche Studien betrachtet, die sich mit dem Zusammenhang zwischen elektromagnetischen Feldern und Krebs befaßten. Studien zu Elektrosensibilität, Teratogenität oder weiteren möglichen Folgen der Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern wurden nicht berücksichtigt.

Im Bereich der experimentellen Studien wurden neben aktuellen Originalarbeiten Übersichtsarbeiten, die 1998 veröffentlicht wurden, verwendet. Konnten bestimmte Zeitschriften per Fernleihe nicht in einem Zeitraum von einigen Monaten besorgt werden, wurde das Ergebnis aus verlässlich erscheinenden Übersichtsarbeiten abgeleitet. Diese wurden ebenfalls dazu verwendet, einen Überblick über den Forschungsstand auf dem experimentellen Gebiet zu gewinnen. Der Schwerpunkt dieser Arbeit liegt auf dem Gebiet der epidemiologischen Studien zum Thema elektromagnetische Felder und Krebs, hier wurden ausschließlich die Originalarbeiten verwendet. Es wurden 35 experimentelle Studien, 6 Übersichtsarbeiten von 1998 und 1999 sowie 122 epidemiologische Studien aus dem Zeitraum 1990-2000 betrachtet.

3.2 Experimentelle Studien

Experimentelle Arbeiten versuchen Kausalität zu untersuchen, indem sie Wirkungsmechanismen prüfen. Dazu wurde einerseits *in vitro* über verschiedene Ansätze, z.B. Nachweis direkter DNA-Schädigung, Auswirkungen auf Enzymaktivität oder Zellproliferation, als auch *in vivo* über Tierversuche, z.B. mit implantierten Tumorzellen oder nach Vorbehandlung mit bekannten Karzinogenen zur Krebsinitiierung versucht, einen Wirkungsmechanismus zu finden. Tierversuche ermöglichen es, das toxische oder karzinogene Potential verschiedener chemischer oder physikalischer Einflüsse aus der

Umwelt zu bestimmen. Es soll jeweils anhand von Untersuchungsansatz, Methodik, Ergebnissen sowie Schlußfolgerung und Diskussion ein Überblick über die ausgewählten Arbeiten gegeben werden.

3.3 Epidemiologische Studien

Die epidemiologischen Studien, die in dieser Arbeit ausgewertet wurden, versuchten, Hinweise auf einen möglichen Zusammenhang zwischen einer bestimmten Exposition und dem Auftreten von Krebs zu finden. Es wurden zwei verschiedene Ansätze zur Klärung der Frage eines möglichen Zusammenhangs zwischen der Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern und dem Auftreten von Krebs verwendet:

- (1) Fall-Kontroll-Studien, bei denen Personen, die an Krebs erkrankt bzw. daran verstorben sind (*Fälle*), mit Gesunden (*Kontrollen*) verglichen werden: Fälle und Kontrollen sollten in möglichst vielen Faktoren übereinstimmen (Alter, Geschlecht, sozioökonomischer Status etc.). Ein Sonderfall sind hier die sogenannten „matched pairs“: Paare von Fällen und Kontrollen, die in Bezug auf Störgrößen übereinstimmen (z.B. Familienmitglieder, Arbeitskollegen). So kann man die „Odds Ratio“ (OR) errechnen:

$$\frac{\text{Anzahl der Fälle (exponiert)} * \text{Anzahl Kontrollen (nicht exponiert)}}{\text{Anzahl der Fälle (nicht exponiert)} * \text{Anzahl der Kontrollen (exponiert)}}$$

- (2) Retrospektive Kohortenstudien, die eine bestimmte Bevölkerung über einen bestimmten Zeitraum betrachten. So kann man die Inzidenz bzw. Mortalität bestimmter Krankheiten in der Gruppe der Exponierten mit der der nicht Exponierten vergleichen. Das relative Risiko errechnet sich hieraus wie folgt:

$$\frac{\text{Inzidenzrate bei Exponierten}}{\text{Inzidenzrate bei Nichtexponierten}}$$

Ein wichtiger Punkt bei epidemiologischen Untersuchungen ist die Expositionsbestimmung oder -abschätzung. Die Flußdichten elektromagnetischer Felder kann man entweder messen oder abschätzen; Messungen sind am exaktesten, aber auch am aufwendigsten, vor allem bei größeren Fallzahlen. Deswegen wurde die Exposition meist anhand verschiedener Modelle abgeschätzt: Entweder über die einfache Entfernung zum elektromagnetischen Feld (zum Beispiel durch Hochspannungsleitungen verursacht), oder über den sogenannten „Wire code“, hier wird aus dem Abstand zur Stromleitung und dem Stromdurchfluß bzw. Durchmesser des Leiters ein relativer Wert (in 5 Stufen) abgeschätzt: (1) sehr hoher, (2) hoher, (3) niedriger, (4) sehr niedriger Wire code, im Vergleich zum Wire code (5) „unterirdisch“. Es wird angenommen, daß die Felder unterirdisch verlegter Kabel vollkommen abgeschirmt werden (Wertheimer und Leeper 1979). Eine weitere Möglichkeit besteht darin, die Häufigkeit des

Gebrauchs elektrischer Geräte zu erfassen, um daraus, evtl. in Verbindung mit beispielhaften Messungen, eine Belastung abzuschätzen.

Die vorliegenden Studien lassen sich in solche, die eine Exposition „zu Hause“, also nicht berufsbedingt, und solche, die eine Exposition am Arbeitsplatz untersuchten, aufteilen. Die Belastung zu Hause wird entweder durch elektrische Leitungen am oder im Haus oder durch den Gebrauch von elektrischen Geräten verursacht. Bei der Untersuchung von Krebs bei Kindern wurde die Exposition zum einen auf das Kind selbst, zum andern pränatal, auf die Mutter, untersucht.

Stichprobenartige Messungen bzw. Punktmessungen wurden häufig an verschiedenen Stellen der Wohnung durchgeführt, etwa im Schlafzimmer, im Wohnzimmer oder an der Eingangstür. Ebenso wurden vereinzelt 24 h-Messungen durchgeführt. Daraus wurden z.B. folgende Parameter errechnet und verwendet: Mittelwert, Median, 90e Percentile, aus denen von den Autoren Expositionskategorien erstellt wurden.

Ein weiterer Ansatz neben der reinen Schätzung bestand darin, aus verschiedenen Daten anhand physikalischer Modelle die magnetische Flußdichte zu errechnen, dabei wurden die Entfernung zur Stromleitung, Eigenschaften der Leitung wie Durchmesser der Kabel, Phase, Höhe und weitere Merkmale der Masten und die „historic load“, der Stromdurchfluß der Leitung in der Vergangenheit, berücksichtigt.

Im Bereich beruflich Exponierter wurde häufig anhand der Berufs- oder Tätigkeitsbezeichnung oder der Vorgeschichte des Berufstätigen (etwa wann er in welchem Bereich des Betriebes eingesetzt wurde), eventuell in Verbindung mit stichprobenartigen Messungen, seine Exposition abgeschätzt.

4. Ergebnisse

Zunächst sollen die Experimente betrachtet werden, die unter in vitro-Bedingungen mögliche Mechanismen untersucht haben, wie elektromagnetische Felder Krebs verursachen oder zu seiner Entstehung beitragen könnten. Anschließend soll auf die in vivo-Experimente eingegangen werden. Die Studien werden hier jeweils den zugrundeliegenden Hypothesen zugeordnet dargestellt.

Dann wird ein Überblick über die epidemiologischen Studien gegeben, die sich mit einem möglichen Zusammenhang zwischen der Exposition mit elektromagnetischen Feldern und dem Auftreten von Krebs beschäftigt haben.

4.1 In vitro-Experimente

4.1.1 Melatonin-Hypothese

Ein relativ neuer Ansatz ist die sogenannte „Melatoninhypothese“.

UNTERSUCHUNGSANSATZ: Die Zirbeldrüse am Dach des dritten Ventrikels wandelt Licht-Stimuli der Retina in Hormonsignale um.

Licht supprimiert die Melatoninausschüttung, daher unterliegt die Hormonausschüttung einem circadianen Rhythmus mit hohen Melatoninkonzentrationen in der Nacht, niedrigen am Tag.

Aus Beobachtungen in Tierversuchen wird vermutet, daß die Zirbeldrüse neben Licht auch auf elektromagnetische Felder reagiert. Daraus entstand die Hypothese, daß steigende Exposition mit magnetischen Feldern zu sinkender Produktion des in Bezug auf hormonabhängige Tumore (wie Brustkrebs) vermutlich onkostatistisch wirksamen Melatonins führt (Stevens 1987, Stevens et al. 1992, siehe Abbildung 3).

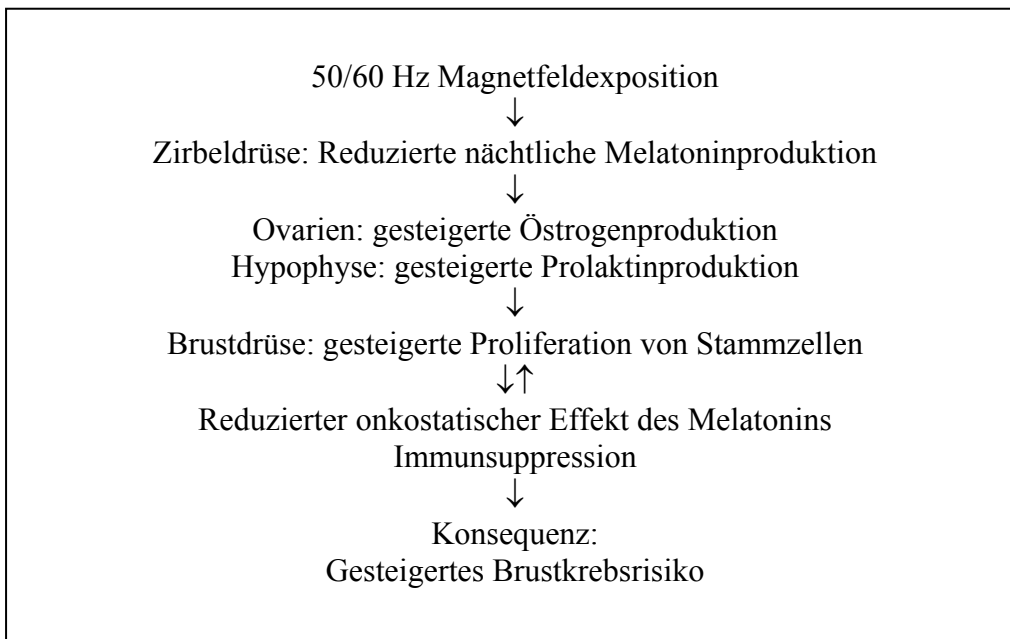


Abbildung 3 Magnetfelder, Melatonin und Brustkrebs, vereinfachte schematische Darstellung nach Stevens 1987

METHODIK: Menschlichen Tumorzellen wurde Melatonin zugeführt, und diese wurden anschließend mit elektromagnetischen Feldern befeldet.

ERGEBNISSE: Das Wachstum kultivierter menschlicher Brustkrebszellen ließ sich durch Melatoningabe senken, dieser Effekt wurde durch niederfrequente elektromagnetische Felder aufgehoben (Liburdy et al. 1993, Liburdy 1994, 1995; Blask 1993). Allerdings zeigte eine Studie bei Befeldung mit Feldstärken von 0,2 μ T keine Wirkung (Blask 1993).

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG:

Die „Melatoninhypothese“ ist ein vielversprechender Ansatz, der zumindest für Brustkrebs in vitro bisher nachvollziehbare Ergebnisse lieferte. Hier besteht weiterer Forschungsbedarf, möglichst in Verbindung mit in vivo- und epidemiologischen Studien, um die Hypothese zu prüfen. Einen Überblick bietet Tabelle 1, Seite 88. In vivo Experimente zur Melatoninhypothese werden auf Seite 20 vorgestellt.

4.1.2 Transkriptions- und Expressionsschäden

UNTERSUCHUNGSANSATZ: Die folgenden Experimente untersuchten, ob elektromagnetische Felder die Transkription bzw. Expression der DNA schädigen können. Es wurden zahlreiche Versuche durchgeführt, um eine direkte Mutagenität von elektromagnetischen Feldern nachzuweisen. Obwohl die Energie von niederfrequenten elektromagnetischen Feldern zu gering ist, um die Struktur der DNA zu verändern, könnten sie doch zu Störungen in der DNA-Reparatur, bei der Replikation oder Segregation führen.

METHODIK: Nach Befeldung gegenüber elektromagnetischen Feldern wurden Chromosomenveränderungen anhand von Transkriptions- bzw. Expressionsschäden wie Uridin- bzw. Thymidinaufnahme, Mikrokernraten, Zellproliferation und Zunahme der Apoptose gemessen.

ERGEBNISSE: Zunächst sollen die Experimente betrachtet werden, die niederfrequente Felder zur Exposition der Zellen verwendeten. Über die Uridin- bzw. Thymidinaufnahme wurde in mehreren Versuchen von unterschiedlichen Forschergruppen bei Feldstärken zwischen 1 und 3,5 mT eine gesteigerte RNA- bzw. DNA-Synthese nachgewiesen (Goodman und Henderson 1986, Cossarizza et al. 1989, Phillips und McChesney 1991). Bisher konnten die einzelnen Experimente jeweils nicht reproduziert werden (Löscher und Liburdy 1998). Eine Übersicht bieten Tabellen 4 und 5, Seiten 88 und 89.

Die Ergebnisse in Bezug auf Mikrokernraten waren inhomogen: bei Fruchtwasserzellen wurde kein Effekt beobachtet, bei Plattenepithelkarzinomzellen wurden Zu- und Abnahmen beobachtet, während menschliche Lymphozyten eine Zunahme bei gleichzeitiger Bestrahlung mit einem Gleichspannungsfeld zeigten (Tofani et al. 1995, Simko et al. 1998). Die Ergebnisse sind in Tabelle 4, Seite 88 dargestellt.

Ebenso zeigten menschliche Lymphozyten, die verschiedenen Frequenzen ausgesetzt wurden, keine Chromosomenveränderungen, außer sie wurden mit ionisierender Strahlung vorbestrahlt (Cohen et al. 1986, Cadossi et al. 1992). Siehe dazu Tabelle 6, Seite 89.

Ebenfalls keinen Effekt zeigten Versuche zur Chromosomensegregation in Hamsterzellen (Saalman et al. 1991). Die Ergebnisse zeigt Tabelle 5, Seite 89.

Goodman und Henderson (1993) fanden eine Zunahme von Translations- und Transkriptionsschäden anhand der Aufnahme eines radioaktiv markierten Metaboliten, verwendet wurden Feldstärken von 70 μ T bis 1,1 mT. (dargestellt in Tabelle 8, Seite 90.)

Inkongruent waren die Ergebnisse zur Zellproliferation: Es wurde ein Anstieg der Zellzahl (Cain et al. 1993, Harland et al. 1993, Liburdy et al. 1993) ebenso berichtet wie eine Abnahme (Conti et al. 1985). Andere Gruppen zeigten keinen Effekt (Rosenthal et al. 1989, Dees et al. 1996), zwei Studien wiesen eine gesteigerte Zytostatika-Effektivität bei Brustkrebszellen durch Bestrahlung mit niederfrequenten Feldern nach (Johann et al. 1993, Mikorey-Lechner et al. 1993), dargestellt in Tabelle 9, Seite 90.

Eine Zunahme der Apoptose fand sich bei Feldstärken zwischen 0,1 und 1 mT nur bei Krebszellen, nicht aber bei Fruchtwasserzellen (Simkó et al. 1998). Eine Übersicht findet sich in Tabelle 10, Seite 91.

Bei hochfrequenten Feldern fanden sich ebenfalls Hinweise auf gesteigerte DNA-Synthese (Garaj-Vrhovac et al. 1990), und, durchgängig in verschiedenen Radio- und Mikrowellenfrequenzbereichen, Hinweise auf DNA-Mutationen an menschlichen Lymphozyten und Hamsterzellen (Garaj-Vrhovac et al. 1991, 1992, Maes et al. 1993, Haider et al. 1994, d'Ambrosio et al. 1995), in einer Studie konnte

eine Dosis-Wirkungsbeziehung, abhängig von der Expositionszeit, die zwischen 10 und 30 Minuten betrug, nachgewiesen werden (Garaj-Vrhovac et al. 1996). Die Ergebnisse sind in Tabelle 4, Seite 88 zusammengefaßt.

Inhomogen waren dagegen die Ergebnisse in Bezug auf Chromosomenveränderungen im hochfrequenten Frequenzbereich. Die verwendeten Frequenzen lagen zwischen 440 MHz und 7,7 GHz. In einem Teil der Studien fand sich eine Zunahme der Chromosomenveränderungen (Yao 1976 und 1982, Alam et al. 1987, Garaj-Vrhovac et al. 1990, 1991, 1993). Mehrere Arbeitsgruppen fanden jedoch keinen Effekt auf chromosomaler Ebene (Lloyd et al. 1984, 1986, Eberle et al. 1996, Malyapa et al. 1997). In zwei Studien, die menschliche Lymphozyten mit 954 MHz bzw. 2,45 GHz bestrahlten, fand sich eine Zunahme an Chromosomenaberrationen, nicht aber an Schwesterchromatidaustauschraten oder DNA-Schäden (Maes et al. 1993, 1995). Eine Übersicht bietet Tabelle 5, Seite 89.

Bei der Untersuchung von Synergieeffekten (durch bekannte Mutagene und elektromagnetische Felder) wurde in den meisten Arbeiten kein Effekt beobachtet (Ciaravino et al. 1987, Maes et al. 1996). Es fand sich zudem kein Unterschied zwischen Zellen, die mit einem Mutagen behandelt wurden und befeldet wurden und Zellen, die nur mit elektromagnetischen Feldern behandelt wurden (Ciaravino et al. 1987, Meltz et al. 1987, 1989, 1990, Kerbacher et al. 1990). Signifikante Unterschiede erzielten Studien, die C3H10T1/2 – Zellen mit Mikrowellen, teilweise kombiniert mit Röntgenstrahlung, befeldeten und anschließend mit 12-O-Tetradecanoylphorbol-13-Acetat (TPA), einem chemischen Promotor, behandelten (Balcer-Kubiczek et al. 1985, 1989, 1991) oder menschliche Lymphozyten mit 935,2 oder 954 MHz bestrahlten und anschließend mit Mitomycin C behandelten (Maes et al. 1996 und 1997). Eine Übersicht über die Studien zu Synergieeffekten bietet Tabelle 6, Seite 89.

Bei der Untersuchung von Translations- und Transkriptionsschäden anhand der Aufnahme eines radioaktiv markierten Metaboliten fand sich eine inverse Korrelation: Zunahme bei niedrigen, Abnahme bei hohen spezifischen Absorptionsraten (Cleary et al. 1990). Eine Übersicht bietet Tabelle 8, Seite 90.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Die Ergebnisse der vorliegenden Studien sind nicht konsistent, es sind weitere Studien nötig, um beurteilen zu können, ob niederfrequente elektromagnetische Felder in der Lage sind, DNA direkt zu schädigen. Die Studien, die positive Ergebnisse erarbeiteten, bedürfen der Reproduktion, möglichst durch andere Labore.

Außerdem muß das Design der Experimente überprüft werden, so wurde zum Beispiel bei den Versuchsergebnissen von Goodman und Henderson (1986), Cossarizza et al. (1989), Phillips und McChesney (1991), die eine gesteigerte RNA- bzw. DNA-Synthese nach Befeldung zeigten, vermutet, daß es sich hierbei um durch den Feldgenerator bedingte Artefakte handelte (Lacy-Hulbert et al. 1998). Die Ergebnisse in Bezug auf Befeldung mit hohen Frequenzen sind widersprüchlich und lassen keine abschließende Beurteilung zu.

4.1.3 Calcium-Signalweg

UNTERSUCHUNGSANSATZ: Calcium-Ionen fungieren als „second messenger“ bei der Signaltransduktion. Sie spielen eine wichtige Rolle am Anfang der Signalkette, durch die Zellen miteinander kommunizieren, und die zu Geninduktion, Protein-Synthese und Zellproliferation führt. Der Calciumspiegel in der Zelle wird genau reguliert; zu hohe Calciumkonzentrationen wirken toxisch und führen zum programmierten Zelltod (Apoptose). Vermutet wurde nun, daß elektromagnetische Felder in der Lage sind, den Calcium-Haushalt der Zellen zu stören.

METHODIK: Es wurde nach Befeldung der Calciumspiegel in den Zellen bzw. der Calciumeinstrom in die Zellen gemessen, außerdem wurden die Botenstoffe IP_3 und Mn^{++} untersucht. Eine Möglichkeit, Calciumspiegelveränderungen „in Echtzeit“ zu beobachten, bietet die Fluoreszenz-Spektroskopie.

ERGEBNISSE: Studien, die den Calcium-Spiegel nach Bestrahlung untersuchten, fanden sowohl eine Zunahme (Walleczek und Liburdy 1990, Lindström et al. 1993) als auch eine Abnahme (Conti et al. 1985). Teilweise zeigten sich nur kleine Veränderungen oder kein Effekt (Blackman et al. 1985, Parkinson und Hanks 1989, Hojevik et al. 1995). Walleczek fand eine Zunahme der Calciumaufnahme nach Bestrahlung von Lymphozyten mit 60 Hz-Wechselstromfeldern mit einer Feldstärke von 6,5 mT für eine Stunde und eine Abnahme auf Null nach Bestrahlung mit 3 Hz Rechteckspannung (6,5 mT für eine Stunde), allerdings wurde der Effekt nur nach zusätzlicher Verwendung des Mitogens Concanavalin A (conA) beobachtet (Walleczek und Liburdy 1990).

Bei den Botenstoffen IP_3 und Mn^{++} fand sich eine Konzentrationssteigerung bzw. Steigerung des Einstroms nach Befeldung (Korzhsleptova et al. 1995, Hojevik et al. 1995).

Bei Untersuchung der Calciumspiegelveränderungen mittels Fluoreszenz-Spektroskopie fand sich kein Effekt durch Bestrahlung (Markov et al. 1993), bzw. ein Effekt nur nach Behandlung der Zellen mit conA (Liburdy et al. 1992). Einen Überblick über die Ergebnisse im niederfrequenten Bereich gibt Tabelle 11, Seite 91.

Im hochfrequenten Bereich berichten Kittel et al. (1996) nach Befeldung mit 2450 MHz, Modulationsfrequenz 16 Hz, über eine Steigerung von Calcium-Einstrom und Aktivität der Calcium-ATPase, während andere Autoren keinen Effekt erzielen konnten (Shelton und Merrit 1981, Merrit et al. 1982, Albert et al. 1987, Wood et al. 1993), es wird vermutet, daß hier thermische Effekte eine Rolle spielten (Repacholi 1998). Einen Überblick über die Ergebnisse im hochfrequenten Bereich gibt Tabelle 11, Seite 91.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Die vorliegenden Ergebnisse sind inkonsistent und weisen nicht auf einen Zusammenhang zwischen Befeldung mit elektromagnetischen Feldern und Änderungen im Calciumsignalweg hin. Auch hier bedürfen die widersprüchlichen Ergebnisse einer Überprüfung

4.1.4 Freie Radikale

AUSGANGSHYPOTHESE: Freie Radikale entstehen als Zwischenprodukte im Stoffwechsel des Körpers und können Fette, Eiweiße und DNA schädigen. Ein Anstieg der freien Radikale fördert DNA-Schäden. Es wird angenommen, daß komplexe biochemische Abläufe durch elektromagnetische Felder gestört werden könnten, so daß die Bildung freier Radikale zunimmt.

METHODIK: Zur quantitativen Bestimmung der freien Radikale wurde die Fluoreszenzerfassung verwendet

ERGEBNISSE: Einige Arbeiten fanden in der Fluoreszenzerfassung einen Anstieg der freien Radikale nach Bestrahlung mit Feldstärken zwischen 0 und 10 T (Batchelor et al. 1992, Harkins und Grissom 1994, Roy et al. 1995). Die Nitrit-Produktion durch Makrophagen wurde durch Bestrahlung mit Feldstärken zwischen 1 und 100 mT nicht verändert (Mnaimneh et al. 1996). Zu Studien zum Zusammenhang zwischen elektromagnetischen Feldern und Freien Radikalen bietet Tabelle 12 auf Seite 91 einen Überblick.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG Der Zusammenhang zwischen elektromagnetischen Feldern und freien Radikalen ist noch nicht geklärt, bietet aber einen vielversprechenden Ansatz, wie elektromagnetische Felder komplexe Vorgänge in Zellen beeinflussen könnten. Es fehlen bisher Studien zur Exposition mit hochfrequenten Feldern.

4.1.5 Ornithindecaboxylase

FORSCHUNGSANSATZ: Die Aktivität der Ornithindecaboxylase ist erhöht in schnellwachsenden Zellen, auch in Tumorzellen. Dieses Enzym wird bewirkt, daß Zellen in die S-Phase eintreten können, es ist somit ein wichtiger Regulator von DNA-Replikation und Zellproliferation. Vermutet wurde, daß durch Exposition mit elektromagnetischen Feldern die Aktivität des Enzyms gesteigert werden könnte.

METHODIK: Es wurde nach Befeldung die Aktivität des Enzyms Ornithindecaboxylase photometrisch gemessen.

ERGEBNISSE: Im nieder- wie im hochfrequenten Bereich wurde in mehreren Versuchen übereinstimmend eine Steigerung der Aktivität des Enzyms Ornithindecaboxylase gefunden (Krause et al. 1990, Litovitz et al. 1991, 1993, Penafiel et al. 1997). Zum Teil konnte eine Dosis-Wirkungsbeziehung nachgewiesen werden (Byus et al. 1988). Eine Studie, die im Gegensatz zu den anderen Studien keine Tumorzellen, sondern menschliche Amnionzellen verwendete, fand keine Steigerung der Enzymaktivität (Galt et al. 1995). Aznadiv et al. (1995) konnten die Ergebnisse von Litovitz et al. 1991 nicht reproduzieren. Zu Auswirkungen elektromagnetischer Felder auf die Aktivität der Ornithindecaboxylase siehe Tabelle 13, Seite 92.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Auch hier sind die Ergebnisse widersprüchlich. Der tatsächliche Zusammenhang mit einer Krebsentstehung über eine Änderung der Aktivität der Ornithindecarboxylase ist noch unklar.

4.1.6 Die Radon-Hypothese

FORSCHUNGSANSATZ: Es wurde vermutet, daß in der Umgebung stromdurchflossener Leiter die Konzentration der Radon-Tochter-Partikel ^{218}Po und ^{214}Po gesteigert ist und es z.B. in geschlossenen Räumen zu einer gesteigerten Aufnahme der Partikel durch den Menschen kommt. Diese Radon-Tochter-Partikel wirken aufgrund ihrer Radioaktivität karzinogen.

METHODIK: Die Konzentration der Radon-Tochterpartikel in der Umgebung von Leitern, die unter Gleich- oder Wechselstrom standen, wurde mittels spezieller Folien gemessen.

ERGEBNISSE: Henshaw et al. machten die Beobachtung, daß in der Umgebung stromdurchflossener Leiter (es wurde ein normales Stromkabel mit 240 V und 50 Hz verwendet), die Radon-Tochter-Partikel ^{218}Po und ^{214}Po gehäuft auftraten. Die Experimente wurden mit Gleichstrom mit Stromstärken zwischen 0 und 2 kV wiederholt, es zeigte sich eine Dosis-Effekt-Beziehung abhängig von der Spannung. Vermutet wird nun, daß durch erhöhte Radon-Konzentrationen Krebs entsteht, zum Beispiel über Hautkontakt oder Inhalation (Henshaw et al. 1996). Zudem findet sich Radon nicht ubiquitär, vielmehr werden erhöhte Konzentrationen nur in bestimmten Gegenden gemessen.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Dieser relativ neue Ansatz sollte weiterverfolgt werden, auch hier bedürfen die Ergebnisse der Reproduktion. Auch wenn die Radon-Tochter-Partikel in der Nähe der Leiter in erhöhter Konzentration auftreten, bleibt unklar, inwieweit diese Beobachtungen zur Klärung der Frage beitragen, wie Exposition mit Wechselstrom, der Hauptquelle elektromagnetischer Felder, an der Entstehung von Krebs beteiligt sein könnte.

ZUSAMMENFASSENDE DISKUSSION: Die in vitro-Experimente benutzten diverse Ansätze, um den Einfluß elektromagnetischen Felder auf die Krebsentstehung zu untersuchen. Die Ergebnisse sind inkonsistent und können bisher einen möglichen Zusammenhang nicht eindeutig nachweisen.

4.2 In vivo-Experimente

Die Versuche mit elektromagnetischen Feldern an Lebewesen können in vier Gruppen aufgeteilt werden, wobei hauptsächlich Tierversuche durchgeführt wurden: (1) Studien, die Chromosomenveränderungen der Tiere untersuchten, nachdem diese über einen bestimmten Zeitraum befeldet wurden; (2) Langzeitstudien, die normale Tiere oft lebenslang gegenüber elektromagnetischen Feldern exponierten und das spontane Auftreten von Tumoren verfolgten; (3) Untersuchungen, die Modelle der Co-Karzinogenese verwendeten und z.B. bekannte chemische Karzinogene oder UV-Licht verwendeten, um Tumoren zu initiieren; hier wurde die Rolle elektromagnetischer Felder als Promotor oder Co-Promotor untersucht; und (4) Studien, die die Tiere nach dem Implantieren von Tumorzellen exponierten.

4.2.1 Melatoninhypothese

UNTERSUCHUNGSANSATZ: Es wird angenommen, daß die Tumorentwicklung im Zusammenhang mit dem Melatoninspiegel steht (siehe Kapitel 4.1.1).

METHODIK: Der Einfluß elektromagnetischer Felder auf den Melatoninspiegel im Blut, Speichel bzw. auf die Konzentration des Melatonin-Metaboliten 6-Hydroxymelatonininsulfat (6-OHMS) im Urin wurde untersucht.

ERGEBNISSE: Im Tiermodell unterdrückte vor allem langandauernde Exposition mit niederfrequenten magnetischen Feldern die Melatoninkonzentration bzw. den physiologischen nächtlichen Melatoninanstieg (Semm et al. 1980, Wilson et al. 1981, Welker et al. 1983, Olcese und Reuss 1986, Reiter et al. 1988, Stehle et al. 1988, Kato et al. 1993, 1994, Yellon 1994), die Tierversuche zur Melatoninkonzentration sind in Tabelle 15, Seite 93 zusammengefaßt.

Während einige Studien beim Menschen durch Exposition mit elektromagnetischen Feldern keine Änderung des Melatoninspiegels erzielen konnten (Reiter et al. 1993, David und Reußenweber 1995, Radon et al. 1998) beobachteten Wilson et al. (1990) eine Abnahme der Konzentration von 6-OHMS im Urin einiger weniger Probanden (im Gruppenmittel nicht signifikant) nach 8 Wochen Heizdeckenbenutzung. Burch et al. fanden bei Arbeitern in Elektrizitätswerken eine Abnahme der 6-OHMS-Konzentration im Urin vor allem bei gleichbleibend hoher Belastung sowohl zu Hause als auch am Arbeitsplatz (Burch et al. 1998), eine Übersicht bietet Tabelle 16, Seite 93.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Die Melatoninhypothese ist vielversprechend und in sich schlüssig. Die bis jetzt vorliegenden Ergebnisse untersuchen verschiedene Expositionsarten bzw. Modelle (Frequenzen, Intensität und Dauer der Felder). Hier besteht der Bedarf nach Überprüfung der vorhandenen Ergebnisse. Ebenso ist noch unklar, inwieweit sich die vorliegenden Ergebnisse, die aus Untersuchungen an Tieren gewonnen wurden, auf den Menschen übertragen lassen.

4.2.2 In vivo-Experimente zu Chromosomenveränderungen

UNTERSUCHUNGSANSATZ: Es wurde angenommen, daß elektromagnetische Felder in vivo Chromosomenschäden verursachen.

METHODIK: Es wurden diverse Organismen (Salmonellen, Mäuse, Hamster, Ratten) nach Befeldung bzw. das Blut beruflich exponierter Arbeiter auf Chromosomenveränderungen hin untersucht. Dazu bestimmte man Mutationshäufigkeiten, Schwesterchromatidaustauschraten, Mikrokernraten und andere zytogenetische Effekte.

ERGEBNISSE: Im niederfrequenten Bereich fanden Tabrah et al. bei Salmonellen, die mit Säure vorgeschädigt wurden, eine deutliche Steigerung der Mutationshäufigkeit nach Befeldung mit 0,2 mT (60 Hz) für 48 Stunden (Tabrah et al. 1994). Im Gegensatz dazu fanden Nafziger et al. bei unbehandelten Salmonellen, die mit 15-30 mT (0,3 Hz) bzw. 1-10 μ T (50 Hz, gepulst mit 2 μ s - Pulsen) befeldet wurden, keine Steigerung der Mutationshäufigkeit (Nafziger et al. 1993).

Ebenso fand sich in Experimenten des britischen National Radiological Protection Board (NRPB) an Mäusen keine Steigerung der Genmutation nach Befeldung mit 20 kV/m bzw. keine Steigerung des Chromatidaustausches bei Befeldung mit 50 kV/m bzw. 1 mT (NRPB 1992).

Weiterhin konnte bei Ratten kein Effekt bezüglich Schwesterchromatidaustauschraten durch Befeldung mit 30 mT nachgewiesen werden (Zwingelberg et al. 1993).

Im hochfrequenten Bereich konnte keine Steigerung der Mikrokernrate bei C3H/Hej-Mäusen (diese Mäuse neigen zu Mammatumoren) nachgewiesen werden, die mit 2,45 GHz 18 Monate lang bestrahlt wurden. Es wurde weder zwischen exponierten und nicht exponierten Mäusen ein Unterschied gefunden, noch gab es einen Unterschied bzgl. der Mikrokernrate zwischen dem Teil der Mäuse, die letztendlich Mammatumoren entwickelten, und dem Teil, der keine entwickelte (Vijayalaxmi et al. 1997).

Es fand sich nach Befeldung von Mäusen mit einem 9,4 GHz - Feld (pulsmoduliert) eine dosisabhängige Steigerung von Chromosomenaustausch und anderen zytogenetischen Effekten (Manikowska et al. 1979), während ein 2,45 GHz - Feld bei Hamstern keinen Effekt bzgl. Chromosomenaberrationen zeigte (Huang et al. 1977). Durch Verwendung eines 2,45 GHz - Feldes konnten DNA-Schäden in Hoden- bzw. Gehirnzellen bei Mäusen und Ratten erzielt werden (Sarkar et al. 1994, Lai und Singh, 1995, 1996, Lai 1997). Ebenso wenig führte die Bestrahlung von Salmonellen mit diversen Radio- und Mikrowellenfeldern zu einem Unterschied bzgl. der Mutationshäufigkeit (Nafziger et al. 1993).

Beim Menschen konnten keine Chromosomenaberrationen in Lymphozyten nach Bestrahlung mit Feldern mit Frequenzen zwischen 400 Mhz und 20 Ghz gefunden werden (Garson et al. 1991), es zeigte sich aber eine Zunahme der Mikrokernrate in Lymphozyten nach Exposition mit Feldern mit Frequenzen zwischen 1250 und 1350 MHz (Fucic et al. 1992).

Eine Übersicht über die Versuche zu Chromosomenveränderungen gibt Tabelle 17 auf Seite 93.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Niederfrequente Felder scheinen nach den bisherigen Ergebnissen keine Chromosomenveränderungen im Tierversuch zu verursachen. Die Ergebnisse im hochfrequenten Bereich sind widersprüchlich.

4.2.3 In vivo-Experimente zur Karzinogenese

UNTERSUCHUNGSSANSATZ: Es wurde angenommen, daß elektromagnetische Felder bei der Entstehung von Krebs als Initiatoren wirken.

METHODIK: Diese Experimente verwendeten langandauernde Expositionen und warteten das Auftreten von Tumoren ab.

ERGEBNISSE: Eine Serie von Studien legt die Vermutung nahe, daß langandauernde Exposition mit hohen elektromagnetischen Flußdichten maligne Lymphome hervorruft, zumindest deren Entstehung fördert, und daß ein Zusammenhang zwischen der Expositionsdauer und dem Auftreten von Tumoren besteht (Fam und Mikhail 1990, 1991, 1993, 1996). Befeldet wurde mit einer Flußdichte von 25 mT und einer Frequenz von 60 Hz. Wurden die Tiere länger als 133 Tage bestrahlt (insgesamt bis zu 418 Tage), zeigte sich ein erhöhtes Auftreten von malignen Lymphomen.

Eine weitere Studie zeigte einen Anstieg bei der Entwicklung von Mammatumoren bei weiblichen Mäusen, die 3 h pro Tag mit einem 20 μ T, 50 Hz - Feld bestrahlt wurden, nicht aber in einer Gruppe von Mäusen, die 0,5 h pro Tag bestrahlt wurde (Beniashvili et al. 1991).

In einer weiteren Studie konnte ebenfalls abhängig von der Feldstärke eine Zunahme von Leukämieerkrankungen und eine Abnahme der Überlebenszeit bei Mäusen gezeigt werden: Die Effekte wurden bei einer Feldstärke von 500 μ T, nicht aber bei 50 μ T beobachtet (Rannug et al. 1993a).

Eine Steigerung der Tumorinzidenz oder eine Verkürzung der Überlebenszeit konnten von Yasui et al. bei Ratten trotz hoher Feldstärken von 500 μ T bzw 5 mT nicht gezeigt werden (Yasui 1997).

Durch hochfrequente, gepulste Felder konnte bei Ratten eine generelle Zunahme der Inzidenz von malignen Prozessen erzielt werden (Chou et al. 1992), bei C3H/HE Mäusen ließ sich eine beschleunigte Brusttumorentwicklung zeigen (Szmigielski et al. 1982). Eine Übersicht über die in vivo-Experimente zur Karzinogenese bietet Tabelle 18, Seite 94.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Auch in diesem Teil der Forschung sind die Ergebnisse widersprüchlich, wenn auch viele positive Ergebnisse vorliegen. Die vorhandenen Ergebnisse sollten überprüft werden, da sie von wenigen Forschergruppen erarbeitet wurden und zum Beispiel die Studie von Beniashvili et al. (1991) wegen der fehlenden Beschreibung des Versuchsaufbaues kritisiert wurde (Löscher und Liburdy 1998). Ebenso stellt sich die Frage der Relevanz der verwendeten Feldstärken, Felder dieser Intensität (0,5 mT und höher) kommen praktisch nicht vor.

4.2.4 In vivo-Experimente zu Tumorpromotion und Copromotion

FORSCHUNGSANSATZ: Es wurde vermutet, daß elektromagnetische Felder als Promotoren bzw. Copromotoren bei der Krebsentstehung eine Rolle spielen.

METHODIK: Es wurden chemische Karzinogene mit bekannten Eigenschaften bzgl. Tumoration bzw. -promotion in Versuchstiere (Nager) eingebracht. Nach einer bekannten Latenzzeit (abhängig vom Karzinogen und vom Zielorgan, meist wenige Wochen) entwickelten sich bei einigen Tieren Tumoren.

So kann die Promotions- bzw. Copromotionsfähigkeit zusätzlicher Faktoren (z. B. elektromagnetischer Felder) bei kürzerer Versuchsdauer getestet werden.

Als chemische Kanzerogene wurden folgende Agenzien verwendet: DBMA (7,12-dimethylbenz[*a*]anthracen), TPA (12-*O*-tetradecanoylphorbol-13-acetat), PMA (phorbol-12-myristat-13-acetat), NMU (Nitrosomethylurea), DENA (Diethylnitrosamin plus Phenobarbital als Promotor), ENU (*N*-ethyl-*N*-nitrosourea). Ein Ansatz verwendete außerdem UV-Stahlung als Initiator.

ERGEBNISSE: Die Forschung im Bereich elektromagnetischer Felder konzentrierte sich auf vier Tumorigenloci, von denen durch epidemiologische Studien vermutet wurde, daß sie in einem Zusammenhang mit elektromagnetischen Feldern stehen könnten: Haut, Brust, Leber und Lymphom/Leukämie.

4.2.4.1 Hautkrebs

Diverse Studien wiesen einen Effekt durch niederfrequente Bestrahlung von Mäusen nach Krebsinduktion durch DMBA oder durch die Kombination von DMBA und TPA nach. Es zeigte sich eine leichte Beschleunigung der Hauttumorentwicklung (McLean et al. 1991, verwendetes Feld 60 Hz, 2 mT) und eine Zunahme der Hauttumorinzidenz (Stuchly et al. 1992, Byus et al. 1995, Rannug et al. 1995, verwendete Feldstärken 50, 500, 2000 μ T bei 50 bzw. 60 Hz). Die Ergebnisse der Studie von Rannug et al. 1995 konnten bei einer Wiederholung des Versuches durch dieselbe Forschergruppe nicht reproduziert werden (Rannug et al. 1997).

Es fand sich zudem eine leichte Zunahme der Häufigkeit maligner Entartung (McLean et al. 1995), eine Abnahme der Latenzzeit (Stuchly et al. 1992, Byus et al. 1995) und eine Zunahme der Tumorgröße (Byus et al. 1995). Die Mäuse wurden mit 2 mT befeldet, die verwendete Frequenz betrug 60 Hz.

Rannug et al. konnten bei Befeldung mit 50 bzw. 500 μ T (Frequenz: 50 Hz) keinen Effekt bzgl. Hauttumorinzidenz und Latenzzeit nachweisen (Rannug et al. 1993).

Im hochfrequenten Bereich fand man eine beschleunigte Hauttumorentwicklung bei Mäusen, die entweder ein oder drei Monate vor oder gleichzeitig mit der Behandlung mit Benzo[*a*]pyren (durch Hautpinselung) bestrahlt wurden. Es wurde ein Feld mit einer Frequenz von 2,45 GHz verwendet (Szmigielski et al. 1982).

Eine Übersicht gibt Tabelle 19, Seite 95.

4.2.4.2 Brustkrebs

Es fand sich im niederfrequenten Bereich bei Feldstärken von 0,1 μT bis 30 mT eine Zunahme der Brusttumorinzidenz durch Exposition von mit NMU vorbehandelten Ratten (Beniashvili et al. 1991, Löscher et al. 1993, Baum et al. 1995), die sich allerdings teilweise sogar im selben Labor nicht wiederholen ließ (Mevissen et al. 1993).

Zudem zeigten verschiedene Gruppen eine Abnahme der Latenzzeit bis zur Tumorentstehung bei Ratten durch elektromagnetische Felder (Mevissen et al. 1993, Löscher und Mevissen 1994, Mevissen et al. 1994). Beniashvili et al. fanden eine Abnahme der Latenzzeit nur bei 3 h Exposition pro Tag, nicht aber bei 0,5 h pro Tag (Beniashvili et al. 1991). Weiterhin zeigte sich eine Zunahme der Tumorgroße nach Befeldung mit elektromagnetischen Feldern (Löscher und Mevissen 1994, Baum et al. 1995, Mevissen et al. 1996).

Bei den Experimenten zur Entstehung von Mammakarzinomen zeigten Mevissen und Löscher und Mevissen außerdem eine Abnahme des nächtlichen Melatoninspiegels bei Ratten durch elektromagnetische Felder einer Frequenz von 50 Hz und Feldstärken von 0,3 bis 10 μT (Mevissen et al. 1993, 1996, Löscher und Mevissen 1994).

Zu Experimenten zur Tumorpromotion elektromagnetischer Felder siehe Tabelle 20, Seite 95.

4.2.4.3 Lebertumore, Leukämie

Im niederfrequenten Bereich konnte bei Ratten, denen nach teilweiser Hepatektomie Lebertumore durch DENA induziert wurden, kein Effekt elektromagnetischer Felder der Frequenz 60 Hz und der Feldstärken 0,5 und 500 μT auf die Tumorpromotion festgestellt werden (Rannug et al. 1993).

Ebenso konnte bei Mäusen nach Induktion von Thymuslymphomen bzw. Leukämie mittels DMBA kein Effekt bzgl. der Tumorinzidenz, wohl aber eine gesteigerte Metastasierung nach Befeldung mit 1 mT nachgewiesen werden (Shen et al. 1997).

Bei Pim-Mäusen konnte nach Induktion von Lymphomen durch ENU und Befeldung mit 2, 200 und 1000 μT bei einer Frequenz von 60 Hz kein Effekt bzgl. Tumorinzidenz, Latenzzeit oder Mortalität festgestellt werden (McCormick et al. 1994).

Im hochfrequenten Bereich konnte bei Balb/c Mäusen nach einmal wöchentlicher DMH – Injektion kein Effekt bzgl. der Kolontumorinzidenz nach Befeldung mit einer spezifischen Absorptionsrate von 1 W/kg und einer Frequenz von 2,45 GHz festgestellt werden (Wu et al. 1994).

Bei E μ -Pim1 transgenen Mäusen konnte von Repacholi et al. eine Steigerung des Lymphomrisikos nachgewiesen werden. Bei diesem Experiment wurden gepulste Felder ähnlich den beim Mobilfunk verwendeten Feldern mit einer Intensität von 0,13 bis 0,4 W/kg über 18 Monate hinweg benutzt (Repacholi et al. 1997b). Eine Übersicht findet sich in Tabelle 21, Seite 96.

4.2.4.4 Durch UV-Strahlung induzierte Tumoren

Bei ODC-transgenen Mäusen konnten Kumlin et al. (1997) nach Hauttumorinduktion mittels UV-Strahlung (sowohl bei kontinuierlicher als auch bei intermittierender Exposition mit 100 μ T, Frequenz 50 Hz) ein erhöhtes Tumorwachstum nachweisen.

Eine Übersicht bietet Tabelle 21, Seite 96.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Die Ergebnisse zeigen, daß elektromagnetische Felder eine Rolle als Tumorpromotoren oder Copromotoren spielen könnten. Allerdings sind die Ergebnisse inkonsistent und der genaue Mechanismus ist noch vollkommen ungeklärt. Ebenso stellt sich die Frage der Relevanz der Ergebnisse, inwieweit sie auf den Menschen übertragen werden können, da die verwendeten Modelle und Feldstärken nur bedingt mit der tatsächlichen Exposition des Menschen verglichen werden können.

4.2.5 In vivo-Experimente nach Implantation von Tumorzellen

UNTERSUCHUNGSANSATZ: Es wurde vermutet, daß nach Implantation von Tumorzellen in Versuchstiere (Mäuse und Ratten), die Exposition mit elektromagnetischen Feldern das Tumorwachstum beschleunigt.

METHODIK: Es wurden nach dem Einbringen der Tumorzellen und Befeldung die Latenzzeit bis zur Entstehung der Tumoren, die Tumorgröße und die Überlebensdauer der Tiere gemessen. Mäuse, in denen Leukämie nach intraperitonealer Implantation von Leukämiezellen rasch fortschritt, boten einen Ansatz zur Untersuchung des Einflusses von niederfrequenten elektromagnetischen Feldern auf die Überlebenszeit.

ERGEBNISSE: Bei unterschiedlichen Feldstärken von 1 / 4 / 200 / 500 μ T bei einer Frequenz von 60 Hz konnte kein Effekt der elektromagnetischen Felder auf die Überlebenszeit gezeigt werden (Thompson 1988). Nach Implantation von Mammaadenokarzinomzellen in Mäuse konnte bei Befeldung mit 2 mT und einer Frequenz von 50 Hz kein Unterschied im Tumorwachstum im Vergleich zu Kontrollgruppen festgestellt werden (Marino et al. 1995). Auch bei Ratten, denen Milzzellen von an Leukämie erkrankten Ratten implantiert wurden und die mit 1 mT, 60 Hz bestrahlt wurden, konnte kein Unterschied in der Leukämieprogression gezeigt werden (Sasser et al. 1996).

Im hochfrequenten Bereich fanden sich Unterschiede zwischen zwei Versuchen, in denen Mäuse entweder zuerst mit 2,45 GHz bestrahlt wurden und dann subcutan Sarkomzellen verabreicht bekamen oder die nach der Injektion bestrahlt wurden: Im ersten Fall trat eine Tumorrogression ein, gefolgt von erneutem Wachstum zwölf Tage später, es ergab sich außerdem eine längere Überlebenszeit als im

zweiten Versuch, der einen deutlichen Anstieg der Lungenmetastasen zeigte (Roszkowski et al. 1980). Bei Mäusen, die vor und nach der subcutanen Injektion von Melanomzellen ebenfalls mit 2,45 GHz, zum Teil pulsmoduliert, bestrahlt wurden, zeigte sich eine Beschleunigung der Entwicklung von Melanomen, allerdings kein Unterschied in der Überlebenszeit (Santini et al. 1988).

Ebenso konnte kein Unterschied bei der Gehirntumorgröße bei Ratten, denen Gliomzellen injiziert wurden und die mit verschiedenen Feldern mit einer Frequenz von 2,45 GHz, sowohl unmoduliert als auch pulsmoduliert, bestrahlt wurden, festgestellt werden (Salford et al. 1993).

In Tabelle 23 (Seite 96) sind die Experimente zum Zusammenhang zwischen elektromagnetischen Feldern und Krebs nach Implantation von Tumorzellen aufgelistet.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Dieser Ansatz bietet Hinweise auf eine Wirkung der elektromagnetischen Felder bei der Progredienz von Krebs nach Implantation von Krebszellen. Allerdings bleibt ungeklärt, inwieweit die Ergebnisse auf den Menschen übertragen werden können. Zum einen sind die Ergebnisse inkongruent und in der Mehrzahl der Experimente konnte kein Effekt von elektromagnetischen Feldern gefunden werden, zum anderen ist der experimentelle Ansatz über die Implantation von Tumorzellen nur bedingt geeignet, die tatsächliche Situation der Krebsentstehung bei Menschen zu untersuchen.

4.3 Zusammenfassung

Es gibt Hinweise darauf, daß elektromagnetische Felder im Tierversuch mutagen wirken, bzw. eine Rolle bei der Co-Promotion spielen können. Allerdings lassen diese Versuche, die in der Regel hohe Feldstärken im niederfrequenten Bereich bzw. hohe spezifische Absorptionsraten im hochfrequenten Bereich verwenden, nur bedingt Rückschlüsse auf den Zusammenhang von elektromagnetischen Feldern und Krebs beim Menschen zu.

Ebenso wurden die meisten Ergebnisse erzielt, indem genetisch veränderte Versuchstiere oder eine Kombination verschiedener hochdosierter Kanzerogene oder die Implantation von Tumorzellen verwendet wurden, so daß die Übertragung auf den Menschen noch problematischer wird.

4.4 Epidemiologische Studien

Es werden die Studien von 1990 bis Oktober 2000 analysiert, im folgenden zunächst diejenigen Studien, die eine Exposition mit niederfrequenten Feldern betrachteten. Die Studien lassen sich in folgende Bereiche aufschlüsseln: (1) Untersuchungen, die das häusliche Umfeld bzw. den Gebrauch von Stromgeräten zu Hause bewerteten, (2) Untersuchungen an beruflich Exponierten, (3) Untersuchungen, die die Exposition zu Hause und am Arbeitsplatz zu erfassen versuchten, und (4) Untersuchungen an Kindern beruflich Exponierter.

Anschließend wird (5) ein Überblick über die epidemiologischen Untersuchungen seit 1990 gegeben, die sich ausschließlich auf die Exposition mit hochfrequenten Feldern konzentrierten.

Nur wenige der vorliegenden Studien untersuchten nur eine Krebserkrankung, die meisten veröffentlichten Ergebnisse für mehrere Krebserkrankungen. Zur besseren Übersicht werden die Ergebnisse nach den Tumorloci aufgeschlüsselt dargestellt.

Alle Studien waren retrospektiv. Wo nicht anders angegeben, handelte es sich um Fall-Kontroll-Studien.

4.4.1 Außerberufliche Exposition

4.4.1.1 Kinder und Jugendliche

Zunächst sollen die Studien analysiert werden, die einen Zusammenhang zwischen elektromagnetischen Feldern und Leukämie bei Kindern untersuchten, dann soll auf Gehirntumore, Brustkrebs und weitere Krebsarten eingegangen werden. Schließlich werden die Studien untersucht, die sich mit einem generellen Anstieg der Krebshäufigkeit befaßten. Zur Expositionsabschätzung dienten neben einzelnen Messungen der Abstand zu Leitungen, Wire codes oder errechnete Feldstärken, bzw. die Häufigkeit des Gebrauches von Haushaltselektrogeräten.

Zu beachten ist, daß die Altersangabe „Kinder“ nicht einheitlich ist, es finden sich Altersangaben zwischen „0-4 Jahre“ und „0-19 Jahre“.

4.4.1.1.1 Leukämie

Wenn nicht anders angegeben, beziehen sich die folgenden Studien auf alle (nicht weiter aufgeschlüsselten) Leukämiearten.

Savitz et al. (1990)

METHODIK: Es wurde ein möglicher Zusammenhang zwischen pränataler Exposition gegenüber der Benutzung elektrischer Haushaltsgeräte (Heizdecke, Wasserbett oder elektrische Uhr) durch die Mutter, und späterer Erkrankungshäufigkeit an Leukämie untersucht. Das Alter der Kinder betrug 0-14

Jahre, die Untersuchung wurde in den USA durchgeführt. Es wurde in „exponiert“ und „nicht exponiert“ unterschieden, die Gesamtzahl der Krebsfälle betrug 356.

ERGEBNISSE: Die nicht signifikant erhöhte OR betrug 1,7.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Es wurden zwar relativ viele Fälle untersucht, die Expositionsabschätzung war aber sehr grob: (exponiert vs. nicht exponiert) und es wurden keine möglichen Confounder wie Benzolbelastung oder Verkehrsdichte berücksichtigt. Diese Studien gibt keinen Hinweis auf einen Zusammenhang zwischen der Benutzung elektrischer Haushaltsgeräte durch die Mutter während der Schwangerschaft und Leukämie beim Kind.

London et al. (1991)

METHODIK: Es wurde der Zusammenhang zwischen elektromagnetischen Feldern im Schlafzimmer der Kinder und Krebs anhand von Stichprobenmessungen, über 24 h verteilt, und, wo dies nicht möglich war, anhand eines Wire codes untersucht. Die Anzahl der Fälle betrug 331, die der Kontrollen 278.

ERGEBNISSE: Einen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen elektromagnetischen Feldern und Leukämie fanden London et al. nur in der Gruppe „sehr hoher Wire code“ mit einer Odds Ratio (OR) von 2,2 (42 exponierte Fälle), nicht aber in der Gruppe mit der höchsten Flußdichte, es wurde vor der Berücksichtigung diverser möglicher Confounder ein hohes Risiko in allen Wire code - Kategorien gefunden.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Diese Studie fand keine Bestätigung für den vermuteten Zusammenhang zwischen tatsächlich gemessenen elektromagnetischen Feldern und Leukämie, es fand sich nur beim sehr hohen Wire code eine Dosis-Wirkungsbeziehung.

Fajardo-Gutierrez et al. (1993)

METHODIK: Es wurden die beiden Expositions-kategorien „Entfernung < 20 m“ und „Entfernung ≥ 20 m“ zur nächstgelegenen Hochspannungsleitung verwendet, um einen Zusammenhang zwischen der Entfernung der Wohnung zur Hochspannungsleitung und der Leukämieprävalenz bei Kindern zu untersuchen. Die Anzahl der exponierten Fälle betrug 81, die der Kontrollen 77.

ERGEBNISSE: Es zeigte sich für die Kategorie „Entfernung < 20 m“ eine statistisch signifikant erhöhte Odds Ratio von 2,6.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Es wurden keine möglichen Confounder berücksichtigt. Diese Studie weist auf einen möglichen Zusammenhang zwischen der Exposition durch das Wohnen nahe an der Hochspannungsleitung und Leukämie bei Kindern hin.

Feychting und Ahlbom (1993)

METHODIK: Es wurde der Zusammenhang zwischen Exposition durch Hochspannungsleitungen und Krebs bei Kindern von 0-15 Jahren in Schweden untersucht. Der beobachtete Zeitraum der retrospektiven Untersuchung betrug 25 Jahre. Zur Expositionsklassifizierung wurden eine errechnete Belastung und Kontrollmessungen verwendet. Die Anzahl der an Leukämie erkrankten Kinder betrug 141, die der Kontrollen 554.

ERGEBNISSE: Die RRs für eine errechnete Belastung von 0,1-0,19 μT bzw. $>0,2 \mu\text{T}$ waren nicht signifikant erhöht (RR=2,1 bei 4 exponierten Fällen bzw. 2,7 bei 7 exponierten Fällen), außerdem zeigte sich kein Zusammenhang mit tatsächlich gemessenen Werten.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Es wurden keine möglichen Confounder, und es wurden nur 200 bis 400 kV – Leitungen berücksichtigt. Es ergab sich eine Relation zwischen Exposition und Erkrankungen nur in Einfamilienhäusern, nicht aber in Mehrfamilienhäusern, so daß anscheinend nicht berücksichtigte Confounder eine Rolle spielen. Diese Studie war gut geplant, die statistische Aussagekraft ist jedoch zu gering.

Olsen et al. (1993)

METHODIK: Es wurden die durch Hochspannungsleitungen verursachten Magnetfelder anhand der „historic load“, also der Last der Leitungen in der Vergangenheit, errechnet, um einen Zusammenhang zwischen der Exposition durch das Wohnen in der Nähe der Leitungen und Leukämie bei dänischen Kindern zwischen 0 und 14 Jahren zu untersuchen. Die Anzahl der Leukämie-Fälle betrug 1707, die der Kontrollen 4788.

ERGEBNISSE: Es fand sich kein Zusammenhang zwischen errechneten Feldstärken und Leukämiehäufigkeit bei Kindern.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Es wurden nur die errechneten Feldstärken der Hochspannungsleitung zur Expositionsabschätzung verwendet, andere mögliche Felder wurden nicht berücksichtigt. Die Berücksichtigung der Parameter „sozioökonomischer Status“ und „Bevölkerungsdichte“ veränderte die Ergebnisse nicht. Diese Studie fand keinen Zusammenhang zwischen der Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern durch das Wohnen an Hochspannungsleitungen und Leukämie bei Kindern.

Savitz und Kaune (1993)

METHODIK: Savitz und Kaune verwendeten die Daten der von Savitz et al. 1988 veröffentlichten Studie, in der für keine der errechneten Feldstärken ein signifikant erhöhtes Ergebnis erzielt werden konnte und der ursprüngliche Wire code sowie Kontrollmessungen verwendet wurden, und keine mögli-

chen Confounder berücksichtigt wurden, und errechneten ORs für einen vereinfachten Wire code: „hoch“ oder „niedrig“. Es wurde das Leukämierisiko von Kindern unter 15 Jahren untersucht. Die Anzahl der Fälle betrug 320, die der Kontrollen 259.

ERGEBNISSE: Es zeigte sich für die Kategorie „hoher Wire code“ eine statistisch signifikant erhöhte Odds Ratio von 3,8.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Auch in dieser Studie war die Expositionsabschätzung stark vereinfacht. Die Daten dieser Studie wurden auch auf einen Zusammenhang von Verkehrsdichte und Leukämie hin untersucht. Es fanden sich durchwegs signifikant erhöhte ORs und eine klare Dosis-Wirkungsbeziehung (Hardell et al. 1995). Die Benzol- und Abgasexposition dürfte daher vermutlich in einem Zusammenhang mit den Leukämiefällen stehen.

Verkasalo et al. (1993, retrospektive Kohortenstudie)

METHODIK: Es wurde der Zusammenhang zwischen Exposition durch Stromleitungen und Leukämie bzw. Lymphomen bei Jugendlichen unter 20 Jahren in Finnland untersucht. Zur Expositionsklassifizierung diente eine abgeschätzte kumulierte Belastung, errechnet über die „historic load“ der Leitungen. Die Anzahl der Leukämie-Fälle betrug 140, die Gesamtgröße der Kohorte 134660.

ERGEBNISSE: Die SIRs waren in der hohen Expositions-kategorie nicht signifikant erniedrigt, in den anderen Expositions-kategorien waren die SIRs nicht signifikant erhöht, es zeigte sich keine durchgängige Dosis-Wirkungsbeziehung.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Es wurde jedes Gebäude in Finnland berücksichtigt, das im Umkreis von 500 m von Hochspannungsleitungen stand. Allerdings wurden keine möglichen Confounder berücksichtigt und die Anzahl der exponierten Fälle war sehr niedrig: 32 bzw. 14 in der niedrigen und 3 bzw. 1 in der hohen Expositions-kategorie. Auch diese Studie fand keinen Hinweis auf einen möglichen Zusammenhang zwischen elektromagnetischen Feldern und Leukämie bei Kindern.

Kraut et al. (1994)

METHODIK: Kraut et al. führten eine Korrelationsstudie durch, in der sie den Stromverbrauch und die Leukämierate bei Kindern unter 15 Jahren über einen Zeitraum von 15 Jahren verglichen.

ERGEBNISSE: Es wurde eine nicht signifikante Korrelation zwischen Stromverbrauch und Krebsrate beobachtet.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Es wurden keine möglichen Confounder berücksichtigt, im betrachteten Zeitraum kam es zu 4 Leukämiefällen. Der Anstieg an Krebsfällen kann diverse Ursachen haben. Die Aussagekraft dieser Studie ist daher begrenzt.

Coghill et al. (1996)

METHODIK: Diese Studie erfaßte die Exposition am Schlafplatz von Kindern unter 15 Jahren hinweg anhand von einmaligen 12-Stunden-Messungen der elektrischen Felder zwischen 20:00 h und 8:00 h. Die Studie wurde in den USA durchgeführt. Die Anzahl der Leukämiefälle und der Kontrollen betrug jeweils 56.

ERGEBNISSE: In der am höchsten exponierten Gruppe (> 20 V/m) betrug die signifikant erhöhte OR 4,7, die Ergebnisse in den anderen Expositionskategorien waren nicht signifikant erhöht.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: In der Studie von Coghill et al. bestanden Defizite im Studiendesign. Die Fall-Kontroll-Paare wurden nur nach Alter und Geschlecht gematcht, nicht aber nach weiteren Kriterien wie z.B. Insektizidexposition oder Verkehrsdichte in der Umgebung. Die Probandenzahlen in der höchsten Expositionskategorie betragen 13 Fälle und 5 Kontrollen, die Messungen erfolgten am Bett, das ein Jahr vor Diagnosestellung benutzt wurde (hinsichtlich der Latenzzeit ein zu kurzer Zeitraum) und es wurden keine möglichen Confounder berücksichtigt.

Linnet et al. (1997)

METHODIK: Diese umfangreiche Fall-Kontroll-Studie untersuchte einen möglichen Zusammenhang zwischen niederfrequenten Magnetfeldern und akuter lymphatischer Leukämie (ALL) bei Kindern unter 15 Jahren. Dazu wurden in allen Wohnungen, die bis zur Diagnose bewohnt wurden, mehrere Messungen durchgeführt und so 4 Expositionskategorien erstellt, zusätzlich wurde die Exposition anhand eines dreistufigen Wire codes abgeschätzt. Die Studie wurde in den USA durchgeführt. Die Anzahl der Leukämiefälle betrug 1052, die der Kontrollen 1034.

ERGEBNISSE: Es zeigte sich kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen Magnetfeldexposition und ALL bei Kindern, weder bei der Expositionsklassifizierung durch Messungen noch durch den Wire code; bei Verwendung des Wire code nahmen die ORs mit zunehmender Exposition ab, bei Verwendung der Messungen ergaben sich zwar erhöhte ORs, die einer Dosis-Wirkungsbeziehung folgten, die Ergebnisse waren aber statistisch nicht signifikant.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Die Ergebnisse dieser Studie zeigen eine Dosis-Wirkungsbeziehung bezüglich der Magnetfeldexposition in der Wohnumgebung und ALL bei Kindern, die fehlende Signifikanz kann an der zu geringen Anzahl der exponierten Fälle liegen (die Fallzahlen betragen 24 bzw. 58 in den beiden höchsten Expositionsklassen). Es wurden diverse mögliche Confounder berücksichtigt (z.B. Geburtsgewicht und Röntgenuntersuchungen in der Schwangerschaft). Die Studie wurde gut geplant und durchgeführt (Expositionsbestimmungen unter Blindbedingungen, Interviews mit den Müttern, Ermittlung der Exposition innerhalb eines Jahres nach Diagnose etc.).

Michaelis et al. (1997)

METHODIK: In dieser deutschen Studie wurde zur Expositionsklassifizierung nach Messungen im Kinderzimmer entweder der Median während der Nacht bzw. der Median während 24 h verwendet, als Schwellenwert zur Unterscheidung in hohe oder niedrige Exposition wurde 0,2 µT gewählt. Das Alter der Kinder betrug 0-14 Jahre, es wurde zum einen die gesamte Gruppe der Kinder betrachtet, zum anderen nur die Kinder unter 5 Jahren. Die Anzahl der Leukämiefälle betrug 176, die der Kontrollen 414.

ERGEBNISSE: Es wurde eine signifikant erhöhte OR von 7,1 für Kinder unter 5 Jahren (Median der 24 h Messung im Kinderzimmer $\geq 0,2 \mu\text{T}$) errechnet, für Kinder unter 15 Jahren war das Ergebnis nicht signifikant erhöht. Für die Kategorie „Median während der Nacht $\geq 0,2 \mu\text{T}$ “ betrugen die signifikant erhöhten ORs für Kinder unter 5 Jahren 7,4, für Kinder unter 15 Jahren 7,1.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Auch in dieser Studie war die Anzahl der exponierten Fälle sehr niedrig (7 Kinder unter 5 Jahren und 9 Kinder unter 15 Jahren), außerdem wurde nur in der Wohnung, in der das Kind den längsten Zeitraum vor Diagnosestellung gelebt hatte, gemessen. Daß die Studie zum Teil in Niedersachsen und zum Teil in Ostberlin durchgeführt wurde (es bestanden daher erhebliche Unterschiede in der Entstehung und Abschirmung der Felder, bedingt durch die Bauart der Häuser und die Art der elektrischen Installation), ist wohl zu vernachlässigen, da die tatsächlichen Feldstärken gemessen wurden. Die Studie bietet den sehr guten Ansatz, die Exposition nachts gesondert zu bewerten. Außerdem ist sie eine der wenigen Studien, die tatsächliche Messungen für jedes Kind zur Expositionsabschätzung durchführte.

Petridou et al. (1997)

METHODIK: Diese Studie wurde in Griechenland durchgeführt und verwendete einen modifizierten fünfstufigen Wire code, da die Stromversorgung in Griechenland sich von der in den USA in Bezug auf Stromstärken und Frequenz unterscheidet. Das Alter der Kinder betrug 0-14 Jahre, es wurde ein Zeitraum von 2 Jahren betrachtet. Die Anzahl der Leukämiefälle betrug 117, die der Kontrollen 202.

ERGEBNISSE: Die erzielten ORs waren nicht signifikant erhöht. Sie folgten keiner signifikanten Dosis-Wirkungs-Beziehung.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Es wurden diverse mögliche Confounder berücksichtigt. Insgesamt wurden 117 Kinder mit Krebs untersucht, die Fallzahlen in den einzelnen Expositions-kategorien waren daher auch in dieser Studie klein. Außerdem lassen sich die Kategorien des verwendeten Wire code nicht mit dem in den USA verwendeten Wire code vergleichen. Die Studie gibt keinen Hinweis auf einen Zusammenhang zwischen elektromagnetischen Feldern und Leukämie bei Kindern.

Tynes und Haldorsen (1997)

METHODIK: Es wurde über verschiedene Computerprogramme die Belastung bei norwegischen Kindern, die in der Nähe von Hochspannungsleitungen wohnten, berechnet und geprüft, ob die Inzidenz von Leukämie bzw. Lymphomen erhöht war. Die Expositionsberechnungen wurden anhand exemplarischer 24 h - Messungen überprüft, die Expositionskategorien waren: Belastung unter 0,05 μ T, Belastung von 0,05-0,14 μ T und >0,14 μ T. Das Alter der Kinder betrug 0-14 Jahre, die Anzahl der Leukämiefälle betrug 500, die der Kontrollen 2004.

ERGEBNISSE: Die erzielten ORs waren nicht signifikant erhöht für Lymphome, ebenfalls nicht signifikant erniedrigt für Leukämie.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Es wurde keine Dosis-Wirkungsbeziehung nachgewiesen, die Expositionsabschätzung war unklar und ungenau, es wurden 8 verschiedene Expositionsmaße verwendet, die sich teilweise überschneiden, die Ermittlung verschiedener Angaben zur Exposition wurde nicht beschrieben. Die Anzahl der exponierten Fälle war sehr niedrig (1 Fall in der niedrigen, 2 Fälle in der hohen Expositions-kategorie für Lymphome, 8 Fälle in der niedrigen und 1 Fall in der hohen Expositions-kategorie für Leukämie). Die errechnete Exposition war in beiden Expositions-kategorien relativ niedrig (0,05-0,14 μ T bzw. > 0,14 μ T). Diese Studie gibt bei limitierter Aussagekraft keinen Hinweis auf einen Zusammenhang zwischen der Belastung durch elektromagnetische Felder, verursacht durch Stromleitungen, und Leukämie bei Kindern.

Dockerty et al. (1998)

METHODIK: Diese Studie wurde in Neuseeland durchgeführt. Die Anzahl der Fälle und der Kontrollen betrug 303, bei allen Fällen von Leukämie und deren gematchten Kontrollen wurden 24 – h Messungen durchgeführt.

ERGEBNISSE: Die OR für „hohe Belastung“ ($\geq 0,2 \mu$ T) im Schlafzimmer des Kindes betrug 15,5 (95% CI 1,1-224), bei 5 exponierten Fällen und 1 exponierten Kontrolle. Die übrigen Ergebnisse, auch bei Aufschlüsselung nach Gebrauch diverser Haushaltsgeräte, die per Fragebogen erfragt wurden, waren unauffällig und deuteten nicht auf einen Zusammenhang mit einem gesteigerten Krebsrisiko hin

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Es wurde keine Dosis-Wirkungsbeziehung nachgewiesen, die Autoren der Studie selbst raten, ihre Ergebnisse aufgrund der niedrigen Fallzahlen vorsichtig zu interpretieren. Wie bei den meisten anderen Studien war die Anzahl der exponierten Fälle und Kontrollen, vor allem in den hohen Expositions-kategorien, niedrig.

Hatch et al. (1998)

METHODIK: Hatch et al. untersuchten die Häufigkeit der Benutzung einer Reihe von Haushaltsgeräten durch das Kind selbst oder durch die Mutter während der Schwangerschaft auf einen Zusammenhang mit Leukämie. Es wurde in verschiedene Expositionsclassen nach Häufigkeit und Dauer der Benutzung eingeteilt, dann die höchste, eine mittlere und die niedrigste Expositionsclassen miteinander verglichen. Die Studie wurde in den USA durchgeführt.

ERGEBNISSE: Es wurden einige signifikant erhöhte ORs nachgewiesen, allerdings hauptsächlich in der Gruppe mit der mittleren Exposition.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Es wurde keine Dosis-Wirkungsbeziehung nachgewiesen, die meisten Ergebnisse waren statistisch nicht signifikant erhöht und aufgrund der sehr groben Expositionsabschätzung sind die Ergebnisse kritisch zu betrachten. Die Anzahl der exponierten Fälle war in den verschiedenen Kategorien niedrig.

Bianchi et al. (1999)

METHODIK: In dieser italienischen Fall-Kontroll-Studie wurde der Zusammenhang zwischen der Nähe der Wohnung der Kinder zu Hochspannungsleitungen und dem Risiko, an Leukämie zu erkranken, untersucht. Die Exposition wurde über die Entfernung zur Leitung und über den Stromdurchfluß der Leitung in der Vergangenheit abgeschätzt. Bei den 20 als exponiert bezeichneten Kindern (Entfernung unter 150 m) wurden zusätzlich Messungen von fünf min. Dauer im Eingangsbereich der Wohnung durchgeführt. Insgesamt umfasste die Studie 103 Fälle und 412 Kontrollen.

ERGEBNISSE: Für die Expositions-kategorie 0,001 μ T – 0,1 μ T ergab sich eine OR von 3,29, für die Expositions-kategorie >0,1 μ T (jeweils geschätzt) eine OR von 4,51.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Die OR der niedrigen Expositions-kategorie ist statistisch signifikant erhöht (95% CI= 1,11-9,73) und es wurde eine Dosis-Wirkungsbeziehung nachgewiesen. Allerdings ist die Anzahl der exponierten Kinder niedrig, und die Exposition wurde nur abgeschätzt. Spotmessungen, die bei diesen Kindern durchgeführt wurden, ergaben stark differierende Feldstärken.

Green et al. (1999a)

METHODIK: Es wurde die Belastung durch magnetische Felder und der Zusammenhang mit Leukämie untersucht. Bei 201 Fällen und 406 Kontrollen wurden stichprobenartige Messungen durchgeführt, um mindestens 70 % der Wohnungen, die im Beobachtungszeitraum von 1985 bis 1993 bewohnt wurden, klassifizieren zu können. Außerdem wurden die Wohnungen durch Wire codes klassifiziert.

ERGEBNISSE: Es zeigte sich kein Zusammenhang zwischen der Belastung der Kinder durch Magnetfelder und einem erhöhten Risiko, an Leukämie zu erkranken, weder bei Expositions-klassifizierung durch Wire codes noch durch über stichprobenartige Messungen abgeschätzte Magnetfeldstärken.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Diese sorgfältig durchgeführte Studie unterstreicht die Ergebnisse der Studie von Linet et al. (1997), die ebenfalls kein erhöhtes Leukämierisiko fanden. Es wurde versucht, die Belastung der Kinder durch Magnetfelder in allen bis dato bewohnten Wohnungen zu erfassen, und zwar nicht nur innerhalb der Schlafzimmer der Kinder sondern auch im Rest der Wohnung sowie im Freien vor der Wohnung.

Green et al. (1999b)

METHODIK: Diese Studie benutzte einen Teil der Daten der Studie Green (1999a) und umfasste 88 Fälle und 133 Kontrollen unter 15 Jahren. Es wurde der Zusammenhang zwischen der Exposition gegenüber elektrischen und magnetischen Feldern und Leukämie untersucht. Die Exposition der Kinder wurde über Wire codes abgeschätzt sowie durch ein Positron-Meter (für min. 2 Tage getragen) gemessen.

ERGEBNISSE: Die Studie zeigt einen deutlichen und statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen der Belastung durch Magnetfelder und dem Auftreten von Leukämie: Bei Magnetfeldstärken zwischen 0,03 und 0,07 μT beträgt die OR 2,0, bei Feldstärken zwischen 0,07 und 0,14 μT beträgt sie 4,0 und bei Feldstärken über 0,14 μT 4,5. Aufgeschlüsselt nach Belastung durch elektrische Felder bzw. nach Wire codes zeigt sich kein Zusammenhang.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Die ORs bei Exposition gegenüber Magnetfeldern sind statistisch signifikant erhöht und es wurde eine Dosis-Wirkungsbeziehung nachgewiesen. Ganz im Gegensatz dazu zeigte sich bei Expositionsklassifizierung durch Wire codes oder durch (gemessene) elektrische Feldstärken kein erhöhtes Leukämierisiko. Diese Studie zeigt, daß eine Expositionsbestimmung durch Messungen im Vergleich zur Abschätzung der Exposition über Wire codes oder stichprobenartige Messungen zu stark unterschiedlichen Ergebnissen führt, ebenso der Vergleich der Belastung durch elektrische und durch magnetische Felder.

Kleiner mann et al. (1999)

METHODIK: Es wurden die Daten der Studie von Linet et al. (1997) genutzt. Während in dieser Studie u. a. das Wire code Schema zur Expositionsklassifizierung benutzt wurde, wurde diesmal die Entfernung zur nächsten Stromleitung als Expositionsmaß benutzt und ein Zusammenhang mit akuter lymphoblastischer Leukämie untersucht. 105 Fälle und 98 Kontrollen lebten in einem Abstand von 40 m und weniger von einer Stromleitung.

ERGEBNISSE: Es fand sich kein Zusammenhang zwischen der Nähe der Wohnung zu einer Stromleitung und einem erhöhten Risiko, an akuter lymphoblastischer Leukämie zu erkranken. Die ORs sinken mit abnehmendem Abstand zur Stromleitung.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Auch die Aufschlüsselung der Daten nach der Entfernung zwischen Wohnung der Kinder und der nächsten Stromleitung zeigt kein gesteigertes Leukämierisiko durch Hochspannungsleitungen.

McBride et al. (1999)

METHODIK: In dieser Fall-Kontrollstudie, die in Kanada durchgeführt wurde, untersuchte man das Risiko von Kindern, an Leukämie zu erkranken in Relation zur Exposition gegenüber EMF. Die Fälle wie die Kontrollen betrug 399 Kinder unter 15 Jahren. Zur Expositions klassifizierung wurden 48 h lange Feldmessungen in den Wohnungen der Kinder sowie durch am Körper getragene Messgeräte durchgeführt, ausserdem wurden die Wohnungen der Kinder durch Wire codes klassifiziert.

ERGEBNISSE: Die am Körper der Kinder gemessenen Magnetfelder waren nicht mit einem erhöhten Leukämierisiko assoziiert. Ein (statistisch nicht signifikant) erhöhtes Risiko zeigte sich bei Kindern, deren Wohnung einen hohen Wire code aufwies, oder in deren Wohnung ein erhöhtes Feld gemessen wurde.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Es ergaben sich keine Hinweis auf ein erhöhtes Leukämierisiko durch elektromagnetische Felder, die von Hochspannungsleitungen erzeugt wurden.

Thomas et al. (1999)

METHODIK: In einer Re-Analyse der Daten der Studie von London 1991 versuchte man zu klären, warum bei Verwendung des Wire code als Maß für die Exposition eher ein Zusammenhang mit Leukämie bei Kindern auftrat als bei Verwendung tatsächlicher Messungswerte.

ERGEBNISSE: Es wurden die Daten nach dem „klassischen“ Wire code sowie nach Messungen, abgeschätzten Magnetfeldern und einer Kombination aus Messung und Abschätzung aufbereitet. Bei dieser Kombination zeigte sich eine statistisch signifikant erhöhte OR in der höchsten Expositions-kategorie.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Diese Studie bestätigt die Ergebnisse der vorangegangenen Studien, daß bei Abschätzung der Belastung eher ein Zusammenhang mit einem erhöhten Leukämierisiko auftritt als bei tatsächlicher Messung. Hier spielt eher das verwendete Modell zur Abschätzung der Belastung eine Rolle als die tatsächliche oder vermutete Karzinogenität der elektromagnetischen Felder.

ABSCHLIESSENDE DISKUSSION: Die Ergebnisse der Studien zum Zusammenhang zwischen der Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern und Leukämie bei Kindern basierten in der Regel auf niedrigen Fallzahlen und ungenügender Berücksichtigung von möglichen Confoundern wie Abgasbelastung oder Verwendung von Pestiziden. Zusätzlich war die Expositionsbestimmung in der Regel unzureichend. Speziell der Wire code korrelierte eher mit anderen Faktoren als der Belastung

unzureichend. Speziell der Wire code korrelierte eher mit anderen Faktoren als der Belastung durch elektromagnetische Felder.

Weiterhin können die Studien kaum miteinander verglichen werden, auch die neueren, methodisch besseren Studien verwendeten unterschiedliche Expositionsmaße. Die Ergebnisse der Studien sind inkonsistent, die Mehrzahl der vorliegenden Studien gab keinen Hinweis auf einen Zusammenhang zwischen einer Belastung mit elektromagnetischen Feldern zu Hause und Leukämie bei Kindern. Ob dieser Zusammenhang besteht, muß weiterhin offen bleiben, jedenfalls scheinen elektromagnetische Felder eine wesentlich kleinere Rolle bei der Leukämieentstehung bei Kindern zu spielen als andere Umweltfaktoren wie Benzolbelastung oder Verkehrsdichte.

Eine Übersicht bietet Tabelle 24, Seite 97.

Auf die Ermittlung der statistischen Power einer Untersuchung bzw. die Berechnung der benötigten Fallzahlen wird in Abschnitt 5.3, auf Seite 80 eingegangen.

4.4.1.1.2 Gehirntumore

In der Regel wurden die Tumore des ZNS als „Gehirntumore“ zusammengefaßt, da diese einen Großteil der Tumore des ZNS darstellen.

Savitz et al. (1990)

METHODIK: Siehe Kapitel 4.4.1.1.1, Seite 27.

ERGEBNISSE: Es zeigte sich im Vergleich zu nicht exponierten Kindern eine signifikant erhöhte OR von 2,5.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Es wurden keine möglichen Confounder berücksichtigt, die Anzahl der exponierten Fälle betrug 4.

Feychting und Ahlbom (1993)

METHODIK: Siehe Kapitel 4.4.1.1.1, Seite 29.

ERGEBNISSE: Es zeigte sich kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen elektromagnetischen Feldern und Gehirntumoren.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Siehe Kapitel 4.4.1.1.1, Seite 29.

Olsen et al. (1993)

METHODIK: Siehe Kapitel 4.4.1.1.1, Seite 29.

ERGEBNISSE: Es fand sich kein Zusammenhang zwischen den errechneten Feldstärken und Gehirntumoren bei Kindern.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Siehe Kapitel 4.4.1.1.1, Seite 29.

Savitz und Kaune (1993)

METHODIK: Siehe Kapitel 4.4.1.1.1, Seite 29.

ERGEBNISSE: Die OR für Gehirntumore war nicht signifikant erhöht.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: In der hohen Expositions-kategorie „Wire code hoch“ wurden 32 exponierte Fälle gefunden. Es konnte kein Zusammenhang zwischen elektromagnetischen Feldern und Gehirntumoren nachgewiesen werden,

Verkasalo et al. (1993, retrospektive Kohortenstudie)

METHODIK: Siehe Kapitel 4.4.1.1.1, Seite 30.

ERGEBNISSE: Die Standardinzidenzrate in der hohen Expositions-kategorie war nicht signifikant erhöht mit einer SIR von 2,4, in der niedrigen Expositions-kategorie betrug die SIR 0,8.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Siehe Kapitel 4.4.1.1.1, Seite 30.

Kraut et al. (1994)

METHODIK: Siehe Kapitel 4.4.1.1.1, Seite 30.

ERGEBNISSE: Es wurde eine nicht signifikante positive Korrelation zwischen Stromverbrauch und Krebsrate beobachtet.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Siehe Kapitel 4.4.1.1.1, Seite 30.

Guerney et al. (1996)

METHODIK: Es wurde ein fünfstufiger Wire code zur Expositionsabschätzung verwendet. Die Studie wurde in den USA durchgeführt und untersuchte einen Zusammenhang zwischen der Exposition durch Hochspannungsleitungen und Gehirntumoren bei Kindern und Jugendlichen unter 20 Jahren. Die Anzahl der Fälle betrug 133, die der Kontrollen 270.

ERGEBNISSE: Es wurden keine signifikanten Ergebnisse erzielt, die ORs folgen keiner Dosis-Wirkungsbeziehung.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Es wurden zwar diverse mögliche Confounder berücksichtigt, aber auch bei dieser Studie war die Anzahl der exponierten Fälle mit 4 Fällen sehr niedrig; auch sie gab keinen Hinweis auf einen Zusammenhang zwischen elektromagnetischen Feldern, verursacht durch Hochspannungsleitungen, und Gehirntumoren bei Kindern.

Preston-Martin et al. (1996)

METHODIK: Diese Studie untersuchte einen möglichen Zusammenhang zwischen Gehirntumoren bei Kindern und Jugendlichen unter 19 Jahren und elektromagnetischen Feldern im Kinderzimmer sowie elektromagnetischen Feldern durch die Benutzung elektrischer Geräte, die von den Kindern selbst oder von der Mutter benutzt wurden. Zur Expositionsabschätzung wurden ein Wire code erstellt, 24 h - Messungen durchgeführt sowie erfragt, wie oft die Geräte benutzt wurden. Als Schwellenwert für hohe Exposition wurde $0,2 \mu\text{T}$ gewählt. Es wurden 298 Fall-Kontroll-Paare gebildet.

ERGEBNISSE: Es zeigte sich eine signifikant erhöhte OR von 2,3 für Kinder, die durch einen Wire code „unterirdisch“ exponiert waren, beim Wire code „hoch“ fand sich eine nicht signifikant erniedrigte OR von 0,8. Auch die Aufschlüsselung der Daten nach „Median der 24 h - Messung im Kinderzimmer“, „Verwendung von Heizdecke oder Wasserbett während der Schwangerschaft“, „Verwendung von Heizdecke oder Wasserbett durch das Kind“ ergab kein signifikant erhöhtes Ergebnis. Die Benutzung von Wasserbetten wurde deshalb untersucht, da diese Betten konstant beheizt werden und somit ein Feld nahe am Körper erzeugt wird.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Das scheinbar erhöhte Risiko in Wohnungen, die durch Erdkabel versorgt werden (Wire code „unterirdisch“) bewerteten die Autoren als Artefakt bei der Expositions-klassifizierung. Die anderen Ergebnisse weisen durch das grobe Bewertungsschema der Exposition eine beschränkte Aussagekraft auf, im Vergleich zu anderen Studien war die Anzahl der exponierten Fälle hoch. Diese Studie belegt keine Erhöhung des Gehirntumorrisikos durch die vorliegenden Expositionen.

Tynes und Haldorsen (1997)

METHODIK: Siehe Kapitel 4.4.1.1.1, Seite 33.

ERGEBNISSE: Die erzielten ORs waren nicht signifikant erhöht für die niedrige Expositions-kategorie, nicht signifikant erniedrigt für die hohe Expositions-kategorie.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Siehe Kapitel 4.4.1.1.1, Seite 33.

ABSCHLIESSENDE DISKUSSION: Wie schon bei den Studien zum Zusammenhang zwischen einer Belastung gegenüber elektromagnetischen Feldern und Leukämie bei Kindern werden auch die Aussagen zum Zusammenhang mit dem Gehirntumorrisiko durch methodische Schwächen, vor allem durch niedrige Fallzahlen und unsichere Expositionsbestimmung geschwächt.

Deutlicher jedoch als bei den Studien zu einem möglichen Zusammenhang zwischen Exposition und Leukämie deuten die vorliegenden Ergebnisse auf das Fehlen eines Zusammenhanges zwischen der

Exposition durch elektromagnetische Felder und Gehirntumoren bei Kindern hin. Eine Übersicht findet sich in Tabelle 25, Seite 103.

4.4.1.1.3 Brustkrebs

Feychting et al. (1998)

METHODIK: Feychting et al. untersuchten den Zusammenhang zwischen dem Wohnen an Hochspannungsleitungen und Brustkrebs, indem sie die Exposition entweder über die Entfernung zur Stromleitung oder über die Berechnung der Feldstärken über Entfernung und „historic load“ der Leitungen abschätzten. Es wurden die Daten der Studie von Feychting und Ahlbom (1993) verwendet, die Studie umfaßte insgesamt 127.383 Kinder.

ERGEBNISSE: Es fand sich kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Exposition und dem Brustkrebsrisiko bei Kindern. Es zeigte sich auch beim Vergleich eines Abstands von 51-100 m und von über 50 m oder von Feldstärken von 0,1-0,19 μT und über 0,19 μT keine Dosis-Wirkungs-Beziehung.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Die vorliegenden Studien unterstützen die Vermutung eines Zusammenhanges zwischen einer Exposition mit Feldern durch Stromleitungen und Brustkrebs bei Kindern nicht. Eine Übersicht über die Ergebnisse findet sich in Tabelle 26 auf Seite 106.

4.4.1.1.4 Krebs allgemein

Es konnte kein genereller Zusammenhang zwischen der Exposition gegenüber niederfrequenten elektromagnetischen Feldern und dem Auftreten von Krebserkrankungen unterschiedlicher Organmanifestationen bei Kindern gefunden werden (Meyers et al. 1990, Savitz et al. 1990, Feychting und Ahlbom 1993, Savitz und Kaune 1993, Verkasalo et al. 1993, Wertheimer et al. 1995). Eine Übersicht zeigt Tabelle 27, Seite 106.

4.4.1.2 Erwachsene

In den folgenden Studien wurden zum Teil nur Erwachsene untersucht, teilweise alle Altersgruppen. Auch hier ist die Unterscheidung in „Kinder/Jugendliche“ und „Erwachsene“ unterschiedlich vorgenommen worden, die Adoleszenz endet je nach Autor zwischen 15 und 19 Jahren. Die Methodik gleicht der der Studien zum Zusammenhang zwischen elektromagnetischen Feldern und Krebs bei Kindern. Es wurde die Exposition ebenfalls anhand von einzelnen Messungen, eines Wire codes oder über die Entfernung abgeschätzt oder über Modelle errechnet, bzw. wurde nach der Häufigkeit des Gebrauchs von Elektrogeräten unterschieden.

Zunächst soll auf die Studien eingegangen werden, die einen Zusammenhang zwischen elektromagnetischen Feldern und Leukämie bei Erwachsenen untersuchen, dann soll auf die Untersuchungen zu Gehirntumoren, Brustkrebs und weiteren Krebsarten eingegangen werden.

4.4.1.2.1 Leukämie

Youngsson et al. (1991)

METHODIK: In dieser Studie wurde zum einen der Abstand zu Hochspannungsleitungen, zum anderen eine errechnete Belastung gegenüber elektromagnetischen Feldern zur Expositionsabschätzung verwendet. Es wurden Jugendliche und Erwachsene über 15 Jahren in den USA untersucht. Die Anzahl der Fälle und der Kontrollen betrug jeweils 3281.

ERGEBNISSE: Beide Arten der Expositionsabschätzung zeigten kein signifikant erhöhtes Risiko für das Auftreten von Leukämie. Bei Verwendung der errechneten Feldstärke ergab sich zwar eine Dosis-Wirkungs-Beziehung, nicht aber bei Verwendung der gemessenen Entfernung zur Leitung.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Es wurde nur für die „Art der Wohnung“ als Ersatz für den sozioökonomischen Status adjustiert, es wurden keine weiteren möglichen Confounder berücksichtigt. Die Anzahl der exponierten Fälle in den hohen Expositions-kategorien war niedrig.

Schreiber et al. (1993, retrospektive Kohortenstudie)

METHODIK: Es wurde der Abstand zu Hochspannungsleitungen zur Expositionsabschätzung verwendet. Als Schwellenwert zur Unterscheidung in „niedrige“ und „hohe“ Exposition diente ein Abstand von 100 m. Die Studie untersuchte eine Kohorte von 74550 Erwachsenen in den Niederlanden.

ERGEBNISSE: Es wurden kein signifikant erhöhtes Risiko für Leukämie in einer Entfernung <100 m von Hochspannungsleitungen ermittelt.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Es wurden keine möglichen Confounder berücksichtigt, die Anzahl der exponierten Fälle war sehr gering (2 Fälle in der niedrigen, 3 Fälle in der hohen Expositions-kategorie), so daß die Aussagekraft dieser Studie beschränkt ist.

Feychting und Ahlbom (1994)

METHODIK: Diese Studie untersuchte einen möglichen Zusammenhang zwischen der Exposition durch Hochspannungsleitungen und Leukämie bei Erwachsenen anhand des Abstandes zu Hochspannungsleitungen bzw. anhand einer errechneten Belastung, die durch stichprobenartige Messungen und sorgfältige Erhebung der Vorgeschichte hinsichtlich der Exposition durch elektromagnetische Felder jedes Probanden ermittelt wurde. Es wurden Jugendliche und Erwachsene über 15 Jahren in den USA untersucht, die Anzahl der Fälle betrug 548, die der Kontrollen 1091.

ERGEBNISSE: Sowohl bei der Expositionsabschätzung über den Abstand zur Leitung als auch über die errechneten Felder zeigte sich keine statistisch signifikante Risikoerhöhung für Leukämie durch elektromagnetische Felder.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Es wurden keine möglichen Confounder berücksichtigt, berufliche Faktoren oder andere Felder als die durch Hochspannungsleitungen verursachten wurden nicht berücksichtigt, also z.B. Felder durch elektrische Geräte, Leitungen im Haus etc.

Li et al. (1997)

METHODIK: Bei dieser Studie, die Erwachsene und Jugendliche über 15 Jahren in Taiwan untersuchte, wurde zur Expositionsabschätzung die Entfernung zur Stromleitung benutzt, bzw. eine Flußdichte errechnet. Die Studie umfaßte insgesamt 4457 Fall-Kontroll-Paare.

ERGEBNISSE: Es wurden signifikant erhöhte ORs von 1,5 für den Abstand 50-99 m (89 exponierte Fälle) und 2,0 für den Abstand 49 m und weniger (71 exponierte Fälle) zur Leitung gezeigt. Als Referenz diente ein Abstand zur Stromleitung von über 100 m. Bei Verwendung von errechneten Feldstärken am Wohnort zur Expositionsabschätzung (errechnet aus Abstand, Eigenschaften und „historic load“ der Leitungen) zeigte sich kein Zusammenhang zwischen den Feldstärken und dem Auftreten von Leukämie.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Es wurde nicht zwischen verschiedenen Leitungen (zum Beispiel 69 kV oder 345 kV) unterschieden. Es wurden keine mögliche Confounder berücksichtigt und Kontrollmessungen konnten die Abschätzung der elektromagnetischen Felder nicht bestätigen. Es zeigte sich aber eine Dosis-Wirkungs-Beziehung und die Anzahl der exponierten Fälle war ausreichend.

ABSCHLIESSENDE DISKUSSION: Viele der vorliegenden Studien haben aufgrund zu niedriger Fallzahlen eine zu geringe Teststärke, um den vermuteten schwachen Zusammenhang zwischen der Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern im nicht beruflichen Bereich und Leukämie bei Erwachsenen nachzuweisen. Ebenso wie bei den Studien, die den Zusammenhang mit Krebs bei Kindern untersuchten, wurden in der Regel zu wenige oder keine möglichen Confounder berücksichtigt und die Expositionsbestimmung war unzureichend. Auch hier ist ein Zusammenhang mit anderen Umweltfaktoren möglich.

Bei Erwachsenen spielt außerdem die Exposition am Arbeitsplatz eine mögliche Rolle, die in keiner der Studien berücksichtigt wurde. Eine Übersicht findet sich in Tabelle 28, Seite 108.

4.4.1.2.2 Gehirntumore

Schreiber et al. (1993, retrospektive Kohortenstudie)

METHODIK: Siehe Kapitel 4.4.1.2.1, Seite 41.

ERGEBNISSE: Es wurde kein Zusammenhang zwischen elektromagnetischen Feldern und der Entstehung von Gehirntumoren bei Erwachsenen gefunden.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Siehe Kapitel 4.4.1.2.1, Seite 41.

Feychting und Ahlbom (1994)

METHODIK: Siehe Kapitel 4.4.1.2.1, Seite 41.

ERGEBNISSE: Sowohl bei der Expositionsabschätzung über den Abstand zur Leitung als auch über die errechneten elektromagnetischen Feldstärken zeigte sich keine statistisch signifikante Risikoerhöhung bei einer Anzahl exponierter Fälle von 12 bzw. 14 in den hohen Expositions-kategorien.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Siehe Kapitel 4.4.1.2.1, Seite 41.

Li et al. (1997)

METHODIK: Siehe Kapitel 4.4.1.2.1, Seite 42.

ERGEBNISSE: Es wurden keine signifikant erhöhten ORs gefunden. Im Gegensatz zu dem Auftreten von Leukämie zeigte sich eine Dosis-Wirkungsbeziehung bei Expositionsabschätzung über die errechneten Felder, nicht aber über die Entfernung zur Leitung.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Siehe Kapitel 4.4.1.2.1, Seite 42.

ABSCHLIESSENDE DISKUSSION: Es fand sich kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen der Exposition gegenüber niederfrequenten elektromagnetischen Feldern Erwachsener im nichtberuflichen Bereich und Gehirntumoren. Eine Übersicht bietet Tabelle 29, Seite 109.

4.4.1.2.3 Brustkrebs

Vena et al. (1991, 1994, 1995)

METHODIK: Diese Studien untersuchten den Zusammenhang zwischen Heizdeckenbenutzung und Brustkrebs bei Frauen in den USA.

ERGEBNISSE: Vena et al. zeigten in ihrer Veröffentlichung von 1995, in der sie die Ergebnisse ihrer Studien zum Zusammenhang zwischen Heizdeckenbenutzung und Brustkrebs von 1991 (Brustkrebs prämenopausal) und 1994 (Brustkrebs postmenopausal) zusammenfaßten, eine signifikante OR-Erhöhung nur für die Expositions-kategorie „Benutzung insgesamt 3-5 Jahre“, nicht aber bei längerer Benutzung. In den beiden Originalarbeiten fand sich keine signifikante Risikoerhöhung.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Es wurde eine gemeinsame OR aus den Ergebnissen der Studien zum prä- und postmenopausalen Brustkrebs errechnet und so signifikant erhöhte Ergebnisse er-

zielt, jedoch wurde dieses Verfahren von den Autoren selbst kritisiert, da es vom medizinischen Standpunkt her nicht sinnvoll ist, die Daten der beiden Studien zusammenzufassen.

Schreiber et al. (1993, retrospektive Kohortenstudie)

METHODIK: Siehe Kapitel 4.4.1.2.1, Seite 41.

ERGEBNISSE: Es wurden keine signifikant erhöhten Ergebnisse erzielt (5 Fälle in der niedrigen, 9 Fälle in der hohen Expositions-kategorie).

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Siehe Kapitel 4.4.1.2.1, Seite 41.

Li et al. (1997)

METHODIK: Siehe Kapitel 4.4.1.2.1, Seite 42.

ERGEBNISSE: Es wurde keine signifikant erhöhten ORs gefunden, alle Brustkrebsfälle waren weiblich.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Siehe Kapitel 4.4.1.2.1, Seite 42.

Coogan et al. (1998)

METHODIK: In dieser Studie wurden Frauen, die im Zeitraum zwischen 1943 und 1986 in einem Haus mit Stromheizung lebten oder näher als 152 m an einer Hochspannungsleitung wohnten, als exponiert klassifiziert.

ERGEBNISSE: Es wurde kein erhöhtes Risiko für Frauen, die irgendwann im untersuchten Zeitraum in einem Haus mit elektrischer Heizung lebten, gefunden (OR= 0,7). Das Risiko für Frauen, die irgendwann mindestens 152 m (500 feet) nah an einer Hochspannungsleitung lebten, war erhöht (OR= 1,5, nicht signifikant erhöht).

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Es wurden keine Confounder berücksichtigt, die Studie gibt keinen Hinweis auf ein erhöhtes Brustkrebsrisiko durch die Benutzung elektrischer Heizung oder durch das Wohnen in der Nähe von Hochspannungsleitungen.

Gammon et al. (1998)

METHODIK: Diese US-amerikanische Fall-Kontroll-Studie untersuchte einen möglichen Zusammenhang zwischen Heizdeckenbenutzung und Brustkrebs bei Frauen. Es wurden die Expositions-kategorien „Nie benutzt“, „Nur zum Betterwärmen benutzt“ und „Konstante Benutzung“ gewählt. Untersucht wurden Frauen über 55. Die Studie umfaßte 881 Fälle und 779 Kontrollen.

ERGEBNISSE: Es wurden keine signifikant erhöhten ORs gefunden, die ORs betragen 0,9 für die niedrige bzw. 1,0 für die hohe Expositions-kategorie.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Die Zahl der exponierten Fälle betrug 155 in der niedrigen und 726 in der hohen Expositions-kategorie. Es wurden diverse mögliche Confounder berücksichtigt, die

Studie benutzte die Daten einer großen Studie über Risikofaktoren für Brustkrebs. Die Autoren kritisieren selbst die vereinfachte Expositionsabschätzung. Diese Studie bietet keinen Anhalt für einen Zusammenhang zwischen Heizdeckenbenutzung und Brustkrebs bei Frauen.

Laden et al. (2000, Kohortenstudie)

METHODIK: In der „Nurses Health Study“, einer US-amerikanischen prospektiven Kohortenstudie, die noch nicht abgeschlossen ist, werden Krankenschwestern untersucht. 1992 wurden in die Fragebögen, die den damals 104064 Teilnehmerinnen regelmäßig zugesandt werden, Fragen zur Heizdeckenbenutzung aufgenommen. So wurden retrospektive und prospektive Daten gewonnen.

ERGEBNISSE: Es wurden keine signifikant erhöhten Risiken gefunden. Auch Aufschlüsselung und Darstellung der Daten nach Dauer, Zeitraum und Modus der Nutzung, Rezeptorstatus, menopausalem Status etc. ergab keinen Zusammenhang zwischen Heizdeckenbenutzung, auch lebenslanger intensiver Nutzung und einem erhöhten Brustkrebsrisiko.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Diese Kohortenstudie ist zu einem Teil prospektiv durchgeführt worden und der retrospektive Teil umfaßt viele Teilnehmer. Es konnten bekannte Risikofaktoren für Brustkrebs und mögliche Confounder berücksichtigt werden. Diese gut geplante und sorgfältig durchgeführte Studie zeigt, wie die vorangegangenen Studien auch, kein erhöhtes Brustkrebsrisiko.

Zheng et al. (2000)

METHODIK: Diese US-amerikanische Fall/Kontrollstudie untersuchte den Zusammenhang zwischen Heizdeckenbenutzung und der Nutzung anderer elektrischer Haushaltsgeräte und dem Risiko, an Brustkrebs zu erkranken. Es wurden 608 Fälle und 609 Kontrollen interviewt, alle Studienteilnehmer waren Frauen.

ERGEBNISSE: 40% der Fälle und 43% der Kontrollen gaben regelmäßige Nutzung elektrischer Heizdecken an (OR 0,9, 95%-CI: 0,7-1,1), bei Nutzung der Heizdecke die ganze Nacht hindurch betrug die OR 0,9 (95%-CI: 0,7-1,2), bei der Aufschlüsselung der Daten nach genauem Modus der Benutzung, menopausalem Status etc. sowie der Benutzung andere Elektrogeräte (beheiztes Wasserbett, Fön, Lockenstab, Heizkissen, elektr. Rasierapparat, elektr. Zahnbürste, Staubsauger, Popcornmaschine, Computer, Bügeleisen) zeigten sich ebenfalls keine erhöhten Risiken.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Es zeigte sich kein Zusammenhang zwischen der Benutzung weit verbreiteter elektrischer Geräte zu Hause und dem Risiko, an Brustkrebs zu erkranken.

ABSCHLIESSENDE DISKUSSION: Die vorliegenden Ergebnisse deuten nicht auf einen Zusammenhang zwischen der Exposition gegenüber niederfrequenten elektromagnetischen Feldern im nichtberuflichen Bereich und Brustkrebs, zumindest bei Frauen, hin. Für Männer liegen bisher keine Studien im außer-

beruflichen Bereich vor. Die Kritikpunkte der vorangegangenen Abschnitte zum Zusammenhang zwischen nicht beruflicher Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern und Leukämie bzw. Gehirntumoren gelten teilweise auch für die Studien zu Brustkrebs. Eine Übersicht bietet Tabelle 30, Seite 110.

4.4.1.2.4 Andere Krebsarten

Verreault et al. (1990)

METHODIK: Diese US-amerikanische Fall-Kontroll-Studie untersuchte den möglichen Zusammenhang zwischen der Benutzung von Heizdecken und der Entstehung von Hodenseminomen bzw. Hoden-Nichtseminomen. Sie umfaßte 297 Fälle und 1091 Kontrollen und war Teil einer Untersuchung über Vasektomie und Hodenkrebs.

ERGEBNISSE: Es wurde kein signifikant erhöhtes Risiko gefunden, die RRs betragen 0,7 für Seminome bzw. 1,4 für Nicht-Seminome.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Es wurde nur die Exposition der letzten 10 Jahre vor Diagnosestellung berücksichtigt. Diese Studie konnte keinen Zusammenhang zwischen der Benutzung von Heizdecken und Hodenkrebs belegen.

4.4.1.2.5 Krebs allgemein

Verkasalo et al. fanden in einer umfangreichen Kohortenstudie keinen Zusammenhang zwischen niederfrequenten elektromagnetischen Feldern und der Krebshäufigkeit (Verkasalo et al. 1996).

Sokejima et al. (1996) fanden in einer Korrelationsstudie, in der Stromverbrauch und Krebshäufigkeit in verschiedenen Regierungsbezirken untersucht wurden, eine statistisch signifikante inverse Korrelation, die am ehesten auf einen protektiven Effekt hinweisen würde. Die Aussagekraft dieser Studie ist begrenzt, da es sich lediglich um eine ökologische Assoziation handelt; die Daten wurden nicht personenbezogen korreliert.

Die vorliegenden Studien können die Hypothese eines möglichen Zusammenhanges zwischen Belastung mit elektromagnetischen Feldern und dem Auftreten von Krebs im allgemeinen nicht bestätigen. Einen Überblick zeigt Tabelle 32, Seite 113.

4.4.2 Berufliche Exposition

Die Studien zum Zusammenhang zwischen beruflicher Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern und Krebs verwendeten zur Expositionsabschätzung entweder die Berufs- oder Tätigkeitsbezeichnung oder eine abgeschätzte Belastung, die anhand von Einzelmessungen ermittelt wurde. Auch in diesem Bereich untersuchten die meisten Studien mehrere Krebsarten, die Ergebnisse werden aber der Übersicht wegen ebenfalls nach Tumorloci aufgeschlüsselt dargestellt. Zuerst sollen die Studien dargestellt werden, die sich mit Leukämie befaßten, dann die zu Gehirntumoren, anderen Tumoren und schließlich die Studien, die einen Zusammenhang mit Krebs allgemein untersuchten.

Neben der bereits durch die Studien zur nicht beruflichen Exposition bekannten Expositionsabschätzung durch Einzelmessungen oder Verwendung des Abstandes zum Feld wurde bei den Studien, die einen Zusammenhang zwischen beruflicher Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern und Krebs untersuchten, häufig die Berufs- oder Tätigkeitsbezeichnung der Berufstätigen verwendet. Entweder wurden für jede Berufsbezeichnungen exemplarische Messungen durchgeführt oder Meßwerte aus der Literatur verwendet, oder bestimmte Berufe wie zum Beispiel Schweißer, Elektriker oder Lokführer wurden a priori als hoch belastet eingestuft und mit a priori als niedrig belastet angesehenen Berufen oder der Normalbevölkerung verglichen.

4.4.2.1 Leukämie

Balli-Antunes et al. (1990)

METHODIK: Diese Schweizer Studie untersuchte die proportionale Mortalitätsrate (PMR) und die Standard-Mortalitätsrate (SMR) bei Lokführern mit einer geschätzten Belastung von einigen mT. Exponiert waren die Probanden gegenüber Feldern von 16,67 Hz (Bahnstrom). Als Referenz dienten technische Angestellte der Bahn. Die Studie untersuchte einen Zeitraum von 25 Jahren.

ERGEBNISSE: Die statistisch signifikant erhöhte PMR betrug 163 und die statistisch signifikant erhöhte SMR betrug 171.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Die Zahl der erkrankten Lokführer wurde nicht angegeben und es wurde nicht für Röntgenstrahlung adjustiert, obwohl bekannt war, daß die Lokführer im Rahmen engmaschiger Gesundheitskontrollen einmal pro Jahr geröntgt wurden, die Kontrollen aber nicht. Es wurden keine Messungen durchgeführt, die Belastung wurde nur abgeschätzt. Diese Studie kann daher nur als Hinweis auf einen möglichen Zusammenhang zwischen Bahnstrom und Leukämieerkrankungen verstanden werden.

Bastuji-Garin et al. (1990)

METHODIK: In dieser französischen Studie wurden die Todesursachen von Schweißern, die Lichtbogenschweißgeräte benutzten, bzw. die von Arbeitern in „Elektroberufen“ wie Lokführer oder Arbeiter an Elektromotoren untersucht. Die Anzahl der Fälle betrug 185, die der Kontrollen 513. Die prospektive Studie untersuchte einen Zeitraum von 5 Jahren.

ERGEBNISSE: Es wurde eine signifikant erhöhte OR von 4,04 für „berufliche Exposition mit elektromagnetischen Feldern ohne Schweißen“ für akute Leukämie gezeigt. Für Lichtbogenschweißen wurde eine nicht signifikante OR-Erhöhung gefunden.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Es wurden diverse mögliche Confounder berücksichtigt. Die Expositionseinteilung war jedoch stark vereinfacht, so daß die Aussagekraft dieser Studie eingeschränkt ist. Es wurde nicht näher auf die Art des Schweißens eingegangen.

Gallagher et al. (1990)

METHODIK: Gallagher et al. untersuchten die Todesursache von Arbeitern in diversen Elektroberufen. Die Studie wurde in Kanada durchgeführt, die Anzahl der Leukämiefälle betrug 65.

ERGEBNISSE: Die gegenüber elektromagnetischen Feldern höher exponierten Arbeiter hatten kein höheres Risiko, an Leukämie zu versterben.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Es wurden keine möglichen Confounder berücksichtigt. Die Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern wurde lediglich über die Berufsbezeichnung abgeschätzt, Messungen der Exposition wurden nicht durchgeführt.

Garland et al. (1990)

METHODIK: Es wurde die Leukämierate bei mit niederfrequenten Feldern exponierten amerikanischen Marinesoldaten („US Navy“) untersucht. Die Anzahl der exponierten Fälle betrug 102. Die Untersuchung der Exposition mit hohen Frequenzen, die in dieser Studie ebenfalls durchgeführt wurde, wird im Abschnitt „Exposition mit hohen Frequenzen“ auf Seite 72 vorgestellt.

ERGEBNISSE: Die Standardinzidenzrate für Leukämie betrug 0,9.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Diese Studie fand keinen leukämogenen Einfluß der niederfrequenten Felder.

Juutilainen et al. (1990, retrospektive Kohortenstudie)

METHODIK: Juutilainen et al. untersuchten Arbeiter mit „möglicher“ bzw. „wahrscheinlicher“ Exposition mit elektromagnetischen Feldern. Als „möglich exponiert“ galten Arbeiter in „Elektroberufen“

also z.B. Arbeiter an Telefon- oder Stromleitungen, als „wahrscheinlich exponiert“ Arbeiter, die an Elektromotoren oder mit Schweißgeräten arbeiteten. Als Referenz dienten alle anderen Berufsgruppen. ERGEBNISSE: Die Anzahl der beobachteten Leukämiefälle betrug 594. In der niedrigeren Expositions-kategorie „mögliche Exposition“ fand sich eine signifikant erhöhte SMR von 1,4, während in der hö-heren Expositions-kategorie „wahrscheinliche Exposition“ die SMR 1,9 betrug, aber nicht signifikant erhöht war.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Die beobachteten Fälle waren 94 in der mittleren bzw. 10 in der hohen Expositions-kategorie, so daß die Aussagekraft dieser Studie für die hohe Kategorie kritisch betrachtet werden muß. Es wurden keine möglichen Confounder wie Benzol- oder Strahlenbelastung berücksichtigt.

Loomis und Savitz (1990)

METHODIK: Loomis und Savitz untersuchten Arbeiter in Elektroberufen. Die Arbeiter wurden in zwei Altersgruppen, über und unter 65 Jahren, eingeteilt. Als Referenz dienten Arbeiter, die nicht in Elekt-roberufen tätig waren. Die Studie wurde in den USA durchgeführt. Die Anzahl der Leukämiefälle be-trug 3400, die der Kontrollen 13000.

ERGEBNISSE: Die Anzahl der exponierten Fälle betrug insgesamt nur 38. Es wurden nicht signifikant erhöhte ORs für die Arbeiter unter 65 Jahren und nicht signifikant erniedrigte OR für die Arbeiter über 65 Jahren gezeigt.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Es wurden keine möglichen Confounder berücksichtigt. Es zeigten sich niedrige ORs in den a priori als hoch exponiert klassifizierten Berufen.

Robinson et al. (1991)

METHODIK: Robinson et al. untersuchten amerikanische Arbeiter in Elektroberufen auf einen Zusam-menhang zwischen Berufsbezeichnung und Leukämie.

ERGEBNISSE: Die Ergebnisse waren statistisch nicht signifikant erhöht, die PMR betrug 119.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Die Anzahl der exponierten Fälle betrug 183 Fälle. Es wurden keine möglichen Confounder berücksichtigt. Die proportionale Mortalitätsrate war höher für Tele-phon/Telegraphenarbeiter und Aluminiumarbeiter, niedriger für Schweißer.

Simonato et al. (1991, retrospektive Kohortenstudie)

METHODIK: Simonato et al. untersuchten in einer multizentrischen Studie in neun europäischen Län-dern die Todesursache von Schweißern.

ERGEBNISSE: Das Risiko für Leukämie bei Schweißern war nicht signifikant erhöht.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Die Anzahl der exponierten Fälle war sehr gering (9,5 Fälle erwartet, 6 beobachtet). Es wurden keine möglichen Confounder berücksichtigt.

Spinelli et al. (1991, retrospektive Kohortenstudie)

METHODIK: Es wurden Leukämieinzidenz und -mortalität bei Arbeitern in der Aluminiumindustrie, die mit Feldern einer mittleren Feldstärke von 1 mT mit Spitzen von bis zu 10 mT exponiert waren, untersucht.

ERGEBNISSE: Die Ergebnisse für Leukämie waren statistisch nicht signifikant erhöht.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Die Anzahl der exponierten Fälle war gering (4 erwartete Fälle, 7 beobachtete Fälle). Es wurden keine möglichen Confounder berücksichtigt. Die Durchführung von Kontrollmessungen ergab keinen Zusammenhang zwischen EMF-Exposition und Krebsinzidenz.

Törnquist et al. (1991, retrospektive Kohortenstudie)

METHODIK: Törnquist et al. untersuchten den Zusammenhang von beruflicher Exposition gegenüber niederfrequenten elektromagnetischen Feldern und Leukämie anhand der Berufsbezeichnung. Die Studie wurde in Schweden durchgeführt. Die Anzahl der beobachteten Fälle betrug für Leukämie 334.

ERGEBNISSE: Es wurde kein Zusammenhang zwischen der Exposition gegenüber niederfrequenten elektromagnetischen Feldern und Leukämie gefunden.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Es wurden keine möglichen Confounder berücksichtigt. Es wurden Kontrollmessungen durchgeführt, aber die Ergebnisse nicht im Zusammenhang mit dem Leukämierisiko dargestellt. Die Anzahl der exponierten Fälle wurde nicht angegeben.

Eriksson und Karlsson (1992)

METHODIK: Eriksson und Karlsson untersuchten den Zusammenhang zwischen beruflicher Exposition und multiplem Myelom. Die Studie wurde in Schweden durchgeführt.

ERGEBNISSE: Das Risiko für multiples Myelom nach beruflicher Exposition mit elektromagnetischen Feldern war statistisch nicht signifikant erniedrigt.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Es wurden diverse mögliche Confounder berücksichtigt, der fehlende Zusammenhang zwischen beruflicher Exposition und multiplem Myelom ist aufgrund der geringen Anzahl exponierter Fälle von 6 Fällen kritisch zu betrachten.

Richardson et al. (1992)

METHODIK: Richardson et al. untersuchten in ihrer Studie die Daten von Bastujii-Garin et al. (1990) auf berufliche Risikofaktoren für die Entstehung von Leukämie.

ERGEBNISSE: Sie wiesen für „Exposition mit elektromagnetischen Feldern außer Schweißen“ eine signifikant erhöhte OR von 3,9 nach, während für „Schweißen“ die OR zwar leicht (1,2), aber nicht signifikant erhöht war.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Die Fallzahlen betragen 7 für „Exposition außer Schweißen“ bzw. 8 für „Schweißen“. Es wurden diverse mögliche Confounder (Ionisierende Strahlung, Benzol, Lösemittel, Bestrahlung oder Chemotherapie in der Vorgeschichte) berücksichtigt. Die Ergebnisse können als Hinweise auf einen möglichen Zusammenhang bewertet werden.

Tynes et al. (1992, retrospektive Kohortenstudie)

METHODIK: Tynes et al. untersuchten die Inzidenz von Leukämie in „Elektroberufen“ anhand der Berufsbezeichnung. Die Studie wurde in Norwegen durchgeführt. Die Anzahl der beobachteten Krebsfälle betrug 3806, es wurde ein Zeitraum von 25 Jahren beobachtet.

ERGEBNISSE: Es fand sich eine statistisch nicht signifikant erhöhte SIR von 1,1 für Elektroberufe bei 107 beobachteten Fällen.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Die Anzahl der exponierten Fälle in den einzelnen Berufsgruppen war sehr niedrig, es wurden keine möglichen Confounder wie Benzolexposition berücksichtigt,

Floderus et al. (1993)

METHODIK: Floderus et al. führten stichprobenartige Messungen über einen Tag in diversen Betrieben durch und errechneten so die Belastung für die verwendeten Berufsbezeichnungen. Anhand der errechneten Belastungen wurde der Zusammenhang zwischen elektromagnetischen Feldern und Leukämie untersucht. Es wurden folgende mögliche Confounder berücksichtigt: Alter, Belastung mit Benzol, Lösemitteln und ionisierenden Strahlen. Als Expositionskategorien wurden abgeschätzte Feldstärken von <16 μ T (Referenz), 16-19 μ T, 20-28 μ T und >29 μ T verwendet. Die Studie wurde in Schweden durchgeführt, die Anzahl der Fälle betrug für Leukämie 325, die der Kontrollen 1561.

ERGEBNISSE: Es zeigte sich eine Dosis-Wirkungsbeziehung. Die Ergebnisse in den einzelnen Berufsgruppen waren zum Großteil nicht signifikant erhöht.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Die Fallzahlen in den einzelnen Berufsgruppen waren gering. Floderus et al. führten ihre Messungen im Betrieb nach der Diagnosestellung durch, während die relevante Exposition in dem Zeitraum vor Diagnosestellung lag. Es wurde außerdem keine Darstellung der Ergebnisse nach Berufsbezeichnungen gegeben. Diese Studie gibt aber aufgrund der sorgfältigen Berücksichtigung der möglichen Confounder Hinweise auf einen Zusammenhang zwischen elektromagnetischen Feldern und Leukämie, die mit höheren Fallzahlen überprüft werden sollten

Guénel et al. (1993, retrospektive Kohortenstudie)

METHODIK: Guénel et al. schätzten die Exposition männlicher und weiblicher Arbeiter in Elektroberufen über die Berufsbezeichnung ab. Sie verwendeten drei Expositionskategorien: „Exposition nie über 0,3 μT “, „Exposition intermittierend über 0,3 μT “ und „Exposition ständig über 0,3 μT “. Die Studie wurde in Dänemark durchgeführt.

ERGEBNISSE: Es zeigte sich eine signifikant erhöhte SIR von 1,6 (beobachtete Fälle: 39) für die hohe Expositionskategorie bei Männern, die ORs in der mittleren Expositionskategorie sowie für Arbeiterinnen waren nicht signifikant erhöht. Es fand sich keine Dosis-Wirkungs-Beziehung.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Es wurde keine Berücksichtigung von möglichen Confoundern angegeben. Es wurden keine Messungen zur Überprüfung der geschätzten Belastung vorgenommen. Die Aussagekraft dieser Studie ist daher limitiert, gibt aber doch zumindest Hinweise auf einen Zusammenhang zwischen Exposition mit elektromagnetischen Feldern und Leukämie bei männlichen Arbeitern.

Linnet et al. (1993, retrospektive Kohortenstudie)

METHODIK: In dieser Studie wurde die Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern über die Berufsbezeichnung abgeschätzt und daraus die Standardinzidenzrate für Non-Hodgkin-Lymphome errechnet. Die Studie wurde in Schweden durchgeführt und umfaßte 4496 Fälle von Non-Hodgkin-Lymphom.

ERGEBNISSE: Es zeigte sich eine signifikant erhöhte SIR von 1,3 für Arbeiter im Elektrizitätswerk, die Zahl der exponierten Fälle betrug 86.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Es wurden keine Berücksichtigung von möglichen Confoundern angegeben.

Matanoski et al. (1993)

METHODIK: Matanoski et al. untersuchten anhand der Berufsbezeichnung einen Zusammenhang zwischen beruflicher Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern und Leukämie. Die Anzahl der Fälle betrug 124, die der Kontrollen 372. Die Studie wurde in den USA durchgeführt.

ERGEBNISSE: Das Risiko war für Personen mit beruflicher Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern im Vergleich zu nicht exponierten Arbeitern nicht signifikant verschieden.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Es wurde keine Berücksichtigung von möglichen Confoundern angegeben.

Sahl et al. (1993, retrospektive Kohortenstudie)

METHODIK: Sahl et al. untersuchten die Arbeiter einer Fabrik für Elektrogeräte in den USA. Sie unterschieden anhand der Berufsbezeichnung in „Arbeiter in einem gegenüber elektromagnetischen Feldern exponierten Bereich“ und „Arbeiter in einem nicht-exponierten Bereich“. Es wurden einzelne Messungen durchgeführt und die Daten auf verschiedene Arten aufbereitet

ERGEBNISSE: Das Risiko für exponierte Arbeiter war im Vergleich zu nicht exponierten Arbeitern nicht signifikant erhöht, die OR betrug 0,9.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Die Anzahl der exponierten Fälle in den einzelnen Bereichen war relativ niedrig (17 bzw. 25). Die Gruppen wurden sorgfältig gematcht.

Armstrong et al. (1994)

METHODIK: Es wurden Arbeiter in Elektrizitätswerken in Kanada und Frankreich untersucht. Der betrachtete Zeitraum betrug 19 Jahre und es wurden Messungen mit dem Positronmeter durchgeführt, um eine Expositions klassifizierung zu erstellen. Die Anzahl der Fälle betrug 2679, die der Kontrollen ca. 10000. Es wurden die Expositions klassen „Belastung im Vergleich zu der aller Arbeiter > Median“ und Belastung im Vergleich zu allen Arbeitern > 90. Perzentile“ unterschieden.

ERGEBNISSE: Das Risiko für exponierte Arbeiter war nicht signifikant erhöht, die ORs betragen 0,7 bzw. 0,9.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Die Anzahlen der exponierten Fälle in den einzelnen Berufsgruppen waren relativ niedrig (38 bzw. 9 Fälle). Es wurden diverse mögliche Confounder (kanzerogene und möglicherweise kanzerogene Chemikalien, ionisierende Strahlung, sozioökonomischer Status) berücksichtigt. Diese Studie gibt keinen Hinweis auf einen Zusammenhang zwischen beruflicher Exposition mit elektromagnetischen Feldern und Leukämie.

Floderus et al. (1994)

METHODIK: Floderus et al. untersuchten bei ihrer Re-Analyse der Daten ihrer Studie von 1993 die Inzidenz von Leukämie bei Zugführern und Schaffnern. Kontrollmessungen ergaben für diese Personen Belastungen im täglichen Mittel von 4,03 μ T bzw. 0,61 μ T.

ERGEBNISSE: Das Risiko für Leukämie war für Zugführer und Schaffner nicht signifikant erhöht im Vergleich zu nicht exponierten Arbeitern, die OR betrug 0,9.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Es wurde nur für Alter gematcht, es wurden keine möglichen Confounder berücksichtigt. Die Anzahl der exponierten Fälle in den einzelnen Berufsgruppen war relativ niedrig. Diese Studie gibt keinen Hinweis auf einen Zusammenhang zwischen beruflicher Exposition mit elektromagnetischen Feldern bei Lokführern und Schaffnern und Leukämie.

London et al. (1994)

METHODIK: London et al. führten umfangreiche Messungen durch, um einen Zusammenhang zwischen kumulativer Belastung von Arbeitern in Elektroberufen und Leukämie zu untersuchen. Zur Expositions-kategorisierung diente die Zeit, die ein Arbeiter in einem belasteten Bereich arbeitete, bzw. die Magnetfeldstärke oder die Berufsbezeichnung. Die Anzahl der Fälle betrug 2355, die der Kontrollen 67212. Die Studie wurde in den USA durchgeführt.

ERGEBNISSE: Es fand sich eine signifikante OR-Erhöhung nur in der Expositions-kategorie „33% der Arbeitszeit mit über 0,25 μ T belastet“ (OR=1,4 n=55), in der höheren Expositions-kategorie (n=87), bzw. nach Aufschlüsselung nach Magnetfeldstärke oder Berufsbezeichnung, fand sich keine signifi-kante OR-Erhöhung

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Es wurden folgende mögliche Confounder berücksichtigt: Ioni-sierende Strahlung, Benzol, Lösemittel, Pestizide. Diese Studie fand einen leichten Anstieg des Leu-kämierisikos, der aber nicht durchgängig in allen Expositions-klassen gezeigt wurde, so daß eine Dosis-Wirkungs-Beziehung fehlt.

Thériault et al. (1994, retrospektive Kohortenstudie)

METHODIK: Thériault et al. führten eine große Anzahl von Messungen durch, um den potentiellen Ef-fekt einer Exposition einer Kohorte von 223.000 Arbeiter in Elektrizitätswerken in Frankreich und Kanada abzuschätzen. Es wurde bei 2066 Arbeitern jeweils eine 5-Tageweche lang gemessen. Die Studie betrachtete einen Zeitraum von 20 Jahren.

ERGEBNISSE: Die ORs für Leukämie waren nicht signifikant erhöht und betrugen 1,6 für die niedrige Expositions-kategorie (Exposition > 0,2 μ T) bei 50 exponierten Fällen und 1,1 für die hohe Expositi-ons-kategorie (Exposition > 0,3 μ T) bei 29 exponierten Fällen.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Es wurden die möglichen Confounder sozioökonomischer Sta-tus und ionisierende Strahlung berücksichtigt, diese multizentrische Studie war gut geplant. Diese Stu-die fand keinen Zusammenhang zwischen Exposition mit elektromagnetischen Feldern im Elektriz-i-tätswerk und Leukämie.

Tynes et al. (1994, retrospektive Kohortenstudie)

METHODIK: Tynes et al. führten eine Studie in Norwegen durch, die die Leukämieinzidenz bei Arbei-tern im Elektrizitätswerk untersuchte. Die Kohorte umfaßte 5808 Arbeiter. Betrachtet wurde ein Zeit-raum von 38 Jahren.

ERGEBNISSE: Die standardisierte Inzidenzrate betrug 0,81 für Leukämie, es fand sich also kein Zu-sammenhang zwischen der Belastung im Elektrizitätswerk und dem Auftreten von Leukämie.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Es wurden keine möglichen Confounder berücksichtigt, die Anzahl der exponierten Fälle war mit 11 Leukämiefällen sehr niedrig, so daß die Aussagekraft dieser Untersuchung eingeschränkt ist.

Savitz und Loomis (1995, retrospektive Kohortenstudie)

METHODIK: Savitz et al. untersuchten die Todesursachen von Arbeitern in US-Elektrizitätswerken. Die Kohorte umfasste 138.905 Arbeiter, es wurden anhand von stichprobenartigen Messungen fünf Expositionsklassen ermittelt ($<0,6 \mu\text{T}$, $0,6-1,2 \mu\text{T}$, $1,2-2,0 \mu\text{T}$, $2,0-4,3 \mu\text{T}$, $>4,3 \mu\text{T}$). Die Studie betrachtete einen Zeitraum von 36 Jahren.

ERGEBNISSE: Es wurden aufgrund von Daten aus der Normalbevölkerung 217 Fälle von Leukämie erwartet und 164 Fälle beobachtet, die SMR betrug 0,8. Bei Einteilung in Expositionsklassen nach der abgeschätzten kumulativen Belastung der Arbeiter ergaben sich (nicht signifikant erhöhte) ORs von 1,0 bzw. 1,1, ohne eine Dosis-Wirkungsbeziehung aufzuweisen.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Es wurden folgende mögliche Confounder berücksichtigt: Alter, Kalenderjahr, ethnische Zugehörigkeit, sozioökonomischer Status, berufliche Tätigkeit (aktiv/pensioniert), Exposition mit polychlorierten Biphenylen und Lösemittel). In dieser umfangreichen und gut geplanten Studie, ließ sich kein Zusammenhang zwischen Exposition im Elektrizitätswerk und Leukämie nachweisen.

Guénel et al (1996)

METHODIK: Guénel et al. untersuchten Arbeiter in französischen Elektrizitätswerken. Die Exposition der einzelnen Arbeiter wurde aufgrund von „work history“ und Einzelmessungen abgeschätzt. Die Exposition wurde über einzelne Messungen abgeschätzt. Zur Expositionseinteilung dienten die Perzentilen der Belastung: Als Referenz wurde eine Belastung unterhalb der 50. Perzentile gewählt, die anderen Expositionsklassen erstreckten sich von der 50. zur 75. Perzentile, von der 75. zur 90. und von der 90. zur 100. Perzentile. Die Kohorte umfaßte 170.000 Arbeiter. Die Studie bezog sich auf einen Zeitraum von 12 Jahren.

ERGEBNISSE: Es wurde eine (statistisch nicht signifikante) inverse Dosis-Wirkungsbeziehung festgestellt: je höher die Exposition, desto niedriger das Risiko für Leukämie.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Es wurden die möglichen Confounder Benzol, chlorierte Lösemittel, anorganische Lösemittel, ionisierende Strahlung, und Styrol berücksichtigt. Die Studie war gut geplant, gleichwohl war die Anzahl der exponierten Fälle sehr niedrig (in den drei Expositionskategorien mit einer Belastung oberhalb der 50. Perzentile wurden 20, 10 und 4 exponierte Fälle gefunden), so daß die Aussagekraft der Untersuchung eingeschränkt ist.

Miller et al. (1996)

METHODIK: Miller et al. verwendeten für ihre Studie einen Teil der Daten der großen Studie von Thériault et al. (1994, siehe oben). Sie berücksichtigten weitere mögliche Confounder und erarbeiteten eine verfeinerte Expositionsbestimmung. Sie unterschieden weiterhin zwischen Exposition gegenüber elektrischen und magnetischen Feldern.

ERGEBNISSE: Die Ergebnisse zeigten keine statistisch signifikante Risikoerhöhung durch Arbeit im Elektrizitätswerk.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Eine Studie mit guter Expositionsklassifizierung, da die Berechnung einer kumulativen Belastung für jeden Arbeitnehmer anhand umfangreicher Messungen erfolgte. Zudem berücksichtigte man eine Vielzahl von möglichen Confoundern, die Anzahl der exponierten Fälle war jedoch gering.

Kheifets et al. (1997c)

METHODIK: Kheifets et al. benutzten die Daten der Studie von London et al. (1994, siehe oben) und schätzen die Exposition anhand von Berufsbezeichnung und Arbeitsdauer in jedem Beruf ab. Für jede Berufsbezeichnung wurden Einzelmessungen aus der Literatur verwendet (außer für Arbeiter an Hochspannungsleitungen, für die kein Wert vorlag). Es wurden die Expositionsklassen <10 V/m (Referenz), 10-20 V/m und > 20 V/m gewählt.

ERGEBNISSE: Die (statistisch nicht signifikant erhöhte) OR beträgt für die mittlere und die hohe Expositions-kategorie jeweils 1,2.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Die Anzahl der exponierten Fälle ist niedrig: 31 Fälle in der mittleren, 28 in der hohen Expositions-kategorie. Die Expositionsbestimmung ist problematisch, da sie sich ausschließlich auf den Zeitraum unmittelbar vor der Diagnose bezieht, zudem wurden nur sehr wenige Meßwerte verwendet, die in keinem direkten Zusammenhang mit den untersuchten Arbeitern stehen.

Kelsh et al. (1997, retrospektive Kohortenstudie)

METHODIK: In dieser retrospektiven Kohortenstudie wurde die Mortalität von Arbeitern und Angestellten der Elektrizitätsgesellschaft „Edison“ in den USA, insgesamt eine Kohorte von 40335 Arbeitnehmern, über einen Zeitraum von 31 Jahren untersucht.

ERGEBNISSE: Die SMR für Leukämie beträgt 1,07 bei einem 95% Konfidenzintervall von 0,8 – 1,4.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Aus dieser Studie ergeben sich keine Hinweise auf einen Zusammenhang zwischen der Beschäftigung in einer Elektrizitätsgesellschaft und dem Risiko, an Leukämie zu erkranken, auch nicht bei Aufschlüsselung der Daten nach Geschlecht und genauer Berufsbezeichnung der Arbeitnehmer.

Floderus et al. (1999, retrospektive Kohortenstudie)

METHODIK: In dieser retrospektiven Kohortenstudie wurde der Zusammenhang zwischen beruflicher Belastung durch Magnetfelder und Krebserkrankungen untersucht. Es wurden alle schwedischen Männer und Frauen untersucht, die 1970 zwischen 20 und 64 Jahre alt und beschäftigt waren. Die Magnetfeldbelastung wurde über die Berufsbezeichnung abgeschätzt; die Teilnehmer wurden in niedrig, mittel und hoch exponiert eingeteilt.

ERGEBNISSE: Es gab keine Hinweise auf einen Zusammenhang zwischen der Magnetfeldbelastung und einem erhöhten Leukämierisiko.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Die Abschätzung der Magnetfeldbelastung ist stark vereinfacht, und es wurden keine möglichen Confounder berücksichtigt. Allerdings untersuchte die Studie eine große Kohorte über einen längeren Zeitraum, so daß die Ergebnisse einige Aussagekraft haben.

ABSCHLIESSENDE DISKUSSION: Die Studien zum möglichen Zusammenhang zwischen beruflicher Exposition und Leukämie ergaben bei überwiegend kleinen Fallzahlen und qualitativ uneinheitlicher Studienplanung widersprüchliche Ergebnisse. Vielfach wurde die Berücksichtigung von möglichen Confoundern vernachlässigt, zudem ist die Expositionsabschätzung und -einteilung oft nicht ausreichend. Etwa bei den Untersuchungen an Schweißern wird nicht ausreichend auf die Schweißverfahren eingegangen, auch Häufigkeit, Dauer und andere Parameter wurden nicht angegeben.

Bei den Studien, die auf niedrigen Fallzahlen beruhen und die keinen Zusammenhang fanden, sind falsch negative Befunde infolge Fehler zweiter Art möglich: Als Ergebnis wird die Nullhypothese nicht verworfen, also das Fehlen eines Zusammenhanges vermutet, obwohl dieser Zusammenhang tatsächlich bestand. Die Ergebnisse sind deshalb kritisch zu betrachten.

Eine Übersicht bietet Tabelle 33, Seite 114.

4.4.2.2 Gehirntumore

Juutilainen et al. (1990, retrospektive Kohortenstudie)

METHODIK: Siehe Kapitel 4.4.2.1, Seite 48. Die Anzahl der beobachteten Fälle von Gehirntumoren betrug 942.

ERGEBNISSE: Sowohl in der niedrigeren Expositions-kategorie „mögliche Exposition“ wie in der höheren Expositions-kategorie „wahrscheinliche Exposition“ zeigte sich eine (statistisch nicht signifikant erhöhte) SMR von 1,4.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Siehe Kapitel 4.4.2.1, Seite 48.

Loomis und Savitz (1990)

METHODIK: Siehe Kapitel 4.4.2.1, Seite 49. Die Anzahl der Fälle hinsichtlich Gehirntumoren betrug 2173, die der Kontrollen 21730.

ERGEBNISSE: Es zeigte sich eine signifikant erhöhte OR von 1,9 für die Entstehung von Gehirntumoren bei ehemaligen Arbeitern über 65 Jahren. Für Arbeiter unter 65 Jahren waren die Ergebnisse nicht signifikant erhöht.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Siehe Kapitel 4.4.2.1, Seite 47. Die Anzahl der exponierten Fälle betrug 49.

Gallagher et al. (1991)

METHODIK: Gallagher et al. untersuchten die Todesursachen von Arbeitern in diversen Elektroberufen. Die Kohorte der retrospektiven Untersuchung betrug 320423 Arbeiter, es wurden ein Zeitraum von 35 Jahren untersucht und proportionale Mortalitätsraten für die verschiedenen Berufsbezeichnungen erstellt.

ERGEBNISSE: Es zeigte sich kein erhöhtes Gehirntumorrisiko für Arbeiter in Elektroberufen.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Es wurden keine möglichen Confounder berücksichtigt, die Anzahl der beobachteten Fälle war mit 65 Fällen niedrig.

Törnquist et al. (1991, retrospektive Kohortenstudie)

METHODIK: Siehe Kapitel 4.4.2.1, Seite 50. Die Anzahl der beobachteten Fälle betrug für Gehirntumore 250.

ERGEBNISSE: Das Risiko für Gehirntumore wurde durch Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern nicht erhöht.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Siehe Kapitel 4.4.2.1, Seite 50.

Tynes et al. (1992, retrospektive Kohortenstudie)

METHODIK: Siehe Kapitel 4.4.2.1, Seite 51.

ERGEBNISSE: Es fand sich eine statistisch nicht signifikant erhöhte SIR von 1,1 für Elektroberufe bei 119 beobachteten Fällen.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Siehe Kapitel 4.4.2.1, Seite 51.

Floderus et al. (1993)

METHODIK: Siehe Kapitel 4.4.2.1, Seite 51. Die Anzahl der Fälle betrug 346 für Gehirntumore.

ERGEBNISSE: Es konnte kein erhöhtes Gehirntumorrisiko nachgewiesen werden, es zeigte sich keine signifikante Dosis-Wirkungsbeziehung.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Siehe Kapitel 4.4.2.1, Seite 51.

Guénel et al. (1993, retrospektive Kohortenstudie)

METHODIK: Siehe Kapitel 4.4.2.1, Seite 52.

ERGEBNISSE: Das Gehirntumorrisiko war statistisch nicht signifikant erhöht für Arbeiter und nicht signifikant erniedrigt für Arbeiterinnen.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Siehe Kapitel 4.4.2.1, Seite 52.

Sahl et al. (1993, retrospektive Kohortenstudie)

METHODIK: Siehe Kapitel 4.4.2.1, Seite 53.

ERGEBNISSE: Es ergab sich kein erhöhtes Gehirntumorrisiko für berufliche Exposition (12 exponierte Fälle) gegenüber elektromagnetischen Feldern.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Siehe Kapitel 4.4.2.1, Seite 53.

Armstrong (1994, retrospektive Kohortenstudie)

METHODIK: Siehe Kapitel 4.4.2.1, Seite 53.

ERGEBNISSE: Das Gehirntumorrisiko war nicht signifikant erhöht.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Siehe Kapitel 4.4.2.1, Seite 53.

Floderus et al. (1994)

METHODIK: Siehe Kapitel 4.4.2.1, Seite 53.

ERGEBNISSE: Das Risiko für Leukämie war für Zugführer und Schaffner nicht signifikant erhöht im Vergleich zu nicht exponierten Arbeitern, die OR betrug 0,9.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Siehe Kapitel 4.4.2.1, Seite 51.

Thériault et al. (1994, retrospektive Kohortenstudie)

METHODIK: Siehe Kapitel 4.4.2.1, Seite 54.

ERGEBNISSE: Die ORs für Gehirntumore waren nicht signifikant erhöht und betrugen 1,6 für die niedrige Expositionskategorie (Exposition > 0,2 μ T) bei 36 Fällen und 1,5 für die hohe Exposition (Exposition > 0,3 μ T) bei 27 exponierten Fällen.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Siehe Kapitel 4.4.2.1, Seite 54.

Tynes et al. (1994, retrospektive Kohortenstudie)

METHODIK: Siehe Kapitel 4.4.2.1, Seite 54.

ERGEBNISSE: Die Standardinzidenzrate war nicht signifikant erniedrigt.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Siehe Kapitel 4.4.2.1, Seite 54.

Savitz und Loomis (1995, retrospektive Kohortenstudie)

METHODIK: Siehe Kapitel 4.4.2.1, Seite 54.

ERGEBNISSE: Die ermittelten ORs für Gehirntumore folgten einer nicht signifikanten Dosis-Wirkungsbeziehung, es war aber nur das Ergebnis für die höchste Expositions-kategorie (kumulative Belastung zwischen 2,0 und 4,3 μ T-Jahre) signifikant erhöht, die OR betrug 2,3 bei 16 Fällen. Die SMR für „Arbeiter im Elektrizitätswerk“ im Vergleich zur Normalbevölkerung betrug 0,95.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Siehe Kapitel 4.4.2.1, Seite 54.

Grayson (1996)

METHODIK: Diese Studie untersuchten das Personal der US Air Force (Luftstreitkräfte der amerikanischen Armee) auf einen möglichen Zusammenhang zwischen Exposition gegenüber niederfrequenten elektromagnetischen Feldern und Gehirntumorraten. Zur Expositions-klassifizierung wurden die Probanden mittels eines anhand von Arbeitsplatz- und Tätigkeitsbeschreibungen abgeschätzten Scores in vier Expositions-kategorien (entsprechend den Quartilen des Scores) eingeteilt.

ERGEBNISSE: Die ermittelten ORs für eine Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern waren statistisch nicht signifikant erhöht, es zeigte sich keine Dosis-Wirkungsbeziehung.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Die Kohorte war mit 880.000 Probanden sehr groß, aber die Anzahl der exponierten Fälle dennoch gering (13 in der höchsten Expositions-kategorie). Es wurden keine möglichen Confounder berücksichtigt, und die indirekte Expositionsbestimmung ist mangelhaft. Die Studie betrachtete nur den Zeitraum der Zugehörigkeit zur Armee.

Guénel et al. (1996)

METHODIK: Siehe Kapitel 4.4.2.1, Seite 55.

ERGEBNISSE: Es zeigte sich kein erhöhtes Gehirntumorrisiko nach Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern durch Arbeit im Elektrizitätswerk bei 22, 8 bzw. 10 exponierten Fällen in den Expositions-kategorien niedrige, mittlere und hohe Exposition.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Siehe Kapitel 4.4.2.1, Seite 55.

Miller et al. (1996)

METHODIK: Siehe Kapitel 4.4.2.1, Seite 56.

ERGEBNISSE: Es zeigte sich kein statistisch signifikant erhöhtes Risiko für Gehirntumore für Arbeiter im Elektrizitätswerk.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Siehe Kapitel 4.4.2.1, Seite 56.

Kelsh et al. (1997, retrospektive Kohortenstudie)

METHODIK: In dieser retrospektiven Kohortenstudie wurde die Mortalität von Arbeitern und Angestellten der Elektrizitätsgesellschaft „Edison“ in den USA, insgesamt eine Kohorte von 40335 Arbeitnehmern, über einen Zeitraum von 31 Jahren untersucht.

ERGEBNISSE: Die SMR für Gehirntumore beträgt 0,84 bei einem 95% Konfidenzintervall von 0,6 – 1,2.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Aus dieser Studie ergeben sich keine Hinweise auf einen Zusammenhang zwischen der Beschäftigung in einer Elektrizitätsgesellschaft und dem Risiko, an Gehirntumoren zu erkranken, auch nicht bei Aufschlüsselung der Daten nach Geschlecht und genauer Berufsbezeichnung der Arbeitnehmer.

Loomis et al. (1998)

METHODIK: Loomis et al. führten eine Reanalyse der Daten der Studie von Savitz und Loomis (1995) durch, in der sie die Daten auf verschiedene Arten aufbereiteten (Expositionskategorien in Quartilen, Quintilen etc.).

ERGEBNISSE: Es wurden signifikant erhöhte ORs, die einer durchgängigen Dosis-Wirkungsbeziehung folgten, gezeigt.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Die Anzahl der exponierten Fälle in den Expositionskategorien wurde nicht angegeben. Da es sich aber um die Daten der Studie von Savitz und Loomis (1995) handelt, ist zu vermuten, daß auch in dieser Studie die Anzahl der exponierten Fälle gering ist. Gleichwohl gibt sie Hinweise auf einen Zusammenhang zwischen der beruflichen Exposition mit elektromagnetischen Feldern und erhöhtem Gehirntumorrisiko.

Cocco et al. (1999)

METHODIK: Diese Studie stellt eine Reanalyse der Studie von Cocco et al. (1998) dar. Während in der ersten Veröffentlichung eine Expositionsklassifizierung nach der Berufsbezeichnung durchgeführt wurde, wurde diesmal die Expositionswahrscheinlichkeit und –Intensität über die Berufsbezeichnung abgeschätzt und der Zusammenhang mit dem Risiko, an Gehirntumoren zu versterben, untersucht. Die Fälle bestanden aus 12980 Frauen, die an Krebs des Gehirns oder anderer Teile des ZNS verstarben. Die Angaben zur Berufsbezeichnung stammen vom Totenschein der untersuchten Frauen.

ERGEBNISSE: Es wurden signifikant erhöhte ORs, die aber keiner durchgängigen Dosis-Wirkungsbeziehung folgten, gezeigt. Auch der Zusammenhang zwischen Wahrscheinlichkeit und Intensität der Exposition und Risikoerhöhung folgt keinem durchgehenden Trend.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Die relativ knapp gehaltenen Angaben zum Beruf auf dem Totenschein machen eine genaue Expositionsklassifikation unmöglich, vor allem, wenn über die Berufsbezeichnung weitergehende Expositionsclassen wie Wahrscheinlichkeit und Intensität der Belastung durch Magnetfelder abgeschätzt werden. Daher sind die Ergebnisse dieser Studie eher als Hinweis zur weitergehenden Untersuchung in zukünftigen Studien zu werten.

Floderus et al. (1999, retrospektive Kohortenstudie)

METHODIK: In dieser retrospektiven Kohortenstudie wurde der Zusammenhang zwischen beruflicher Belastung durch Magnetfelder und Krebserkrankungen untersucht. Es wurden alle schwedischen Männer und Frauen untersucht, die 1970 zwischen 20 und 64 Jahre alt und beschäftigt waren. Die Magnetfeldbelastung wurde über die Berufsbezeichnung abgeschätzt; die Teilnehmer wurden in niedrig, mittel und hoch exponiert eingeteilt.

ERGEBNISSE: Es gab keine Hinweise auf einen Zusammenhang zwischen der Magnetfeldbelastung und einem erhöhten Gehirntumorrisiko.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Die Abschätzung der Magnetfeldbelastung ist stark vereinfacht, und es wurden keine möglichen Confounder berücksichtigt. Allerdings untersuchte die Studie eine große Kohorte über einen längeren Zeitraum, so daß die Ergebnisse einige Aussagekraft haben.

ABSCHLIESSENDE DISKUSSION: Die Studien erzielten unterschiedliche Ergebnisse, während überwiegend kein Zusammenhang zwischen beruflicher Exposition mit elektromagnetischen Feldern und Gehirntumorrisiko nachgewiesen werden konnte, bieten einige Studien deutliche Hinweise auf einen Zusammenhang. Allerdings weisen diese oft Mängel im Studiendesign auf. Ebenso wie bei den Studien zum Zusammenhang beruflicher Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern mit Leukämie ist auch bei den Studien zu Gehirntumoren bei den Studien mit niedrigen Fallzahlen, die keinen Zusammenhang fanden, ein Fehler zweiter Art möglich. Das große Problem bei den Studien zur beruflichen Exposition ist die ungenügende Expositionsabschätzung, in der Regel über die berufliche Tätigkeit bzw. die Berufsbezeichnung des Arbeitnehmers. Eine Übersicht bietet Tabelle 35, Seite 123.

4.4.2.3 Brustkrebs

Tynes und Andersen (1990)

METHODIK: Tynes et al. untersuchten die Inzidenz von Brustkrebs bei männlichen Beschäftigten in Elektroberufen, zum Beispiel bei Elektrikern und Bahnbeschäftigten. Die Untersuchung wurde in Schweden durchgeführt und betrachtete einen Zeitraum von 25 Jahren.

ERGEBNISSE: Es zeigte sich eine signifikant erhöhte SIR für Brustkrebs von 207, bei 5,81 erwarteten und 12 beobachteten Fällen von Brustkrebs beim Mann.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Es wurden keine möglichen Confounder wie Strahlen- oder Hitzebelastung berücksichtigt, die Expositionsklassifizierung anhand der Berufsbezeichnung ist ungenau, und die Fallzahlen waren niedrig. Diese Untersuchung ist in ihrer Aussagekraft eingeschränkt, weist aber zumindest auf einen möglichen Zusammenhang zwischen beruflicher Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern und Brustkrebsrisiko hin.

Demers et al. (1991)

METHODIK: Demers et al. untersuchten ebenfalls einen möglichen Zusammenhang zwischen beruflicher Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern und Brustkrebs beim Mann. Die Anzahl der Fälle betrug 320, die der Kontrollen 628. Die Untersuchung wurde in den USA durchgeführt.

ERGEBNISSE: Das Risiko für „Elektroberufe“ war statistisch nicht signifikant erhöht, für einzelne Berufe mit Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern waren die OR teilweise signifikant erhöht, bei jeweils sehr niedriger Anzahl exponierter Fälle.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Diese Studie gibt Hinweise auf einen möglichen Zusammenhang, allerdings wird die Aussagekraft der Ergebnisse durch geringe Fallzahlen geschmälert.

Matanoski et al. (1991)

METHODIK: Matanoski et al. untersuchten ebenfalls den Zusammenhang zwischen beruflicher Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern und Brustkrebs beim Mann. Sie untersuchten einen Zeitraum von 5 Jahren. Die Studienpopulation umfaßte 50582 Arbeiter und Angestellte einer Telefongesellschaft in den USA. Es wurden für die einzelnen Berufsbezeichnungen stichprobenartige Messungen durchgeführt, die nicht näher erläutert wurden.

ERGEBNISSE: Bei zwei exponierten Fällen betrug die nicht signifikant erhöhte SIR 6,5.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Es wurden keine möglichen Confounder berücksichtigt, die Expositionsklassifizierung anhand der Berufsbezeichnung erfolgte unzureichend und die Anzahl der exponierten Fälle war ungenügend. Zudem waren die beiden Personen mit Brustkrebs Büroangestellte mit relativ niedriger geschätzter Exposition von 0,25 μT , aber zum Beispiel bei Arbeitern an Telefonlinien (geschätzte Exposition 0,43 μT), die eine wesentlich höheren Exposition durch elektromagnetische Felder aufwiesen, fand sich kein Fall von Brustkrebs.

Loomis (1992)

METHODIK: Es wurde die ehemalige Beschäftigung von an Brustkrebs verstorbenen Männern anhand des Totenscheines untersucht. Die Anzahl der Fälle betrug 250, die der Kontrollen 2500. Die Untersuchung betrachtete einen Zeitraum von 3 Jahren und fand in den USA statt.

ERGEBNISSE: Drei der Brustkrebsfälle übten einen „Elektroberuf“ aus, es fand sich kein Zusammenhang zwischen beruflicher Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern und Brustkrebsrisiko.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Es wurden keine möglichen Confounder berücksichtigt und die Anzahl der exponierten Fälle war sehr niedrig.

Tynes et al. (1992, retrospektive Kohortenstudie)

METHODIK: Siehe Kapitel 4.4.2.1, Seite 51.

ERGEBNISSE: Es zeigte sich eine statistisch signifikant erhöhte SIR von 2,1 für Elektroberufe bei 12 beobachteten Fällen.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Es wurden keine möglichen Confounder berücksichtigt, die Anzahl der exponierten Fälle in den einzelnen Berufen war sehr niedrig.

Guénel et al. (1993, retrospektive Kohortenstudie)

METHODIK: Siehe Kapitel 4.4.2.1, Seite 52.

ERGEBNISSE: Alle Brustkrebsfälle waren weiblich. Es fand sich kein Zusammenhang zwischen beruflicher Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern und Brustkrebs, sowohl bei Männern wie bei Frauen.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Siehe Kapitel 4.4.2.1, Seite 52.

Floderus et al. (1994)

METHODIK: Floderus et al. teilten bei der Reanalyse der Daten ihrer Studie von 1993 (bei der auf Leukämie hin untersucht wurde) in zwei Beobachtungszeiträume auf.

ERGEBNISSE: Für den Zeitraum von 1960-1969 wiesen sie eine statistisch signifikant erhöhte OR für Brustkrebs beim Mann von 4,9 für die Berufsgruppen Zugführer und Schaffner nach. Die Fallzahlen betragen 3 für 1960-1969 und 0 für 1970-1979.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Es wurden Kontrollmessungen durchgeführt, die relativ hohe tägliche Belastungen ergaben: Im Mittel 4,03 μT für Zugführer und 0,61 μT für Schaffner. Es wurden keine möglichen Confounder berücksichtigt, die Anzahl der exponierten Fälle in den einzelnen Berufen war sehr niedrig, so daß auch diese Studie in ihrer Aussagekraft eingeschränkt ist.

Loomis et al. (1994)

METHODIK: Diese Studie verglich die Brustkrebsmortalität von Frauen in Elektroberufen mit der von Frauen in anderen Berufen. Die Studie untersuchte einen Zeitraum von 5 Jahren und wurde in den USA durchgeführt. Die Anzahl der Fälle betrug 28434, die der Kontrollen 111,301.

ERGEBNISSE: Die nicht signifikant erhöhte OR betrug bei 68 exponierten Fällen 1,4, die Brustkrebsfälle fanden sich hauptsächlich bei a priori als niedrig exponiert klassifizierten Frauen.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Es wurden keine Kontrollmessungen durchgeführt, und die Expositions klassifizierung über die Berufsbezeichnung war relativ ungenau. Die Ergebnisse dieser Studie lassen sich nur als Hinweis auf einen möglichen Zusammenhang zwischen beruflicher Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern und Brustkrebsrisikoerhöhung werten.

Rosenbaum et al. (1994)

METHODIK: Diese Studie untersuchte den Zusammenhang zwischen beruflicher Exposition gegenüber Hitze und/oder EMF und Brustkrebs beim Mann. Die Studie untersuchte einen Zeitraum von 10 Jahren und wurde in den USA durchgeführt. Die Expositionsabschätzung wurde nur über die Berufsbezeichnung durchgeführt, es wurden keine Messungen vorgenommen.

ERGEBNISSE: Bei 6 exponierten Fällen betrug die nicht signifikant erniedrigte OR 0,7. Die signifikant erhöhte OR für Exposition gegenüber Hitze betrug 2,3.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Es wurden keine möglichen Confounder berücksichtigt, die Expositions klassifizierung über die Berufsbezeichnung ist ungenau. Die Fallzahlen waren niedrig.

Tynes et al. (1994, retrospektive Kohortenstudie)

METHODIK: Siehe Kapitel 4.4.2.1, Seite 54.

ERGEBNISSE: Die Standardinzidenzrate war nicht signifikant erhöht.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Siehe Kapitel 4.4.2.1, Seite 54.

Savitz und Loomis (1995, retrospektive Kohortenstudie)

METHODIK: Siehe Kapitel 4.4.2.1, Seite 55.

ERGEBNISSE: Bei 6 beobachteten Fällen betrug die SMR 0,8 (nicht signifikant erniedrigt).

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Siehe Kapitel 4.4.2.1, Seite 55.

Coogan et al. (1996)

METHODIK: In dieser Studie wurden die Daten von 2 Studien über den Zusammenhang zwischen Laktation bzw. Alkoholkonsum und weiblichem Brustkrebs (Newcomb 1994, Longnecker 1995) verwendet. Zur Expositionsabschätzung wurden (1) die abgeschätzte Stärke des Magnetfeldes, (2) die Nähe des Arbeitsplatzes zur Magnetfeldquelle und (3) die Häufigkeit der Arbeit an diesem Arbeitsplatz berücksichtigt. Die Expositionsdaten wurden durch telefonische Interviews gewonnen, es wurden keine Messungen durchgeführt. Die Studie wurde in den USA durchgeführt, die Anzahl der Fälle betrug 6851, die der Kontrollen 9475.

ERGEBNISSE: Es zeigte sich eine statistisch signifikante Verdoppelung des Risikos für Brustkrebs bei Frauen vor der Menopause in der höchsten Expositions-kategorie (20 Fälle, 24 Kontrollen). Für die anderen Expositions-kategorien fanden sich nicht signifikant erhöhte ORs, die einer Dosis-Wirkungsbeziehung folgten.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Es wurden diverse bekannte mögliche Confounder wie Alkoholkonsum, Body-mass-Index und Familienanamnese bzgl. Brustkrebs berücksichtigt. Allerdings wurden Dauer und Zeitpunkt der Exposition nicht näher bestimmt. Diese Studie weist auf einen möglichen Zusammenhang zwischen sehr hoher beruflicher Exposition und erhöhtem Brustkrebsrisiko hin.

Kelsh et al. (1997, retrospektive Kohortenstudie)

METHODIK: In dieser retrospektiven Kohortenstudie wurde die Mortalität von Arbeitern und Angestellten der Elektrizitätsgesellschaft „Edison“ in den USA, insgesamt eine Kohorte von 40335 Arbeitnehmern, über einen Zeitraum von 31 Jahren untersucht. Es traten ausschließlich weibliche Brustkrebsfälle auf.

ERGEBNISSE: Die SMR für Brustkrebs beträgt 0,80 bei einem 95% Konfidenzintervall von 0,5 – 1,2 bei 26 beobachteten Fällen.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Aus dieser Studie ergeben sich keine Hinweise auf einen Zusammenhang zwischen der Beschäftigung in einer Elektrizitätsgesellschaft und dem Risiko, an Brustkrebs zu erkranken, auch nicht bei Aufschlüsselung der Daten nach Geschlecht und genauer Berufsbezeichnung der Arbeitnehmer.

Stenlund und Floderus (1997)

METHODIK: Diese Studie nutzte die Daten der Studie von Floderus et al. (1993, siehe Kapitel 4.4.2.1, Seite 47), um einen Zusammenhang zwischen beruflicher Exposition und Brustkrebs beim Mann zu untersuchen.

ERGEBNISSE: Die statistisch nicht signifikant veränderten ORs folgen einer inversen Dosis-Wirkungsbeziehung: eine hohe OR für die niedrige Exposition und niedrige ORs für die beiden hohen Expositionskategorien.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Es wurden einige mögliche Confounder berücksichtigt. Die Anzahl der exponierten Fälle war aber zu gering, um einen falsch negativen Befund mit genügender Teststärke auszuschließen.

Coogan (1998)

METHODIK: In der „Upper Cape Cod Incidence Study“ wurden persönliche Interviews durchgeführt sowie alle Vollzeitarbeitsstellen der Fälle und Kontrollen, die nach dem 18. Lebensjahr für mindestens 1 Jahr besucht wurden, nach möglicher Belastung mit EMF in drei Klassen (hohe, niedrige, keine Belastung) verschlüsselt.

ERGEBNISSE: Es wurde kein gesteigertes Brustkrebsrisiko für Frauen, die an Ihrer Arbeitstelle hohen oder mittleren Belastungen durch EMF ausgesetzt waren, gegenüber Frauen, die nicht belastet waren, gefunden.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Die Expositionsabschätzung über die Berufsbezeichnung ist stark vereinfacht, es wurden keine Messungen durchgeführt. Diese Studie gibt keinen Hinweis auf einen Zusammenhang zwischen beruflicher Belastung mit EMF und einem gesteigerten Brustkrebsrisiko.

Johansen (1998, retrospektive Kohortenstudie)

METHODIK: In dieser retrospektiven Kohortenstudie wurden insgesamt 5871 Frauen, die in dänischen Elektrizitätsunternehmen beschäftigt waren, untersucht. Die Exposition wurde über Berufsbezeichnung und Bezeichnung des Arbeitsplatzes abgeschätzt, denen jeweils eine bestimmte Belastung zugesprochen wurden.

ERGEBNISSE: Es wurde kein gesteigertes Brustkrebsrisiko für Frauen, die in dänischen Elektrizitätswerken arbeiten, gefunden, SIR in der hohen Expositionsklasse: 0,3 und in der niedrigen: 1,0.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Die Fallzahlen in dieser Studie waren extrem niedrig (2 Fälle in der hohen, kein Fall in der mittleren und 1 Fall in der niedrigen Expositionsklasse), so daß die Aussagekraft dieser Studie eingeschränkt ist.

Floderus et al. (1999, retrospektive Kohortenstudie)

METHODIK: In dieser retrospektiven Kohortenstudie wurde der Zusammenhang zwischen beruflicher Belastung durch Magnetfelder und Krebserkrankungen untersucht. Es wurden alle schwedischen Männer und Frauen untersucht, die 1970 zwischen 20 und 64 Jahre alt und beschäftigt waren. Die

Magnetfeldbelastung wurde über die Berufsbezeichnung abgeschätzt; die Teilnehmer wurden in niedrig, mittel und hoch exponiert eingeteilt.

ERGEBNISSE: Es gab keine Hinweise auf einen Zusammenhang zwischen der Magnetfeldbelastung und einem erhöhten Brustkrebsrisiko.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Die Abschätzung der Magnetfeldbelastung ist stark vereinfacht, und es wurden keine anderen möglichen Magnetfelder berücksichtigt. Allerdings untersuchte die Studie eine große Kohorte über einen längeren Zeitraum, so daß die Ergebnisse doch einiges Gewicht haben.

Kliukiene (1999, retrospektive Kohortenstudie)

METHODIK: In einer retrospektiven Kohortenstudie wurden norwegische Frauen auf einen Zusammenhang zwischen beruflicher EMF-Belastung und einem gesteigerten Brustkrebsrisiko hin untersucht. Die Belastung der Frauen in μT -Jahren wurde über die Berufsbezeichnung und die Dauer der Berufsausübung abgeschätzt. Die Kohorte betrug 1,1 Millionen Frauen, in einem Zeitraum von 31 Jahren traten 22543 Brustkrebsfälle auf.

ERGEBNISSE: Die standardisierten Inzidenzraten der Frauen, die wahrscheinlich gegenüber EMF exponiert waren, waren in der höheren Expositions-kategorie leicht erhöht. Es konnte aber keine Dosis-Wirkungsbeziehung nachgewiesen werden.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Es wurden keine Confounder oder andere Faktoren als die Berufsbezeichnung der Frauen berücksichtigt. Aus der Berufsbezeichnung wurde die Belastung der Frauen in μT -Jahren abgeschätzt, es wurden keine Messungen durchgeführt. Die Aussagekraft dieser Studie ist eingeschränkt, sie gibt aber Hinweise auf einen möglichen Zusammenhang zwischen der Exposition gegenüber EMF und einem gesteigerten Brustkrebsrisiko.

Petralia (1999, retrospektive Kohortenstudie)

METHODIK: Diese Studie verglich die Mortalitätsraten für verschiedene Berufe bei chinesischen Frauen. Anhand der Berufsbezeichnung wurde die Exposition gegenüber verschiedenen Agenzien wie Benzol, EMF etc. abgeschätzt.

ERGEBNISSE: Die standardisierten Inzidenzraten für Frauen, die wahrscheinlich gegenüber EMF exponiert waren, waren nicht erhöht.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Es wurden keine Confounder oder andere Faktoren als die Berufsbezeichnung der Frauen berücksichtigt. Es wurde, wie in den meisten Studien, die einen Zusammenhang zwischen beruflicher Belastung durch EMF und Krebs untersuchten, nur jeweils ein Beruf zur Klassifikation der Frauen verwendet, die Aussagekraft dieser Studie ist deshalb eingeschränkt.

Polland (1999, retrospektive Kohortenstudie)

METHODIK: Diese schwedische Kohortenstudie untersuchte 1.101.669 Frauen zwischen 25 und 64 Jahren über einen Zeitraum von 19 Jahren. Es wurden alle Berufe untersucht, in denen 1970 mindestens 200 Frauen arbeiteten, und in denen mindestens 10 Brustkrebsfälle beobachtet wurden. Die erwartete Anzahl von Krebsfällen wurde aus alters- und zeitabhängigen Referenzkrebsraten errechnet.

ERGEBNISSE: Für Programmiererinnen, Telefonistinnen und Funkerinnen wurde ein erhöhtes Risiko, an Brustkrebs zu erkranken, im Vergleich zu allen anderen Berufen gefunden.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Es waren nicht genug Frauen als Elektrikerinnen, Arbeiterinnen an Stromleitungen etc. beschäftigt, um sie in der Studie berücksichtigen zu können. Es wurden keine Confounder berücksichtigt, die Studie gibt jedoch Hinweise auf einen Zusammenhang zwischen bestimmten Berufen und einem gesteigerten Brustkrebsrisiko.

ABSCHLIESSENDE DISKUSSION: Die bisherigen Untersuchungen bezüglich eines möglichen Zusammenhangs zwischen berufsbedingter Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern und Brustkrebs sind nicht geeignet, klare Schlußfolgerungen zu ziehen. Aufgrund der niedrigen Inzidenz von Brustkrebs beim Mann konnten sich die meisten Studien nur eine auf geringe Anzahl exponierter Fälle stützen, so daß vor allem die Studien, die kein erhöhtes Risiko zeigten, schwer zu interpretieren sind. Die bestehenden Hinweise auf einen möglichen Zusammenhang vor allem bei einer sehr hohen Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern sowohl bei Frauen wie bei Männern sollten durch fundierte Untersuchungen mit großen Studienpopulationen geklärt werden. Die Ergebnisse sind in Tabelle 35, Seite 130 dargestellt.

4.4.2.4 Andere Krebsarten

Armstrong et al. (1994)

METHODIK: Siehe Kapitel 4.4.2.1, Seite 53.

ERGEBNISSE: Es zeigte sich eine signifikant erhöhte OR von 1,3 für Lungenkrebs. Es wurde nicht für „Rauchen“ adjustiert.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG Siehe Kapitel 4.4.2.1, Seite 53.

Floderus et al. (1994)

METHODIK: Floderus et al. führten eine Reanalyse der Daten ihrer Studie von 1993 (bei der ein möglicher Zusammenhang mit Leukämie, nicht aber in Bezug auf Malignome der Zirbeldrüse untersucht wurde) durch.

ERGEBNISSE: Es zeigte sich für den Beobachtungszeitraum 1960-1969 eine OR von 3,2 bei 9 Fällen, eine nicht signifikant erhöhte OR von 1,8 bei 8 Fälle für den Beobachtungszeitraum von 1970-1979 für die Berufsgruppen Zugführer und Schaffner.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Es wurden Kontrollmessungen durchgeführt, die relativ hohe tägliche Belastungen ergaben. Es wurden keine möglichen Confounder berücksichtigt, die Anzahl der exponierten Fälle in den einzelnen Berufsgruppen war sehr niedrig.

Guénel et al. (1996)

METHODIK: Siehe Kapitel 4.4.2.1, Seite 55.

ERGEBNISSE: Es zeigte sich bei 21 exponierten Fällen eine signifikant erhöhte OR für Dickdarmkrebs von 2,6 für die zweithöchste Expositions-kategorie. In den anderen Expositions-kategorien war das Risiko nicht signifikant erhöht bzw. in der höchsten Expositions-kategorie erniedrigt.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Siehe Kapitel 4.4.2.1, Seite 55.

ABSCHLIESSENDE DISKUSSION: Die Ergebnisse sind heterogen, der Vergleich der einzelnen Studien ist wie auch schon bei den vorangegangenen Kapiteln schwierig. Die vorliegenden Daten können nur Hinweise auf eine mögliche Korrelationen zwischen Exposition und Krebsrisiko geben. Keine signifikant erhöhten Ergebnisse erzielten weitere Studien zum Zusammenhang zwischen beruflicher Exposition und anderen Krebsarten (Spinelli et al. 1991, Tynes et al. 1992, Hallquist et al. 1993, Neleman et al. 1993, Tynes et al. 1994, Savitz und Loomis 1995, Miller et al. 1996, Stenlund und Floderus 1997, Jöckel et al. 1998, Floderus et al. 1999).

Wie auch schon bei den Studien zum Zusammenhang zwischen beruflicher Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern und Leukämie, Gehirntumoren und Brustkrebs schmäleren methodische Schwächen die Aussagekraft dieser Untersuchungen. Einen Überblick bietet Tabelle 36, Seite 133.

4.4.2.5 Krebs allgemein

Armstrong et al. (1994) fanden bei ihrer Studie zur Krebsrate bei Arbeitern im Elektrizitätswerk einen generellen Anstieg von Krebserkrankungen bei denjenigen Beschäftigten, deren Belastung im Vergleich zu allen untersuchten Arbeitern oberhalb des 90. Percentils der kumulativen Belastung über 20 Arbeitsjahren hinweg lag, die OR betrug 1,4 bei 169 exponierten Fällen. Bei den Arbeitern, deren Belastung größer als der Median der kumulativen Belastung über 11 Arbeitsjahre hinweg war, betrug die nicht signifikant erhöhte OR 1,03 bei 1402 exponierten Fällen. Es wurden ausführliche Messungen durchgeführt, um die Exposition für jeden Arbeiter abschätzen zu können.

Diese Studie war Teil einer großen Untersuchung von Thériault et al. (1994), in der für die beiden Expositions-kategorien ($\geq 0,2 \mu\text{T}$, und $\geq 0,3 \mu\text{T}$) eine OR von 1,0 gefunden wurde, also kein generell er-

höhtes Risiko für Krebs gezeigt wurde. Die Expositionsabschätzung wurde über Messungen an je 5 Tagen bei 2066 Arbeitern durchgeführt, es wurden die möglichen Confounder sozioökonomischer Status und ionisierende Strahlung berücksichtigt.

Auch Floderus et al. (1999) fanden bei einer umfangreichen retrospektiven Kohortenstudie in Schweden keinen Hinweis auf eine generelle Krebsrisikoerhöhung durch berufliche Magnetfeldbelastung.

Zusammengestellt sind die Ergebnisse in Tabelle 37, Seite 139.

4.4.3 Exposition mit hohen Frequenzen

Die Ergebnisse der Untersuchungen, die einen möglichen Zusammenhang zwischen der Exposition gegenüber hochfrequenten elektromagnetischen Feldern und Krebsrisiko betrachteten, werden wie bei den Untersuchungen die sich mit niederfrequenten Feldern befaßten nach Tumorlokalisationen aufgeteilt dargestellt.

Zur Expositionsklassifizierung wurde die Berufsbezeichnung bzw. der Abstand zum Feld benutzt.

4.4.3.1 Leukämie

Szmigielski (1996, retrospektive Kohortenstudie)

METHODIK: Diese Studie untersuchte polnische Zeitsoldaten, die gegenüber Radio- und Mikrowellen exponiert waren. Es wurde ein Zeitraum von 15 Jahren untersucht, die Kohorte umfaßte 127800 Soldaten im Alter von 20 bis 69 Jahren. Es wurden keine Angaben zur Höhe der Exposition gemacht, die Soldaten wurden in „exponiert“ und „nicht exponiert“ anhand der Einheit und des Ranges aufgeteilt.

ERGEBNISSE: Es wurde eine statistisch signifikant erhöhte SIR von 6,3 für Leukämie beim Vergleich exponierter und nicht exponierter Soldaten nachgewiesen.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Es wurden diverse mögliche Confounder berücksichtigt, die Anzahl der exponierten Fälle betrug 43. Allerdings war die Expositionsklassifizierung ungenau.

Hocking et al. (1996, retrospektive Kohortenstudie)

METHODIK: Es wurden Untersuchungen im Umfeld eines Fernsehsenders in Australien durchgeführt, die verwendeten Frequenzen lagen zwischen 63 und 215 MHz. Untersucht wurden zum einen alle Altersgruppen, zum andern Kinder unter 15 Jahren. Verglichen wurde „Wohnort im Umkreis von 2 km des Senders“ mit „Wohnort weiter als 2 km entfernt“.

ERGEBNISSE: Für Erwachsene (1206 Fälle) betrug die Risk Ratio für Mortalität 2,3 und für Kinder unter 15 Jahren (59 Fälle) war das Risiko ebenfalls signifikant erhöht (RR=2,3).

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Es wurden keine möglichen Confounder berücksichtigt, die Anzahl der exponierten Fälle war jedoch vor allem bei den Erwachsenen relativ hoch. Diese Studie gibt einen Hinweis auf einen Zusammenhang zwischen dem Wohnen im Umkreis des Senders und erhöhtem Leukämierisiko, allerdings können auch nicht berücksichtigte mögliche Confounder eine Rolle spielen.

Dolk et al. (1997 a und 1997 b)

METHODIK: Dolk et al. führten zwei Studien durch, einmal die Untersuchung von Leukämiefällen im Umkreis eines bestimmten Fernsehsenders in Großbritannien, zum anderen im Umkreis von 20 ande-

ren Sendern, die dort vorkommenden Frequenzen bewegten sich zwischen 30 und 1000 MHz. Verglichen wurde die Krebsrate bei Anwohnern, die im Umkreis von 2 km wohnten, mit der Krebsrate von Anwohnern, die weiter entfernt wohnten.

ERGEBNISSE: Das Verhältnis beobachteter/ erwarteter Fälle für den einzelnen Sender betrug 1,8 ($p=0,001$). Es wurden 12,6 Fälle erwartet und 23 beobachtet. Für die übrigen 20 Sender war das Risiko nicht signifikant erhöht.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Es wurden keine möglichen Confounder berücksichtigt. Nach Meinung der Autoren dieser Studie liegt darin auch die Ursache für den Unterschied im Leukämierisiko. Die Möglichkeit eines Clusters wurde nicht berücksichtigt.

ABSCHLIESSENDE DISKUSSION: Die wenigen vorliegenden Studien geben nur Hinweise auf einen möglichen Zusammenhang zwischen der Exposition mit hohen Frequenzen und Leukämie, vor allem bei Kindern. Die Expositionsklassifikation ist nicht ausreichend. Die Ergebnisse sollten in zukünftigen Studien anhand verbesserter Methodik überprüft werden. Ähnlich wie im niederfrequenten Bereich sollten höhere Fallzahlen und eine genauere Expositionsabschätzung und die Berücksichtigung möglicher Confounder Verwendung finden. Einen Überblick über die Studien bietet Tabelle 42, Seite 145.

4.4.3.2 Gehirntumore

Grayson (1996, retrospektive Kohortenstudie)

METHODIK: Diese Studie untersuchte Soldaten der amerikanischen Luftstreitkräfte, die gegenüber Frequenzen von über 3000 Hz exponiert waren. Es wurden die medizinischen Unterlagen von 880000 Soldaten über einen Zeitraum von 19 Jahren retrospektiv untersucht. Die Exposition der Probanden wurde anhand von Einheit und Rang abgeschätzt. Als Kontrollen dienten Soldaten in a priori als niedrig exponiert gewerteten Einheiten.

ERGEBNISSE: Es fand sich keine durchgängige Risikoerhöhung und keine Dosis-Wirkungsbeziehung.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Es wurden diverse mögliche Confounder berücksichtigt, die Anzahl der exponierten Fälle war jedoch trotz der großen Kohorte mit 25 exponierten Fällen in der höchsten Expositions-kategorie niedrig.

Hocking et al. (1996, retrospektive Kohortenstudie)

METHODIK: Siehe Kapitel 4.4.5.1, Seite 72.

ERGEBNISSE: Die Risk Ratios zeigten für Kinder und für Erwachsene keinen signifikanten Einfluß der hochfrequenten elektromagnetischen Felder auf das Gehirntumorrisiko.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Siehe Kapitel 4.4.5.1, Seite 72.

Szmigielski (1996, retrospektive Kohortenstudie)

METHODIK: Siehe Kapitel 4.4.5.1, Seite 72.

ERGEBNISSE: Es wurde zeigte sich eine signifikant erhöhte SIR von 1,9 bei 2,3 erwarteten und 4 beobachteten Fällen.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Siehe Kapitel 4.4.5.1, Seite 72.

ABSCHLIESSENDE DISKUSSION: Die Ergebnisse der wenigen existierenden Studien sind widersprüchlich und können die Frage, ob eine Exposition mit hochfrequenten elektromagnetischen Feldern zu Gehirntumoren führt, nicht abschließend klären. Wie bei den Studien zum Zusammenhang zwischen einer Exposition gegenüber hochfrequenten elektromagnetischen Feldern und Leukämierisiko sollten auch hier künftige Studien anhand optimierter Methodik bzgl. Expositionsabschätzung und Berücksichtigung möglicher Confounder durchgeführt werden. Zusammengefaßt sind die Ergebnisse in Tabelle 43, Seite 146.

4.4.3.3 Andere Krebsarten

Für Tumoren von Larynx, Lunge, Haut und Blase wurden keine signifikant erhöhten Risiken im Zusammenhang mit der Exposition gegenüber hochfrequenten elektromagnetischen Feldern beobachtet (Szmigielski 1996, Dolk et al. 1997 b). Die Ergebnisse sind in Tabelle 44, Seite 147 dargestellt.

4.4.3.4 Krebs allgemein

Dolk et al. konnten keine generelle Erhöhung des Verhältnisses erwarteter und beobachteter Krebsfälle im Umkreis eines Fernsehsenders zeigen. Das Verhältnis zwischen beobachteten und erwarteten Fällen betrug 1,1, es war nicht signifikant erhöht, bei 703 beobachteten und 647,5 erwarteten Fällen (Dolk et al. 1997 a). Einen Überblick bietet Tabelle 45, Seite 147.

Bisher liegen keine epidemiologischen Studien zum Zusammenhang zwischen dem Gebrauch von Funktelefonen und Krebs vor. Rothman et al. führten eine Untersuchung durch, in der sie Benutzer von tragbaren Telefonen (die Antenne ist bei diesen Telefonen nicht in unmittelbarer Nähe des Kopfes) und Benutzer von Mobiltelefonen („Handys“ im deutschen bzw. „cellular phones“ im englischen Sprachgebiet, die Antenne ist Teil des Hörers und damit nahe am Kopf) in Bezug auf die Todesursache verglichen (Rothman 1996b, 1996c). Sie fanden keinen Unterschied zwischen den beiden Gruppen. Allerdings ist der Zeitraum, in dem Mobiltelefone weite Verbreitung fanden, noch zu kurz, um verlässliche Aussagen treffen zu können.

4.4.4 Berufliche und außerberufliche Exposition

Feychting et al. (1997)

METHODIK: Feychting et al. führten eine Studie durch, bei der versucht wurde, die Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern sowohl im beruflichen als auch im außerberuflichen Bereich zu erfassen, um so die Exposition der Probanden gegenüber elektromagnetischen Feldern zu bestimmen. Dazu benutzten sie die Daten ihrer 1994 veröffentlichten Studie und ergänzten diese um Angaben zur beruflichen Exposition, abgeschätzt über die Berufsbezeichnung.

ERGEBNISSE: In der Expositions-kategorie „Berufliche Belastung und Belastung zu Hause jeweils $\geq 0,2 \mu\text{T}$ “ ergab sich für Leukämie eine signifikant erhöhte OR von 3,7 bei 9 Fällen, für die anderen Kategorien (Exposition hauptsächlich zu Hause bzw. hauptsächlich am Arbeitsplatz) sowie für Gehirntumore ergab sich kein signifikant erhöhtes Risiko.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG: Es wurden die möglichen Confounder „Treibstoffdämpfe“, „Abgase“, „Benzol“, „Ölprodukte“, „Lösemittel“ und „Schweißdämpfe“ berücksichtigt. Allerdings war die berufliche Expositionsabschätzung über die Berufsbezeichnung stark vereinfacht, so daß die Aussagekraft dieser Studie zu gering ist. Der Ansatz, die berufliche und die außerberufliche Exposition zu erfassen, erscheint jedoch sinnvoll. Er sollte in künftigen Studien weiterverfolgt werden, allerdings mit einer sorgfältigeren Expositionsbestimmung. Zusammengefaßt sind die Ergebnisse in Tabelle 38 und Tabelle 39 auf Seite 140.

4.4.5 Krebs bei Kindern beruflich Exponierter

Es wurden einige Untersuchungen durchgeführt, um zu untersuchen, inwieweit berufliche Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern über eine potentielle genotoxische Wirkung auf die Keimzellen das Krebsrisiko der nächsten Generation beeinflusst.

Die meisten Untersuchungen fanden übereinstimmend kein signifikant erhöhtes Risiko für Krebserkrankungen für Kinder beruflich Exponierter (Bunin et al. 1990, Wilkins und Hundley 1990, Wilkins und Sinks 1990, Olsen et al. 1991, Wilkins und Wellage 1996, Feychting 1999, Olshan 1999, Sorahan 1999). Smulevich et al. (1999) zeigten erhöhte ORs für Kinder, deren Eltern in der Schwangerschaft gegenüber EMF exponiert waren.

Allerdings wiesen einige der Studien Mängel auf, so daß die Resultate schwer zu bewerten oder zu vergleichen sind, hauptsächlich durch zu geringe Fallzahlen, ungenaue Einschätzung der Exposition und mangelnde Berücksichtigung möglicher Confounder, die die Kinder direkt, nicht über die Exposition der Eltern, betreffen.

Eine Übersicht bieten Tabelle 40, Seite 142 und Tabelle 41, Seite 144.

5. Diskussion

Die Frage nach einem Zusammenhang zwischen der Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern und Krebs läßt sich anhand der vorliegenden Literatur nicht abschließend beantworten. Die betrachteten Studien sind von stark unterschiedlicher Qualität und können nur teilweise zur Klärung beitragen. Ein Zusammenhang besteht wohl eher bei langandauernder und hoher Exposition, wie sie zum Beispiel bei Personen mit beruflicher Belastung gegeben ist. Dagegen bleibt dieser Zusammenhang bei niedriger Belastung, etwa durch die Benutzung von elektrischen Geräten zu Hause, unklar.

5.1 Experimentelle Studien

Die experimentellen Studien können die Frage nach einem Wirkmechanismus, wie durch Exposition mit elektromagnetischen Feldern Krebs entsteht, noch nicht beantworten. Allerdings gibt es schlüssige Ansätze, die Hinweise auf einen möglichen Mechanismus geben, etwa die Melatoninhypothese (Blask 1993, Liburdy et al. 1993, Liburdy 1994, 1995, Stevens und Davis 1996).

Auch wenn hier die Ergebnisse zum Teil widersprüchlich sind, ist das Erklärungsmodell als Ganzes plausibel. Hier sollten weitere Ergebnisse erarbeitet werden, um die noch bestehenden Lücken zu schließen.

Weiterhin sollten die jetzt vorliegenden Ergebnisse durch andere Forschergruppen reproduziert werden, da bis jetzt sehr unterschiedliche Expositionen betrachtet werden, die kaum miteinander verglichen werden können.

Krebs entsteht nach Exposition mit elektromagnetischen Feldern anscheinend nicht nach einem einfachen Mechanismus; es spielen wohl nicht nur Expositionsdauer und -intensität eine Rolle, sondern möglicherweise auch das Überschreiten gewisser Schwellenwerte oder eine gleichbleibende Exposition über einen längeren Zeitraum hinweg (Liburdy 1995, Lacy-Hulbert et al. 1998, Verschaeve 1998).

Die in vivo-Studien gaben Hinweise darauf, daß elektromagnetische Felder eine Rolle als Promotor bzw. Copromotor in der Krebsentstehung spielen könnten (Repacholi 1997a, Lacy-Hulbert et al. 1998, Löscher und Liburdy 1998).

Eine aktuelle Veröffentlichung, eine Übersichtsarbeit der ELF EMF - Arbeitsgruppe des US-amerikanischen „National Institute of Environmental Health Sciences“ (NIEHS) stufte elektromagnetische Felder niedriger Frequenz als möglicherweise leukämogen ein, eine deutlichere Aussage, als sie aus den in dieser Arbeit analysierten Studien zu treffen ist (NIEHS 1998). Allerdings kamen die Autoren eher durch die Synopsis der epidemiologischen als durch die experimentellen Studien zu diesem Schluß. Sie werteten die experimentellen Studien weder als Bestätigung noch als Widerspruch zu den epidemiologischen Ergebnissen.

Folgende Punkte sollten bei der Planung eines experimentellen Versuches zum Zusammenhang zwischen elektromagnetischen Feldern und Krebs beachtet werden sollten, da sie in den veröffentlichten Studien oftmals Anlaß zur Kritik gaben:

- Die bereits bestehende Exposition des Untersuchungsgegenstandes muß evaluiert werden. Bei Zellkulturen, vor allem bei kommerziell erworbenen, ist die Belastung durch das elektromagnetische Feld des Inkubators oft ebenso stark wie das im Experiment verwendete elektromagnetische Feld, es sollte eine Abschirmung betrieben werden. Dies gilt auch für die Stallungen. von Versuchstieren
- Regelmäßig kontrolliert und dokumentiert werden müssen die Feldeigenschaften wie Flußdichte, Wellenform, Wechsel- und Gleichstrommagnetfeld, Polarisation (ringförmig, linear [horizontal, vertikal]), Dauer und Art der Befeldung (durchgängig/im Intervall).
- Wichtig ist in Publikationen die Angabe des kompletten Versuchsaufbaues (inkl. Feldgenerator, Abschirmung des Erdfeldes, Angaben über Art und Häufigkeit von Kontrollmessungen, Skizzierung des Feldes anhand von Flußlinien)
- Bei Replikationsstudien sollten möglichst Zelllinien und Protokoll des Labors der Originalveröffentlichung verwendet werden
- Tierart, Alter, Herkunft und Geschlecht spielen eine wichtige Rolle, z.B. wurde die Melatoninspiegelsenkung nur bei Ratten, nicht bei Mäusen beobachtet (Lacy-Hulbert et al. 1998). Die Übertragbarkeit auf den Menschen ist daher schwierig.
- Genaue Angaben zu Tumorcharakteristika, zum Protokoll zur chemischen Induktion, zum Meßverfahren etc. sind unerlässlich.

5.2 Epidemiologische Studien

Die Ergebnisse der epidemiologischen Studien lassen sich nur begrenzt miteinander vergleichen, da die untersuchten Expositionen zu verschieden sind. Zu den „elektrischen Leitungen“, die häufig zur Expositionsabschätzung benutzt wurden, gehören zum Beispiel Hochspannungsleitungen (> 200 kV), Versorgungsleitungen, Transformatoren etc.. Es ist zu beachten, daß sich das System der Energieversorgung z.B. zwischen Europa und den USA (in diesen beiden Erdteilen wurde der Großteil der Studien durchgeführt) grundlegend unterscheidet. Während in Europa Privathaushalte in der Regel durch unterirdisch verlegte Kabel niedriger Spannung versorgt werden, ist es in den USA üblich, erst direkt am Haus durch Transformatoren an den Strommasten aus Starkstrom die im Haushalt verwendete Spannung herzustellen, zudem werden die Stromleitungen in der Regel oberirdisch, entlang der Straßen, geführt.

Weiterhin unterscheidet sich die Bauweise der Häuser zwischen Europa und den USA. Während in Europa üblicherweise mit Stein bzw. Beton gebaut wird, herrscht in den USA eine Leichtbauweise vor, es werden vielfach Holz und Trockenbaumaterialien wie Gipskarton verwendet. Dadurch ergeben sich Unterschiede, einmal in der Abschirmung von Feldern von außen, zum anderen in der Entstehung von Feldern. Schließlich entstehen Unterschiede durch den durchschnittlichen Stromverbrauch und die Nutzung elektrischer Geräte (z. B. elektrische Heizungen). Auch die Benutzung von Heizdecken, die Gegenstand einiger Studien aus den USA waren, ist in Europa wenig verbreitet, zumindest nicht in dem in den Studien beschriebenen Ausmaß („Benutzung jede Nacht, die ganze Nacht durch, 10 Jahre lang“).

Die Bewertung der Exposition als „Hochrisikogruppe“ erfolgte unterschiedlich, es galten z.B. Personen in Wohnungen mit einem sehr hohen Wire code (Savitz 1993), Personen, die elektrische Geräte „häufig“ nutzen (Gammon et al. 1998), Feldstärken zwischen $0,14 \mu\text{T}$ (Tynes und Haldorsen 1997) und $1,6 \mu\text{T}$ (Preston-Martin et al. 1996) oder Berufe mit „wahrscheinlicher EMF - Exposition“ (Juutilainen 1990) als hoch exponiert. Bedingt durch die Heterogenität aller verwendeten Kriterien, reicht der Prozentsatz von „hoch exponierten“ Personen je nach Studie von 0,4 % bis 70 % (EFSG 1997), während innerhalb der Studien ebenfalls große Unterschiede abhängig von der Art der Expositionsabschätzung bestehen: So finden sich z.B. in der Studie von London et al. (1991) 50 % der Probanden in der Kategorie „hoher Wire code“, aber nur 10 % waren mit einer Flußdichte von $> 0,2 \mu\text{T}$ exponiert.

Im Bereich beruflich Exponierter sind internationale Vergleiche schwierig, da Unterschiede bzgl. Tätigkeiten, Stromstärken, Arbeitsschutzgesetze etc. bestehen. Oft wurden auch einfach „Elektroberufe“ (z.B. Lokführer oder Elektriker) mit „Nicht-Elektroberufen“ verglichen, so ergeben sich Schwierigkeiten in der Interpretation der Exposition.

Bei den Studien zur beruflichen Exposition wurde oft keine genaue Angabe zu den Frequenzen der Felder gemacht, oft handelte es sich um diverse hoch- und niederfrequente Felder.

Sowohl bei den Studien, die nicht berufliche Exposition betrachteten, wie bei denen zur beruflichen Exposition bestanden methodische Mängel, die Exposition wurde in der Regel nur unzureichend abgeschätzt, zudem wurden diverse Modelle zur Expositionsabschätzung verwendet. Dies erschwert den Vergleich der Studien. Schließlich wurden oftmals keine oder nicht genug mögliche Confounder berücksichtigt (zum Beispiel Benzolbelastung bzw. Verkehrsdichte im Zusammenhang mit Leukämie). Keine der Studien war prospektiv. Es wurden keine Angaben über die länger zurückliegende Exposition gemacht bzw. wurde keine kumulative Expositionsabschätzung betrieben. Nur eine Studie berücksichtigte berufliche und außerberufliche Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern (Feychting et al. 1997).

5.3 Poweranalyse

Um die verwendeten Fallzahlen in den bestehenden Studien bewerten zu können und um für künftige Untersuchungen Mindestzahlen angeben zu können, wurden mit dem Programm „Pass“ die benötigten Fallzahlen für zwei mögliche Risikoerhöhungen durch elektromagnetische Felder errechnet.

Es wurden die Odds Ratios 1,5 und 2,2 gewählt, abgeleitet aus den bisherigen Studien. Es wurde eine Verteilung der exponierten Fälle in drei Expositionskategorien angenommen, und zwar 54% der Fälle in der niedrigen, 33% in der mittleren und 13% in der hohen Expositionskategorie. Diese Zahlen wurden aus den bestehenden Studien abgeschätzt, die keine Verteilung nach Quartilen, Quintilen etc. vornahmen, sondern nach Feldstärken o. ä. Parametern.

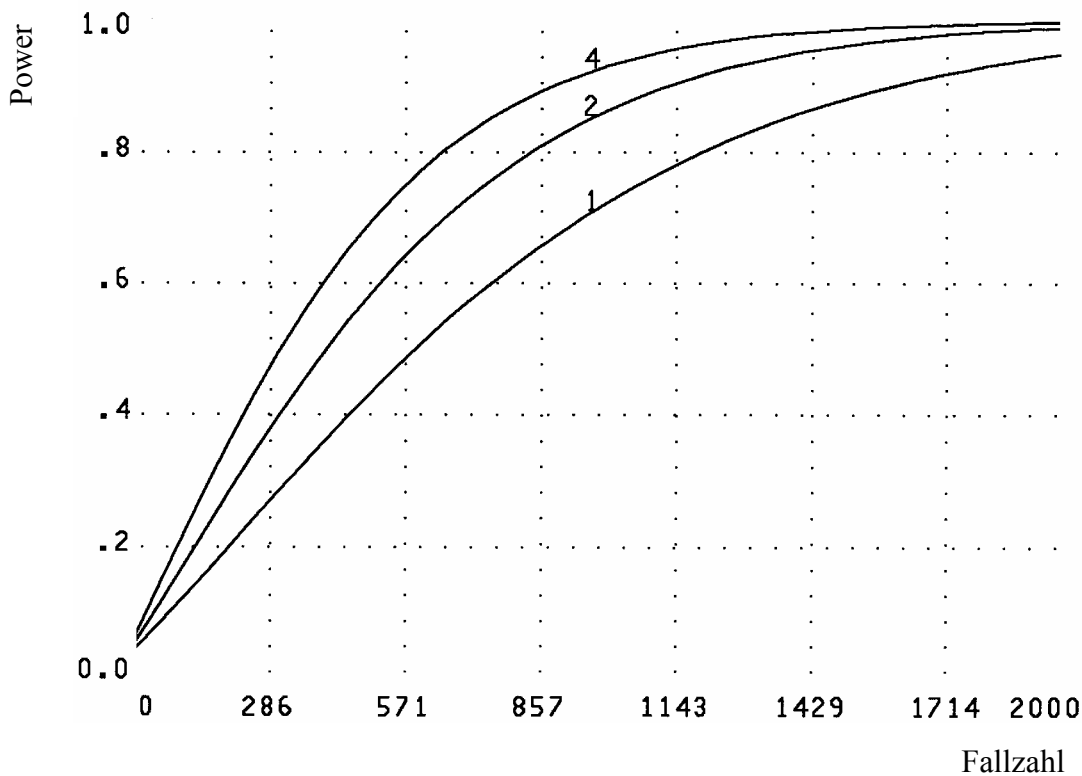


Abbildung 4 Poweranalyse für eine OR von 1,5

Um eine Power von 0,8 zu erzielen, würde man bei einer Risikoerhöhung um 50% 1201 Fälle benötigen, das bedeutet, es fielen 156 Fälle in die höchste Expositionskategorie, bei einer Kontrolle pro Fall. Bei zwei Kontrollen pro Fall würde man 851 Fälle benötigen, davon 111 Fälle in der höchsten Expositionskategorie. Bei 4 Kontrollen pro Fall wären es insgesamt 651 Fälle, in der höchsten Expositionskategorie 85.

Bei einer Risikoerhöhung um das 2,2 fache würde man, ebenfalls um eine Power von 0,8 zu erzielen, bei einer Kontrolle pro Fall 560 Fälle benötigen, mit 73 Fällen in der höchsten Expositionskategorie. Werden zwei Kontrollen pro Fall verwendet, wären 401 Fälle benötigt, bzw. 52 in der höchsten Expo-

sitionskategorie. Bei 4 Kontrollen pro Fall wären es schließlich 221 Fälle, bzw. 29 in der höchsten Kategorie, eine graphische Darstellung gibt Abbildung 5.

Diese Art der Abschätzung ist zwar vereinfacht, aber trotzdem läßt sich daraus ableiten, daß bei einem Großteil der vorliegenden Studien die Fallzahlen zu gering waren, um einen Fehler 2. Art mit einer Teststärke >80 % zu vermeiden.

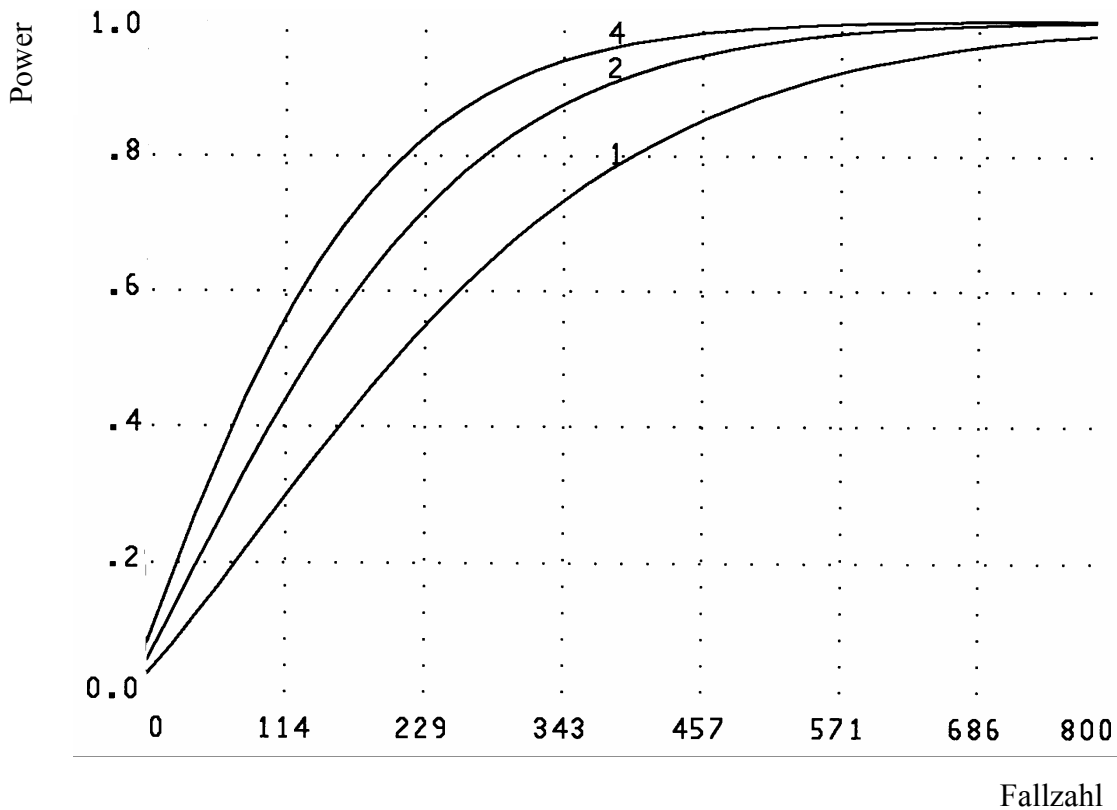


Abbildung 5 Poweranalyse für eine OR von 2,2

Zusammenfassend läßt sich damit sagen:

Die Frage eines möglichen Zusammenhanges zwischen nichtberuflicher Exposition durch elektromagnetische Felder und Krebs kann heute nicht beantwortet werden. In den 20 Jahren seit der Veröffentlichung der Studie von Wertheimer und Leeper (1979) zum möglichen Zusammenhang zwischen elektromagnetischen Feldern, hervorgerufen durch Stromleitungen, und Leukämie bei Kindern wurde zwar intensiv geforscht, es wurden aber keine durchgehend konsistenten Ergebnisse erzielt. Weder die Exposition durch Hochspannungsleitungen, noch die durch Haushaltsgeräte wie Heizdecke oder Fön erhöhten signifikant das Krebsrisiko (Feychting et al. 1993, Linet et al. 1997, Hatch et al. 1998, Laden et al. 2000, Zheng et al. 2000). Die Untersuchungen zu einem möglichen Zusammenhang zwischen beruflicher Exposition und Krebs bei den Nachkommen ergaben bisher keinen Hinweis auf einen bestehenden Zusammenhang (Bunin et al. 1990, Olsen et al. 1991, Wilkins et al. 1990, 1996, Olshan 1999, Smulevich 1999, Sorahan 1999, Feychting 2000).

Anders sind die Ergebnisse der Studien zur beruflichen Exposition zu bewerten. Es gibt Hinweise auf einen Zusammenhang, vor allem bei hoher, lange bestehender, gleichmäßiger Exposition etwa in Elektrizitätswerken (Linnet et al. 1993) oder bei Bahnpersonal (Balli.Antunes et al. 1990). Es wären Studien mit höheren Fallzahlen wünschenswert.

Die Ergebnisse der epidemiologischen Untersuchungen werden durch methodische Unsicherheiten geschwächt, durch fehlende einheitliche Expositionskategorisierung bzw. oft unzureichende Expositionsbestimmung in den einzelnen Studien, durch zu niedrige Fallzahlen und damit mangelhafte Teststärke und durch ungenügende Berücksichtigung möglicher Confounder.

Tatsächlich gemessen wurde nur in einem kleinen Teil der Studien, und auch dann wurde nur die Exposition in einem Teilbereich des Tagesablaufs der Probanden gemessen, etwas nur am Arbeitsplatz oder nur am Schlafplatz. Eine lückenlose Erfassung der Exposition jedes einzelnen in der Fall- bzw. Kontrollgruppe über einen längeren Zeitraum (mindestens ein Monat) anhand eines Meßgerätes, das am Gürtel oder in der Hemdtasche getragen werden kann (z.B. EMDEX-Meter), ist unerlässlich.

Bei der Planung zukünftiger Studien sollte die nötige Power berücksichtigt werden, der Umfang der Fall- und Kontrollgruppen bzw. der Kohorte wird dann eine internationale Zusammenarbeit, etwa europaweit, nötig werden lassen.

Mögliche Confounder müssen berücksichtigt werden. Ein expositionsbedingtes Risiko hat nur einen geringen Anteil am Gesundheitsrisiko durch Umweltfaktoren, andere bekannte Karzinogene stehen dagegen in einem sehr deutlichen Zusammenhang mit bestimmten Krebsarten, so daß der vermutete schwache Einfluß elektromagnetischer Felder überdeckt werden kann.

In der bereits angesprochenen Veröffentlichung des US-amerikanischen „National Institute of Environmental Health Sciences“ (NIEHS) werden elektromagnetische Felder niedriger Frequenz aufgrund der Studien, die errechnete Feldstärken, 24-Stundenmessungen und den Wire code verwendeten, als möglicherweise leukämogen für Kinder eingestuft, ebenso wird eine berufliche Exposition als möglicherweise leukämogen für Erwachsene eingestuft. Für andere Arten der Exposition bzw. andere Krebsarten wurde kein Zusammenhang gesehen. Diese Aussagen deuten stärker auf eine mögliche Kanzerogenität elektromagnetischer Felder hin, als sie in der vorliegenden Übersichtsarbeit gefunden werden konnten.

Folgende Punkte sollten bei der Planung künftiger epidemiologischer Studien beachtet werden.

- Sicherstellung der Relevanz von Ziel bzw. Fragestellung der Untersuchung (Kann die Beantwortung der Fragestellung zu einer Bewertung des Einflusses zivilisationsbedingter elektromagnetischer Felder auf den Menschen beitragen?)

- Durchführung der Studie: Sind Qualität, Nachvollziehbarkeit und Falsifizierbarkeit ausreichend, um sie bei einer Bewertung des Einflusses elektromagnetischer Felder auf den Menschen zu verwenden?
- Lassen die Ergebnisse der Studie einen gemeinsamen Schluß mit Studien ähnlicher oder überlappender Fragestellung zu? Ist die Qualität der Studie in Bezug auf Reproduzierbarkeit und Konsistenz ausreichend?
- Die benötigten Fallzahlen sollten a priori durch eine Poweranalyse ermittelt werden.
- Ein prospektives Studiendesign ist generell einem retrospektiven vorzuziehen, wenn auch die Durchführung sehr aufwendig ist.
- Die Exposition im beruflichen und außerberuflichen Bereich muß gemessen werden und sollte sich in einem relevanten Rahmen bewegen (z.B. Frequenz des Feldes 50 Hz, Flußdichte 10 μ T) und durch kontinuierliche Messungen ermittelt werden.
- Es sollten die Testhypothesen, die untersuchte Population und die Krankheiten genau formuliert werden. Eine genaue Beschreibung der Dosimetrie und der Erfassung der Personendaten ist unerlässlich. Ebenso sollte auf die Auswahl geeigneter Kontrollen und die Erfassung und Beachtung möglicher Confounder Wert gelegt werden.
- Positive Befunde sollten durch geeignete experimentelle Untersuchungen bestätigt werden.

6. Zusammenfassung

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, die vorhandenen experimentellen und epidemiologischen Studien zum Zusammenhang zwischen der Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern und dem Krebsrisiko zusammenzustellen und zu bewerten.

Dafür wurden mittels Medline – Recherche 165 Originalarbeiten und Übersichtsarbeiten analysiert.

Die experimentellen Studien können die Frage, wie Krebs durch elektromagnetische Felder entstehen könnte, nicht beantworten. Es gibt allerdings vielversprechende Ansätze mit nachvollziehbaren Hypothesen, die in Zukunft eine Erklärung liefern könnten, wie z. B. die Melatoninhypothese oder den Ansatz, elektromagnetische Felder als Promotoren oder Copromotoren zu untersuchen.

Die epidemiologischen Studien belegen keinen Zusammenhang zwischen nicht-beruflicher Exposition mit elektromagnetischen Feldern extrem niedriger Frequenz und Krebsrisiko, weder bei Kindern noch bei Erwachsenen.

Im beruflichen Bereich dagegen gibt es Hinweise auf eine Korrelation langandauernder, gleichbleibender Belastung mit starken Feldern und einem erhöhten Leukämie- und Gehirntumorrisiko.

Zukünftige Studien auf diesem Gebiet müssen diverse relevante mögliche Confounder berücksichtigen, die Exposition jedes Probanden am Arbeitsplatz und zu Hause muß gemessen werden, adäquate Poweranalysen zur Ermittlung der benötigten Fallzahlen sind unerlässlich.

Zu den Auswirkungen hochfrequenter Felder gibt es nur wenige Studien. Die vorliegenden Ergebnisse geben keine Hinweise auf ein erhöhtes Krebsrisiko.

7. Anhang

7.1 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Melatoninkonzentration beim Menschen.....	93
Tabelle 2 Melatoninkonzentration im Tierversuch.....	93
Tabelle 3 Andere Versuche zu Melatonin	88
Tabelle 4 RNA - Synthese	88
Tabelle 5 DNA - Synthese	88
Tabelle 6 DNA Mutation	88
Tabelle 7 Chromosomenveränderungen	89
Tabelle 8 Chromosomenveränderungen – Synergieeffekte.....	89
Tabelle 9 Genexpression.....	90
Tabelle 10 Transkription/Translation	90
Tabelle 11 Zellproliferation	90
Tabelle 12 Apoptose	91
Tabelle 13 Calcium Signalweg	91
Tabelle 14 Chemische Reaktionen unter Beteiligung freier Radikale.....	91
Tabelle 15 Ornithindecaboxylase	92
Tabelle 16 Die Radon -Hypothese.....	92
Tabelle 17 Chromosomenveränderungen	93
Tabelle 18 In vivo-Experimente zur Karzinogenese	94
Tabelle 19 Hautkrebs	95
Tabelle 20 Brustkrebs	95
Tabelle 21 Lebertumore, Leukämie	96
Tabelle 22 Durch UV-Strahlung induzierte Tumoren	96
Tabelle 23 In vivo-Experimente nach Implantation von Tumorzellen.....	96
Tabelle 24 Epidemiologische Untersuchungen bei Kindern und Jugendlichen - Leukämie.....	97
Tabelle 25 Gehirntumore	103
Tabelle 26 Brustkrebs	106
Tabelle 27 Alle Krebsarten	106
Tabelle 28 Epidemiologische Untersuchungen bei Erwachsenen - Leukämie.....	108
Tabelle 29 Gehirntumore	109
Tabelle 30 Brustkrebs	110

Tabelle 31 Andere Krebsarten	111
Tabelle 32 Alle Krebsarten	113
Tabelle 33 Beruflich Exponierte - Leukämie.....	114
Tabelle 34 Gehirn	123
Tabelle 35 Brust.....	130
Tabelle 36 Andere Krebsarten	133
Tabelle 37 Alle Krebsarten	139
Tabelle 38 Berufliche und außerberufliche Exposition - Leukämie.....	140
Tabelle 39 Gehirntumore	140
Tabelle 40 Kinder beruflich Exponierter - Gehirntumore	142
Tabelle 41 Alle Tumore	144
Tabelle 42 Exposition mit hohen Frequenzen - Leukämie	145
Tabelle 43 Gehirntumore	146
Tabelle 44 Andere Krebsarten	147
Tabelle 45 Alle Krebsarten	147

7.2 Tabellen

In vitro-Experimente

Tabelle 1 Melatoninhypothese

Erstautor	Jahr	Gegenstand des Experimentes	Art des Feldes	Gegenstand der Untersuchung/ Messung	Ergebnis
Blask	1993	Menschl. Brustkrebszellen (MCF 7), mit Melatonin behandelt	Magnetische Wechselfelder, 60 Hz, 0,2 μ T	Zellwachstum	Kein Effekt
Blask	1993	Menschl. Brustkrebszellen (MCF 7), mit Melatonin behandelt	Magnetische Wechselfelder, 60 Hz, 1,5 μ T	Zellwachstum	Aufhebung des onkostatistischen Effektes von Melatonin
Liburdy	1993 1994 1995	Menschl. Brustkrebszellen (MCF 7), mit Melatonin behandelt	Magnetische Wechselfelder, 60 Hz, 0,2 / 1,2 μ T	Zellwachstum	Aufhebung des onkostatistischen Effektes von Melatonin

Tabelle 2 RNA - Synthese

Erstautor	Jahr	Gegenstand des Experimentes	Art des Feldes	Gegenstand der Untersuchung/ Messung	Ergebnis
Goodman	1986	Speicheldrüsen von Insekten	1 mT, 60/72 Hz, Sinuswellenform und gepulste Signale	Uridin Aufnahme	Zunahme
Phillips	1991		3,5 mT, 2 h	Uridin Aufnahme	Zunahme

Tabelle 3 DNA - Synthese

Erstautor	Jahr	Gegenstand des Experimentes	Art des Feldes	Gegenstand der Untersuchung/ Messung	Ergebnis
Cossarizza	1989	Stimulierte Lymphozyten	2,5 mT, 50 Hz Sägezahn, 6 h	Thymidinaufnahme	Zunahme
Garaj-Vrhovac	1990	V79 Chin. Hamsterzellen	7,7 GHz, max. 2 W	Thymidinaufnahme	Zunahme

Tabelle 4 DNA Mutation

Erstautor	Jahr	Gegenstand des Experimentes	Art des Feldes	Gegenstand der Untersuchung/ Messung	Ergebnis
Tofani	1995	Menschliche Lymphozyten	75 oder 150 μ T, jeweils mit 32 Hz, zusätzlich Gleichspannungsfelder mit 42 μ T	Mikrokernraten	Zunahme
Simko	1998	Fruchtwasserzellen	0,1 – 1 mT, 50 Hz, 24-72 h	Mikrokernraten	Kein Effekt
		Plattenepithelkarzinomzellen	0,1 – 1 mT, 50 Hz, 24-72 h	Mikrokernraten	Zunahme/Abnahme
Garaj-Vrhovac	1991 1992	V79 Chin. Hamsterzellen Menschliche Lymphozyten	7,7 GHz, max. 2 W	Mikrokernraten	Zunahme
Maes	1993	Menschliche Lymphozyten	2,45 GHz, moduliert mit 50 Hz, 75 W/Kg, 30 und 120 min	Mikrokernraten	Zunahme
Haider	1994	Tradescantia (?)	10 – 21 MHz, 27,5 V/m, 0,073 A/m	Mikrokernraten	Zunahme
d'Ambrosio	1995	Menschliche Lymphozyten	96 GHz, Amplitudenmoduliert mit 50 Hz, 100 W/kg, 10 min	Mikrokernraten	Zunahme
Garaj-Vrhovac	1996	Menschliche Lymphozyten	415 Mhz, 15 W, 10-30 min	Mikrokernraten	Zunahme, abhängig von der Expositionszeit

Tabelle 5 Chromosomenveränderungen

Erstautor	Jahr	Gegenstand des Experimentes	Art des Feldes	Gegenstand der Untersuchung/ Messung	Ergebnis
Cohen Cadossi	1986 92	Menschliche Lymphozyten	50 Hz, 60 Hz, gepulste EMFs	Chromosomenveränderungen	Kein Effekt
Saalman	1991	Chinesische Hamsterzellen	30 μ T, 50 Hz	Chromosomensegregation	Kein Effekt
Tabrah	1994	Menschliche Lymphozyten	Felder mit Sinuswellen (50 und 60 Hz), gepulste EMFs	Chromosomenveränderungen	Kein Effekt
Yao	1976	Rattenzellen	2,45 GHz, 1,5,2 W/kg	Chromosomenaberration	Zunahme
Yao	1982	Rattenzellen	2,45 GHz, 1,5,2 W/kg Langzeitbelastung (320 Tage)	Chromosomenaberration	Zunahme
Alam	1987	Chinesische Hamsterzellen	2,45 GHz, 0-200 mW/cm ²	Chromosomenveränderungen	Zunahme
Lloyd	1984, 1986	Menschliche Lymphozyten	2,45 GHz, 104-200 W/kg, 20 min	Chromosomenaberrationen und Schwesterchromatid- austauschraten	Kein Effekt
Garaj-Vrhovac	1990 1991 1993	V79 Chin. Hamsterzellen Menschliche Lymphozyten	7,7 GHz, max. 2 W	Chromosomenaberration	Zunahme
Maes	1993	Menschliche Lymphozyten	2,45 GHz, moduliert mit 50 Hz, 75 W/Kg, 30 und 120 min	Chromosomenaberrationen Schwesterchromatid-austauschraten	Zunahme Kein Effekt
Maes	1995	Menschliche Lymphozyten	954 MHz, 60-120 min	Chromosomenaberrationen DNA-Schäden (alkaline comet assay)	leichte Zunahme Kein Effekt
Eberle	1996	Menschliche Lymphozyten	440, 900, 1800 MHz, 39-70 h	Chromosomenaberrationen , Schwesterchromati- daustauschraten und HGPRT-Mutationen	Kein Effekt
Malyapa	1997	C3H 10T1/2 Zellen der Maus U87MG Glioblastomazelle	835,62 MHz, bis 24 h, 0,6 W/kg 847,74 Mhz, bis 24 h, 0,6 W/kg	DNA-Schäden (alkaline comet assay)	Kein Effekt

Tabelle 6 Chromosomenveränderungen – Synergieeffekte

Erstautor	Jahr	Gegenstand des Experimentes	Art des Feldes	Gegenstand der Untersuchung/ Messung	Ergebnis
Balcer-Kubiczek	1985 1989 1991	C3H10T1/2 Zellen, teilweise kombinierte Bestrahlung mit Röntgenstrahlen, gefolgt von TPA-Behandlung	Mikrowellen, Amplitudenmoduliert, 0,1-4,4 W/kg	Zelltransformation	Anstieg
Ciaravino	1987	CHO-Zellen mit Adriamycin behandelt	2450 MHz, gepulst, 49 mW/cm ² , 34 W/kg	Zellzyklusprogression, Schwesterchromatid-austauschraten	Kein Effekt
Ciaravino	1987	CHO-Zellen CHO-Zellen mit Mitomycin C behandelt	2450 MHz gepulst, 49 W/cm ² , 34 W/kg	Schwesterchromatid-austauschraten Vergleich zwischen behandelten und unbehandelten Zellen	Kein Effekt Kein Unterschied
Meltz	1987	Menschliche diploide Fibroblasten Menschliche diploide Fibroblasten, mit UV-Strahlung behandelt	350 und 850 MHz, 1,2 GHz bis zu 1-10 mW/cm ² gepulst, 0,39-4,5 W/kg	DNA-Reparatur Vergleich zwischen behandelten und unbehandelten Zellen	Kein Effekt Kein Unterschied
Meltz	1989	L5178Y Leuämiezellen der Maus, L5178Y Leuämiezellen der Maus, mit Mitomycin C behandelt	2450 MHz, gepulst, 48,8 mW/cm ² , 30 W/kg	Forward mutation assay (thymidine kinase locus) Vergleich zwischen behandelten und unbehandelten Zellen	Kein Effekt Kein Unterschied
Meltz	1990	L5178Y Leuämiezellen der Maus, L5178Y Leuämiezellen der Maus, mit Proflavin behandelt	2450 MHz, gepulst, ~ 40 mW/kg	Forward mutation assay (thymidine kinase locus) Vergleich zwischen behandelten und unbehandelten Zellen	Kein Effekt Kein Unterschied
Kerbacher	1990	CHO-Zellen CHO-Zellen mit Adriamycin und Mito- mycin C behandelt	2450 MHz, gepulst, 49 mW/cm ² , 33,8 W/kg	Chromosomenaberrationen Vergleich zwischen behandelten und unbehandelten Zellen	Kein Unterschied Kein Effekt Kein Unterschied

Erstautor	Jahr	Gegenstand des Experimentes	Art des Feldes	Gegenstand der Untersuchung/ Messung	Ergebnis
Hintenlang	1993	Menschliche Lymphozyten	1,4 mT, nach Exposition mit ionisierender Strahlung	Chromosomenkomplement	Zunahme
Maes	1996	Menschliche Lymphozyten	954 MHz, 15 W, 49 V/m, 1,56 W/kg	Schwesterchromatidaustauschraten	Kein Effekt
		Menschliche Lymphozyten, nach der Bestrahlung mit Mitomycin C behandelt	954 MHz, 15 W, 49 V/m, 1,56 W/kg	Schwesterchromatidaustauschraten	Zunahme, im Vergleich zu nur mit Mitomycin C behandelten Zellen
Maes	1997	Menschliche Lymphozyten, nach der Bestrahlung mit Mitomycin C behandelt	935,2 MHz, 0,4 W/kg, 2h	Schwesterchromatidaustauschraten	leichte Zunahme, im Vergleich zu nur mit Mitomycin C behandelten Zellen

Tabelle 7 Genexpression

Erstautor	Jahr	Gegenstand des Experimentes	Art des Feldes	Gegenstand der Untersuchung/ Messung	Ergebnis
Phillips	1992	T-Lymphozyten	100 μ T, 60 Hz, 1,5-20 min.	Nuclear run-on essays	Zunahme / Abnahme

Tabelle 8 Transkription/Translation

Erstautor	Jahr	Gegenstand des Experimentes	Art des Feldes	Gegenstand der Untersuchung/ Messung	Ergebnis
Goodman	1986	E. coli – Lysat	70 μ T – 1,1 mT, 72 Hz	Aufnahme eines radioaktiv markierten Metaboliten	Zunahme
Cleary	1990	Gliomzellen	2,45 GHz, 5-20 W/kg	Aufnahme eines radioaktiv markierten Metaboliten	Zunahme bei niedrigen SARs, Abnahme bei höheren
	1990	Menschliche Lymphozyten			

Tabelle 9 Zellproliferation

Erstautor	Jahr	Gegenstand des Experimentes	Art des Feldes	Gegenstand der Untersuchung/ Messung	Ergebnis
Conti	1985	Stimulierte Lymphozyten	4,5 mT, 3 Hz Sägezahnwelle	Zellzahl	Abnahme
Rosenthal	1989	Stimulierte Lymphozyten	6 mT, 3 Hz Rechteckspannung	Zellzahl	Abnahme
	1993	Kulturen von Fibroblasten und mutierten Zellen	5 mT, 50 Hz Sinuswellenform 0,1 mT, 60 Hz, 1 h/d, 18 Tage	Beginn der S-Phase Fokusinformation	Kein Effekt Zweifacher Anstieg
Harland Liburdy	1993 1993	Tamoxifen/Melatonin behandelte Brustkrebszellen	1,2 μ T, 60 Hz	Zellzahl	Anstieg
Mikorey-Lechner Johann	1993 1993	Menschl. Brustkrebszellen (MCF 7), mit diversen Zytostatika behandelt	Magnetische Wechselfelder, 20 Hz, 5,3 mT, intermittierende Exposition von jeweils 6 h mit 6 h Pause	MTT-Aktivität (als Indikator für Zytostatika-Effektivität)	Anstieg
Kwee	1995	Menschl Amnion-Epithelzellen	Magnetische Wechselfelder, 50 Hz, 80 μ T	Zellzahl	Anstieg / Abnahme
Dees	1996	Menschl. Brustkrebszellen (MCF 7)	Magnetische Wechselfelder, 1,2 μ T / 90 mT	Replikationsrate	Kein Effekt
Cleary	1996	CHO-Zellen	27 MHz, 2,45 GHz, 5 oder 25 W/kg	Zellzyklusänderungen	Stärkeres Feld effektiver im hervorrufen von Zellzyklus-änderungen

Tabelle 10 Apoptose

Erstautor	Jahr	Gegenstand des Experimentes	Art des Feldes	Gegenstand der Untersuchung/ Messung	Ergebnis
Simko	1998	Fruchtwasserzellen	0,1 – 1 mT, 50 Hz, 24-72 h	Apoptotische Zellen	Kein Effekt
		Plattenepithelkarzinomzellen	0,1 – 1 mT, 50 Hz, 24-72 h	Apoptotische Zellen	Zunahme

Tabelle 11 Calcium Signalweg

Erstautor	Jahr	Gegenstand des Experimentes	Art des Feldes	Gegenstand der Untersuchung/ Messung	Ergebnis
Conti	1985	Stimulierte Lymphozyten	4,5 mT, 3 Hz Sägezahn 6 mT, 3 Hz, Rechteckspannung	$^{45}\text{Ca}^{++}$ -Aufnahme	Abnahme
Blackman	1985	Gehirngewebe		$^{45}\text{Ca}^{++}$ -Aufnahme	Kleine Veränderungen
Parkinson	1989	Zellkulturen		Ca^{++} im Zytosol	Kein Effekt
Walleczek	1990	Lymphozyten	6,5 mT, 60 Hz, 1h 6,5 mT, 3 Hz Rechteckspannung, 1h	Con-A induzierte $^{45}\text{Ca}^{++}$ -Aufnahme	Zunahme Abnahme auf Null
Liburdy	1992	Lymphozyten (aus Ratten-Thymus), nach conA-Behandlung Ohne conA-Behandlung	22 mT, 1,7 mV/cm, 60 Hz	Fluoreszenz-Spektroskopie	Zunahme Kein Effekt
Markov	1993	Fluorescent calmodulin binding	20,9 μT Sinuswellenform um 16 Hz (Zyklotron Resonanzbedingungen)	Fluoreszenz-Spektroskopie	Kein Effekt
Lindstöm Korzhsleptsova	1993 1995	Nagerzellen	0, 1 mT, 50 $\mu\text{V}/\text{cm}$, 50 Hz, 15-20 s	Ca^{++} -Schwankungen IP_3 Konzentration	Zunahme Zunahme
Walleczek	1994	Lymphozyten	2 mT, 60 Hz, 2 min	Mn^{++} Einstrom	Zunahme
Hojewik	1995	Zellkulturen		$^{45}\text{Ca}^{++}$ -Transport	Kein Effekt
Kittel	1996	Gehirnzellen der Maus	2450 MHz, Modulationsfrequenz 16 Hz, 1 mW/cm ² , 3 h	$^{45}\text{Ca}^{++}$ -Transport und Ca^{++} -ATPasen	Steigerung

Tabelle 12 Chemische Reaktionen unter Beteiligung freier Radikale

Erstautor	Jahr	Gegenstand des Experimentes	Art des Feldes	Gegenstand der Untersuchung/ Messung	Ergebnis
Batchelor	1992	Laser-induzierte freie Radikale	0-10 T	Fluoreszenzerfassung der Radikale	Veränderte Rekombination der Radikale
Harkins	1994	B12 ethanolamine ammonia lyase	>50 mT, grösster Effekt bei 100 mT, statisches Feld	Spektroskopische Erfassung des Reaktionsproduktes	Aktivitätssteigerung
Roy	1995	Aufbereitete neutrophile Zellen der Ratte	0,1 mT, 60 Hz	Fluoreszenzmessung der Superoxide	Steigerung der Superoxidproduktion
Mnaimneh	1996	NO-Produktion durch Makrophagen	1, 10, 50, 100 mT (statisches Feld) oder 1,6 mT (1 Hz)	Messung des Nitrits	Kein Effekt

Tabelle 13 Ornithindecaboxylase

Erstautor	Jahr	Gegenstand des Experimentes	Art des Feldes	Gegenstand der Untersuchung/ Messung	Ergebnis
Litovitz	1991	Menschliche Lymphomzellen	1 V/m, 60 Hz, 1 h	ODC Aktivität	Steigerung
Mattsson	1993	HL 60 menschliche Leukämiezellen ELD Aszites Tumorzellen (Maus) F9 Teratokarzinomzellen (Maus)	30 μ T, 50 Hz	ODC Aktivität	Steigerung (20% für HL 60-Zellen, 5-6 fäch für ELD-Zellen)
Galt	1995	Menschliche Amnionzellen	30 μ T, 50 Hz	ODC Aktivität	Kein Effekt
Byus	1988	Reuber H35 Hepatomzellen, CHO Zellen, 294 T menschliche Melanomzellen	450 MHz, Amplitudenmoduliert, 10 W/m ²	ODC Aktivität	Steigerung, teilweise mit Dosis/ Wirkungsbeziehung
Litovitz	1993	Menschliche Lymphomzellen	915 MHz, 2,5 W/kg, gepulst mit 55-65 Hz, 8 h	ODC Aktivität	Steigerung
Penäffel Krause	1997 1990	Fibroblasten der Maus	Mikrowellen, Amplitudenmoduliert, 3 W/kg	ODC Aktivität	Steigerung

Tabelle 14 Die Radon -Hypothese

Erstautor	Jahr	Gegenstand des Experimentes	Art des Feldes	Gegenstand der Untersuchung/ Messung	Ergebnis
Henshaw	1996	Quantitative Analyse von ²¹⁸ Po und ²¹⁴ Po (Radon-Tochter-Partikel)	60 Hz, 240 V (normale Stromleitung) 0-2000 V Gleichstrom	Messung in der Nähe des Kabels	Deutliche Zunahme

In vivo-Experimente

Tabelle 15 Melatoninkonzentration im Tierversuch

Erstautor	Jahr	Gegenstand des Experimentes	Art des Feldes	Gegenstand der Untersuchung/ Messung	Ergebnis
Semml	1980	Meerschweinchen	Statisches magnetisches Feld	Elektrische Aktivität in Corpus pineale – Zellen	Abnahme
Wilson	1981	Sprague-Dawley –Ratten	Elektrisches Feld, 60 Hz	Nächtlicher Anstieg des Melatoninspiegels im C. p.	Abnahme
Welker	1983	Diverse Nager	Statisches magnetisches Feld	Melatoninspiegel	Abnahme
Olcese	1986				
Stehle	1988				
Reiter	1988	Ratten	Elektrisches Feld, 60 Hz	Nächtlicher Anstieg des Melatoninspiegels im C. p.	Abnahme
Kato	1993, 1994	Long Evans Ratten	Magnetische Wechselfelder, 50 Hz	Melatoninkonzentration innerhalb des Corpus pineale	Senkung
Yellon	1994	Albino-Ratten	Magnetische Wechselfelder, 60 Hz	Melatoninspiegel in C. p. und Blut	Kein Effekt
		Hamster			Abnahme

Tabelle 16 Melatoninkonzentration beim Menschen

Erstautor	Jahr	Gegenstand des Experimentes	Art des Feldes	Gegenstand der Untersuchung/ Messung	Ergebnis
Wilson	1990			Melatoninkonzentration im Blut	Kein Effekt
Reiter	1993			Melatoninkonzentration im Blut	Kein Effekt
David	1995	Arbeiter in exponierten Berufen	Schwache bis starke Felder, 60 Hz	Melatoninkonzentration im Blut	Kein Effekt
Burch	1998	Arbeiter im Elektrizitätswerk	Diverse Felder	6-OHMS-Konzentration im Urin	Abnahme bei Belastung zuhause und beruflich
Radon	1998	Männliche Probanden	900 MHz, gepulst mit 217 Hz	Melatoninkonzentration im Speichel	Kein Effekt

Tabelle 17 Chromosomenveränderungen

Erstautor	Jahr	Gegenstand des Experimentes	Art des Feldes	Gegenstand der Untersuchung/ Messung	Ergebnis
National radiological protection board	1992	Mäuse	20 kV/m, 50 Hz	Genmutation	Kein Effekt
Nat'ziger, J.	1993	Salmonellen	1 mT, 50 kV/m, 60 Hz 15-30 mT, 0,3 Hz 1-10 µT, 50 Hz gepulst mit 2 µs Pulsen	Chromatidenaustausch Mutationshäufigkeit	Kein Effekt Keine Steigerung
Zwingleberg	1993	Weibliche Wistar Ratten	50 Hz, 30 mT, 7 bzw. 28 Tage	Schwesterchromatid austauschraten bzw. Proliferation von peripheren Lymphozyten	Kein Effekt
Tabrah, F. L.	1994	Salmonellen mit Säure behandelt	0,2 mT, 60 Hz für 48 h	Mutationshäufigkeit	14% Steigerung
Huang	1977	Chinesische Hamster	2,45 GHz, bis zu 21 W/kg	Chromosomenaberrationen in Blut-Lymphozyten	Kein Effekt
Manikowska	1979	Männliche Balb/c Mäuse	9,4 GHz, Pulsmoduliert, 1-100 Wm ² , 1 h/d für 2 Wochen	Chromosomenaberrationen in Gonozyten	SAR-abhängige Steigerung von Chromosomenaustausch und anderen zytogenetischen Effekten
McRee	1981	Mäuse	2,4 GHz, 21 W/kg, 8 h/d für 4 Wochen	Schwesterchromatid austauschraten in Knochenmarkszellen	Kein Effekt
Garson	1991	Beruflich exponierte („Radio-linemen“)	400 kHz-20 GHz	Chromosomenaberrationen in Lymphozyten	Kein Effekt
Fucic	1992	Beruflich exponierte	1250-1350 MHz, 10 µW/cm ²	Mikronukleus-Häufigkeit in Lymphozyten	Zunahme

Erstautor	Jahr	Gegenstand des Experimentes	Art des Feldes	Gegenstand der Untersuchung/ Messung	Ergebnis
Nafziger, J.	1993	Salmonellen	Diverse RF und Mikrowellen Felder	Mutationshäufigkeit	Keine Steigerung
Sarkar	1994	Männliche Swiss albino Mäuse	2,45 GHz, 0,1 W/kg, 0,1 W/m ² , 2h/d, 12, 150 und 200 Tage	DNA Analyse mit „synthetic oligo probes“	Veränderte „Band Patterns“ in Gehirn- und Hoden-DNA
Lai	1995 1996	Männliche Sprague-Dawley Ratten	2,45 GHz, CW, 1,2 W/kg, 2 h 2,45 GHz, gepulst mit 2 µs Pulsweite, 500 pps, 1,2 W/kg, 2 h	DNA-Schäden in Gehirnzellen, „single gel cell electrophoresis assay“	Steigerung
Lai	1997	Männliche Sprague-Dawley Ratten, Injektion von 1mg/kg Naltrexon vor und nach Bestrahlung	2,45 GHz, gepulst mit 2 µs Pulsweite, 500 pps, 2 mW/cm ² , 1,2 W/kg, 2 h	DNA-Doppelstrangbrüche in Gehirnzellen, „single gel cell electrophoresis assay“	Steigerung, Effekt wurde teilweise durch Naltrexon-Behandlung blockiert
Vijayalaxmi	1997	C3H/HeJ Mäuse, neigen zu Mamma-Tumoren	2,45 GHz, 1,0 W/kg, 20 h/d für 18 Monate	Mikronuklei im peripheren Blut und im Knochenmark	Kein Effekt (zwischen exponierten und Sham-exponierten Mäusen sowie zwischen Mäusen mit und ohne Mammatumoren)

Tabelle 18 In vivo-Experimente zur Karzinogenese

Erstautor	Jahr	Gegenstand des Experimentes	Art des Feldes	Gegenstand der Untersuchung/ Messung	Ergebnis
Fam Mikhail	19901 99119 93199 6	Mäuse	25 mT, 60 Hz, 23 h / d, bis zu 418 Tage	Spontane Entwicklung von Tumoren	Zunahme maligner Lymphome, bei Bestrahlung > 133 d
Beniasvili	1991	Ratten (weiblich)	20 µT, 50 Hz, 0,5 bis 3 h / d, bis zu 2 Jahre	Spontane Entwicklung von Mammatumoren	Zunahme bei 3 h Bestrahlung / d
Rannug	1993	Mäuse (weiblich)	500 µT, 50 Hz, 19-21 h / d, 103 Wochen	Spontane Entwicklung von Tumoren	Zunahme von Leukämie, Abnahme der Überlebenszeit
Yasui	1993	Mäuse (weiblich)	50 µT, 50 Hz, 19-21 h / d, 103 Wochen	Spontane Entwicklung von Tumoren	Kein Effekt
Szmigielski	1997	Ratten	0,5 / 5 mT, 50 Hz, 22,6 h / d, 104 Wochen	Spontane Entwicklung von Tumoren, Überlebenszeit	Kein Effekt
Szmigielski	1982	C3H/HE Mäuse (bestrahlt ab 6 Wochen bis 12 Monaten Lebensalter)	2,45 GHz, 50 oder 150 W/m ² , bis 3 oder 8 W/kg, 2h/d, 6d/Woche	Brusttumorentwicklung	Beschleunigung
Chou	1992	Sprague-Dawley Ratten	2,54 GHz, gepulst mit 800 Hz, 0,15-0,4 W/kg	Inzidenz von malignen Prozessen	Zunahme

In vivo-Experimente zu Tumorpromotion und Co-Promotion

Tabelle 19 Hautkrebs

Erstautor	Jahr	Gegenstand des Experimentes	Art des Feldes	Gegenstand der Untersuchung/ Messung	Ergebnis
McLean	1991	DMBA/TPA-behandelte Mäuse	2 mT, 60 Hz, 6 h/Tag, 21 Wochen	Hauttumentwicklung	Leichte Beschleunigung
Stuchly	1992	DMBA/TPA-behandelte Mäuse	2 mT, 60 Hz, 6 h/Tag, 23 Wochen	Latenzzeit Hauttumorinzidenz	Abnahme Zunahme
Rannug	1993	DMBA-behandelte Mäuse	50 oder 500 μ T, 50 Hz, 19-21 h/Tag, 103 Wochen	Hauttumorinzidenz, Latenzzeit	Kein Effekt
Rannug	1995	DMBA-behandelte Mäuse	50 oder 500 μ T, 50 Hz, entweder kontinuierlich oder 15 s on/off, 19-21 h/Tag, 105 Wochen	Hauttumorinzidenz	Zunahme bei den in Intervall exponierten im Vergleich zu den kontinuierlich exponierten
Byus	1995	DMBA/TPA-behandelte Mäuse	2 mT, 60 Hz, 8 h/Tag, > 40 Wochen	Latenzzeit Hauttumorinzidenz Tumorgröße	Abnahme Zunahme Zunahme
McLean	1995	DMBA/TPA-behandelte Mäuse	2 mT, 60 Hz, 6 h/Tag, 52 Wochen	Häufigkeit maligner Konversion	Leichte Zunahme
McLean	1995 1997	DMBA/TPA-behandelte Mäuse	2 mT, 60 Hz, 6 h/Tag, 23 Wochen	Hauttumorinzidenz	Zunahme (1995) Kein Effekt (1997)
Szmigielski	1982	Balb/c Mäuse, bestrahlt 1 oder 3 Monate vor oder gleichzeitig mit Behandlung mit benzo[a]pyren (Hautbemalung)	2,45 GHz, 50 oder 150 W/m ² , bis 3 oder 8 W/kg, 2h/d, 6d/Woche	Hauttumentwicklung	Beschleunigung

Tabelle 20 Brustkrebs

Erstautor	Jahr	Gegenstand des Experimentes	Art des Feldes	Gegenstand der Untersuchung/ Messung	Ergebnis
Beniaschvili	1991	NMU – behandelte Ratten (weiblich)	20 μ T, 50 Hz, 0,5 h oder 3 h / d	Brusttumorinzidenz Latenzzeit	Zunahme Abnahme (jeweils bei 3 h Exposition im Vergleich zu 0,5 h), mehr maligne Tumore
Mevissen Löscher	1993 1994	DMBA-behandelte Ratten (weiblich)	0,3 bis 1 μ T, 50 Hz, 24 h / d, 3 Monate	Latenzzeit Nächtlicher Melatoninspiegel	Abnahme Abnahme
Mevissen	1993	DMBA-behandelte Ratten (weiblich)	30 mT, 50 Hz, 24 h / d, 3 Monate	Brusttumorinzidenz	Leichte Zunahme, ließ sich nicht reproduzieren
Löscher Baum	1993 1995	DMBA-behandelte Ratten	0,1 mT, 50 Hz, 24 h / d, 3 Monate	Brusttumorinzidenz Tumorgröße Latenzzeit	Zunahme Zunahme Abnahme
Mevissen	1996	DMBA-behandelte Ratten	10 μ T, 50 Hz, 24 h / d, 3 Monate	Nächtlicher Melatoninspiegel Latenzzeit	Abnahme Leichte Abnahme
Mevissen	1996	DMBA-behandelte Ratten	50 μ T, 50 Hz, 24 h / d, 3 Monate	Tumorgröße Latenzzeit	Zunahme Abnahme

Tabelle 21 Lebertumore, Leukämie

Erstautor	Jahr	Gegenstand des Experimentes	Art des Feldes	Gegenstand der Untersuchung/ Messung	Ergebnis
Rannung	1993	Ratten (männlich) nach teilw. Hepatektomie, Induktion von Lebertumoren durch DENA-Behandlung	0,5 / 500 μ T, 60 Hz, 19-21 h / d, 12 Wochen	Tumorpromotion	Kein Effekt
Shen	1997	Mäuse, Induktion von Thymuslymphom oder Leukämie durch DMBA	1 mT, 50 Hz, 3 h / d, 6 d / Woche, 16 Wochen	Inzidenz Metastasierung	Kein Effekt Steigerung
McCormick	1994	PIM Mäuse, Induktion von Lymphomen durch ENU	2 / 200 / 1000 μ T, 60 Hz, 18,5 h / d, 175 Tage	Tumorinzidenz, Latenzzeit, Mortalität	Kein Effekt
Wu	1994	Balb/c Mäuse, DMH-Injektion einmal wöchentlich	2,45 GHz, 1 W/m ² , 10 bis 12 W/kg, 3h/d, 6d/Woche für 5 Monate	Kolontumorinzidenz	Kein Effekt
Repacholi	1997	E μ -Pim1 transgene Mäuse	900 MHz, gepulst bei 217 Hz, Pulsweite 0,6 ms, 0,13-0,4 W/kg, 2 * 0,5 h/d für 18 Monate	Lymphomrisiko	Zunahme

Tabelle 22 Durch UV-Strahlung induzierte Tumoren

Erstautor	Jahr	Gegenstand des Experimentes	Art des Feldes	Gegenstand der Untersuchung/ Messung	Ergebnis
Kumlin	1997	ODC-Transgene Mäuse (weiblich), Hauttumorinduktion durch UV-Strahlung	100 μ T, 50 Hz, kontinuierlich oder intermittierend	Tumorstadium	Deutlich erhöht

Tabelle 23 In vivo-Experimente nach Implantation von Tumorzellen

Erstautor	Jahr	Gegenstand des Experimentes	Art des Feldes	Gegenstand der Untersuchung/ Messung	Ergebnis
Thomson	1988	Mäuse, nach Implantation von P388 Leukämiezellen	1, 4 / 200 / 500 μ T, 60 Hz, 6 h / d, 5 d / Woche bis zum Tod (etwa 2 Wochen)	Effekt auf Überlebenszeit	Kein Effekt
Marino	1995	Mäuse, nach Implantation von Mammaryadenokarzinomzellen	2 mT, 50 Hz, 60 h in 2 Wochen	Tumorstadium	Kein Effekt
Sasser	1996	Ratten, nach Implantation von Milzzellen von Ratten mit Leukämie	1 mT, 60 Hz, 20 / h, 7 d / Woche, bis zu 20 Wochen	Leukämieprogression	Kein Effekt
Roszkowski	1980	Balb/c Mäuse, vor der Bestrahlung s.c. Injektion von Mäuse-Sarkomzellen	2,45 GHz, 500 W/m ² , 25 W/kg, 2h/d, 7d	Tumorstadium und Lungenmetastasen	Temporäre Tumorregression, gefolgt von erneutem Wachstum 12 Tage später, Längere Überlebenszeit
Santini	1988	Balb/c Mäuse, nach der Bestrahlung s.c. Injektion von Mäuse-Sarkomzellen	2,45 GHz, entweder CW oder gepulst mit 10 μ s für 10 ms, wiederholt bei 25 Hz), 1,2 W/kg	Entwicklung von Melanomen	Deutlich beschleunigtes Tumorstadium, deutlicher Anstieg der Lungenmetastasen, kürzere Überlebenszeit
Salford	1993	Fisher 344 Ratten, Rattengliomzellen injiziert	915 MHz, CW, 1 W 915 MHz moduliert mit 4, 8, 16 und 200 Hz in 0,5 ms Pulsen und 50 Hz in 6 ms Pulsen (2 W pro Puls) 7 h/d, 5 Td/Woche für 3 Wochen	Überlebenszeit Gehirntumorgrosse	Beschleunigung Kein Effekt Kein Effekt

Epidemiologische Studien

Kinder und Jugendliche

Tabelle 24 Leukämie

Erstautor	Ja hr	Art der Studie	Art der Felder	Frequenzbereich	Quelle	Messung/Schätzung	Zeitraum ¹	n Kohorte	m/w	Alter	Krebsart	n Fälle (n Kontrollen)	Intensität	OR o.ä. (5-95 % CI)	Confounder, adjustiert für	Anmerkung
Savitz	90	F/K	EMF	60 Hz	Pränatale Exposition durch Heizdecke, Wasserbett elektr. Uhr.	S	7		m/w	0-14	Leukämie	70 (206)	Pränatale Exposition durch Heizdecke, Wasserbett elektr. Uhr. 0,07-0,12 μ T 1,2-2,7 μ T > 2,7 μ T	1,7 (0,8-3,6)	gematcht für Einkommen	Unterscheidung in exponiert/nicht exponiert, sehr detaillierte Darstellung
London	91	F/K	EMF	60 Hz	Hochspannungsleitung	S (Stichprobenmessung oder Wire code)	7		m/w	0-10	Leukämie	35 (42) 24 (22) 20 (11) 58 (75) 80 (68) 42 (24)	0,7 (0,4-1,2) 0,9 (0,5-1,7) 1,5 (0,7-3,3) Wire code: 1,0 Niedrig (0,5-1,7) Wire code: 1,4 Hoch (0,8-2,6) Wire code: 2,2 sehr hoch (1,1-4,3)	Gematcht für Alter, Geschlecht, ethn. Zugehörigkeit, sozioökonomischer Status	Referenz: <0,07 μ T bzw. Wire code: unterirdisch/sehr niedrig. 24 h-Messung im Schlafzimmer des Kindes und Hochrechnung, falls nicht möglich: Erstellung von Wire code. Berücksichtigung folgender Confounder änderte die Ergebnisse nicht: Benutzung von Räucherstäbchen, von Pestiziden im Haus, Exposition der Kinder mit Fön oder TV, Exposition des Vaters mit Farbspray oder Lösemitteln	
Fajardo-Guiterrez	93	F/K	EMF	50 Hz	Hochspannungsleitung	M			m/w	Kinder	Leukämie	40	Kleine Entfernung	2,6 (1,3-6,4)		Referenz: Große Entfernung
Feychting	93	F/K	EMF	50 Hz	Hochspannungsleitung	S (Über Abstand und „historic load“)	25	127. 383	m/w	0-15	Leukämie	4 7	0,01-0,19 μ T $\geq 0,2$ μ T	RR 2,1 (0,6-6,1) RR 2,7 (1,0-6,3)		Große schwedische Studie. Sorgfältige Expositionsabschätzung, Berechnung der Exposition über Abstand, Art der

¹ Bei Fall/Kontrollstudien: Rekrutierungs-, bei Kohorten: Beobachtungszeitraum

Erstautor	Jahr	Art der Studie	Art der Felder	Frequenzbereich	Quelle	Messung/Schätzung	Zeitraum	n Kohorte	m/w	Alter	Krebsart	n Fälle (n Kontrollen)	Intensität	OR o.ä. (5-95 % CI)	Confounder, adjustiert für	Anmerkung
Olsen	93	F/K	EMF	50 Hz	Hochspannungsleitung	S (Über Abstand und „historic load“)	19		m/w	0-14	Leukämie	1 (4) 3 (4)	0,10-0,24 μ T $\geq 0,25$ μ T	OR 0,5 (0,1-4,3) OR 1,5 (0,3-6,7)		Leitung und „historic load“ Abschätzung der Exposition über Entfernung, Art der Leitung und „historic load“.
Savitz	93	F/K	EMF	60 Hz	Stromleitungen	S (Wire code)	7		m/w	<15	Leukämie	55	Wire code hoch	3,8 (1,6-9,0)	Gematcht für Alter, Geschlecht. Confounder berücksichtigt: ethn. Zugehörigkeit, Alter bei Diagnosestellung, Alter der Mutter, Rauchen der Mutter, Ausbildung des Vaters, Einkommen der Familie, Umzugshäufigkeit, Art der Wohnung	Referenz: Wire code niedrig. Reanalyse der Studie Savitz 1988, Verwendung eines vereinfachten Wire codes
Verkasalo	93	Kohorte	EMF	50 Hz	Stromleitungen	S	20		m/w	0-19	Leukämie Lymphom	32 3 14 1	0,01-0,39 μ T-Jahre >0,4 μ T-Jahre 0,01-0,39 μ T-Jahre >0,4 μ T-Jahre	SIR 0,9 (0,6-1,3) SIR 1,2 (0,3-3,6) 0,9 (0,5-1,5) 0,6 (0,0-3,6)		Berücksichtigt jedes Gebäude in Finnland, daß im Umkreis von 500 m von Stromleitungen steht. Abschätzung der Exposition durch Berechnung der Last der Leitungen (historic load)
Kraut	94	Korrelationsstudie	EMF	60 Hz	Exposition zu Hause	S	15		m/w	0-14	Leukämie, Lymphom	4			Keine Berücksichtigung von Confoundern	Zeigt eine Korrelation zwischen ansteigendem Stromverbrauch und ansteigender Krebsrate bei Kindern im beobachteten Zeitraum
Coghill	96	F/K	EF	60 Hz	Exposition am Schlafplatz	M	10		m/w	0-14	Leukämie	12 (13) 14 (8) 13 (5)	5-9 V/m 10-19 V/m > 20 V/m	1,5 (0,5-5,1) 2,4 (0,8-8,1) 4,7 (1,2-2,8)	Alter, Geschlecht	Schlechtes Studiendesign, niedrige Fallzahlen, Messungen an dem Bett, das ein Jahr vor Diagnosestellung benutzt wurde

Erstautor	Jahr	Art der Studie	Art der Felder	Frequenzbereich	Quelle	Messung/Schätzung	Zeitraum	n Kohorte	m/w	Alter	Krebsart	n Fälle (n Kontrollen)	Intensität	OR o.ä. (5-95 % CI)	Confounder, adjustiert für	Anmerkung
Linnet	97	F/K	EMF	60 Hz	Wire code (4 Stufen)	S	5		m/w	0-14	ALL	116 (114) 87 (87) 24 (26)	niedrig hoch sehr hoch	1,1 (0,7-1,5) 1,0 (0,7-1,5) 0,9 (0,5-1,6)	Wohnort, Alter, ethn. Zugehörigkeit, Röntgen während Schwangerschaft, Geburtsgewicht.	Referenz: Wire code sehr niedrig/unterirdisch
Linnet	97	F/K	MF	60 Hz	Magnetfelder zu Hause	M	5		m/w	0-14	ALL	92 (98) 107 (106) 58 (44)	0,07-0,1 μ T 0,1 - 0,2 μ T $\geq 0,2$ μ T	1,0 (0,6-1,4) 1,2 (0,8-1,7) 1,5 (0,9-2,6)	Wohnort, Alter, ethn. Zugehörigkeit, Röntgen während Schwangerschaft, Geburtsgewicht.	Aufwendige Expositionsabschätzung, 24 h Messung in Kinderzimmer und 30 s Spotmessungen in anderen Räumen wurden in einen Durchschnittswert umgerechnet
Michaelis	97	F/K	EMF	50 Hz	Exposition durch Leitungen im Haus	M	3		m/w	0-14	Leukämie	9 (8)	Median 24h Kinderzimmer $\geq 0,2$ μ T	2,3 (0,8-6,7)	Geschlecht, Alter, Alter bei Diagnosestellung, sozialökonomischer Status, Grad der Urbanisierung.	24 h Messung, dann Unterscheidung in niedrig/hoch belastet für verschiedene zeitliche Abschnitte der Messung, geringe Fallzahlen
Michaelis	97	F/K	EMF	50 Hz	Exposition durch Leitungen im Haus	M	3		m/w	0-4	Leukämie	7 (2)	Median 24h Kinderzimmer $\geq 0,2$ μ T	7,1 (1,4-37,2)	Geschlecht, Alter, Alter bei Diagnosestellung, sozialökonomischer Status, Grad der Urbanisierung.	24 h Messung, dann Unterscheidung in niedrig/hoch belastet für verschiedene zeitliche Abschnitte der Messung, geringe Fallzahlen
Michaelis	97	F/K	EMF	50 Hz	Exposition durch Leitungen im Haus (nachts)	M	3		m/w	0-14	Leukämie	9 (5)	Median während der Nacht $\geq 0,2$ μ T	3,8 (1,2-11,9)	Geschlecht, Alter, Alter bei Diagnosestellung, sozialökonomischer Status, Grad der Urbanisierung.	24 h Messung, dann Unterscheidung in niedrig/hoch belastet für verschiedene zeitliche Abschnitte der Messung
Michaelis	97	F/K	EMF	50 Hz	Exposition durch Leitungen im Haus (nachts)	M	3		m/w	0-4	Leukämie	7 (2)	Median während der Nacht $\geq 0,2$ μ T	7,4 (1,4-38,4)	Geschlecht, Alter, Alter bei Diagnosestellung, sozialökonomischer Status, Grad der Urbanisierung.	24 h Messung, dann Unterscheidung in niedrig/hoch belastet für verschiedene zeitliche Abschnitte der Messung
Petridou	97	F/K	EMF	50 Hz	Hochspannungsleitung	S (Wire code)	2		m/w	0-14	Leukämie	117 (202)	Wire code sehr niedr. Wire code niedrig	1,0 (0,5-1,8) 1,8 (0,3-12,8)	Confounder berücksichtigt: Alter, Ausbildung, Alkohol- und Tabakkon-	Referenz: Wire code „unterirdisch“. Wire code modifiziert. Ebenfalls keine signifikant

Erstautor	Jahr	Art der Studie	Art der Felder	Frequenzbereich	Quelle	Messung/Schätzung	Zeitraum	n Kohorte	m/w	Alter	Krebsart	n Fälle (n Kontrollen)	Intensität	OR o.ä. (5-95 % CI)	Confounder, adjustiert für	Anmerkung
													Wire code hoch Wire code sehr hoch	4,3 (0,9-19,5) 1,6 (0,3-9,4)	sum der Mutter, Besuch von Kin-derhort, Haustierhaltung, Säuglingssterus, Geburtsgewicht, Allergien, Impfungen	erhöhten Ergebnisse für die Untersuchung eines Zusammenhanges von Abstand zwischen Stromleitung und Wohnung und Leukämie.
Tynes	97	eingeb. F/K	EMF	60 Hz	Stromleitungen	S (Berechnung der Exposition aus Entfernung und „historic load“)	29	m/w		0-14	Lymphom	1 (5) 2 (3)	0,05-<0,14 μT ≥ 0,14 μT	1,0 (0,1-8,7) 2,5 (0,4-15,5)	Sozioökonomischer Status, Art der Wohnung	Schlecht nachvollziehbare Ergebnisse, keine Messungen, Expositionsabschätzung rel. ungenau. Referenz: Belastung <0,05 μT. Belastung und Fallzahlen niedrig.
Tynes	97	eingeb. F/K	EMF	60 Hz	Stromleitungen	S (Berechnung der Exposition aus Entfernung und „historic load“)	29	m/w		0-14	Leukämie	8 (19) 1 (14)	0,05-<0,14 μT ≥ 0,14 μT	1,8 (0,7-4,2) 0,3 (0,0-2,1)	Sozioökonomischer Status, Art der Wohnung	Schlecht nachvollziehbare Ergebnisse, keine Messungen, Expositionsabschätzung rel. ungenau. Referenz: Belastung <0,05 μT. Belastung und Fallzahlen niedrig.
Dockerty	98	F/K	EMF	50 Hz	Stromleitungen	M	29	m/w		0-14	Leukämie	4 (5) 5 (1)	0,01-<0,2 μT ≥ 0,2 μT	1,4 (0,3-7,6) 15,5 (1,1-224)	Ausbildungsstand der Mutter, Rachen der Mutter während der Schwangerschaft, Wohnen auf einem Bauernhof	Referenz: Belastung < 0,1 μT, n= 31 (34); Belastung durch elektrische Felder und diverse Haushaltsgeräte ergab kein erhöhtes Risiko
Hatch	98	F/K	EMF	60 Hz	Benutzung von elektr. Geräte in der Schwangerschaft. Einteilung in versch. Expositions-klassen nach Häufigkeit/			m/w		Kinder	ALL	47 (29) 127 (136) 42 (30) 42 (40) 61 (67)	Heizdecke Wasserbett Heizkissen Befeuchter Elektr. Uhr	1,6 (1,0-2,7) 0,9 (0,7-1,2) 1,5 (0,9-2,5) 1,4 (1,0-2,0) 0,8 (0,5-1,3)		Jeweils höchste Exposition, Referenz: niedrigste Exposition. In den niedrigeren Expositions-klassen nur zwei signifikant erhöhte Ergebnisse: Heizdecke irgendwann benutzt: OR 1,6 (1,1-2,3) Befeuchter seltener als täglich oder weniger als

Erstautor	Jahr	Art der Studie	Art der Felder	Frequenzbereich	Quelle	Messung/Schätzung	Zeitraum	n Kohorte	m/w	Alter	Krebsart	n Fälle (n Kontrollen)	Intensität	OR o.ä. (5-95 % CI)	Confounder, adjustiert für	Anmerkung
					Dauer der Benutzung							245 (236)	Fön	1,3 (0,9-1,9)		3 Monate benutzt: OR 1,4 (1,2-3,0). Keine Dosis/Wirkungsbeziehung. Grösste Studie über Exposition zuhause und ALL, grobe Expositionsabschätzung
								206 (213)				291 (304)	Lockenstab	1,1 (0,8-1,4)		
								130 (123)				108 (126)	Herd	1,0 (0,7-1,3)		
								14 (12)				149 (122)	Mikrowellenherd	1,0 (0,7-1,5)		
								47 (64)				78 (68)	Stereosanlage	0,7 (0,5-1,0)		
								63 (55)				71 (66)	Walkman	1,0 (0,5-2,3)		
								182 (186)				6 (8)	Fernseher	1,1 (0,7-1,7)		
								3 (3)				3,29 (1,1-9,4)	Nähmaschine	0,7 (0,7-1,1)		
								6 (8)				3,29 (1,1-9,4)	PC	1,3 (0,9-1,9)		
								3 (3)				4,51 (0,9-23,2)	Deckenventilator	1,1 (0,7-1,7)		
								19 (49)				0,001-0,1 μ T	Elektrische Heizung	1,2 (0,8-1,7)		
								21 (46)				$\geq 0,13 \mu$ T	Klimaanlage	1,4 (0,9-2,0)		
Blanchi	99	F/K	EMF	50 Hz	Hochspannungsleitung	S	16		m/w	0-14	Leukämie	6 (8)	0,001-0,1 μ T	3,29 (1,1-9,4)	Adjustiert für Alter, Geschlecht	Exposition abgeschätzt über Entfernung zur Hochspannungsleitung und deren Durchfluß in der Vergangenheit; Referenz: Abstand > 150 m n=92 (401)
								3 (3)				3 (3)	> 0,1 μ T	4,51 (0,9-23,2)		
Green	99	F/K	EMF	60 Hz	Magnetfelder im Schlafzimmer des Kindes	M (Stichprobe)	8		m/w	0-14	Leukämie	19 (49)	0,03 - 0,06 μ T	0,94 (0,3-3,0)	Adjustiert für Verwandtschaft der Kinder, Benutzung von Haarfärbemitteln durch die Mutter während oder kurz vor der Schwangerschaft	Referenz: < 0,03 μ T, n=15 (44); Umfangreiche Aufschlüsselung der Daten nach verschiedenen Messungen / Stichproben (Wohnung innen, außen etc) und Wire codes ergab kein erhöhtes Risiko
								27 (41)				27 (41)	0,07 - 0,12 μ T	1,2 (0,3-4,6)		
								21 (46)				21 (46)	$\geq 0,13 \mu$ T	1,1 (0,3-4,1)		
Green	99	F/K	EMF	60 Hz	Magnetfelder	M (über)	8		m/w	0-14	Leukämie	18	0,03 - 0,07 μ T	2,0	Adjustiert für	Referenz: < 0,03 μ T, n=

Erstautor	Jahr	Art der Studie	Art der Felder	Frequenzbereich	Quelle	Messung/Schätzung	Zeitraum	n Kohorte	m/w	Alter	Krebsart	n Fälle (n Kontrollen)	Intensität	OR o.ä. (5-95 % CI)	Confounder, adjustiert für	Anmerkung
	b				zu Hause	2 Tage)			w		kämie	(32) 27 (33) 29 (33)	μT 0,07 - 0,14 μT $\geq 0,14$ μT	(0,6-6,8) 4,0 (1,1-14,4) 4,5 (1,1-15,9)	durchschn. Stromverbrauch, Familieneinkommen, Umzugshäufigkeit, Exposition des Kindes gegenüber Insektiziden/ Herbiziden, Lösemitteln, Klebstoffen	14 (23); Expositionsklassifizierung durch Wire code oder gemessene elektr. Felder ergab kein erh. Leukämierisiko.
McBride	99	F/K	EMF	60 Hz	Hochspannungsleitung	M	5		m/w	0-14	Leukämie	67 (111) 45 (44) 32 (37)	0,08 - $< 0,15 \mu\text{T}$ 0,15 - $< 0,27 \mu\text{T}$ 0,27 - 1,61 μT	0,57 (0,4-0,9) 1,05 (0,6-1,8) 0,68 (0,4-1,3)	Gematcht für Alter der Mutter bei der Geburt, Ausbildung der Mutter, jährl. Familieneinkommen, ethn. Zugehörigkeit, Anzahl der Wohnungen seit Geburt	Referenz: $< 0,08 \mu\text{T}$, n=149 (147); Expositionsklassifizierung durch Wire code oder abgeschätzte Felder ergab ebenfalls kein erh. Leukämierisiko.
Kleiner-mann	99	F/K	EMF	60 Hz	Hochspannungsleitung	M (Entfernung)	4		m/w	0-14	ALL	18 (32) 27 (33) 29 (33)	24 - 40 m Abstand 15 - 23 m Abstand 0 - 14 m Abstand	1,23 (0,7-2,3) 1,01 (0,6-1,7) 0,79 (0,5-1,3)	Gematcht für Geschlecht, Ausbildung der Mutter, jährl. Familieneinkommen	Re-Analyse der Daten von Linet 97. Referenz: Abstand > 40 m.
Thomas	99	F/K	EMF	60 Hz	Hochspannungsleitung	S (berechnete Feldstärken und Messung kombiniert)	4		m/w	0-14	ALL	218 (208)	2. Perzentile 3. Perzentile 4. Perzentile	1,42 (0,9-2,3) 1,72 (1,0-3,0) 2,19 (1,1-4,3)		Re-Analyse der Daten von London 91. Referenz: 1. Perzentile.

Tabelle 25 Gehirntumore

Erstautor	Jahr	Art der Studie	Art der Felder	Frequenzbereich	Quelle	Messung/Schätzung	Zeitraum ¹	n Kohorte	m/w	Alter	Krebsart	n Fälle (n Kontrollen)	Intensität	OR o.ä. 5-95 %	Confounder, adjustiert für	Anmerkung
Savitz	90	F/K	EMF	60 Hz	Pränatale Exposition durch Heizdecke, Wasserbed elektr. Uhr.	S	7		m/w	0-14	Gehirn	45 (206)	Pränatale Exposition durch Heizdecke, Wasserbed elektr. Uhr.	2,5 (1,1-5,5)	Einkommen	Referenz: Nicht exponiert. Sehr detaillierte Unteraufstellungen
Feychting	93	F/K	EMF	50 Hz	Hochspannungsleitung	S (Über Abstand und „historic load“)	25	127.383	m/w	0-15	Leukämie	2	0,01-0,19 μ T $\geq 0,2$ μ T	RR 1,0 (0,2-3,8) RR 0,7 (0,1-2,7)		Große schwedische Studie. Sorgfältige Expositionsabschätzung, eerechnung der Exposition über Abstand, Art der Leitung und „historic load“
Olsen	93	F/K	EMF	50 Hz	Hochspannungsleitung	S (Über Abstand und „historic load“)	19		m/w	0-14	Leukämie	1 (3) 2 (6)	0,10-0,24 μ T $\geq 0,25$ μ T	OR 1,0 (0,1-9,6) OR 1,0 (0,2-5,0)		Abschätzung der Exposition über Entfernung, Art der Leitung und „historic load“.
Savitz	93	F/K	EMF	60 Hz	Stromleitungen	S (Wire code)	7		m/w	<15	Gehirn	32	Wire code hoch	2,4 (0,8-7,6)	Gematcht für Alter, Geschlecht. Confounder berücksichtigt: ethn. Zugehörigkeit, Alter bei Diagnosestellung, Alter der Mutter, Rauchen der Mutter, Ausbildung des Vaters, Einkommern der Familie, Umzugshäufigkeit, Art der Wohnung	Referenz: Wire code niedrig. Reanalyse der Studie Savitz 1988, Verwendung eines vereinfachten Wire codes
Verkasalo	93	Kohorte	EMF	50 Hz	Stromleitungen	S	20		m/w	0-19	Gehirn	32 7	0,01-0,39 μ T-Jahre $>0,4$ μ T-Jahre	SIR 0,8 (0,6-1,2) SIR 2,3 (1,0-4,8)		Berücksichtigt jedes Gebäude in Finnland, daß im Umkreis von 500 m von Stromlei-

¹ Bei Fall/Kontrollstudien: Rekrutierungs-, bei Kohorten: Beobachtungszeitraum

Erstautor	Jahr	Art der Studie	Art der Felder	Frequenzbereich	Quelle	Messung/Schätzung	Zeitraum	n Kohorte	m/w	Alter	Krebsart	n Fälle (n Kontrollen)	Intensität	OR o.ä. 5-95 %	Confounder, adjustiert für	Anmerkung
Kraut	94	Korrelationsstudie	EMF	60 Hz	Exposition zu Hause	S	15		m/w	0-14	Gehirn	4			Keine Berücksichtigung von Confoundern	Zeigt eine Korrelation zwischen ansteigendem Stromverbrauch und ansteigender Krebsrate bei Kindern im beobachteten Zeitraum
Guerney	96	F/K	EMF	60 Hz	Wire code (5 Stufen)	S	6		m/w	0-19	Gehirn	39 (63) 11 (30) 19 (36) 4 (16)	sehr niedrig niedrig hoch sehr hoch	1,3 (0,7-2,1) 0,7 (0,3-1,6) 1,1 (0,6-2,1) 0,5 (0,2-1,6)	Alter, Geschlecht, Rasse, Ort, Jahr, Bildung der Mutter, Familien-vorgeschichte bezgl. Gehirntumoren, Passiv-rauchen, Leben auf Bauernhof, Halsverletzung, Röntgen Kopf/ Hals, Epilepsie	unsichere Expositionsbestimmung, geringe Anzahl exponierter Fälle
Preston-Martin	96	F/K	EMF	60 Hz	Wire code (4 Stufen)	S	7		m/w	0-19	Gehirn	39 (18) 97 (106)	Wire code „unterirdisch“ hoch	2,3 (1,2-4,3) 0,8 (0,6-1,2)	Geschlecht, Alter, sozioökonomischer status der Eltern, Verwendung verschiedener elektrischer Geräte	Referenz: Wire code niedrig/sehr niedrig
Preston-Martin	96	F/K	EMF	60 Hz	Median 24h Messung im Kinderzimmer	M	7		m/w	0-19	Gehirn	29 (22) 19 (12) 11 (11)	0,05-0,10 µT 0,10-0,20 µT 0,20-1,60 µT	1,5 (0,7-3,2) 1,8 (0,7-4,5) 1,2 (0,4-3,2)	Geschlecht, Alter, sozioökonomischer status der Eltern, Verwendung verschiedener elektrischer Geräte	Referenz: < 0,05 µT
Preston-Martin	96	F/K	EMF	60 Hz	Verwendung von Heizdecke während Schwangerschaft	S	7		m/w	0-19	Gehirn	53 (102)		0,9 (0,6-1,2)	Alter bei Diagnosestellung, Jahr Geschlecht, Rasse, sozioökonomischer Status, Ort der Untersuchung	Sehr grobe Expositionsabschätzung

Erstautor	Jahr	Art der Studie	Art der Felder	Frequenzbereich	Quelle	Messung/Schätzung	Zeitraum	n Kohorte	m/w	Alter	Krebsart	n Fälle (n Kontrollen)	Intensität	OR o.ä. 5-95 %	Confounder, adjustiert für	Anmerkung
Preston-Martin	96	F/K	EMF	60 Hz	Verwendung von Wasserbett während Schwangerschaft	S	7		m/w	0-19	Gehirn	55 (105)		0,9 (0,6-1,3)	Alter bei Diagnosestellung, Jahr Geschlecht, Rasse, sozioökonomischer Status, Ort der Untersuchung	Sehr grobe Expositionsabschätzung
Preston-Martin	96	F/K	EMF	60 Hz	Verwendung von Heizdecken durch Kinder	S	7		m/w	0-19	Gehirn	28 (46)		1,0 (0,6-1,7)	Alter bei Diagnosestellung, Jahr Geschlecht, Rasse, sozioökonomischer Status, Ort der Untersuchung	Sehr grobe Expositionsabschätzung
Preston-Martin	96	F/K	EMF	60 Hz	Verwendung von Wasserbetten durch Kinder	S	7		m/w	0-19	Gehirn	22 (33)		1,2 (0,7-2,0)	Alter bei Diagnosestellung, Jahr Geschlecht, Rasse, sozioökonomischer Status, Ort der Untersuchung	Sehr grobe Expositionsabschätzung
Tynes	97	eingeb. F/K	EMF	60 Hz	Stromleitungen	S (Berechnung der Exposition aus Entfernung und „historic load“)	29		m/w	0-14	Gehirn	8 (17) 4 (23)	0,05-<0,14 μ T $\geq 0,14$ μ T	1,9 (0,8-4,6) 0,7 (0,2-2,1)	Sozioökonomischer Status, Art der Wohnung	Schlecht nachvollziehbare Ergebnisse, keine Messungen, Expositionsabschätzung rel. ungenau. Referenz: Belastung <0,05 μ T. Belastung und Fallzahlen niedrig.

Tabelle 26 Brustkrebs

Erstautor	Ja hr	Art der Studie	Art der Felder	Frequenzbereich	Quelle	Msung/Schätzung	Zeitraum ¹	n Kohorte	m/w	Alter	Krebsart	n Fälle (n Kontrollen)	Intensität	OR o.ä. 5-95 %	Confounder, adjustiert für	Anmerkung
Feychting	98	F/K (eingebettet)	EMF	50 Hz	Hochspannungsleitung	S (Berechnung der Exposition aus Entfernung und „historic load“ ¹)	25		m/w	<16	Brust	57 (49) 54 (54) 0 (3) 2 (9)	0,1-0,19 μ T (w) > 0,19 μ T (w) 0,1-0,19 μ T (m) > 0,19 μ T (m)	1,2 (0,8-1,8) 1,0 (0,7-1,5) - 2,1 (0,3-14,1)	Alter, Geschlecht, Östrogenrezeptorstatus, sozioökonomischer Status	Referenz: < 0,1 μ T. Benutzt Daten der Studie Feychting 93.
Feychting	98	F/K (eingebettet)	EMF	50 Hz	Hochspannungsleitung	S (Entfernung)	25		m/w	<16	Brust	115 (114) 44 (51) 2 (9) 1 (7)	51-100 m (w) < 51 m (w) 51-100 m (m) < 51 m (m)	1,0 (0,7-1,3) 0,8 (0,5-1,3) 2,1 (0,4-11,6) 1,4 (0,1-15,0)	Alter, Geschlecht, Östrogenrezeptorstatus, sozioökonomischer Status	Referenz: > 101 m. Benutzt Daten der Studie Feychting 93.

Tabelle 27 Alle Krebsarten

Erstautor	Ja hr	Art der Studie	Art der Felder	Frequenzbereich	Quelle	Msung/Schätzung	Zeitraum ¹	n Kohorte	m/w	Alter	Krebsart	n Fälle (n Kontrollen)	Intensität	OR o.ä. 5-95 %	Confounder, adjustiert für	Anmerkung
Meyers	90	F/K	EMF	50 Hz	Hochspannungsleitung	S (Entfernung)	9		m/w	0-14	alle	38 (58)	Entfernung <100m	1,0 (0,6-1,7)	Art des Hauses (als Ersatz für sozioökonomischen Status)	Referenz: Entfernung > 100 m. Aufschlüsselung nach div. Entfernungszahlen, nicht signifikant erhöht
Savitz	90	F/K	EMF	60 Hz	elektr. Uhr	S	7		m/w	0-14	alle	244 (216)	elektr. Uhr	1,3 (0,8-2,2)		Referenz: Nicht exponiert
Savitz	90	F/K	EMF	60 Hz	Fön	S	7		m/w	0-14	alle	244 (216)	Fön	0,8 (0,5-1,3)		Referenz: Nicht exponiert
Savitz	93	F/K	EMF	60 Hz	Stromleitungen	S (Wire code)	7		m/w	<15	alle	158	Wire code hoch	2,0 (0,8-7,6)	Gematcht für Alter, Geschlecht. Confounder berücksichtigt	Referenz: Wire code niedrig. Reanalyse der Studie Savitz 1988,

¹ Bei Fall/Kontrollstudien: Rekrutierungs-, bei Kohorten: Beobachtungszeitraum

Erstautor	Jahr	Art der Studie	Art der Felder	Frequenzbereich	Quelle	Msung/Schätzung	Zeitraum	n Kohorte	m/w	Alter	Krebsart	n Fälle (n Kontrollen)	Intensität	OR o.ä. 5-95 %	Confounder, adjustiert für	Anmerkung
Verkasalo	93	Kohorte	EMF	50 Hz	Stromleitungen	S	20		m/w	0-19	Alle	125	0,01-0,39 µT-Jahre >0,4 µT-Jahre	0,9 (0,8-1,1) 1,4 (0,8-2,3)	sichtigt: ethn. Zugehörigkeit, Alter bei Diagnosestellung, Alter der Mutter, Rauchen der Mutter, Ausbildung des Vaters, Einkommern der Familie, Umzugshäufigkeit, Art der Wohnung	Verwendung eines vereinfachten Wire codes
Wertheimer	95	F/K	MF	60 Hz	Kriechströme im Nulleiter (via Wasserrohre)	S	5		m/w	<15	Alle	43 (25)	Kriechströme im Nulleiter (via Wasserrohre)	1,7 (1,0-2,9)	Gematcht für Alter und Geschlecht	Berücksichtigt jedes Gebäude in Finnland, daß im Umkreis von 500 m von Stromleitungen steht. Abschätzung der Exponierung durch Berechnung der Last der Leitungen (historic load) Studie vergleicht Kinder in Haushalten mit leitenden Wasserrohren (aus Metall) mit Kindern in Haushalten mit nichtleitenden Rohren (Beton oder Plastik; Referenz). Benutzt Daten einer Studie über Krebs bei Kindern (Savitz 1988)

Erwachsene (außerberufliche Exposition)

Tabelle 28 Leukämie

Erstautor	Jahr	Art der Studie	Art der Felder	Frequenzbereich	Quelle	Msung/Schätzung	Zeitraum ¹	n Kohorte	m/w	Alter	Krebsart	n Fälle (n Kontrollen)	Intensität	OR o.ä. 5-95 %	Confounder, adjustiert für	Anmerkung
Youngson	91	F/K	EMF	50 Hz	Hochspannungsleitung	S (Entfernung bzw. errechnete Feldstärke)	6		m/w	>15	Leukämie	236 (212)	Entfernung < 100m	1,1 (0,9-1,4)	Gematcht für: Alter, Geschlecht, Jahr der Diagnosestellung, adjustiert für „Art der Wohnung“ (als Ersatz für sozioökonomischen Status)	Referenz: Entfernung > 100 m bzw. > 0,01 µT. Belastung aus Abstand und „Historic load“ errechnet
Schreiber	93	Kohorte (retrospektiv)	EMF	50 Hz	Stromleitungen	S (Abstand)	26	740 55	m/w	Erwachsene	Leukämie	0	< 100m	-		SMR= Standardmortalitätsrate
Feychting	94	F/K	EMF	50 Hz	Hochspannungsleitung	S („Historic load“ bzw. Abstand zur Wohnung)	25		m/w	> 15	Leukämie	20	0,10-0,19 µT	RR 0,9 (0,5-1,5)	Gematcht für: Alter, Geschlecht, Jahr der Diagnose, Wohnort, Art des Hauses, sozioökonomischer Status	Referenz: <0,10 µT bzw. > 100 m. Rel. sorgfältige Abschätzung der Exposition jedes Falles. Durchführung von stichprobenartigen Kontrollmessungen.
Li	97	F/K	EMF	60 Hz	Abstand zu Hochspannungsleitung	S	2		m/w	≥15 Jahre	Leukämie	89 (48)	Abstand < 49 m	2,0 (1,4-2,9)	Gematcht für: Alter, Geschlecht, Jahr der Diagnose,	Referenz: Abstand > 100m, haupts. ALL, Expositionsabschätzung

¹ Bei Fall/Kontrollstudien: Rekrutierungs-, bei Kohorten: Beobachtungszeitraum

Erstautor	Jahr	Art der Studie	Art der Felder	Frequenzbereich	Quelle	Msung/Schätzung	Zeitraum ¹	n Kohorte	m/w	Alter	Krebsart	n Fälle (n Kontrollen)	Intensität	OR o.ä. 5-95 %	Confounder, adjustiert für	Anmerkung
					gen							71 (94)	Abstand 50-99 m	1,5 (1,1-2,3)	Grad der Urbanisierung.	zung durch Kontrollmessungen nicht bestätigt
Li	97	F/K	EMF	60 Hz	Errechnete Exposition	S	2		m/w	≥15 Jahre	Leukämie	47 (40) 97 (73)	0,1-0,2 µT > 0,2 µT	1,3 (0,8-1,9) 1,4 (1,0-1,9)	Gematcht für: Alter, Geschlecht, Jahr der Diagnose, Grad der Urbanisierung.	Referenz: < 0,1 µT. Haupts. ALL, Expositionsabschätzung durch Kontrollmessungen nicht bestätigt. Exposition aus Abstand, Art und Last der Hochspannungsleitungen errechnet.

Tabelle 29 Gehirntumore

Erstautor	Jahr	Art der Studie	Art der Felder	Frequenzbereich	Quelle	Msung/Schätzung	Zeitraum ¹	n Kohorte	m/w	Alter	Krebsart	n Fälle (n Kontrollen)	Intensität	OR o.ä. 5-95 %	Confounder, adjustiert für	Anmerkung
Schreiber	93	Kohorte (retrospektiv)	EMF	50 Hz	Stromleitungen	S (Abstand)	26	740 55	m/w	Erwachsene	Gehirn	0 3	< 100m > 100m	- SMR 196 (40-574)		SMR= Standardmortalitätsrate
Feychting	94	F/K	EMF	50 Hz	Hochspannungsleitung	S („Historic load“ bzw. Abstand zur Wohnung)	25		m/w	> 15	Gehirn	18 12 33 14	0,10-0,19 µT > 0,19 µT 51-100 m < 51 m	RR 1,1 (0,7-2,2) RR 0,7 (0,4-1,3) RR 1,1 (0,7-1,7) RR 1,0 (0,6-1,8)	Gematcht für: Alter, Geschlecht, Jahr der Diagnose, Wohnort, Art des Hauses, sozioökonomischer Status	Referenz: < 0,10 µT bzw. > 100 m. Rel. sorgfältige Abschätzung der Exposition jedes Falles. Durchführung von stichprobenartigen Kontrollmessungen.
Li	97	F/K	EMF	60 Hz	Abstand zu Hochspannungsleitungen	S	2		m/w	≥15 Jahre	Gehirn	45 (32) 40 (51)	Abstand < 49 m Abstand 50-99 m	1,3 (0,8-2,1) 0,8 (0,5-1,2)	Gematcht für: Alter, Geschlecht, Jahr der Diagnose, Grad der Urbanisierung.	Referenz: Abstand > 100m, Expositionsabschätzung durch Kontrollmessungen nicht bestätigt
Li	97	F/K	EMF	60 Hz	Errechnete Exposition	S	2		m/w	≥15 Jahre	Gehirn	23 (24) 71	0,1-0,2 µT > 0,2 µT	0,9 (0,5-1,7) 1,1	Gematcht für: Alter, Geschlecht, Jahr der Diagnose,	Referenz: < 0,1 µT. Haupts. ALL, Expositionsabschätzung

¹ Bei Fall/Kontrollstudien: Rekrutierungs-, bei Kohorten: Beobachtungszeitraum

Erstautor	Jahr	Art der Studie	Art der Felder	Frequenzbereich	Quelle	Msung/Schätzung	Zeitraum ¹	n Kohorte	m/w	Alter	Krebsart	n Fälle (n Kontrollen)	Intensität	OR o.ä. 5-95 %	Confounder, adjustiert für	Anmerkung
												(63)		(0,8-1,6)	Grad der Urbamisierung.	durch Kontrollmessungen nicht bestätigt. Exposition aus Abstand, Art und Last der Hochspannungsleitungen errechnet.

Tabelle 30 Brustkrebs

Erstautor	Jahr	Art der Studie	Art der Felder	Frequenzbereich	Quelle	Msung/Schätzung	Zeitraum ¹	n Kohorte	m/w	Alter	Krebsart	n Fälle (n Kontrollen)	Intensität	OR o.ä. 5-95 %	Confounder, adjustiert für	Anmerkung
Vena	91	F/K	EMF	60 Hz	Heizdecke	S (Häufigkeit der Verwendung)	5	740	w	41-85	Brust	32 (27)	Verwendung jede Nacht, 10 Jahre lang	1,36 (0,8-2,4)	Adjustiert für: Alter, Ausbildung, Alter bei erster Schwangerschaft, Anzahl der Schwangerschaften, Alter bei Menarche, Familienanamnese bzgl. Brustkrebs, Quietel-Index, Anamnese bzgl. benigner Brustkrankungen	Referenz: Nie benutzt. Benutzt die Daten einer großen Studie über Risikofaktoren für Brustkrebs. Prämenopausal. Kein erhöhtes Risiko (OR<1) bei kürzerer oder seltener Verwendung.
Schreiber	93	Kohorte (retrospektiv)	EMF	50 Hz	Stromleitungen	S (Abstand)	26	55	m/w	Erwachsene	Brust	5	< 100m > 100m	SMR 96 (31-223) SMR 128 (58-243)		SMR = Standardmortalitätsrate. Alle Brustkrebsfälle weiblich.
Vena	94	F/K	EMF	60 Hz	Heizdecke	S (Häufigkeit der Verwendung)	5		w	<41	Brust	24 (24)	Verwendung jede Nacht, 10 Jahre lang	1,1 (0,6-2,1)	Adjustiert für: Alter, Erziehung, Alter bei erster Schwangerschaft, Anzahl der Schwangerschaften, Alter bei Menarche, Familienanamnese bzgl. Brustkrebs, Quietel-	Referenz: Nie benutzt. Benutzt die Daten einer großen Studie über Risikofaktoren für Brustkrebs. Postmenopausal. Kein erhöhtes Risiko (OR<1) bei kürzerer oder seltener Verwendung.

¹ Bei Fall/Kontrollstudien: Rekrutierungs-, bei Kohorten: Beobachtungszeitraum

Erstautor	Jahr	Art der Studie	Art der Felder	Frequenzbereich	Quelle	Messung/Schätzung	Zeitraum	n Kohorte	m/w	Alter	Krebsart	n Fälle (n Kontrollen)	Intensität	OR o.ä. 5-95 %	Confounder, adjustiert für	Anmerkung
Vena	95	F/K	EMF	60 Hz	Heizdecke	S (Häufigkeit der Verwendung)	5		w	<86	Brust	22 (17) 27 (17) 17 (10) 56 (51)	1-2 Jahre 3-5 Jahre 6-9 Jahre 10 Jahre	1,6 (0,8-3,1) 2,0 (1,1-3,8) 1,9 (0,9-4,3) 1,2 (0,8-1,9)	let-Index, Anamnese bzgl. benigner Brustkrankungen Adjustiert für: Alter, Erziehung, Alter bei erster Schwangerschaft, Anzahl der Schwangerschaften, Alter bei Menarche, Familienanamnese bzgl. Brustkrebs, Quietel-Index, Anamnese bzgl. Brustkrankungen	Anzahl der Jahre, in denen die Heizdecke jede Nacht benutzt wird. Referenz: Nie benutzt. Faßt die Studien Vena 91 und 94 (prä- und postmenopausal) zusammen.
Li	97	F/K	EMF	60 Hz	Abstand zu Hochspannungsleitungen	S	2		w	≥15 Jahre	Brust	156 (139) 143 (112)	Abstand < 49 m Abstand 50-99 m	1,0 (0,8-1,3) 1,2 (0,9-1,5)	Referenz: Keine Elektrobrustkrankungen Alter, Geschlecht, Jahr der Diagnose, Grad der Urbanisierung	Referenz: Abstand > 100m, Expositionsabschätzung durch Kontrollmessungen nicht bestätigt
Li	97	F/K	EMF	60 Hz	Errechnete Exposition	S	2		w	≥15 Jahre	Brust	107 (94) 224 (196)	0,1-0,2 µT > 0,2 µT	1,1 (0,8-1,5) 1,1 (0,9-1,3)	Alter, Geschlecht, Jahr der Diagnose, Grad der Urbanisierung	Referenz: < 0,1 µT. Haupts. ALL, Expositionsabschätzung durch Kontrollmessungen nicht bestätigt. Exposition aus Abstand, Art und Last der Hochspannungsleitungen errechnet.
Gammon	98	F/K	EMF	60 Hz	Heizdecke	S	2		w	<55	Brust	155 (149) 726 (630)	Nur zum Bett erwärmen benutzt Konstante Benutzung	0,9 (0,7-1,2) 1,0 (0,9-1,2)	Alter, Wohnort, Familienstand, Bildung, ethnische Zugehörigkeit, Body Mass Index, Gebrauch der „Pille“, Alkoholkonsum, Hormoneinnahme nach der Menopause	Referenz: Nie benutzt. Studie wurde in drei Orten in den USA durchgeführt, Teil einer Studie über Brustkrebsrisikofaktoren.
Coogan	98	F/K	EMF	60 Hz	Elektrische	S	3		m/		Brust	259	Elektro-	0,7		Referenz: Keine Elektrobrustkrankungen

Erstautor	Jahr	Art der Studie	Art der Felder	Frequenzbereich	Quelle	Messung/Schätzung	Zeitraum ¹	n Kohorte	m/w	Alter	Krebsart	n Fälle (n Kontrollen)	Intensität	OR o.ä. 5-95 %	Confounder, adjustiert für	Anmerkung
					Heizung, Hochspannungsleitung				w			(738)	Heizung Stromleitung	(0,4-1,2) 1,5 (0,6-3,3)		rische Heizung benutzt, Entfernung zur Hochspannungsleitung >152 m.
Laden	00	Kohorte (retrospektiv)	EMF	60 Hz	Heizdecke	S	20	121 700	w	30-55	Brust		Jemals benutzt min. 16 Jahre benutzt	1,08 (0,9-1,2) 1,05 (0,9-1,2)		Referenz: Nie benutzt. Aufschlüsselung der Daten nach prä-/postmenopausal, Rezeptorstatus etc. ergab kein erhöhtes Risiko
Zheng	00	F/K	EMF	60 Hz	Heizdecke und andere Elektrogeräte	S (Art der Benutzung)	3		w	31-85	Brust		Zum Bett erwärmen Die ganze Nacht	0,8 (0,6-1,2) 0,9 (0,7-1,2)	Adjustiert für Alter, body mass index, wieviele Monate gestillt, Alter bei Menarche, Alter bei erster Schwangerschaft, Familienanamnese Brustkrebs, Ernährung, Einkommen, Wohnort	Referenz: Nie benutzt. Aufschlüsselung der Daten nach Art/Dauer der Benutzung, prä-/postmenopausal, Rezeptorstatus, Benutzung diverser elektr. Haushaltsgeräte etc. ergab ebenfalls kein erhöhtes Risiko

Tabelle 31 Andere Krebsarten

Erstautor	Jahr	Art der Studie	Art der Felder	Frequenzbereich	Quelle	Messung/Schätzung	Zeitraum ¹	n Kohorte	m/w	Alter	Krebsart	n Fälle (n Kontrollen)	Intensität	OR o.ä. 5-95 %	Confounder, adjustiert für	Anmerkung
Verreault	90	F/K	EMF	60 Hz	Heizdecke	S	10		m	20-69	Hoden - Semino- me	101 (658)		RR: 0,7 0,5-12		Referenz: Keine Verwendung von Heizdecken.
Verreault	90	F/K	EMF	60 Hz	Heizdecke	S	10		m	20-69	Hoden - Nichtse- minome	81 (658)		RR: 1,4 0,9-2,3		Referenz: Keine Verwendung von Heizdecken.

¹ Bei Fall/Kontrollstudien: Rekrutierungs-, bei Kohorten: Beobachtungszeitraum

Tabelle 32 Alle Krebsarten

Erstautor	Jahr	Art der Studie	Art der Felder	Frequenzbereich	Quelle	Messung/Schätzung	Zeitraum	n Kohorte	m/w	Alter	Krebsart	n Fälle (n Kontrollen)	Intensität	OR o.ä. 5-95 %	Confounder, adjustiert für	Anmerkung
Sokejima	96	Korrelationsstudie	EMF	50 Hz	Verbrauch elektrischer Energie pro Einwohner in 47 Regierungsbezirken	S			m	Alle	Alle			inverse Korrelation (statistisch sign.)		Ergebnisse lassen sich nicht auf's Individuum übertragen, Expositionsabschätzung nicht möglich, da Verbrauch des gesamten Bezirkes betrachtet wurde.
Verkasalo	96	Kohorte	EMF	60 Hz	Hochspannungsleitung	M	19	383	m/w	Alle	Alle	6393	< 0,20 μ T	SIR 0,98 (0,96-1,01)		
								700				877	0,20-0,39 μ T	SIR 0,98 (0,91-1,04)		
												695	0,40-0,99 μ T	SIR 0,97 (0,90-1,04)		
												230	1,00-1,99 μ T	SIR 0,89 (0,78-1,01)		
												220	\geq 2,00 μ T	SIR 0,92 (0,81-1,05)		

Berufliche Exposition

Tabelle 33 Leukämie

Erstautor	Ja hr	Art der Studie	Art der Felder	Frequenzbereich	Quelle	Mesung/Schätzung	Zeitraum ¹	n Kohorte	m/w	Alter	Krebsart	n Fälle (n Kontrollen)	Intensität	OR o.ä. 5-95 %	Confounder, adjustiert für	Anmerkung
Balli-Antunes	90	Kohorte (retrospektiv)	EMF	16 ² / ₃ Hz (Bahnstrom)	Lokführer	S	15		m	Erwachsene	Leukämie	20	Lokführer	PMR 163 (103-244) SMR 171 (109-257)	Confounder: Röntgenstrahlung diskutiert, aber nicht berücksichtigt	Zahl der Lokführer nicht gegeben. Referenz: Technische Anstellungen. Abschätzung der Belastung: einige mT
Bastuji-Garin	90	F/K	EMF	Diverse	Berufliche Exposition (Lichtbogen-schweißen)	S (Berufsbezeichnung)			m/w	>30	Akute Leukämie	185 (513)	Lichtbo-gen-schweißen	1,28 0,6-2,9	gematcht für: Alter, Geschlecht, Wohnort, ethn. Zugehörigk.	Zahl der Schweißer nicht gegeben
Bastuji-Garin	90	F/K	EMF	Diverse	berufliche Exposition (Elektroberufe)	S (Berufsbezeichnung)			m/w	>30	Akute Leukämie	185 (513)		4,04 1,3-12,9	gematcht für: Alter, Geschlecht, Wohnort, ethn. Zugehörigk.	Berufliche EMF-Exposition ohne Schweißen
Gallagher	90	PMR	EMF	Diverse	Berufliche Exposition (Elektroberufe)	S (Berufsbezeichnung)	34		m	20 +	Leukämie	8 13 19 5 12	Elektroingenieur Schweis-ser Elektriker Elektro-niker Arbeiter im Hüttenwerk (inkl. Aluminium-industrie)	PMR 170 (73-335) PMR 103 (54-176) PMR 96 (57-150) PMR 208 (67-486) PMR 160 (82-280)		PMR: Proportionale Mortalitätsrate. Analyse der Mortalitätsdaten von British Columbia.
Garland	90	F/K	EMF	60 Hz	Generatoren, Hoch/Niederspannungsleitungen, elektr.	S (Berufsbezeichnung)	10		m	17-34	Leukämie	102		SIR 0,9 (0,8-1,1)	gematcht für: Alter	Belastung aller weißen Navy-Angehörigen, zu Wasser und an Land, verglichen mit altersspezifischer und -

¹ Bei Fall/Kontrollstudien: Rekrutierungs-, bei Kohorten: Beobachtungszeitraum

Erstautor	Jahr	Art der Studie	Art der Felder	Frequenzbereich	Quelle	Messung/Schätzung	Zeitraum	n Kohorte	m/w	Alter	Krebsart	n Fälle (n Kontrollen)	Intensität	OR o.ä. 5-95 %	Confounder, adjustiert für	Anmerkung
					Geräte											adjustierter SEER - Vergleichsbevölkerung
Juutilainen	90	Kohorte (retrospektiv)	MF	50 Hz	Berufliche Exposition	S (Berufsbezeichnung)	10		m	25-64	Leukämie	77,7 (e) 94 (b)	Mögliche Exposition Wahrsch. Exposition	SMR 1,4 (1,1-1,8) SMR 1,9 (1,0-3,5)		e= erwartet, b= beobachtet. Mögliche Exposition: Elektroberufe, wahrscheinliche Exposition: Arbeiten mit Elektromotoren oder Schweißen. Referenz: Keine Exposition (alle Arbeiter in „Elektroberufe“). Referenz: Arbeiter in „Nicht-Elektroberufen“.
Loomis	90	F/K	EMF	Diverse	Berufliche Exposition	S (Berufsbezeichnung)	2		m	<65	Leukämie	38 (279)	Exponiert vs nicht exponiert	1,3 (0,9-1,7)	gematcht für: Alter, ethn. Herkunft	Referenz: Arbeiter in „Nicht-Elektroberufen“.
Loomis	90	F/K	EMF	Diverse	Berufliche Exposition	S (Berufsbezeichnung)	2		m	>65	Leukämie	38 (479)	Exponiert vs nicht exponiert	0,8 (0,6-1,1)	gematcht für: Alter, ethn. Herkunft	Arbeiter in „Elektroberufe“; Referenz: Arbeiter in „Nicht-Elektroberufen“.
Robinson	91		EMF	Diverse	Berufliche Exposition	S (Berufsbezeichnung)	6				Leukämie	183	Berufliche Exposition (Elektroberufe)	PMR 119 (1,0-1,4)		PMR= Proportionale Mortalitätsrate. Höher für Telefon/Telegraphenarbeiter und Aluminiumarbeiter, niedriger für Schweißer. Kleine Fallzahlen
Simonato	91	Kohorte (retrospektiv)	EMF	50 Hz	Berufliche Exposition (Schweissen)	S (Berufsbezeichnung)		110 92	m	Erwachsene	Lympho-Sarkom Hodgkin-Lymphom Leukämie	3,5 (e) 6 (b) 3,3 (e) 2 (b) 9,49 (e) 6 (b)	Schweisser	SMR 171 (63-371) SMR 60 (7-218) SMR 63 (23-138)	Mortality-Rates Alters-, Geschlechts- und Landesspezifisch berechnet	e= erwartet, b= beobachtet. Multizentrische Studie über Mortalität von Schweissern in Europa.
Spinelli	91	Kohorte (retrospektiv)	EMF	Diverse	Berufliche Exposition (Aluminiumindustrie)	S	31	421 2	m	Erwachsene	Non-Hodgkin-Lymphom Leukämie	3,58 (e) 4 (b) 3,99 (e)	Arbeiter in der Aluminiumindustrie	SMR 1,12 (0,38-2,56) SMR 1,75	Vergleich mit der Mortalität der Bevölkerung von British Columbia	e= erwartet, b= beobachtet. Studie über Mortalität und Krebsinzidenz in Arbeitern. Durchführung von Kontrollmessungen

Erstautor	Jahr	Art der Studie	Art der Felder	Frequenzbereich	Quelle	Messung/Schätzung	Zeitraum	n Kohorte	m/w	Alter	Krebsart	n Fälle (n Kontrollen)	Intensität	OR o.ä. 5-95 %	Confounder, adjustiert für	Anmerkung
												7 (b)		(0,82-3,30)		ergab keinen Zusammenhang von EMF-Exposition und Krebsinzidenz (Felder um 1 mT, Peaks bis 10 mT)
Törnquist	91	Kohorte	EMF	Diverse	Beruf. Exposition	S (Berufsbezeichnung)	19		m/w	20-64	Leukämie		Elektriker/Elektrotechniker	SMR 1,3 (1,0-1,7)	Gematcht für: Alter, sozioökonomischer Status, Bevölkerungsdichte, Gemeinde	Spotmessungen für die verschiedenen Berufsbezeichnungen wurden durchgeführt.
Törnquist	91	Kohorte	EMF	Diverse	Beruf. Exposition	S (Berufsbezeichnung)	19		m/w	20-64	Leukämie		Arbeiter an Stromlinien	SMR 1,3 (0,8-1,9)	Gematcht für: Alter, sozioökonomischer Status, Bevölkerungsdichte, Gemeinde	Spotmessungen für die verschiedenen Berufsbezeichnungen wurden durchgeführt.
Törnquist	91	Kohorte	EMF	Diverse	Beruf. Exposition	S (Berufsbezeichnung)	19		m/w	20-64	Leukämie		Schweisser	SMR 1,0 (0,7-1,3)	Gematcht für: Alter, sozioökonomischer Status, Bevölkerungsdichte, Gemeinde	Spotmessungen für die verschiedenen Berufsbezeichnungen wurden durchgeführt.
Eriksson	92	F/K	EMF	Diverse	Beruf. Exposition	S (exponiert vs. nicht-expon.)	4		m/w		multipl. Myelom	6 (15)	Exponiert vs. nicht exponiert	0,3 (0,1-0,7)	gematcht für: Alter, Geschlecht, Wohnort (Gemeinde), Vital Status	Teil einer Studie über berufliche und Umweltfaktoren. Signifikant erhöhtes Ergebnis nur für „landwirtschaftliche Tätigkeit“.
Richardson	92	F/K	EMF	Diverse	Berufliche Exposition	S (Berufsbezeichnung)	4		m/w	Erwachsene	Akute Leukämie	8 (18) 7 (5)	Schweissen Exp. ausser Schweissen	1,2 (0,5-3,0) 3,9 (1,2-12,5)	Ionisierende Strahlung, Benzol, Lösemittel, Bestrahlung oder Chemotherapie in der Vorgesellschaft.	Studie über berufliche Risikofaktoren für akute Leukämie, verwendet die Daten von Bastuji-Garin 1990
Scherr	92		EMF	Diverse	Beruf. Exposition (Gerätebau)	S (Berufsbezeichnung)	2		m/w	Erwachsene	Non-Hodgkin Lymphom			1,1 (0,5-2,7)		Keine Angabe von Fallzahl, Exposition. Studie ueber div. Risikofaktoren (hohes Risiko: Stäube, Insektizide, Pestizide).

Erstautor	Jahr	Art der Studie	Art der Felder	Frequenzbereich	Quelle	Mesung/Schätzung	Zeitraum ¹	n Kohorte	m/w	Alter	Krebsart	n Fälle (n Kontrollen)	Intensität	OR o.ä. 5-95 %	Confounder, adjustiert für	Anmerkung
Tynes	92	Kohorte (retrospektiv)	EMF	Diverse	Beruf. Exposition (Elektroberuf)	S (Berufsbezeichnung)	10	379 45	m	20-70	Leukämie	99,0 (e) 107 (b)	Elektroberufe	SIR 1,1 (0,9-1,3)		Hohes Risiko in Land- und Forstwirtschaft, Fischerei, Baugewerbe.
Floderus	93	F/K	EMF	Diverse	Beruf. Exposition	M	10		m	20-64	Leukämie	50 (292) 61 (272) 80 (270) 32 (107)	0,16-0,19 μ T 0,20-0,28 μ T 0,29-0,40 μ T $\geq 0,41 \mu$ T	0,9 (0,6-1,4) 1,2 (0,8-1,9) 1,6 (1,1-2,4) 1,7 (1,0-2,7)	Alter, Belastung mit Benzol, Lösemitteln und ionisierenden Strahlen	Berufliche EMF-Expositionen, Messung durch Stichprobe an einem „typischen“ Tag
Guénel	93	Kohorte (retrospektiv)	EMF	Diverse	Berufliche Exposition	S (Berufsbezeichnung)	17	154 000	m	23-71	Leukämie	300,1 (e) 282 (b) 23,8 (e) 39 (b)	Exposition intermittierend $> 0,3 \mu$ T Exposition ständig $> 0,3 \mu$ T	SIR 0,94 (0,8-1,1) SIR 1,64 (1,2-2,2)		e= erwartet, b= beobachtet. SIR=Standardinzidenzrate.
Guénel	93	Kohorte (retrospektiv)	EMF	Diverse	Berufliche Exposition	S (Berufsbezeichnung)	17	790 00	w	23-71	Leukämie	102,1 (e) 94 (b) 3,6 (e) 2 (b)	Exposition intermittierend $> 0,3 \mu$ T Exposition ständig $> 0,3 \mu$ T	SIR 0,92 (0,8-1,1) SIR 0,6 (0,1-2,1)		e= erwartet, b= beobachtet. SIR=Standardinzidenzrate.
Linnet	93	Kohorte (retrospektiv)	EMF	50 Hz	Berufliche Exposition (Ewerk)		19	449 6	m	Erwachsene	Non-Hodgkin Lymphom	86 Arbeiter	Beschäftigung im Ewerk	SIR 1,3 P<0,05		Studie über Berufsbezeichnung und NHL. Erhöhtes Risiko für Bergleute, Lehrer, Bankangestellte etc.
Matanoski	93	F/K	EMF	Diverse	Berufliche Exposition	S (Berufsbezeichnung)	5		m	Erwachsene	Leukämie	41 (120) 10 (30)	Arbeiter an Telefonleitungen Arbeiter in anderen exponierten	0,8 (0,4-1,4) 0,8 (0,3-2,1)	Kontrollen relativ sorgfältig gematcht (Arbeitgeber, Einstellungsjahr, Alter)	Referenz: Arbeiter, die in nicht-exponierten Bereichen arbeiten. Expositionsabschätzungen anhand von Kontrollmessungen

Erstautor	Jahr	Art der Studie	Art der Felder	Frequenzbereich	Quelle	Mesung/Schätzung	Zeitraum	n Kohorte	m/w	Alter	Krebsart	n Fälle (n Kontrollen)	Intensität	OR o.ä. 5-95 %	Confounder, adjustiert für	Anmerkung
Sahl	93	Kohorte (retrospektiv) / F/K	EMF	Diverse	Berufliche Exposition	S („Elektroberufstätige“)	28	362 21	m/ w	20-92	Leukämie Lymphom	17 (172) 25 (247)	Bereichen Arbeit in einem belasteten Arbeitsbereich vs. unbelastet	0,9 (0,7-1,2) 1,0 (0,8-1,2)	gematcht für Alter, Geschlecht, ethn. Abstammung	gen ergaben ebenfalls nicht signifikant erhöhte Ergebnisse. Arbeitnehmer einer Fabrik (Edison, CA USA). Referenz: „non-Elektroberufe“. Es wurden einzelne Messungen durchgeführt, Daten auf verschiedene Arten aufbereitet (keine signifikant erhöhten Ergebnisse)
Armstrong	94	F/K	EMF	50/60 Hz	Belastung im Werk: short duration pulsed electromagnetic fields	M	19		m/ w	Erwachsene	Leukämie	38 (173) 9 (28)	Belastung im Vergleich zu der gesamten Gruppe: \geq Median \geq 90 Perc.	0,7 (0,4-1,2) 0,8 (0,2-3,4)	Kanzerogene und möglicherweise kanzerogene Chemikalien, ionisierende Strahlung, sozioökonomischer Status	Arbeiter im Werk in Kanada und Frankreich, Messung mit Positronimeter. Savitz 1997 bezieht sich direkt darauf
Floderus	94	F/K	EMF	$16^{2/3}$ Hz (Bahnstrom)	Eisenbahn (Zugführer und Schaffner)	S (Berufsbezeichnung)	10		m/ w	20-64	Leukämie	13	1960-69	1,3 (0,8-1,3)	Alter	Re-Analyse der Daten der Studie Floderus 93. Aufteilung in Beobachtungszeiträume 1960-69 und 1970-79. Kontrollmessungen ergaben rel. hohe Belastungen (Tägl. Mittel: Zugführer 4,03 μ T, Schaffner 0,61 μ T).
Floderus	94	F/K	EMF	$16^{2/3}$ Hz (Bahnstrom)	Eisenbahn (Zugführer und Schaffner)	S (Berufsbezeichnung)	10		m/ w	20-64	Leukämie	18	1970-79	0,9 (0,6-1,4)	Alter	Re-Analyse der Daten der Studie Floderus 93. Aufteilung in Beobachtungszeiträume 1960-69 und 1970-79. Kontrollmessungen ergaben rel. hohe Belastungen (Tägl. Mittel: Zugführer 4,03 μ T,

Erstautor	Jahr	Art der Studie	Art der Felder	Frequenzbereich	Quelle	Messung/Schätzung	Zeitraum	n Kohorte	m/w	Alter	Krebsart	n Fälle (n Kontrollen)	Intensität	OR o.ä. 5-95 %	Confounder, adjustiert für	Anmerkung
Hardell	94	F/K	EMF	50 Hz	Berufliche Exposition (Schmelzwerk)	S	4		m	25-85	Non-Hodgkin Lymphom	4		2,3 (0,5-9,5)	Stratifiziert: Alter, Vital - Status	Schaffner 0,61 μ T). Lebenslange Beschäftigung angenommen, Teil einer Studie über berufliche Expositionen aller Art und Non-Hodgkin Lymphome mit insg. 105 Fällen und 338 Kontrollen
London	94	F/K	MF	Diverse	Berufliche Exposition	M	18		m	20-64	Leukämie	61 (1408) 30 (644)	0,18-0,80 μ T 0,81 μ T Zeit > 0,25 μ T	1,2 (1,0-1,6) 1,4 (1,0-2,0)	Ionisierende Strahlen, Benzol, Lösemittel, Pestizide	D. M.feld: Durchschnittliches Magnetfeld. Referenz: <0,17 μ T. Zeit > 0,25 μ T; Prozentsatz der Zeit mit einer Belastung von > 0,25 μ T. Referenz: > 13,0. Zeit > 0,25 μ T; Prozentsatz der Zeit mit einer Belastung von > 0,25 μ T. Referenz: < 0,5. Rel. genaue Messung der Exposition. Detaillierte Darstellung auch nach Job-Titles (kein signifikante Erhöhung der ORs)
Thériault	94	F/K (eingebettet)	MF	50/60 Hz	Berufliche Exposition (Ewerk)	S (Berufsbezeichnung, Stichprobenartige Messungen)	20	223 000	m	Erwachsene	Leukämie	50 (140) 29 (91)	$\geq 0,2 \mu$ T $\geq 0,3 \mu$ T	1,6 (0,9-2,8) 1,1 (0,7-2,0)	Confounder berücksichtigt: sozioökonomischer Status, ionisierende Strahlung	Referenz: < 0,2 μ T, Expositionsabschätzung über Berufszeichnungen und Messungen (2066 Arbeiter, jeweils eine 5-Tage-Woche), eingebettet in 3 Kohorten: Arbeiter in Ewerken in Frankreich und Kanada
Tynes	94	Kohorte	EMF	60 Hz	Berufliche Exposition (Ewerk)	S	38	5 088	m	Erwachsene	Lymphom Leukämie	12 11	Berufliche Exposition im Ewerk	SIR 90 (45-160) SIR 81 (62-103)		Gute Darstellung der Daten (auch nach Berufsbezeichnung, Situs und kumulierter

Erstautor	Jahr	Art der Studie	Art der Felder	Frequenzbereich	Quelle	Mesung/Schätzung	Zeitraum	n Kohorte	m/w	Alter	Krebsart	n Fälle (n Kontrollen)	Intensität	OR o.ä. 5-95 %	Confounder, adjustiert für	Anmerkung
Savitz	95	Kohorte (retrospektiv)	MF	60 Hz	Berufliche Exposition (Ewerk)	S (Berufsbezeichnung)	36	138 905	m	Erwachsene	Leukämie	217,0 (e) 164 (b)	Arbeiter im Ewerk	SMR 0,76 (0,64-0,88)	Vergleich mit der Normalbevölkerung.	magn. Belastung aufgeschlüsselt: kein erhöhtes Risiko). Sorgfältige Erhebung von Krebsfällen und „Arbeitsgeschichte“.
Savitz	95	Kohorte (retrospektiv)	MF	60 Hz	Berufliche Exposition (Ewerk)	S (Berufsbezeichnung)	36	138 905	m	Erwachsene	Leukämie	34 35 27 14	0,6-1,2 µT - Jahre 1,2-2,0 µT - Jahre 2,0-4,3 µT - Jahre > 4,3 µT - Jahre	1,0 (0,7-1,5) 1,1 (0,7-1,8) 1,0 (0,6-1,6) 1,1 (0,6-2,1)	Adjustiert für Alter, Kalenderjahr, ethnische Zugehörigkeit, sozioökonomischer Status, berufl. Tätigkeit (aktiv/pensioniert), Exposition mit polychlorierten Biphenylen, Lösemitteln)	Referenz: 0-0,6 µT - Jahre. Komplette „work history“ für jeden Arbeiter, Verwendung von 28 verschiedenen „job titles“, Expositionsabschätzung über stichprobenartige Messungen (n=2842)
Guénel	96	F/K (eingebettet)	EF	50 Hz	Berufliche Exposition (Ewerk)	S (Anhand von Berufsbezeichnung und Einzelmessungen)	12	170 000	m	Erwachsene	Leukämie	20 10 4	50.-75. Perzentile 75.-90. Perzentile 90.-100. Perzentile der Belastung	1,1 (0,5-2,4) 0,8 (0,3-2,4) 0,4 (0,1-1,4)	Benzol, Chlorierte Lösemittel, anorganische Lösemittel, ionisierende Strahlung, Styrol	Referenz: < 50. Perzentile. Studie über französische Erwerkatbeiter. Exposition über Berufsbezeichnung und einzelne Messungen abgeschätzt.
Miller	96	F/K (eingebettet)	EF	25 Hz 60 Hz 66,7 Hz	Berufliche Exposition (Ewerk)	S (Anhand von Berufsbezeichnung und Arbeitsdauer)	18		m	Erwachsene	Leukämie	13 26	172 - 334 V/m - Jahre > 344 V/m - Jahre	12,1 (0,5-7,2) 4,5 (1,0-20,0)	Sozioökonomischer Status, Jahr der Einstellung, ionisierende Strahlung, 2,4-D, 2,4,5-T, Benzol	Teil der großen Studie von Thériault 1994. Untersuchung der Arbeiter einer Firma (Ontario Hydro). Aufwendige Expositionsabschätzung anhand der Arbeitsgeschichte jedes Arbeiters. Refe-

Erstautor	Jahr	Art der Studie	Art der Felder	Frequenzbereich	Quelle	Mesung/Schätzung	Zeitraum	n Kohorte	m/w	Alter	Krebsart	n Fälle (n Kontrollen)	Intensität	OR o.ä. 5-95 %	Confounder, adjustiert für	Anmerkung
Miller	96	F/K (eingebettet)	MF	25 Hz 60 Hz 66,7 Hz	Berufliche Exposition (Ewerk)	S (Anhand von Job-title und Arbeitsdauer)	18	m	Erwachsene	Leukämie	16 24	3,2-7 μ T - Jahre > 7 μ T - Jahre	1,7 (0,6-4,8) 1,6 (0,5-6,1)	Sozioökonomischer Status, Jahr der Einstellung, ionisierende Strahlung, 2,4-D, 2,4,5-T, Benzol	Teil der großen Studie von Thériault 1994. Untersuchung der Arbeiter einer Firma (Ontario Hydro). Aufwendige Expositionsabschätzung anhand der Arbeitsgeschichte jedes Arbeiters. Referenz: 0 - 3,1 μ T - Jahre	
Kheifets	97	F/K	E F	60 Hz	Berufliche Exposition	S (Belastung aus Job - title und -dauer abgeschätzt)	15	m	20-64	Leukämie	28 (627) 31 (793)	10-20 V/m > 20 V/m	1,2 (0,8-1,9) 1,2 (0,8-1,7)	Alter	Benutzt Daten aus London 1994. Exposition anhand von „Berufsbezeichnung“ und Arbeitsdauer in jedem Job abgeschätzt. Für jeden Berufsbezeichnung wurden Einzelmessungen aus der Literatur verwendet (ausser für Arbeiter an Hochspannungsleitungen). Referenz: Belastung <10 V/m	
Seldén	97	Kohorte (retrospektiv)	EMF	Diverse	Berufliche Exposition (Aluminiumindustrie)	S (Berufsbezeichnung)	35	m/w	Erwachsene	Leukämie	7,24 (e) 6 (b)	Arbeiter in der Aluminiumindustrie	SIR 0,83 (0,3-1,8)		e= erwartet, b= beobachtet. Studie über Mortalität von Arbeitern in der Aluminiumindustrie	
Keish	97	Kohorte (retrospektiv)	EMF	Diverse	Berufliche Exposition (Kraftwerksgesellschaft)	S (Berufsbezeichnung)	31	m/w	Erwachsene	Leukämie	48 (b)	Arbeiter und Angestellte in der Kraftwerksgesellschaft	SMR 1,07 (0,8-1,4)		b= beobachtet. Studie über Mortalität von Arbeitern und Angestellten in der Kraftwerksgesellschaft	

Erstautor	Jahr	Art der Studie	Art der Felder	Frequenzbereich	Quelle	Messung/Schätzung	Zeitraum	n Kohorte	m/w	Alter	Krebsart	n Fälle (n Kontrollen)	Intensität	OR o.ä. 5-95 %	Confounder, adjustiert für	Anmerkung
Floderus	99	Kohorte (retrospektiv)	EMF	Diverse	Berufliche Exposition	S (über Berufsbezeichnung)	13	1 596 959	m	Erwachsene Männer	Leukämie	579	sellschaft	1,0 (0,9-1,1)		„Edison“, USA
												648	Mittlere Exposition Hohe Exposition	1,1 (1,0-1,2)		
Floderus	99	Kohorte (retrospektiv)	EMF	Diverse	Berufliche Exposition	S (über Berufsbezeichnung)	13	806 278	w	Erwachsene Frauen	Leukämie	173	Mittlere Exposition Hohe Exposition	1,0 (0,8-1,3)		Referenz: Niedrige Exposition, über Berufsbezeichnung abgeschätzt
												263		1,1 (1,0-1,4)		

Tabelle 34 Gehirn

Erstautor	Jahr	Art der Studie	Art der Felder	Frequenzbereich	Quelle	Messung/Schätzung	Zeitraum ¹	n Kohorte	m/w	Alter	Krebsart	n Fälle (n Kontrollen)	Intensität	OR o.ä. 5-95 %	Confounder, adjustiert für	Anmerkung
Juutilainen	90	Kohorte (retrospektiv)	MF	50 Hz	Berufliche Exposition	S (Berufsbezeichnung)	10		m	25-64	Gehirn	128,1 (e) 149 (b) 11,1 (e) 13 (b)	Mögliche Exposition Wahrsch. Exposition	1,3 (1,0-1,6) 1,3 (0,7-2,3)		e= erwartet, b= beobachtet. Mögliche Exposition: Elektrobefugung, wahrscheinliche Exposition: Arbeiten mit Elektromotoren oder Schweißen. Referenz: Keine Exposition (alle anderen Berufe)
Loomis	90	F/K	EMF	Diverse	Berufliche Exposition (Elektroberufe)	S (Berufsbezeichnung)	2		m	<65	Gehirn	41 (176)	Elektroberufe	1,2 (0,9-1,7)	gematcht für: Alter, ethn. Zugehörigkeit	Arbeiter in „Elektroberufen“; Referenz: Arbeiter in „Nicht-Elektroberufen“.
Loomis	90	F/K	EMF	Diverse	Berufliche Exposition (Elektroberufe)	S (Berufsbezeichnung)	2		m	>65	Gehirn	43 (308)	Elektroberufe	1,9 (1,3-2,7)	gematcht für: Alter, ethn. Zugehörigkeit	Arbeiter in „Elektroberufen“; Referenz: Arbeiter in „Nicht-Elektroberufen“.
Schlehofer	90	F/K	EMF	Diverse	Berufliche Exposition (Elektriker)	S (Berufsbezeichnung)	2		m/w	Erwachsene	Gehirn	13 (14)	Elektriker	1,9 (0,9-4,1)	gematcht für: Alter, Geschlecht	Studie über Risikofaktoren für Gehirntumore. Referenz: Arbeiter, die nicht als Elektriker gearbeitet hatten
Gallagher	91	PMR	EMF	Diverse	Berufliche Exposition (Elektroberufe)	S (Berufsbezeichnung)	35	320 423	m	20+	ZNS	55	Elektroberufe	PMR 125 (93-162)		PMR= Proportionale Mortalitätsrate. Höher bei Elektroingenieuren, nicht bei Telefonarbeitern, Elektronikern, Arbeitern im Hüttenwerk (inkl. Aluminiumindustrie). Niedrige Fallzahlen.
Mack	91	F/K	EMF	Niedrigfrequent	Berufliche Exposition (Elektroberufe)	S (Berufsbezeichnung)	4		m	25-69	Gehirn	35 (33)	Elektroberufe	1,1 (0,6-1,8)	gematcht für: Alter, ethn. Zugehörigkeit, Wohnort	Signifikant erhöhtes Risiko für Astrozytome
Spinelli	91	Kohorte	EMF	Diverse	Berufliche Exposition	S	31	421	m	Erwachsene	ZNS	4,61 (e)	Arbeiter in	SMR 2,17	Vergleich mit der	e= erwartet, b= beobachtet

¹ Bei Fall/Kontrollstudien: Rekrutierungs-, bei Kohorten: Beobachtungszeitraum

Erstautor	Jahr	Art der Studie	Art der Felder	Frequenzbereich	Quelle	Mesung/Schätzung	Zeitraum ¹	n Kohorte	m/w	Alter	Krebsart	n Fälle (n Kontrollen)	Intensität	OR o.ä. 5-95 %	Confounder, adjustiert für	Anmerkung
		te (retrospektiv)			Exposition (Aluminiumindustrie)		2			wach-sene		10 (b)	der Aluminiumindustrie	(1,18-3,68)	Mortalität der Bevölkerung von British Columbia	bachtet. Studie über Mortalität und Krebsinzidenz bei Arbeitern. Durchführung von Kontrollmessungen ergab keinen Zusammenhang von EMF-Exposition und Krebsinzidenz
Törnquist	91	Kohorte	EMF	Diverse	Beruf. Exposition	S (Berufsbezeichnung)	19	m/w		20-64	Gehirn		Elektriker/Elektromiker	SMR 0,9 (0,7-1,3)	Kontrollen angepasst für: Alter, sozioökonomischer Status, Bevölkerungsdichte, Gemeinde	Spotmessungen für die verschiedenen Berufsbezeichnungen wurden durchgeführt.
Törnquist	91	Kohorte	EMF	Diverse	Beruf. Exposition	S (Berufsbezeichnung)	19	m/w		20-64	Gehirn		Arbeiter an Stromlinien	SMR 1,1 (0,7-1,8)	gematcht für: Alter, sozioökonomischer Status, Bevölkerungsdichte, Gemeinde	Spotmessungen für die verschiedenen Berufsbezeichnungen wurden durchgeführt.
Törnquist	91	Kohorte	EMF	Diverse	Beruf. Exposition	S (Berufsbezeichnung)	19	m/w		20-64	Gehirn		Schweisser	SMR 1,3 (1,0-1,7)	Kontrollen angepasst für: Alter, sozioökonomischer Status, Bevölkerungsdichte, Gemeinde	Spotmessungen für die verschiedenen Berufsbezeichnungen wurden durchgeführt.
Tynes	92	Kohorte (retrospektiv)	EMF	Diverse	beruf. Exposition (Elektroberufe)	S (Berufsbezeichnung)	10	m		20-70	Gehirn	109,0 (e) 119 (b)	Elektroberufe	SIR 1,1 (0,9-1,4)		
Floderus	93	F/K	EMF	Diverse	Berufliche Exposition	M	10	m		20-64	Gehirn	59 72 74 24	0,16-0,19 µT 0,20-0,28 µT 0,29-0,40 µT ≥0,41 µT	1,0 (0,7-1,6) 1,5 (1,0-2,2) 1,4 (0,9-2,1) 1,2 (0,7-2,1)	Alter, Belastung mit Benzol, Lösemitteln und ionisierenden Strahlen	Berufliche EMF-Expositionen, Messung durch Stichprobe an einem „typischen“ Tag
Guénel	93	Kohorte (retro)	EMF	Diverse	Berufliche Exposition	S (Berufsbezeichnung)	17	m		23-71	Gehirn	360,6 (e) 339 (b)	Exposition intermittierend	SIR 0,94 (0,9-1,1)		e= erwartet, b= beobachtet. SIR = Standardinzidenzrate.

Erstautor	Jahr	Art der Studie	Art der Felder	Frequenzbereich	Quelle	Messung/Schätzung	Zeitraum	n Kohorte	m/w	Alter	Krebsart	n Fälle (n Kontrollen)	Intensität	OR o.ä. 5-95 %	Confounder, adjustiert für	Anmerkung
		spektiv)				nung)						33,3 (3) 23 (b)	> 0, 3 µT Exposition ständig > 0, 3 µT	SIR 0,69 (0,4-1,0)		Exposition anhand der Berufsbezeichnung geschätzt.
Guénel	93	Kohorte (retrospektiv)	EMF	Diverse	Berufliche Exposition	S (Berufsbezeichnung)	17	790 00	w	23-71	Gehirn	184,6 (e) 198 (b)	Exposition intermittierend > 0, 3 µT Exposition ständig > 0, 3 µT	SIR 1,07 (0,9-1,2) SIR 1,23 (0,6-2,3)		e= erwartet, b= beobachtet. SIR = Standardinzidenzrate. Exposition anhand der Berufsbezeichnung geschätzt.
Preston-Martin	93		EMF	Diverse	Berufliche Exposition	S (Berufsbezeichnung)			m		Gehirn	4 (3) 3 (5)	Elektroingenieur Elektrotechniker	SMR 8,2 (2,0-34,7) SMR 3,3 (0,9-12,1)		Studie über Epidemiologie von Gehirntumoren in Neuseeland.
Sahl	93	Kohorte (retrospektiv) / F/K	EMF	Diverse	Berufliche Exposition	S („Elektriker“)	28	362 21	m/w	20-92	Gehirn	12 (108)	Arbeit in einem belasteten Arbeitsbereich vs. unbelastet	1,0 (0,7-1,3)	gematcht für Alter, Geschlecht, ethn. Abstammung	Arbeitnehmer einer Fabrik (Edison, CA USA) Referenz: „nicht-Elektroberufe“. Es wurden einzelne Messungen durchgeführt, Daten auf verschiedene Arten aufbereitet (keine signifikant erhöhten Ergebnisse)
Armstrong	94	F/K	EMF	50/60 Hz	Belastung im Ewerk	M	19		m/w	Erwachsene	Gehirn	35 (149)	Belastung im Vergleich zu der gesamten Gruppe: ≥ Median	0,8 (0,5-1,5)	kanzerogene und möglicherweise kanzerogene Chemikalien, ionisierende Strahlung, sozioökonomischer Status	Arbeiter im Ewerk in Kanada und Frankreich, Messung mit Positronmeter. Savitz 1997 bezieht sich direkt darauf
Floderus	94	F/K	EMF	16 ² /3 Hz (Bahnstrom)	Eisenbahn (Zugführer und Schaffner)	S (Berufsbezeichnung)	10		m/w	20-64	Gehirn	9 (29) 24	≥ 90 Perc.	1,9 (0,5-7,6) 1,2 (0,8-1,9)	gematcht für Alter	Re-Analyse der Daten der Studie Floderus 93. Aufteilung in Beobachtungszeiträume 1960-69 und 1970-79. Kontrollmessungen ergaben rel. hohe Bela-

Erstautor	Jahr	Art der Studie	Art der Felder	Frequenzbereich	Quelle	Messung/Schätzung	Zeitraum	n Kohorte	m/w	Alter	Krebsart	n Fälle (n Kontrollen)	Intensität	OR o.ä. 5-95 %	Confounder, adjustiert für	Anmerkung
Floderus	94	F/K	EMF	16 ² / ₃ Hz (Bahnstrom)	Eisenbahn (Zugführer und Schaffner)	S (Berufsbezeichnung)	10	m/w	20-64	Gehirn	25	1970-79	0,8 (0,5-1,2)	gematcht für Alter	Re-Analyse der Daten der Studie Floderus 93. Aufteilung in Beobachtungszeiträume 1960-69 und 1970-79. Kontrollmessungen ergaben rel. hohe Belastungen (Tägl. Mittel: Zugführer 4,03 µT, Schaffner 0,61 µT).	
Thériault	94	F/K (eingebettet)	MF	50/60 Hz	Berufliche Exposition (Ewerk)	S (Berufsbezeichnung, Stichprobenartige Messungen)	20	m	Erwachsene	Gehirn	36 (115) 27 (84)	≥ 0,2 µT ≥ 0,3 µT	1,6 (0,9-3,2) 1,5 (0,8-2,8)	Confounder berücksichtigt: sozioökonomischer Status, ionisierende Strahlung	Referenz: < 0,2 µT, Expositionsabschätzung über Berufsbezeichnungen und Messungen (2066 Arbeiter, jeweils eine 5-Tage-Woche), eingebettet in 3 Kohorten: Arbeiter in Ewerken in Frankreich und Kanada	
Tynes	94	Kohorte	EMF	60 Hz	Berufliche Exposition (Ewerk)	S	38	m	Erwachsene	Gehirn	12	Berufliche Exposition (Ewerk)	SIR 68 (35-119)	SIR=Standardinzidenzrate. Gute Darstellung der Daten (auch nach Berufsbezeichnung, Situs und kumulierter magn. Belastung aufgeschlüsselt: kein erhöhtes Risiko). Sorgfältige Erhebung von Krebsfällen und „Arbeitsgeschichte“.	e= erwartet, b= beobachtet. SMR= Standardmortalitätsrate	
Savitz	95	Kohorte (retrospektiv)	MF	60 Hz	Berufliche Exposition (Ewerk)	S (Berufsbezeichnung)	36	m	Erwachsene	ZNS	158,4 (e) 151 (b)	Arbeiter im Ewerk	SMR 0,95 (0,81-1,12)	Vergleich mit der Normalbevölkerung.		
Savitz	95	Kohorte (retro)	MF	60 Hz	Berufliche Exposition (Ewerk)	S (Berufsbezeichnung)	36	m	Erwachsene	Gehirn	34 26	0,6-1,2 µT - Jahre 1,2-2,0	1,6 (1,0-2,6) 1,5	Adjustiert für: Alter, Zeitraum der Exposition, ethnische	Referenz: 0-0,6 µT – Jahre. Komplette „work history“ für	

Erstautor	Jahr	Art der Studie	Art der Felder	Frequenzbereich	Quelle	Mesung/Schätzung	Zeitraum	n Kohorte	m/w	Alter	Krebsart	n Fälle (n Kontrollen)	Intensität	OR o.ä. 5-95 %	Confounder, adjustiert für	Anmerkung
		spektiv)				nung)						27	μ T - Jahre 2,0-4,3	(0,8-2,6)	sche Zugehörigkeit, sozioökonomischer Status, aktuelle Beschäftigung (aktiv/pensioniert), Lösemittel- und polychlorierte Biphenyl-Exposition	jeden Arbeiter, Verwendung von 28 verschiedenen Berufsbezeichnungen, Expositionsabschätzung über stichprobenartige Messungen (n=2842)
Grayson	96	eingeb. F/K	EMF	30-300 Hz	Berufliche Exposition	S (Score: geschätzte kumulative Exposition bei der USAF)	19	880 000	m	Erwachsene	Gehirn	39 (118) 33 (97) 44 (113) 13 (113)	1. Perzentile 2. Perzentile 3. Perzentile 4. Perzentile (Punktzahl des Scores)	1,31 (0,8-2,1) 0,93 (0,6-1,5) 1,6 (1,0-2,6) 1,44 (0,9-2,3)	gematcht für: Alter, Rasse, militärischer Rang	Keine Unterscheidung zw. El./magn. Feld, Einteilung der Exposition anhand eines Scores, entsprechenden Quartilen der Kontrollen, Referenz: Keine Exposition. Zugleich Untersuchung ionisierender Strahlung: kein Hinweis auf synergistische Wirkung
Guénel	96	F/K (eingebettet)	EF	50 Hz	Berufliche Exposition (Ewerk)	S (Anhand von Berufsbezeichnung und Einzelmessungen)	12	170 000	m	Erwachsene	Gehirn	22 8 10	50.-75. Perzentile 75.-90. Perzentile 90.-100. Perzentile der Belastung	2,3 (0,9-5,9) 0,4 (0,5-4,6) 3,0 (1,0-8,8)	Benzol, Chlorierte Lösemittel, anorganische Lösemittel, ionisierende Strahlung, Styrol	Referenz: < 50 Perzentile. Studie über französische Erwerkbetter. Exposition über Berufsbezeichnung und einzelne Messungen abgeschätzt.
Miller	96	F/K (eingebettet)	EF	25 Hz 60 Hz 66,7 Hz	Berufliche Exposition (Ewerk)	S (Anhand von Job-title und Arbeitsdauer)	18		m	Erwachsene	Gehirn	4 8	172 - 334 V/m - Jahre > 344 V/m - Jahre	0,6 (0,1-3,2) 1,0 (0,2-6,2)	Sozioökonomischer Status, Jahr der Einstellung, ionisierende Strahlung	Teil der großen Studie von Thériault 1994. Untersuchung der Arbeiter einer Firma (Ontario Hydro). Aufwendige Expositionsabschätzung anhand der Arbeitsgeschichte jedes Arbeiters. Referenz: 0-171 V/m-Jahre
Miller	96	F/K	MF	25 Hz	Berufliche	S (An-	18		m	Erwachsene	Gehirn	7	3,2 - 7	1,3	Sozioökonomi-	Teil der großen Studie

Erstautor	Jahr	Art der Studie	Art der Felder	Frequenzbereich	Quelle	Mesung/Schätzung	Zeitraum	n Kohorte	m/w	Alter	Krebsart	n Fälle (n Kontrollen)	Intensität	OR o.ä. 5-95 %	Confounder, adjustiert für	Anmerkung
		(eingebettet)		60 Hz 66,7 Hz	Exposition (Ewerk)	hand von Job-title und Arbeitsdauer)				wach-sene		10	μT - Jahre > 7 μT - Jahre	$(0,3-5,4)$ 2,4 $(0,5-10,1)$	scher Status, Jahr der Einstellung, ionisierende Strahlung	von Thériault 1994. Untersuchung der Arbeiter einer Firma (Ontario Hydro). Aufwendige Expositionsabschätzung anhand der Arbeitsgeschichte jedes Arbeiters. Referenz: 0 – 3,1 μT - Jahre
Kelsh	97	Kohorte (retrospektiv)	EMF	Diverse	Berufliche Exposition (Kraftwerksgesellschaft)	S (Berufsbezeichnung)	31	403 35	m/w	Erwachsene	Gehirn	29 (b)	Arbeiter und Angestellte in der Kraftwerksgesellschaft	SMR 0,84 $(0,6-1,2)$		b= beobachtet. Studie über Mortalität von Arbeitern und Angestellten in der Kraftwerksgesellschaft „Edison“, USA
Seldén	97	Kohorte (retrospektiv)	EMF	Diverse	Berufliche Exposition (Aluminiumindustrie)	S (Berufsbezeichnung)	35	645 4	m/w	Erwachsene	Gehirn	12,36 (e) 15 (b)	Arbeiter in der Aluminiumindustrie	SIR 1,21 $(0,7-2,0)$		e= erwartet, b= beobachtet. Studie über Mortalität von Arbeitern in der Aluminiumindustrie
Cocco	98	F/K	EMF	Diverse	Berufliche Exposition (elektromagnetische Felder)	S (Berufsbezeichnung)	8		m/w	<25	ZNS	78 (312) 234 (936) 1382 (5528) 5271 (21084)	Farbige Frauen Farbige Männer Weisse Frauen Weisse Männer	1,2 $(0,9-1,6)$ 1,0 $(0,8-1,2)$ 1,0 $(0,9-1,1)$ 1,0 $(1,0-1,0)$	Keine Confounder berücksichtigt, Kontrollen relativ sorgfältig den Fällen angepasst. (Bundesland, ethnische Zugehörigkeit, Geschlecht, Rasse)	Studie über berufliche Risikofaktoren und ZNS-Krebs (Erh. Risiko für Lösemittel, Pestizide, Kontakt mit Tieren, Publikumsverkehr). Ungenaue Expositionsabschätzung.
Loomis	98	Kohorte	EMF	Diverse	Berufliche Exposition (Elektroberufe)	S (Berufsbezeichnung)	36	554 23	m	Erwachsene	Gehirn		0,12-0,56 μT -Jahre 0,56-1,11 μT -Jahre 0,11-1,95 μT -Jahre 1,95-4,01 μT -Jahre	2,0 $(1,1-3,6)$ 2,3 $(1,3-4,3)$ 2,4 $(1,2-4,7)$ 3,4 $(1,7-6,7)$	Alter, Zeitraum der Exposition, ethnische Zugehörigkeit, sozioökonomischer Status, aktuelle Beschäftigung (aktiv/pensioniert), Lösemittel- und polychlorierte Biphenyl- Exposition	Referenz: Exposition <0,11 μT -Jahre. Reanalyse der Daten der Studie Savitz 1995, verschiedene Arten der Aufbereitung (Decilen, Tertilen, Quartilen etc.). Abschätzung der Exposition aus der „Arbeitsgeschichte“ jedes Arbeiters und Stichprobenartigen Messungen.

Erstautor	Jahr	Art der Studie	Art der Felder	Frequenzbereich	Quelle	Mesung/Schätzung	Zeitraum	n Kohorte	m/w	Alter	Krebsart	n Fälle (n Kontrollen)	Intensität	OR o.ä. 5-95 %	Confounder, adjustiert für	Anmerkung
Cocco	99	F/K	EMF	Diverse	Berufliche Exposition	S (über Berufsbezeichnung)	8		m/w	Erwachsene	Gehirn	2200 (7721) 616 (2507) 85 (299)	Niedrige Exposition Mittlere Exposition Hohe Exposition	1,2 (1,1-1,2) 1,1 (1,0-1,3) 1,3 (1,0-1,6)	Adjustiert für: Familienstand, sozioökonomischer Status, Alter	Re-Analyse der Daten von Cocco 98 Referenz: Keine Exposition (n=10079/41393), über Berufsbezeichnung abgeschätzt
Floderus	99	Kohorte (retrospektiv)	EMF	Diverse	Berufliche Exposition	S (über Berufsbezeichnung)	13	1 596 959	m	Erwachsene Männer	Gehirn	1058 1100	Mittlere Exposition Hohe Exposition	1,1 (1,0-1,2) 1,1 (1,0-1,2)		Referenz: Niedrige Exposition, über Berufsbezeichnung abgeschätzt
Floderus	99	Kohorte (retrospektiv)	EMF	Diverse	Berufliche Exposition	S (über Berufsbezeichnung)	13	806 278	w	Erwachsene Frauen	Gehirn	470 598	Mittlere Exposition Hohe Exposition	1,0 (0,9-1,1) 0,9 (0,8-1,1)		Referenz: Niedrige Exposition, über Berufsbezeichnung abgeschätzt

Tabelle 35 Brust

Erstautor	Jahr	Art der Studie	Art der Felder	Frequenzbereich	Quelle	Messung/Schätzung	Zeitraum ¹	n Kohorte	m/w	Alter	Krebsart	n Fälle (n Kontrollen)	Intensität	OR o.ä. 5-95 %	Confounder, adjustiert für	Anmerkung
Tynes	90	Kohorte	EMF	Diverse	Berufliche Exposition (Elektroberuf)	S (Berufsbezeichnung)	25	379 52	m	>20	Brust	5,81 (e) 12 (b)	Elektroberufe	SIR 207 (107-361)		e=erwartet, b=beobachtet
Demers	91		EMF	Diverse	Berufliche Exposition (Elektroberuf)	S (Berufsbezeichnung)	4		m	22-90	Brust	33 (26)	Elektroberufe	1,8 (1,0-3,7)	Confounder berücksichtigt: jüdische Religion, höhere Bildung, Röntgenanamnese, schwere Kopfverletzungen in der Vorgeschichte, Queletindex	Referenz: Keine berufliche EMF-Exposition. Benutzt Daten einer Brustkrebsstudie (beim Mann). OR für Elektriker, Linenmen und Arbeiter im Ewerk: 6,0 (1,7-21), 13 Fälle / 3 Kontrollen. OR für Schweißer: 0,8 (0,2-3,1), 4 Fälle / 5 Kontrollen.
Matanoski	91	Kohorte (retrospektiv)	EMF	Diverse	Berufliche Exp. (Telephongesellschaft)	S (Berufsbezeichnung)	4	505 82	m	Erwachsene <65	Brust	2	0,25 µT	SIR 6,5 (0,8-24)		Expositionsabschätzung durch stichprobenartige Messung. Nur 2 Fälle (Techniker in der Vermittlung), in der Gruppe der Kabelarbeiter mit geschätzter Exposition von 0,43 µT kein Fall.
Loomis	92	F/K	EMF	Diverse	berufl. Exposition (Elektroberufe)	S (Berufsbezeichnung)	4		m	19-65	Brust	3	Elektroberufe	2,2 (0,6-7,8)	Todesjahr	Benutzt die Daten von Loomis 1990
Tynes	92	Kohorte (retrospektiv)	EMF	Diverse	berufl. Exposition (Elektroberufe)	S (Berufsbezeichnung)	10	379 45	m	20-70	Brust	5,8 (e) 12 (b)	Elektroberufe	SIR 2,1 (1,1-3,6)		
Guénel	93	Kohorte	EMF	Diverse	Berufliche	S	17	154	m	23-71	Brust	18,9 (e)	Exposition	SIR 1,22		e=erwartet,

¹ Bei Fall/Kontrollstudien: Rekrutierungs-, bei Kohorten: Beobachtungszeitraum

Erstautor	Jahr	Art der Studie	Art der Felder	Frequenzbereich	Quelle	Messung/Schätzung	Zeitraum	n Kohorte	m/w	Alter	Krebsart	n Fälle (n Kontrollen)	Intensität	OR o.ä. 5-95 %	Confounder, adjustiert für	Anmerkung
		te (Inzidenz)			Exposition	(Berufsbezeichnung)		000				23 (b)	intermittierend > 0,3 μ T	(0,8-1,8)		b=beobachtet. SIR = Standardinzidenzrate. Retrospektiv. Exposition über die Berufsbezeichnung errechnet.
Guénel	93	Kohorte (Inzidenz)	EMF	Diverse	Berufliche Exposition	S (Berufsbezeichnung)	17	7900	w	23-71	Brust	1569,5 (e) 1526 (b)	Exposition ständig > 0,3 μ T	SIR 1,36 (0,2-5,0)		e=erwartet, b=beobachtet. SIR = Standardinzidenzrate. Retrospektiv. Exposition über die Berufsbezeichnung errechnet.
Floderus	94	F/K	EMF	$16^{2/3}$ Hz (Bahnstrom)	Eisenbahn (Zugführer und Schaffner)	S (Berufsbezeichnung)	10		m	20-64	Brust	3	1960-69	4,9 (1,6-16,7)	Alter	Re-Analyse der Daten der Studie Floderus 93. Aufteilung in Beobachtungszeiträume 1960-69 und 1970-79. Kontrollmessungen ergaben rel. hohe Belastungen (Tägl. Mittel: Zugführer 4,03 μ T, Schaffner 0,61 μ T).
Floderus	94	F/K	EMF	$16^{2/3}$ Hz (Bahnstrom)	Eisenbahn (Zugführer und Schaffner)	S (Berufsbezeichnung)	10		m	20-64	Brust	0	1970-79	0,0 (0,0-2,3)	Alter	Re-Analyse der Daten der Studie Floderus 93. Aufteilung in Beobachtungszeiträume 1960-69 und 1970-79. Kontrollmessungen ergaben rel. hohe Belastungen (Tägl. Mittel: Zugführer 4,03 μ T, Schaffner 0,61 μ T).
Loomis	94	F/K	EMF	Diverse	Berufliche Exposition	S (Berufsbezeichnung)	5	563 170	w	19+	Brust	68 (199)	Berufliche Exposition (Elektroberufe)	1,38 (1,0-1,8)	Adjustiert für Alter, ethnische Zugehörigkeit, Familienstand, sozioökonomischer Status	Referenz nicht-Elektroberufe, Vergleich von Brustkrebsmortalität, nicht Inzidenz
Rosenbaum	94	F/K	EMF	Diverse	Berufliche Exposition (Elektroberufe)	S (Berufsbezeichnung)	10		m	23-93	Brust	6 (33)	Berufliche Exposition (Elektroberufe)	0,7 (0,3-1,9)	Adjustiert für Alter und Wohnort	Studie über berufliche Exposition mit Hitze oder EMF assoziiert

Erstautor	Jahr	Art der Studie	Art der Felder	Frequenzbereich	Quelle	Mesung/Schätzung	Zeitraum	n Kohorte	m/w	Alter	Krebsart	n Fälle (n Kontrollen)	Intensität	OR o.ä. 5-95 %	Confounder, adjustiert für	Anmerkung
					fe)	nung)							rufe)			mit Brustkrebs beim Mann (OR für Hitze: 2,3)
Tynes	94	Kohorte	EMF	60 Hz	Berufliche Exposition (Ewerk)	S	38	5088	m	Erwachsene	Brust	1	Berufliche Exposition (Ewerk)	SIR 137 (3-763)		SIR=Standardinzidenzrate. Gute Darstellung der Daten (auch nach Berufsbezeichnung, Situs und kumulierter magn. Belastung aufgeschlüsselt: kein erhöhtes Risiko). Sorgfältige Erhebung von Krebsfällen und „Arbeitsgeschichte“.
Savitz	95	Kohorte (retrospektiv)	MF	60 Hz	Berufliche Exposition (Ewerk)	S (Berufsbezeichnung)	36	138905	m	Erwachsene	Brust	7,5 (e) 6 (b)	Arbeiter im Ewerk	SMR 0,80 (0,29-1,74)	Vergleich mit der Normalbevölkerung.	e= erwartet, b= beobachtet. SMR= Standardmortalitätsrate
Coogan	96	F/K	EMF	60 Hz	Exposition am Arbeitsplatz, 4 Kategorien (Im Hintergrund, Wahrscheinlichkeit der Exposition niedrig, mittel, hoch)	S	3		w	0-74	Brust	577 (813) 104 (143) 13 (5)	niedrig mittel hoch (Wahrscheinlichkeit der Belastung)	1,0 (0,9-1,2) 1,1 (0,8-1,4) 1,4 (1,0-2,1)	Alter, Bundesstaat, Body Mass Index, gutartige Brusterkrankung, Familienanamnese, Status vor/nach Menopause, Alter bei Menarche, Anzahl Kinder, Alter bei der ersten Geburt, Bildung, Alkoholkonsum	Benutzt Daten von 2 Studien über Zusammenhang zwischen Laktation bzw. Alkoholkonsum und Brustkrebs (Newcomb 1994, Longnecker 1995). Expositionsabschätzung nach (1) Stärke des möglichen Magnetfeldes (2) Nähe des Arbeitsplatzes dazu (3) Häufigkeit der Arbeit an diesem Arbeitsplatz. Referenz: Belastung im Hintergrund
Kelsh	97	Kohorte (retrospektiv)	EMF	Diverse	Berufliche Exposition (Kraftwerksgesellschaft)	S (Berufsbezeichnung)	31	40335	w	Erwachsene	Brust	26 (b)	Arbeiter und Angestellte in der Kraftwerksgesellschaft	SMR 0,8 (0,5-1,2)		b= beobachtet. Studie über Mortalität von Arbeitern und Angestellten in der Kraftwerksgesellschaft „Edison“, USA

Erstautor	Jahr	Art der Studie	Art der Felder	Frequenzbereich	Quelle	Mesung/Schätzung	Zeitraum	n Kohorte	m/w	Alter	Krebsart	n Fälle (n Kontrollen)	Intensität	OR o.ä. 5-95 %	Confounder, adjustiert für	Anmerkung
Stenlund	97	F/K	EMF	50 Hz	Berufliche Belastung, Einteilung in Quartilen Q1: <0,16 μ T Q2: 0,16-0,19 μ T Q3: 0,20-0,28 μ T Q4: >0,29 μ T	S	10		m	20-64	Brust	17 (280) 17 (272) 11 (278)	0,16-0,19 μ T 0,20-0,28 μ T > 0,29 μ T	1,2 (0,6-2,7) 1,3 (0,6-2,8) 0,7 (0,3-1,9)	Alter, Erziehung, Lösungsmittel-Exposition, Familienanamnese	Fortführung von Floderus 1993, benutzt die selben Kontrollen, Referenzbelastung: 1. und 2. Quartile
Coogan	98	F/K	EMF	60 Hz	Berufliche Belastung	S	3		w	Erwachsene	Brust	259 (738)	Mittel Hoch (Wahrscheinlichkeit der Belastung)	0,9 (0,5-1,7) 1,2 (0,4-3,6)	Alter	Expositionsabschätzung über Berufsbezeichnung und Interviews. Referenzbelastung: Niedrige Belastung
Johansen	98	Kohorte (retrospektiv)	EMF	60 Hz	Berufliche Belastung	S	85	587 1	w	Erwachsene	Brust	2 0 1	0,10-0,29 μ T 0,30-0,99 μ T > 0,99 μ T	SIR 0,3 SIR 1	Alter	Expositionsabschätzung über Berufsbezeichnung und Interviews. Referenzbelastung: Hintergrundbelastung, <0,09 μ T
Floderus	99	Kohorte (retrospektiv)	EMF	Diverse	Berufliche Exposition	S (über Berufsbezeichnung)	13	1 596 959	m	Erwachsene Männer	Brust	47 37	Mittlere Exposition Hohe Exposition	1,5 (1,0-2,4) 1,2 (0,7-1,9)		Referenz: Niedrige Exposition, über Berufsbezeichnung abgeschätzt
Floderus	99	Kohorte (retrospektiv)	EMF	Diverse	Berufliche Exposition	S (über Berufsbezeichnung)	13	806 278	w	Erwachsene Frauen	Brust	4234 48668	Mittlere Exposition Hohe Exposition	1,2 (1,2-1,3) 1,1 (1,0-1,1)		Referenz: Niedrige Exposition, über Berufsbezeichnung abgeschätzt
Kluikene	99	Kohorte (retrospektiv)	EMF	Diverse	Berufliche Belastung	S (Belastung über Berufsbezeichnung abgeschätzt)	31		w	Erwachsene	Brust	3959 (b) 4109 (e) 4290 (b) 4377 (e) 5256 (b) 4377 (e) 1178 (b)	0,1-0,8 μ T-Jahre 0,9-1,4 μ T-Jahre 1,5-3,0 μ T-Jahre > 3,0	SIR 0,96 (0,9-1,0) SIR 0,98 (0,9-1,1) SIR 1,06 (1,0-1,1) SIR 1,03		e= erwartet, b= beobachtet. SIR= standardisierte Inzidenzrate, insgesamt 22543 Brustkrebsfälle. Exposition in μ T-Jahren über Berufsbezeichnung abgeschätzt

Erstautor	Jahr	Art der Studie	Art der Felder	Frequenzbereich	Quelle	Messung/Schätzung	Zeitraum	n Kohorte	m/w	Alter	Krebsart	n Fälle (n Kontrollen)	Intensität	OR o.ä. 5-95 %	Confounder, adjustiert für	Anmerkung
Petralia	99	Kohorte (retrospektiv)	EMF	Diverse	Berufliche Belastung	S (Wahrscheinlichkeit der Belastung über Berufsbezeichnung abgeschätzt)	4	w	w	Erwachsene	Brust	1145 (e) 683 72 72	µT-Jahre Niedrige Mittlere Hohe Wahrscheinlichkeit	(1,0-1,1) SIR 1,0 (0,9-1,0) SIR 1,1 (0,9-1,4) SIR 0,9 (0,7-1,2)		Referenz: Sehr niedrige Wahrscheinlichkeit für berufliche EMF-Belastung
Polland	99	Kohorte (retrospektiv)	EMF	60 Hz	Berufliche Belastung	S	19	w	w	Erwachsene	Brust	19284 110 166 9	Elektroingenieurin Programmiererin Funkerin Telefonistin	SIR 1,49 (0,88-2,36) SIR 1,79 (1,15-2,67) SIR 1,47 (1,06-1,97) SIR 1,28 (1,09-1,50)	Alter	Es wurden alle Berufe untersucht, die 1970 un- tersucht, die 1970 min. 200 Frauen aus- übten und wo min. 10 Krebsfälle beobachtet wurden

Tabelle 36 Andere Krebsarten

Erstautor	Jahr	Art der Studie	Art der Felder	Frequenzbereich	Quelle	Messung/Schätzung	Zeitraum ¹	n Kohorte	m/w	Alter	Krebsart	n Fälle (n Kontrollen)	Intensität	OR o.ä. 5-95 %	Confounder, adjustiert für	Anmerkung	
Simonato	91	Kohorte (retrospektiv)	EMF	50 Hz	Berufliche Exposition (Schweißen)	S (Berufsbezeichnung)		110 Kohorte 92	m	Erwachsene	Lunge, Trachea, Bronchien, Blase	86,8 (e) 116 (b) 7, 8 (e) 15 (b)	Schweißer	SMR 134 (110-160) SMR 191 (107-315)	Mortality-Rates Alters-, Geschlechts- und Landesspezifisch berechnet	e= erwartet, b= beobachtet. Multizentrische Studie über Mortalität von Schweißern in Europa.	
Spinelli	91	Kohorte (retrospektiv)	EMF	Diverse	Berufliche Exposition (Aluminiumindustrie)	S	31	421 Kohorte 2	m	Erwachsene	Lunge, Blase	34,4 (e) 32 (b) 2,19 (e) 3 (b)	Arbeiter in der Aluminiumindustrie	SMR 0,93 (0,77-1,09) SMR 1,37 (0,37-3,54)	Vergleich mit der Mortalität der Bevölkerung von British Columbia	e= erwartet, b= beobachtet. Studie über Mortalität und Krebsinzidenz in Arbeitern. Durchführung von Kontrollmessungen ergab keinen Zusammenhang von EMF-Exposition und Krebsinzidenz	
Tynes	92	Kohorte (retrospektiv)	EMF	Diverse	berufl. Exposition (Elektroberufe)	S (Berufsbezeichnung)	10	379 Kohorte 45	m	20-70	Lunge, Hoden	457,1 (e) 499 (b) 49,6 (e) 41 (b)	Elektroberufe	SIR 1,1 (1,0-1,2) SIR 0,8 (0,6-1,1)			
Danielsen	93	F/K	EMF	50 Hz	Berufliche Exposition (Schweißen)	S (Berufsbezeichnung)	39	457 Kohorte 1	m	Erwachsene	Lunge, Blase, Melanom, Hautkrebs (ohne Basaliom)	3,6 (e) 9 (b) 1,7 (e) 1 (b) 1,7 (e) 3 (b) 0,6 (e) 3 (b)	Schweißer	SIR 250 (114-475) SIR 59 (0-329) SIR 176 (35-518) SIR 500 (100-1466)		e=erwartet, b=beobachtet, Studie über Krebsinzidenz bei Schweißern und Wertarbeitern.	
Hallquist	93	F/K	EMF	50 Hz	Berufliche Exposition	S (Berufsbezeichnung)	9		m/w	20-70	Schilddrüse	8 (8)	Elektriker	1,9 (0,6-6,1)	Alter, Geschlecht	Studie über Berufsbezeichnung und Schilddrüsenkrebs. Hohes	

¹ Bei Fall/Kontrollstudien: Rekrutierungs-, bei Kohorten: Beobachtungszeitraum

Erstautor	Jahr	Art der Studie	Art der Felder	Frequenzbereich	Quelle	Mesung/Schätzung	Zeitraum	n Kohorte	m/w	Alter	Krebsart	n Fälle (n Kontrollen)	Intensität	OR o.ä. 5-95 %	Confounder, adjustiert für	Anmerkung
						nung)										Risiko für Arbeiter mit Röntgenstrahlenexposition
Neleman	93	F/K	EMF	Diverse	Berufliche Exposition (elektronische Industrie)	S					Melanom	10		1,5 (0,5-4,4)	Alter, Geschlecht, Bildung, Haarfarbe, Tendenz zu Sonnenbrand und Sommersprossen	Keine Expositionsabschätzung, viele Daten nicht angegeben
Armstrong	94	F/K	EMF	50/60 Hz	Belastung im Werk: short duration pulsed electromagnetic fields	M	19		m/w	Erwachsene	Lunge	308 (279)	Belastung im Vergleich zu der der gesamten Gruppe: \geq Median	1,3 (1,0-1,7)	kanzerogene und möglicherweise kanzerogene Chemikalien, ionisierende Strahlung, sozioökonomischer Status	Arbeiter im Werk in Kanada und Frankreich, Messung mit Positronenmeter.
Floderus	94	F/K	EMF	$16^{2/3}$ Hz (Bahnstrom)	Eisenbahn (Zugführer und Schaffner)	S (Berufsbezeichnung)	10		m/w	20-64	Zirbeldrüse	9	1960-69	3,2 (1,6-3,2)	Alter	Re-Analyse der Daten der Studie Floderus 93. Aufteilung in Beobachtungszeiträume 1960-69 und 1970-79. Kontrollmessungen ergaben rel. hohe Belastungen (Tägl. Mittel: Zugführer 4,03 μ T, Schaffner 0,61 μ T).
Floderus	94	F/K	EMF	$16^{2/3}$ Hz (Bahnstrom)	Eisenbahn (Zugführer und Schaffner)	S (Berufsbezeichnung)	10		m/w	20-64	Zirbeldrüse	8	1970-79	1,8 (0,9-3,7)	Alter	Re-Analyse der Daten der Studie Floderus 93. Aufteilung in Beobachtungszeiträume 1960-69 und 1970-79. Kontrollmessungen ergaben rel. hohe Belastungen (Tägl. Mittel: Zugführer 4,03 μ T, Schaffner 0,61 μ T).
Tynes	94	Kohorte	EMF	60 Hz	Berufliche Exposition (Ewerk)	S	38	508	m	Erwachsene	Abdomen Kolon	57 39	Berufliche Exposition (Ewerk)	SIR 130 (99-169) SIR 103 (73-141)		SIR=Standardinzidenzrate. Gute Darstellung der Daten (auch nach Berufsbezeichnung).

Erstautor	Jahr	Art der Studie	Art der Felder	Frequenzbereich	Quelle	Messung/Schätzung	Zeitraum	n Kohorte	m/w	Alter	Krebsart	n Fälle (n Kontrollen)	Intensität	OR o.ä. 5-95 %	Confounder, adjustiert für	Anmerkung
											Rektum	27		SIR 106 (70-155) SIR 109 (66-170) SIR 111 (86-140) SIR 108 (86-132) SIR 108 (65-168) SIR 83 (54-120) SIR 112 (67-175)		Situs und kumulierter magn. Belastung aufgeschlüsselt: kein erhöhtes Risiko). Sorgfältige Erhebung von Krebsfällen und „Arbeitsgeschichte“.
											Pankreas Lunge Prostata Niere Blase Mal. Melanom Nicht-Melanom Andere	19 68 90 19 27 19				
Savitz	95	Kohorte (retrospektiv)	MF	60 Hz	Berufliche Exposition (Ewerk)	S (Berufsbezeichnung)	36	138 905	m	Erwachsene	Trachea, Bronchus, Lunge Haut	1859,5 (e) 1,692 (b) 111,9 (e) 116 (b)	Arbeiter im Ewerk	SMR 0,91 (0,87-0,95) SMR 1,04 (0,86-1,24)	Vergleich mit der Normalbevölkerung.	e= erwartet, b= beobachtet. SMR= Standardmortalitätsrate
Miller	96	F/K (eingebettet)	EF	25 Hz 60 Hz 66,7 Hz		S (Anhand von Job-title und Arbeitsdauer)	18		m	Erwachsene	Melanom	18	172 - 334 V/m - Jahre > 344 V/m - Jahre	1,1 (0,4-3,1) 0,9 (0,3-2,5)	Sozioökonomischer Status, Jahr der Einstellung, Sonnenlicht	Teil der großen Studie von Thériault 1994. Untersuchung der Arbeiter einer Firma (Ontario Hydro). Aufwendige Expositionsabschätzung anhand der Arbeitsgeschichte jedes Arbeiters. Referenz: 0-171 V/m-Jahre
Guénel	96	F/K (eingebettet)	EF	50 Hz	Berufliche Exposition (Ewerk)	S (Anhand von Berufsbezeichnung)	12	170 000	m	Erwachsene	Kolon	32 21	50.-75. Perzentile 75.-90. Perzentile	1,9 (1,0-3,4) 2,6 (1,2-5,6)	Benzol, Chlorierte Lösemittel, anorganische Lösemittel, ionisierende Strahlung	Referenz: < 50 Perzentile. Studie über französische Ewerkarbeiter. Exposition über

Erstautor	Jahr	Art der Studie	Art der Felder	Frequenzbereich	Quelle	Messung/Schätzung	Zeitraum	n Kohorte	m/w	Alter	Krebsart	n Fälle (n Kontrollen)	Intensität	OR o.ä. 5-95 %	Confounder, adjustiert für	Anmerkung
						Messung und Einzelmessungen						12	90.-100. Perzentile der Belastung	2,4 (0,9-6,6)	lung, Styrol	Berufsbezeichnung und einzelne Messungen abgeschätzt.
Miller	96	F/K (eingebettet)	MF	25 Hz 60 Hz 66,7 Hz		S	18		m	Erwachsene	Melanom	19 18	3,2-7 μT -Jahre >7 μT -Jahre	1,0 (0,4-2,2) 1,1 (0,4-2,9)	Sozioökonomischer Status, Jahr der Einstellung, Sonnenlichtexposition	Teil der großen Studie von Thériault 1994. Untersuchung der Arbeiter einer Firma (Ontario Hydro). Aufwendige Expositionsabschätzung anhand der Arbeitsgeschichte jedes Arbeiters. Referenz: 0-3,1 μT -Jahre
Savitz	97	F/K	EMF	60 Hz	Belastung im Ewerk	M (Kumulierte Belastung)	38		m/w	Erwachsene	Lunge	334 (412) 376 (412) 187 (412)	0,59-1,14 μT -J 1,14-1,98 μT -J 4,28-15,45 μT -J	RR 1,1 (0,9-1,2) RR 1,1 (0,9-1,3) RR 1,1 (0,9-1,3)	Alter, ethn. Herkunft, aktiv/ im Ruhestand Kalenderjahr, sozioökonomischer Status	Arbeiter im Ewerk in Kanada und Frankreich Nicht für Rauchen adjustiert!
Seldén	97	Kohorte (retrospektiv)	EMF	Diverse	Berufliche Exposition (Aluminiumindustrie)	S (Berufsbezeichnung)	35	6454	m/w	Erwachsene	Rektum/Anus Atemsystem	15,48 (e) 33 (b) 40,27 (e) 61 (b)	Arbeiter in der Aluminiumindustrie	SIR 2,13 (1,5-3,0) SIR 1,5 (1,2-2,0)		e= erwartet, b= beobachtet. Studie über Mortalität von Arbeitern in der Aluminiumindustrie
Stenlund	97	F/K	EMF	50 Hz	Berufliche Belastung, Einteilung in Quartilen Q1: <0,16 μT Q2: 0,16-0,19 μT Q3: 0,20-0,28 μT Q4: >0,29 μT	S	10		m	20-64	Hoden	36 (280) 28 (272) 45 (278)	0,16-0,19 μT 0,20-0,28 μT >0,29 μT	1,3 (0,7-2,4) 1,4 (0,8-2,7) 1,3 (0,7-2,5)	Alter, Erziehung, Lösungsmittel-Exposition, Familienanamnese	Fortführung der Studie von Floderus 1993, benutzt die selben Kontrollen, Referenzbelastung: 1. und 2. Quartile
Jöckel	98	F/K	EMF	Diverse	Berufliche Exposition	S (Berufsbezeichnung)	5		m/w	33-80	Lunge	65 (69) 47 (19)	Elektriker Schweißer	0,8 (0,6-1,3) 1,9 (1,0-3,6)	Rauchen, Asbestexposition	Studie über diverse berufliche Risikofaktoren für Lungenkrebs.

Tabelle 37 Alle Krebsarten

Erstautor	Jahr	Art der Studie	Art der Felder	Frequenzbereich	Quelle	Mesung/Schätzung	Zeitraum ¹	n Kohorte	m/w	Alter	Krebsart	n Fälle (n Kontrollen)	Intensität	OR o.ä. 5-95 %	Confounder, adjustiert für	Anmerkung
Armstrong	94	F/K	EMF	50/60 Hz	Belastung im Ewerk	M	19		m/w	Erwachsene	Alle	1402 (1952)	Belastung im Vergleich zu der gesamten Gruppe: \geq Median	1,03 (0,9-1,2)	kanzerogene und möglicherweise kanzerogene Chemikalien, ionisierende Strahlung, sozioökonomischer Status	Arbeiter im Ewerk in Kanada und Frankreich, Messung mit Positronenmeter Savitz 1997 bezieht sich direkt darauf
								169 (301)		\geq 90 Perc.		1,4 (1,1-1,9)				
Thériault	94	F/K (eingebettet)	MF	50/60 Hz	Berufliche Exposition (Ewerk)	S (Berufsbezeichnung, Stichprobenartige Messungen)	20	223 000	m	Erwachsene	Alle	1354 (1829) 949 (1285)	\geq 0,2 μ T \geq 0,3 μ T	1,0 (0,9-1,1) 1,0 (0,9-1,1)	Confounder berücksichtigt: sozioökonomischer Status, ionisierende Strahlung	Referenz: $<$ 0,2 μ T, Expositionsabschätzung über Berufsbezeichnungen und Messungen (2066 Arbeiter, jeweils eine 5-TageWoche), eingebettet in 3 Kohorten: Arbeiter in Ewerken in Frankreich und Kanada
Seldén	97	Kohorte (retrospektiv)	EMF	Diverse	Berufliche Exposition (Aluminiumindustrie)	S (Berufsbezeichnung)	35	645 4	m/w	Erwachsene	Alle	319,8 (e) 325 (b)	Arbeiter in der Aluminiumindustrie	SIR 1,02 (0,9-1,1)		e= erwartet, b= beobachtet. Studie über Mortalität von Arbeitern in der Aluminiumindustrie
Floderus	99	Kohorte (retrospektiv)	EMF	Diverse	Berufliche Exposition	S (über Berufsbezeichnung)	13	1 596 959	m	Erwachsene Männer	Alle	25245 25600	Mittlere Exposition Hohe Exposition	1,1 (1,1-1,1) 1,1 (1,1-1,1)		Referenz: Niedrige Exposition, über Berufsbezeichnung abgeschätzt
Floderus	99	Kohorte (retrospektiv)	EMF	Diverse	Berufliche Exposition	S (über Berufsbezeichnung)	13	806 278	w	Erwachsene Frauen	Alle	19204 23424	Mittlere Exposition Hohe Exposition	1,1 (1,0-1,1) 1,1 (1,0-1,1)		Referenz: Niedrige Exposition, über Berufsbezeichnung abgeschätzt

¹ Bei Fall/Kontrollstudien: Rekrutierungs-, bei Kohorten: Beobachtungszeitraum

Berufliche und außerberufliche Exposition

Tabelle 38 Leukämie

Erstautor	Ja hr	Art der Studie	Art der Felder	Frequenz- bereich	Quelle	Mesung/ Schätzung	Zeit- raum ¹	n Ko- horde	m/ w	Alter	Krebsart	n Fälle (n Kon- trollen)	Intensität	OR o.ä. 5-95 %	Confounder, adjustiert für	Anmerkung
Feychting	97	F/K	EMF	Diverse	Berufliche Exposition und Exposi- tion zu Hause	S (Wire code bzw. Berufs- bezeich- nung)	25		m/ w	Erwach- sene	Leu- kämie	10 53 9	Expos. zu Hause Berufl. Expos. Kombin. Expos.	0,9 (0,4-1,8) 1,3 (0,9-2,0) 3,7 (1,5-9,4)	Treibstoffdämpfe, Abgase, Benzol, Ölprodukte, Löse- mittel, Schweiss- dämpfe	„Expos. zu Hause“: Beruflich < 0,2 µT, zu Hause ≥0,2µT. „Be- rufl. Expos.“: Beruf- lich ≥ 0,2 µT, zu Hau- se <0,2µT. „Kombin. Expos.“: Beruflich ≥ 0,2 µT, zu Hause ≥0,2µT. Referenz: Berufl. Expos. <0,13 µT, zu Hause <0,1 µT Fortführung der Studie Feychting 1994, er- gänzt um Daten zur beruflichen Exposition. Fragwürdige berufl. Expositionsabschät- zung.

Tabelle 39 Gehirntumore

Erstautor	Ja hr	Art der Studie	Art der Felder	Frequenz- bereich	Quelle	Mesung/ Schätzung	Zeit- raum ¹	n Ko- horde	m/ w	Alter	Krebsart	n Fälle (n Kon- trollen)	Intensität	OR o.ä. 5-95 %	Confounder, adjustiert für	Anmerkung
Feychting	97	F/K	EMF	Diverse	Berufliche Exposition und Exposi- tion zu Hause	S (Wire code bzw. Berufs- bezeich- nung)	25		m/ w	Erwach- sene	Gehirn	7 40 3	Expos. zu Hause Berufl. Expos. Kombin. Expos.	0,7 (0,3-1,7) 1,2 (0,7-1,9) 1,3 (0,3-4,8)	Treibstoffdämpfe, Abgase, Benzol, Ölprodukte, Löse- mittel, Schweiss- dämpfe	„Expos. zu Hause“: Beruflich < 0,2 µT, zu Hause ≥0,2µT. „Be- rufl. Expos.“: Beruf- lich ≥ 0,2 µT, zu Hau- se <0,2µT. „Kombin. Expos.“: Beruflich ≥ 0,2 µT, zu Hause ≥0,2µT. Referenz: Berufl. Expos. <0,13 µT, zu Hause <0,1 µT

¹ Bei Fall/Kontrollstudien: Rekrutierungs-, bei Kohorten: Beobachtungszeitraum

Erstautor	Jahr	Art der Studie	Art der Felder	Frequenzbereich	Quelle	Messung/Schätzung	Zeitraum	n Kohorte	m/w	Alter	Krebsart	n Fälle (n Kontrollen)	Intensität	OR o.ä. 5-95 %	Confounder, adjustiert für	Anmerkung
																Fortführung der Studie Feychting 1994, ergänzt um Daten zur beruflichen Exposition. Fragwürdige berufl. Expositionsabschätzung.

Krebs bei Kindern beruflich Exponierter

Tabelle 40 Gehirntumore

Erstautor	Ja hr	Art der Studie	Art der Felder	Frequenzbereich	Quelle	Mesung/Schätzung	Zeitraum ¹	n Kohorte	m/w	Alter	Krebsart	n Fälle (n Kontrollen)	Intensität	OR o.ä. 5-95 %	Confounder, adjustiert für	Anmerkung
Bunin	90	F/K	EMF	60 Hz	Berufliche Exposition von Vater/Mutter	S (Berufsbezeichnung)	10		m/w	Kinder	Neuroblastom	104 (104)	Berufliche Exposition der Eltern	Kein Zusammenhang zwischen beruflicher Exposition der Eltern und Neuroblastom-Risiko	gematcht : Alter, Geschlecht, Wohnort, ethn. Zugehörigk.	Niedrige Fallzahlen, kaum Mütter. Kein Unterschied zwischen Belastung der Eltern vor der Konzeption oder während der Schwangerschaft
Wilkins	90	F/K	EMF	60 Hz	Berufliche Exposition von Vater/Mutter	S (Berufsbezeichnung)	25		m/w	„junge Personen“	Neuroblastom	3	Kunststoffindustrie	1,9 (0,4-8,2)	Kongenitale Abnormalitäten, Totgeburt, hohes Geburtsgewicht, Frühgeburt, Alter der Eltern,	Kunststoffindustrie ist die einzige Beschäftigung mit möglicher EMF-Belastung mit OR >1. Bestätigt die Ergebnisse von Spitz 1985.
Wilkins	90	F/K	EMF	60 Hz	Berufliche Exposition von Vater/Mutter	S	2		m/w	< 20	ZNS		Berufliche Exposition	Kein Zusammenhang	gematcht für Alter, Geschlecht.	Studie über berufliche Risikofaktoren der Eltern von Kindern mit ZNS-Tumoren. Keine deutlich erhöhten ORs.
Olsen	91	F/K	EMF	Diverse	Berufliche Exposition von Vater/Mutter	S (Berufsbezeichnung)	25		m/w	Kinder	ZNS	5	Elektriker	0,8		Studie über berufl. Risikofaktoren für Krebs bei Nachkommen. Einteilung über „Berufsbezeichnung“ unvollständig und relativ ungenau
Wilkins	96	F/K	EMF	Diverse	Berufliche Exposition von Vater/Mutter	S (Berufsbezeichnung)	19		m/w	Alle	Gehirn	11 (22) 6 (12)	EMF-Exposition Schweißen	1,3 (0,6-3,0) 3,8 (1,0-15,6)	gematcht für: Alter, Geschlecht, Keine Confounder berücksichtigt	Reanalyse der Daten von Wilkins 1990. Betrachtet die berufliche Exposition des Vaters im Jahr vor der

¹ Bei Fall/Kontrollstudien: Rekrutierungs-, bei Kohorten: Beobachtungszeitraum

Erstautor	Jahr	Art der Studie	Art der Felder	Frequenzbereich	Quelle	Messung/Schätzung	Zeitraum	n Kohorte	m/w	Alter	Krebsart	n Fälle (n Kontrollen)	Intensität	OR o.ä. 5-95 %	Confounder, adjustiert für	Anmerkung
																Konzeption. Unter-sucht ebenfalls die berufl. Exposition des Vaters während der Schwangerschaft (Kein erhöhtes Risiko)
Feychting	99	Kohorte (retrospektiv)	MF	Diverse	Berufliche Exposition der Mutter	S (Berufsbezeichnung)	12-15		m/w	0-14	Gehirn	24 15	0,12-0,18 μ T $\geq 0,19$ μ T	RR 0,8 (0,4-1,3) RR 1,0 (0,6-1,9)	Adjustiert für Geschlecht, Jahr des Zensus	Magnetfeldbelastung über Berufsbeziehung der Eltern abgeschätzt. Referenz: Belastung $\leq 0,11$ μ T
Feychting	99	Kohorte (retrospektiv)	MF	Diverse	Berufliche Exposition des Vaters	S (Berufsbezeichnung)	12-15		m/w	0-14	Gehirn	67 33	0,13-0,21 μ T $\geq 0,22$ μ T	RR 0,8 (0,5-1,2) RR 0,7 (0,5-1,2)	Adjustiert für Geschlecht, Jahr des Zensus	Magnetfeldbelastung über Berufsbeziehung der Eltern abgeschätzt. Referenz: Belastung $\leq 0,12$ μ T
Olshan	99	F/K	EMF	Diverse	Berufliche Exposition von Vater/Mutter	S (Berufsbezeichnung)	4		m/w	0-18	Neuroblastom	504 (504)		Nicht sign. erhöht für einige Elektroberufe	Gematcht für Alter, ethn. Zugehörigk., Bildungsstand, Einkommen der Eltern	Referenz: Zufällig ausgewählte Kontrollen
Sorahan	99	F/K	EMF	Diverse	Berufliche Exposition der Mutter	S (Berufsbezeichnung)	28		m/w	0-18	Gehirn	504 (504)	Einteilung nach Berufsbezeichnung in Berufe mit niedriger, wahrscheinlicher oder wahr-scheinlich hoher EMF-Belastung	Keine Risikoerhöhung bei Kindern, deren Eltern als wahr-scheinlich oder wahr-scheinlich hoch belastet eingestuft wurden		Referenz: Als nicht belastet eingestufte Eltern

Tabelle 41 Alle Tumore

Erstautor	Jahr	Art der Studie	Art der Felder	Frequenzbereich	Quelle	Messung/Schätzung	Zeitraum ¹	n Kohorte	m/w	Alter	Krebsart	n Fälle (n Kontrollen)	Intensität	OR o.ä. 5-95 %	Confounder, adjustiert für	Anmerkung
Olsen	91	F/K	EMF	Diverse	Berufliche Exposition von Vater/Mutter	S (Berufsbezeichnung)	25		m/w	Kinder	Alle	21 11	Elektriker Schweißer	0,8 1,0		Beruf. Risikofaktoren für Krebs bei Nachkommen unvollständig und ungenau erfaßt.
Feychting	99	Kohorte (retrospektiv)	MF	Diverse	Berufliche Exposition der Mutter	S (Berufsbezeichnung)	12-15		m/w	0-14	Alle	93 48	0,12-0,18 µT ≥ 0,19 µT	RR 0,9 (0,7-1,2) RR 1,0 (0,7-1,4)	Adjustiert für Geschlecht, Jahr des Zensus	Magnetfeldbelastung über Berufsbeziehung der Eltern abgeschätzt. Referenz: Belastung ≤ 0,11 µT
Feychting	99	Kohorte (retrospektiv)	MF	Diverse	Berufliche Exposition des Vaters	S (Berufsbezeichnung)	12-15		m/w	0-14	Alle	227 115	0,13-0,21 µT ≥ 0,22 µT	RR 1,0 (0,8-1,3) RR 1,0 (0,7-1,2)	Adjustiert für Geschlecht, Jahr des Zensus	Magnetfeldbelastung über Berufsbeziehung der Eltern abgeschätzt. Referenz: Belastung ≤ 0,12 µT
Smulevich	99	F/K	EMF	Diverse	Berufliche Exposition von Vater/Mutter	S (Berufsbezeichnung)	2		m/w	0-14	Alle	29 (14) 38 (26)	Exposition der Mutter Exposition des Vaters	4,3 p<0,01 3,3 p<0,05	Adjustiert für Alkoholkonsum der Eltern	Belastung über Berufsbeziehung der Eltern abgeschätzt. Referenz: Keine Belastung
Sorahan	99	F/K	EMF	Diverse	Berufliche Exposition der Mutter	S (Berufsbezeichnung)	28		m/w	0-18	Alle	504 (504)	Einteilung nach Berufsbeziehung in Berufe mit niedriger, wahrscheinlicher oder wahr-scheinlich hoher EMF-Belastung	Keine Risikohö- hebung bei Kindern, deren Eltern als wahr-scheinlich oder wahr-scheinlich hoch belastet eingestuft wurden		Referenz: Als nicht belastet eingestufte Eltern

¹ Bei Fall/Kontrollstudien: Rekrutierungs-, bei Kohorten: Beobachtungszeitraum

Hohe Frequenzen

Tabelle 42 Leukämie

Erstautor	Ja hr	Art der Studie	Art der Felder	Frequenzbereich	Quelle	Mesung/Schätzung	Zeitraum ¹	n Kohorte	m/w	Alter	Krebsart	n Fälle (n Kontrollen)	Intensität	OR o.ä. 5-95 %	Confounder, adjustiert für	Anmerkung
Szmigielski	96	Kohorte (retrospektiv)	EMF	Radio-/Mikrowellen	Berufliche Exposition (Militär)	S (Berufsbezeichnung)	15	127 800	m	20-59	Leukämie	6,83 (e) 43,12 (b)	Exponierte Zeitsoldaten vs. nicht exp.	SIR 6,31 (3,1-14,3)	Exponierte/nicht exponierte Probanden gleich in Bezug auf sozioökonomischer Status, Exposition mit anderen Stoffen etc.	e= erwartet (exponierte Zeitsoldaten), b= beobachtet (nicht exponierte Zeitsoldaten), Inzidenz per 100.000. Leukämierisiko stat. Signifikant erhöht, (p<0,001), hauptsächlich Non-Hodgkin-Lymphom, Lymphosarkom, CLL
Hocking	96a	Kohorte (retrospektiv)	EMF	Radiowellen, 63 – 215 MHz	Fernsehender	S (Entfernung)	19		m/w	0-14	Leukämie	59	Wohnen im Umkreis von 2 km vom Sender	RR 2,3 (1,4-4,0)	Adjustiert für Alter, Geschlecht, Kalenderjahr	Referenz: Wohnort über 2 km vom Sender entfernt. RR = Rate Ratio für Mortalität
Hocking	96b	Kohorte (retrospektiv)	EMF	Radiowellen, 63 – 215 MHz	Fernsehender	S (Entfernung)	19		m/w	Alle	Leukämie	1206	Wohnen im Umkreis von 2 km vom Sender	RR 1,2 (1,0-1,4)	Adjustiert für Alter, Geschlecht, Kalenderjahr	Referenz: Wohnort über 2 km vom Sender entfernt. RR = Rate Ratio für Mortalität
Dolk	97a	F/K		Radiowellen, 30 – 1000 MHz	Fernsehender	S (Entfernung)	13	408 000	m/w	>14	Leukämie	12,6 (e) 23 (b)	Wohnen im Umkreis von 2 km des Senders	OER 1,8 (1,2-2,7)		e= erwartet, b= beobachtet. OER: Verhältnis beobachteter / erwarteter Fälle.
Dolk	97b	F/K		Radiowellen, 30 – 1000 MHz	Fernsehender	S (Entfernung)	13	408 000	m/w	0-14	Leukämie	81,6 (e) 79 (b)	Wohnen im Umkreis von 2 km des Senders	OER 1,0 (0,8-1,2)		Untersucht: 20 Fernsender in England (der Sender der Studie Dolk 1997 a ist nicht enthalten). e= erwartet, b= beobachtet. OER: Verhältnis beobachteter/erwarteter Fälle.

¹ Bei Fall/Kontrollstudien: Rekrutierungs-, bei Kohorten: Beobachtungszeitraum

Tabelle 43 Gehirntumore

Erstautor	Jahr	Art der Studie	Art der Felder	Frequenzbereich	Quelle	Mesung/Schätzung	Zeitraum ¹	n Kohorte	m/w	Alter	Krebsart	n Fälle (n Kontrollen)	Intensität	OR o.ä. 5-95 %	Confounder, adjustiert für	Anmerkung
Grayson	96	eingeb. F/K	EMF	> 3000 Hz	Berufliche Exposition	S (Score: geschätzte kumulative Exposition bei der USAF)	19	880 000	m	Erwachsene	Gehirn	15 (62) 29 (71) 25 (68) 25 (80)	1. Perzentile 2. Perzentile 3. Perzentile 4. Perzentile (Punktzahl des Scores)	1,26 (0,7-2,2) 1,5 (0,9-2,5) 1,26 (0,7-2,2) 1,51 (0,9-2,5)	Alter, Rasse, militärischer Rang	Keine Unterscheidung zw. El./magn. Feld, Einteilung der Exposition anhand eines Scores, entsprechend den Quartilen der Kontrollen, Referenz: Keine Exposition. Zugleich Untersuchung ionisierender Strahlung: kein Hinweis auf synergistische Wirkung.
Szmigielski	96	Kohorte (retrospektiv)	EMF	Radio-/Mikrowellen	Berufliche Exposition (Militär)	S (Abschätzung der Exposition über Berufsbezeichnung)	15	127 800	m	20-59	ZNS	2,28 (e) 4,36 (b)	Exponierte Zeitsoldaten vs. nicht exp.	SIR 1,91 (1,1-3,5)	Exponierte/nicht exponierte Probanden gleich in Bezug auf sozioökonomischer Status, Exposition mit anderen Stoffen etc.	e= erwartet (exponierte Zeitsoldaten), b= beobachtet (nicht exponierte Zeitsoldaten), Inzidenz per 100.000. Leukämierisiko stat. Signifikant erhöht, (p<0,001), hauptsächlich Non-Hodgkin-Lymphom, Lymphosarcom, CLL
Hocking a	96	Kohorte (retrospektiv)	EMF	Radiowellen, 63 – 215 MHz	Fernsehen, der	S (Entfernung)	19		m/w	Alle	Gehirn	740	Wohnen im Umkreis von 2 km vom Sender	RR 0,8 (0,6-1,1)	Adjustiert für Alter, Geschlecht, Kalenderjahr	Referenz: Wohnort über 2 km vom Sender entfernt. RR = Rate Ratio für Mortalität
Hocking b	96	Kohorte (retrospektiv)	EMF	Radiowellen, 63 – 215 MHz	Fernsehen, der	S (Entfernung)	19		m/w	0-14	Gehirn	30	Wohnen im Umkreis von 2 km vom Sender	RR 0,7 (0,3-2,1)	Adjustiert für Alter, Geschlecht, Kalenderjahr	Referenz: Wohnort über 2 km vom Sender entfernt. RR = Rate Ratio für Mortalität

¹ Bei Fall/Kontrollstudien: Rekrutierungs-, bei Kohorten: Beobachtungszeitraum

Tabelle 44 Andere Krebsarten

Erstautor	Ja hr	Art der Studie	Art der Felder	Frequenzbereich	Quelle	Mesung/Schätzung	Zeitraum ¹	n Kohorte	m/w	Alter	Krebsart	n Fälle (n Kontrollen)	Intensität	OR o.ä. 5-95 %	Confounder, adjustiert für	Anmerkung
Szmigielski	96	Kohorte (retrospektiv)	EMF	Radio-/Mikrowellen	Berufliche Exposition (Militär)	S (Abschätzung der Exposition über Berufsbezeichnung)	15	127 800	m	20-59	Larynx, Lunge Haut	21,89 (e) 23,26 (b) 3,28 (e) 5,46 (b)	Exponierte Zeitsoldaten vs. nicht exp.	SIR 1,06 (0,7-1,6) SIR 1,67 (0,9-4,1)	Exponierte/nicht exponierte Probanden gleich in Bezug auf sozioökonomischer Status, Exposition mit anderen Stoffen etc.	e= erwartet (exponierte Zeitsoldaten), b= beobachtet (nicht exponierte Zeitsoldaten), Inzidenz per 100.000. Leukämierisiko stat. Signifikant erhöht, (p<0,001), hauptsächlich Non-Hodgkin-Lymphom, Lymphosarcom, CLL
Dolk	97b			Radiowellen, 30 – 1000 MHz	Fernseher	S (Entfernung)	13	408 000	m/ w	0-14	Blase	193,7 (e) 209 (b)	Wohnen im Umkreis von 2 km des Senders	OER 1,1 (1,0-1,2)		Studie untersucht 20 Fernsehsender in England (der Sender der Studie Dolk 1997 a ist nicht enthalten). e= erwartet, b= beobachtet. OER: Verhältnis beobachteter/erwarteter Fälle.

Tabelle 45 Alle Krebsarten

Erstautor	Ja hr	Art der Studie	Art der Felder	Frequenzbereich	Quelle	Mesung/Schätzung	Zeitraum ¹	n Kohorte	m/w	Alter	Krebsart	n Fälle (n Kontrollen)	Intensität	OR o.ä. 5-95 %	Confounder, adjustiert für	Anmerkung
Dolk	97a			Radiowellen, 30 – 1000 MHz	Fernseher	S (Entfernung)	13	408 000	m/ w	>14	Alle	647,5 (e) 703 (b)	Wohnen im Umkreis von 2 km des Senders	OER 1,1 (1,0-1,2)		e= erwartet, b= beobachtet. OER: Verhältnis beobachteter/erwarteter Fälle.

¹ Bei Fall/Kontrollstudien: Rekrutierungs-, bei Kohorten: Beobachtungszeitraum

7.3 Literaturverzeichnis

Ahlbom A., Day N., Feychting M., Roman E., Skinner J., Dockerty J., Linet M., McBride M., Michaelis J., Olsen J. H., Tynes T., Verkasalo P. K.

A pooled analysis of magnetic fields and childhood leukaemia.
Br. J. Cancer 83 (2000) 692-698

Ahlbom, A.

A review of the epidemiologic literature on magnetic fields and cancer.
Scand. J. Work Environ. Health 14 (1988) 337-343

Ahlbom, A., Feychting, M., Koskenvuo, M., Ohlsen, J., Pukkala, E., Schulgen, G.

Electromagnetic fields and childhood cancer (Letter).
Lancet 342 (1993) 1295-1306

Alam, M. T., Barthakur, N., Lambert, N. C., Kasatiya, S. S.

Cytological effects of microwave radiation in chinese hamster cells in vitro.
Can. J. Genet. Cytol. 20 (1987) 23-30

aus: Verschaeve 1998

Albert, E. N., Slaby, F., Roche, J., Loftum, J.

Effect of amplitude-modulated 147 MHz radiofrequency radiation on calcium ion efflux from avian brain tissue.
Radiat. Res. 109 (1987) 19-27

Angelillo I. F., Villari P.

Residential exposure to electromagnetic fields and childhood leukaemia: a meta-analysis.
Bull. World. Health Organ. 77 (1999) 906-915.

Armstrong, B. K., Jong, K. E.

Brain tumors and mobile phones?
Med. J. Aust. 168 (1998) 308

Armstrong, B., Thériault, G., Guénel, P., Deadman, J., Goldberg, M., Héroux, P.

Association between exposure to pulsed electromagnetic fields and cancer in electric utility workers in Quebec, Canada and France.

Am. J. Epidemiol. 140 (1994) 805-820

Auvinen A., Linet M. S., Hatch E. E., Kleinerman R. A., Robison L. L., Kaune W. T., Misakian M., Niwa S., Wacholder S., Tarone R. E.

Extremely low-frequency magnetic fields and childhood acute lymphoblastic leukemia: an exploratory analysis of alternative exposure metrics.

Am. J. Epidemiol. 152 (2000) 20-31

Aznadiv, M., Klinge, C. M., Gelein, R., Carstensen, E. L., Cox, C., Brayman, A. A., Miller, M. W.

A test of the hypothesis that a 60-Hz magnetic field affects ornithine decarboxylase activity in mouse L929 cells in vitro.

Biochem. Biophys. Res. Commun. 214 (1995) 627-631

aus: Lacy-Hulbert 1998

Balcer-Kubiczek E. K.

Survival and oncogenic transformation of C3H/10T1/2 cells after extended X irradiation.

Radiat Res. 104 (1985) 214-223

- Balcer-Kubiczek, E. K.
Induction of neoplastic transformation in C3H/10T1/2 cells by 2.45-GHz microwaves and phorbol ester.
Radiat Res. 117(1989) 531-537
- Balcer-Kubiczek, E. K.
Neoplastic transformation of C3H/10T1/2 cells following exposure to 120-Hz modulated 2.45-GHz microwaves and phorbol ester tumor promoter.
Radiat Res. 126 (1991) 65-72
- Ballard T., Lagorio S., De Angelis G., Verdecchia A.
Cancer incidence and mortality among flight personnel: a meta-analysis.
Aviat. Space Environ. Med. 71 (2000) 216-224.
- Balli-Antunes, M., Pfluger, D. H., Minder, C. E.
The mortality from malignancies of haematopoietic and lymphatic systems (MHLs) among railway engine drivers.
Environmetrics 1 (1990) 121-130
- Bastuji-Garin, S., Richardson, S., Zittoun, R.
Acute leucaemia in workers exposed to magnetic fields.
Europ. J. Cancer 26 (1990) 1119-1120
- Batchelor, S. N., McLauchlan, K. A., Shkrob, I. A.
Reaction yield detected magnetic resonance and magnetic field effect studies of radical pairs containing electronically excited organic radicals.
Mol. Physics 77 (1992) 75-110
- Baum, A., Mevissen, M., Kamino, K., Mohr, U., Löscher, W.
A histopathological study on alteration in DMBA induced mammary carcinogenesis in rats with 50 Hz, 100 μ T magnetic field exposure.
Carcinogenesis 16 (1995) 119-125
- Beniashvili D. S., Bilanishvili, V. G., Menamde, M. Z.
Low frequency electromagnetic radiation enhances the induction of rat mammary tumors by nitrosomethylurea.
Cancer lett. 61 (1991) 75-79
- Bianchi N., Crosignani P., Rovelli A., Tittarelli A., Carnelli C. A., Rossitto F., Vanelli U., Porro E., Berrino F.
Overhead electricity power lines and childhood leukemia: a registry-based, case-control study.
Tumori 86 (2000) 195-198.
- Blackman, C. F., Benane, S. G., Rabinowitz, J. R., House, D. E., Joines, W. T.
A role for the magnetic field in the radiation induced efflux of calcium ions from brain tissue in vitro.
Bioelectromagnetics 6 (1985) 327-337
- Blask, D. E.
Melatonin in oncology.
In: Yu, H. S., Reiter, R. J. (Hrsg.) Melatonin. Biosynthesis, physiological effects and clinical application.
CRC Press, Boca Raton (1993) 448-475
aus: Löscher 1998
- Blask, D. E., Pelletier, D. B., Hill, S. M., Lemus-Wilson, A., Grosso, D., Wilson, S. T., Wise, M. E.
Pineal melatonin inhibition of tumor promotion in the *N*-nitroso-*N*-methylurea model of mammary carcinogenesis: potential involvement of antiestrogenic mechanisms in vivo.
J. Cancer Res. Clin. Oncol. 117 (1991) 526-532

- Bowman J. D., Thomas D. C., Jiang L., Jiang F., Peters J. M.
Residential magnetic fields predicted from wiring configurations: I. Exposure model.
Bioelectromagnetics 20 (1999) 399-413
- Bunin, G. R., Ward, E., Kramer, S.
Neuroblastoma and parental occupation.
Am. J. Epidemiol. 131 (1990) 776-780
- Burch, J. B., Reif, J. S., Yost, M. G., Keefe, T. J., Pitrat, C. A.
Nocturnal excretion of a urinary melatonin metabolite among electric utility workers.
Scand. J. Work Environ. Health 24 (1998) 183-189
- Byus, C. V., Ma, Y., Stuchly, M. A.
The ability of magnetic fields to serve as a co-promotional stimulus to the development of papillomas on the skin of the mouse.
In: Seventeenth annual BEMS meeting 1995, Boston, Massachusetts, USA, Abstract book, 79.
Aus Löscher 1998
- Byus, C. V., Pieper, S. E., Adey, W. R.
The effects of low-energy 60-Hz environmental fields upon the growth-related enzyme ornithine-decarboxylase.
Carcinogenesis 8 (1988) 1385-1389
- Cadossi, R., Bersani, F., Cossarizza, A., Zucchini, P., Emilia, G., Torelli, G., Francheschi, C.
Lymphocytes and low-frequency electromagnetic fields.
FASEB 6 (1992) 2667-2674
- Cain, C. D., Thomas, D. L., Adey, W. R.
60 Hz magnetic field acts as a co-promoter in focus information of C3H/10T1/2 cells.
Carcinogenesis 14 (1993) 955-960
- Caplan L. S., Schoenfeld E. R., O'Leary E. S., Leske M. C.
Breast cancer and electromagnetic fields--a review.
Ann Epidemiol. 10 (2000) 31-44
- Charatan F.
Research claiming link between electromagnetic fields and cancer deemed fraudulent.
B. M. J. 319 (1999) 337
- Chou, C. K., Guy, A. W., Kunz, L. L., Johnson, R. B., Crowley, J. J., Krupp, J. H.
Long-term, low level microwave irradiation of rats.
Bioelectromagnetics 13 (1992) 469-496
- Ciaravino, V., Meltz, M. L., Erwin, D. N.
Effects of radiofrequency radiation and simultaneous exposure with mitomycin C on the frequency of sister chromatid exchanges in chinese hamster ovary cells.
Environ. Mutagen. 9 (1987) 393-399
aus: Verschaeve 1998
- Cleary, S. F.
Glioma proliferation modulated in vitro by isothermal radiofrequency radiation exposure.
Radiat Res. 121 (1990) 38-45
- Cocco P., Heineman E. F., Dosemeci M.
Occupational risk factors for cancer of the central nervous system (CNS) among US women.
Am. J. Ind. Med. 36 (1999) 70-74

- Cocco, P., Dosemeci, M., Heineman, E. F.
Occupational risk factors for cancer of the central nervous system: a case-control study on death certificates from 24 U.S. states.
Am. J. Ind. Med. 33 (1998) 247-255
- Coghill, R. W., Steward, J., Phillips, A.
Extra low frequency electric and magnetic fields in the bedroom of children diagnosed with leukemia: a case-control study.
Europ. J. Cancer Prev. 5 (1996) 153-158
- Cohen, M. M., Kunska, A., Astemborski, J., McCulloch, D., Paskewitz, D.
Effect of low-level 60-Hz electromagnetic fields on human lymphoid cells.
Bioelectromagnetics 7 (1986) 415-423
- Conti, P., Gigante, G. E., Cifone, M. G., Alesse, E., Fieschi, C., Angeletti, P. U.
Effect of the electromagnetic field on two calcium dependent biological systems.
J. Bioelect. 4 (1985) 227-236
- Coogan, P. F., Aschengrau, A.
Exposure to power frequency magnetic fields and risk of breast cancer in the Upper Cape Cod Incidence Study.
Arch. Environ. Health 53 (1998) 197-204
- Coogan, P. F., Clapp, R. W., Newcomb, P. A., Wenzl, T. B., Bogdan, G., Mittendorf, R., Baron, J. A., Longnecker, M. P.
Occupational exposure to 60-Hz magnetic fields and risk of breast cancer in women.
Epidemiology 7 (1996) 459-458
- Cossarizza, A., Monti, D., Bersani, F., Cantini, M., Cadossi, R., Saachi, A., Franceschi, C.
Extremely low frequency pulsed electromagnetic fields increase cell proliferation in lymphocytes from young and aged subjects.
Biochem. Biophys. Res. Commun. 160 (1989) 692-698
aus: Lacy-Hulbert 1998
- d'Ambrosio, G., Lioi, M. B., Scarfi, M. R., Zeni, O.
Genotoxic effects of amplitude-modulated microwaves on human lymphocytes exposed in vitro under controlled conditions.
Electro-Magnetobiol. 14 (1995) 157-164
- Danielsen, T. E., Langard, S., Andersen, A., Knudsen, Ö.
Incidence of cancer among welders of mild steel and other shipyard workers.
Br. J. Ind. Med. 50 (1993) 1097-1103
- David, E., Reußenweber J.
Melatonin in humans.
In: Brinkmann, K. (Hrsg.) Tagungsband des Symposiums „Elektromagnetische Verträglichkeit biologischer Systeme in schwachen 50 Hz Magnetfeldern“ am 4. 10. 1994 in Braunschweig. VDE-Verlag Berlin - Offenbach 154-183
aus: Reußenweber 1996
- de Seze, R., Fabbro-Peray, P., Miro, L.
GSM radiocellular telephones do not disturb the secretion of antepituitary hormones in humans
Bioelectromagnetics 19 (1998) 271-278
- Dees, C.
Effects of 60-Hz fields, estradiol and xenoestrogens on human breast cancer cells.
Radiat Res. 146 (1996) 444-452.

- Demers, P. A., Thomas, D. B., Rosenblatt, K. A.
Occupational exposure to electromagnetic fields and breast cancer in men.
Am. J. Epidemiol. 134 (1991) 340-347
- Detlavs, I., Dombrovska, L., Turauska, A., Shkirmante, B., Slutskii, L.
Experimental study of the effects of radiofrequency electromagnetic fields on animals with soft tissue wounds.
Sci Total Environ 180 (1996) 35-42
- Deutsch, S., Wilkening, G. M.
Electromagnetic field cancer scares.
Health Phys. 73 (1997) 301-309
- Dockerty J. D., Elwood J. M., Skegg D. C., Herbison G. P.
Electromagnetic field exposures and childhood leukaemia in New Zealand.
Lancet 354 (1999) 1967-1968.
- Dolk, H., Elliott, P., Shaddick, G., Thakrar B.
Cancer incidence near radio and television transmitters in Great Britain.
Am. J. Epidemiol. 145 (1997a) 10-17
- Dolk, H., Shaddick, G., Walls, P., Grundy, C., Thakrar B., Kleinschmidt, I., Elliott, P.
Cancer incidence near radio and television transmitters in Great Britain. I: Sutton Coldfield transmitter.
Am. J. Epidemiol. 145 (1997b) 1-9
- Eberle, P., Erdtmann-Vourliotis M., Diener, S., Finke, H. G., Löffelholz, B., Schnor, A., Schrader, M.
Zellproliferation, Schwesterchromatidaustausche, Chromosomenaberrationen, Mikrokerne und Mutationsrate.
Newsletter Edition Wissenschaft 4 (1996) 5-15
- Ebi K. L., Kheifets L. I., Pearson R. L., Wachtel H.
Description of a new computer wire coding method and its application to evaluate potential control selection bias in the Savitz et al. childhood cancer study.
Bioelectromagnetics 21 (2000) 346-353
- ELF-EMF European Feasibility Group
Need for an European approach to the effects of extremely low-frequency electromagnetic fields on cancer.
Scand. J. Work Environ. Health 23 (1997) 5-14
- Eriksson, M., Karlsson, M.
Occupational and other environmental factors and multiple myeloma: a population based case-control study.
Br. J. Ind. Med. 49 (1992) 95-103
- Fajardo-Gutierrez A.
Residence close to high-tension electric power lines and its association with leukemia in children.
Bol. Med. Hosp. Infant. Mex. 50 (1993) 32-8
- Fam, W. Z., Mikhail, E. L.
Biological effects in mice exposed to a 25 mT, 60 Hz magnetic field.
In: Twelfth annual BEMS meeting, San Antonio, Texas, USA, Book of abstracts, 17-18
aus: Löscher 1998
- Fam, W. Z., Mikhail, E. L.
Lymphoma induced in mice chronically exposed to very strong low-frequency electromagnetic field.
Cancer Lett. 105 (1996) 257-269

- Feychting M., Floderus B., Ahlbom A.
Parental occupational exposure to magnetic fields and childhood cancer (Sweden).
Cancer Causes Control 11 (2000) 151-156.
- Feychting, M., Ahlbom, A.
Magnetic fields and cancer in children residing near Swedish high-voltage power lines.
Am. J. Epidemiol. 138 (1993) 467-481
- Feychting, M., Ahlbom, A.
Magnetic fields, leukemia and central nervous system tumors in Swedish adults residing near high-voltage power lines.
Epidemiology 5 (1994) 501-509
- Feychting, M., Ahlbom, A., Savitz, D.
Electromagnetic fields and childhood leukaemia
Epidemiology 9 (1998) 225-226
- Feychting, M., Forssén, U., Floderus, B.
Occupational and residential magnetic field exposure and leukemia and central nervous system tumors.
Epidemiology 8 (1997) 384-389
- Feychting, M., Forssén, U., Rutquist, L. E., Ahlbom, A.
Magnetic fields and breast cancer in Swedish adults residing near high-voltage power lines.
Epidemiology 9 (1998) 392-397
- Floderus B., Persson, T., Stenlund C., Wennberg A., Öst, A., Knave, B.
Occupational exposure to electromagnetic fields in relation to leukaemia and brain tumors: a case-control study in Sweden
Cancer Causes Control 4 (1993) 465-467
- Floderus B., Stenlund C., Persson T.
Occupational magnetic field exposure and site-specific cancer incidence: a Swedish cohort study.
Cancer Causes Control 10 (1999) 323-332.
- Floderus, B., Törnquist, S., Stenlund, C.
Incidence of selected cancers in Swedish railway workers, 1961-79
Cancer Causes Control 5 (1994) 189-194
- Fucic, A., Garaj-Vrhovac, V., Skara, M., Dimitrovic, B.
X-Rays, microwaves and vinyl chloride monomer: their clastogenic and aneugenic activity, using the micronucleus assay on human lymphocytes.
Mutation Res. 282 (1992) 265-271
- Funch, D. P., Rothman, K. J., Loughlin, J. E., Dreyer, N. A.
Utility of telephone company records for epidemiologic studies of cellular phones.
Epidemiology 7 (1996) 299-302
- Gallagher, R. P., McBride, M. L., Band, P. R., Spinelli, J. J.
Brain cancer and exposure to electromagnetic fields.
J. Occup. Med. 33 (1991) 944-945
- Gallagher, R. P., McBride, M. L., Band, P. R., Spinelli, J. J., Threlfall, W. J., Yang, P.
Occupational electromagnetic field exposure, solvent exposure and leukemia.
J. Occup. Med. 32 (1990) 64-65
- Galt, S., Wahlstöm, J., Hammenius, Y., Holmquist, D., Johannesson, T.
Study of effects of 50 Hz magnetic field on chromosome aberrations and the growth related enzyme ODC in human

amniotic cells.

Bioelectrochem. Bioenerg. 36 (1995) 1-8

Galvanovskis, J., Sandblom, J., Bergquist, B., Galt, S., Hamnerius, Y.

The influence of 50-Hz magnetic fields on cytoplasmic Ca^{++} oscillations in human leukemia t-cells.

Sci. Total. Environ. 180 (1996) 19-33

Gammon, M. D., Schoenberg, J. B., Britton, J. A., Kelsey, J. L., Stanford, J. L., Malone, K. E., Coates, R. J., Brogan, D. J., Potischman, N., Swanson, C. A., Brinton, L. A.

Electric blanket use and breast cancer risk among younger women.

Am. J. Epidemiol. 148 (1998) 556-563

Garaj-Vrhovac, V.

Exposure to low electromagnetic fields and the carcinogenesis process.

Arh Hig Rada Toksikol. 47 (1996) 323-36

Garaj-Vrhovac, V., Fucic, A., Horvat, D.

The correlation between the frequency of micronuclei and specific chromosome aberrations in human lymphocytes exposed to microwave radiation in vitro.

Mutat. Res. 281 (1992) 181-186

Garaj-Vrhovac, V., Horvat, D., Koren, Z.

The effect of microwave radiation on the cell genome.

Mutat. Res. 243 (1990) 87-93

Garaj-Vrhovac, V., Horvat, D., Koren, Z.

The relationship between colony-forming ability, chromosome aberrations and incidence of micronuclei in V79 Chinese hamster cells exposed to microwave radiation.

Mutat. Res. 263 (1991) 143-149

Garland, F. C., Shaw, E., Gorham, E. D., Garland, C. F., White, M. R., Sinsheimer, P. J.

Incidence of leukemia in occupations with potential electromagnetic field exposure in United States navy personnel.

Am J Epidemiol 132 (1990) 293-303

Garson, O. M., McRobert, T. L., Campbell, L. J., Hocking, B. A., Gordon, I.

A chromosomal study of workers with long-term exposure to radiofrequency radiation.

Med. J. Aust. 155 (1991) 289-292

aus: Verschaeve 1998

Geoffriau, M., Brun, J., Chazut, G., Ckaustrat, B.

The physiology and pharmacology of melatonin in humans.

Horm. Res. 49 (1998) 136-141

Gilman, P. A., Ames, R. G., McCawley, M. A.

Leukemia risk among U.S. white male coal miners.

J. Occup. Med. 27 (1985) 669-671

Goldsmith, J. R.

Epidemiologic evidence of radiofrequency radiation (microwave) effect on health in military, broadcasting and occupational studies.

Int. J. Occup. Environ. Health 1 (1995) 47-57

Goldsmith, J. R.

Epidemiologic evidence relevant to radar (microwave) effects.

Environ. Health Perspect. 105 Suppl. 6 (1997) 1579-1587

- Goldsmith, J. R.
Epidemiological studies of radio-frequency radiation: current status and areas of concern.
Sci. Total Environ. 180 (1996) 3-8
- Goldsmith, J. R.
From sanitation to cellphones: participants and principles involved in environmental health protection
Public Health Rev. 25 (1997) 123-149
- Goldsmith, J. R.
TV broadcast towers and cancer: the end of innocence for radio frequency exposures
Am. J. Ind. Med. 32 (1997) 689-692
- Goodman, G., Henderson, A. S.
Sine waves enhance cellular transcription.
Bioelectromagnetics 7 (1986) 23-29
- Grayson, J
Radiation Exposure, socioeconomic status, and brain tumor risk in the USAF; a nested case-control study.
Am. J. Epidemiol. 143 (1996) 480-486
- Green L. M , Miller A. B., Agnew D. A., Greenberg M. L. , Li J., Villeneuve P. J., Tibshirani, R.
Childhood leukemia and personal monitoring of residential exposures to electric and magnetic fields in Ontario, Canada.
Cancer Causes Control 10 (1999b) 233-243
- Green L. M , Miller A. B., Villeneuve P. J., Agnew D. A., Greenberg M. L. , Li J., Donnelly K. E.
A case-control study of childhood leukemia in southern Ontario, Canada, and exposure to magnetic fields in residences.
Int. J. Cancer 19 (1999a) 161-170
- Guénel, P., Nicolau, J., Imbernon, E., Chevallier, A., Goldberg, M.
Exposure to 50-Hz electric fields and incidence of leukemia, brain tumors, and other cancers among french electric utility workers.
Am. J. Epidemiol. 144 (1996) 1107-1121
- Guénel, P., Raskmark, P., Andersen, J. B., Lynge, E.
Incidence of cancer in persons with occupational exposure to magnetic fields in Denmark.
Br. J. Ind. Med. 50 (1993) 758-764
- Guerney, J. G., Mueller, B. A., Davis, S., Schwartz, S. M., Stevens, R. G., Kopecky, K. J.
Childhood brain tumor occurrence in relation to residential power line configurations, electric heating sources, and electric appliance use.
Am. J. Epidemiol. 143 (1996) 120-8
- Haider, T., Knasmueller, S., Kundi, M., Haider, M.
Clastogenic effects of radiofrequency radiations on chromosomes in tradescantia.
Mutat. Res. 324 (1994) 65-68
- Hallquist, A., Hardell, L., Dergerman, A., Boquist, L.
Occupational exposures and thyroid cancer: results of a case-control study.
Eur. J Cancer Prev. 2 (1993) 345-349
- Hardell, L., Holmberg, B., Malker, H., Paulsson, L.-E.
Exposure to extremely low frequency electromagnetic fields and the risk of malignant diseases - an evaluation of epidemiological and experimental findings.
Eur. J Cancer Prev. 4 (1995) 3-107

- Harkins, T. T., Grissom, C. B.
Magnetic field effects on B12 ethanalamine ammonia lyase: evidence for a radical mechanism.
Science 263 (1994) 958-960
- Harland, J. D. Liburdy, R. P.
Inhibition of melatonin's tamoxifen's action in MCF-7 cells by magnetic fields.
Mol. Biol. Cell 5 (1994) 19
- Hatch, E. E., Linet, M. S., Kleinerman, R. A., Tarone, R. E., Severson, R. K., Hartsock, C. T., Haines, C., Kaune, W. T., Friedman, D., Robison, L. L., Wacholder, S.
Association between Childhood acute lymphoblastic leukemia and use of electrical appliances during pregnancy and childhood.
Epidemiology 9 (1998) 234-245
- Heath, C. W.
Electromagnetic Field exposure and cancer: A Review of epidemiologic evidence.
CA. Cancer J. Clinic. 46 (1996) 29-44
- Hendee, W. R., Boteler, J. C.
The question of health effects from exposure to electromagnetic fields.
Health Phys. 66 (1994) 127-136
- Henshaw, D. L.
Re: Electromagnetic field exposure and lung cancer (Letter).
Am. J. Epidemiol. 146 (1997) 366
- Henshaw, D. L., Ross, A. N., Fews, A. P., Preece, A. W.
Enhanced deposition of radon daughter nuclei in the vicinity of power frequency electromagnetic fields.
Int. J. Radiat. Biol. 69 (1996) 25-38
- Hocking, B., Gordon, I., Grain, J. L., Hatfield, G. E.
Cancer incidence and mortality and proximity to TV towers.
Med. J. Aust. Assoc. 165 (1996) 601-605
- Hojevnik, P., Sandblom, J., Galt, S., Hamnerius, Y.
Ca²⁺ ion transport through patch-clamped cells exposed to magnetic fields.
Bioelectromagnetics 16 (1995) 33-40
- Holmberg, B.
Magnetic fields and cancer: animal and cellular evidence - an overview.
Environ. Health Perspect. 103 (1995) 63-67
- Holmberg, B., Rannug, A.
Magnetic fields and cancer development in animal models.
Radio Sci. J. 30 (1995) 233-231
- Horn, Y.
The potential carcinogenic hazards of electromagnetic radiation: a review.
Cancer Detect. Prev. 19 (1995) 244-249
- Huang, A. T., Engle, M. E., Elder, J. A., Kinn, J. B. Ward, T. R.
The effect of microwave radiation (2450 MHz) on the morphology and chromosomes of lymphocytes.
Radio Sci. 12 (1977) 173
- Huuskonen, H., Lindbohm, M. L., Kuutilainen, J.
Teratogenic and reproductive effects of low-frequency magnetic fields.

Mutat. Res 410 (1998) 167-183

Institut für medizinische Statistik und Dokumentation der Universität Mainz
Jahresbericht 1996 des Deutschen Kinderkrebsregisters
Mainz 1997

Jauchem, J. R.
Alleged health effects of electromagnetic fields: the misconceptions continue.
J. Microw. Power 30 (1995) 165-177

Jauchem, J. R., Merrit, J. H
The epidemiology of exposure to electromagnetic fields: an overview of the recent literature.
J. Clin. Epidemiol. 44 (1991) 895-906

Jauchem, J.R.
Alleged health effects of electric or magnetic fields: additional misconceptions in the literature.
J. Microw. Power 28 (1993) 140-155

Jöckel K. H.
Occupational risk factors for lung cancer: a case-control study in West Germany.
Int. J. Epidemiol. 27 (1998):549-60

Johann, S., Lederer, T., Mikorey, S., Kraus, W., Blumel, G.
Influence of electromagnetic fields on morphology and mitochondrial activity of breast cancer cell line MCF-7.
Bioelectrochem. Bioenerg. 30 (1993) 127-132

Johansen, C., Olsen, J, H.
Risk of cancer among Danish utility workers – a nationwide cohort study.
Am. J. Epidemiol. 147 (1998) 548-555

Johansen, C., Olsen, J., H.
Risk of cancer among Danish utility workers – a nationwide cohort study.
Am. J. Epidemiol. 147 (1998) 548-555

Juutilainen J., Lang S., Rytomaa T.
Possible cocarcinogenic effects of ELF electromagnetic fields may require repeated long-term interaction with known carcinogenic factors.
Bioelectromagnetics 21 (2000) 122-128

Juutilainen, J., de Seze, R.
Biological effects of amplitude-modulated radiofrequency radiation
Scand. J. Work Environ. Health 24 (1998) 245-254

Juutilainen, J., Laeaerae, E., Pukkala E.
Incidence of leukemia and brain tumors in finnish workers exposed to ELF magnetic fields.
Int. Arch. Occup. Environ. Health 62 (1990) 289-293

Kato, M., Homma, K., Shigemitsu, T., Shiga, Y.
Horizontal or vertical 50 Hz, 1 μ T magnetic fields have no effect on pineal gland or plasma melatonin concentration of albino rats.
Neurosci. Lett. 168 (1994), 205-208

Kato, M., Honma, K. I., Shigemitsu, T., Shiga, Y.
Effects of exposure to a circular polarized 50-Hz magnetic field on plasma and pineal melatonin levels in rats.
Bioelectromagnetics 14 (1993) 97-106

- Kaune W. T., Feychting M., Ahlbom A., Ulrich R. M., Savitz D. A.
Temporal characteristics of transmission-line loadings in the Swedish childhood cancer study.
Bioelectromagnetics 19 (1998) 354-365
- Kelsh, M., A., Sahl, J., D.
Mortality among a cohort of electric utility workers, 1960 – 1991.
Am. J. Industr. Med. 31 (1997) 534-544
- Kerbacher J. J.
Influence of radiofrequency radiation on chromosome aberrations in CHO cells and its interaction with DNA-damaging agents.
Radiat Res. (1990) 311-319
- Kheifets, L. I., Abdelmonem, A. A., Buffler, P. A., Zhang, Z. W.
Occupational electric and magnetic field exposure and brain cancer: a meta-analysis.
JOEM. 37 (1995) 1327-1341
- Kheifets, L. I., Abdelmonem, A. A., Buffler, P. A., Zhang, Z. W., Matkin, C. C.
Occupational electric and magnetic field exposure and leukemia: a meta-analysis.
JOEM. 39 (1997) 1047-1091
- Kheifets, L. I., Kannvet, R., Sussman, S. S.
Wire codes, magnetic fields and childhood cancer.
Bioelectromagnetics 18 (1997) 99-110
- Kheifets, L. I., London, S. J., Peters, J. M.
Leukemia risk and occupational electric field exposure in Los Angeles county, California.
Am. J. Epidemiol. 146 (1997) 87-90
- Kittel, A., Siklos, L., Thuroczy, G., Somosy, Z.
Qualitative enzyme histochemistry and microanalysis reveals changes in ultrastructural distribution of calcium and calcium-activated ATPases after microwave irradiation of the medial habenula.
Acta Neuropathol. 92 (1996) 362-368
aus: Juutilainen 1998
- Kleinerman R. A., Kaune W. T., Hatch E. E., Wacholder S., Linet M. S., Robison L. L., Niwa S., Tarone R. E.
Are children living near high-voltage power lines at increased risk of acute lymphoblastic leukemia?
Am. J. Epidemiol. 151 (2000) 512-515
- Kliukiene J., Tynes T., Martinsen J. I., Blaasaas K. G., Andersen A.
Incidence of breast cancer in a Norwegian cohort of women with potential workplace exposure to 50 Hz magnetic fields.
Am. J. Ind. Med. 36 (1999) 147-154
- Knave, B.
Electric and magnetic fields and health outcomes - an overview.
Scan. J. Environ. Health 20 (1994) 78-89
- Korzhsleptova, I. L., Lindström, E., Mild, K. H., Berglund, A., Lundgren, E.
Low-frequency Mfs increased inositol 1,4,5-triphosphate levels in the Jurkat cell-line.
FEBS. lett. 359 (1995) 151-154
aus: Verschaeve 1998
- Krause, K. H.
The calcium signal and neutrophil activation.
Clin Biochem. (1990) 159-66

- Kraut, A., Tate, R., Tran, N.
Residential electric consumption and childhood cancer in Canada (1971-1986).
Archiv. Environ. Health 49 (1994) 156-159
- Kumlin, T., Kosma, V. M., Alhonen, L., Jänne, J., Komulainen, H., Lang, S., Rytömaa, T., Servomaa, K., Juutilainen, J.
Effects of 50 Hz magnetic fields on UV-induced skin tumorigenesis in ODC-transgenic and non-transgenic mice.
Int. J. Rad. Biol. (1997)
aus: Löscher 1998
- Lacy-Hulbert, A., Metcalfe, J. C., Hesketh, R.
Biological responses to electromagnetic fields.
FASEB. J. 12 (1998) 395-420
- Lai, H.
Research on the neurological effects of non-ionizing radiation at the University of Washington.
Bioelectromagnetics 13 (1992) 513-526
- Lai, H., Carino, M., Singh, N. P.
Naltrexone blocks RFR-induced double strand breaks in rat brain cells.
(1997) im Druck
aus: Verschaeve 1998
- Lai, H., Singh, N. P.
Acute low-intensity microwave exposure increases DNA single-strand breaks in rat brain cells.
Bioelectromagnetics 16 (1995) 207-210
- Lai, H., Singh, N. P.
Single- and double-strand DNA breaks in rat brain cells after acute exposure to radiofrequency electromagnetic radiation.
Int. J. Radiat. Biol. 69 (1996) 513-521
aus: Verschaeve 1998
- Li C. Y.
Residential exposure to 60-Hertz magnetic fields and adult cancers in Taiwan.
Epidemiology 8 (1993) 25-30
- Li, C.-Y., Thériault, G., Lin, R. S.
Residential Exposure to 60-Hz magnetic fields and adult cancers in Taiwan.
Epidemiology 8 (1997) 25-30
- Liburdy, R. P.
Calcium signaling in lymphocytes and ELF fields: Evidence for an electric field metric and a site of interaction involving the calcium ion channel.
FEBS Lett. 301 (1992) 53-59
- Liburdy, R. P.
Cellular interactions with electromagnetic fields: experimental evidence for field effects on signal transduction and cell proliferation.
In: Frey, A. H. (Hrsg.) On the nature of electromagnetic field interactions with biological systems. R. G. Landes, Austin, Texas, USA (1994), 99-126
aus: Löscher 1998
- Liburdy, R. P.
Cellular studies and interaction mechanisms of extremely low frequency fields.
Radio Sci. 30 (1995) 179-203

- Liburdy, R. P., Sloma, T. R., Sokolic, R., Yaswen, P.
 ELF magnetic fields, breast cancer and melatonin: 60 Hz fields block melatonin's oncostatic action on ER and breast cancer cell proliferation.
J. Pineal Res. 14 (1993) 89-97
 aus: Löscher 1998
- Lin, R. S., Dischinger, P. C., Conde, J., Farrell, K. P.
 Occupational Exposure to electromagnetic fields and the occurrence of brain tumors.
J. Occup. Med. 27 (1985) 413-419
- Lindström, E., Lindström, P., Berglund, A., Mild, K. H., Lundgren, E.
 Intracellular calcium oscillations induced in a T-cell line by a weak 50-Hz magnetic field.
J. Cell. Physiol. 156 (1993) 395-398
 aus: Verschaeve 1998
- Linnet, M. S., Hatch, E. E., Kleinerman, R. A., Robinson, L. L., Kaune, W. T., Friedman, D. R., Severson, R. K., Haines, C. M., Hartsock, C. T., Niwa, S., Wacholder, S., Tarone, R. E.
 Residential exposure to magnetic fields and acute lymphoblastic leukemia in children.
New Engl. J. Med. 337 (1997) 1-7
- Linnet, M. S., Malker, H. S., R., McLaughlin, J. K., Weiner, J. A., Blot, W. J., Ericsson, J. L. E., Fraumeni Jr. J. F.
 Non-Hodgkin's lymphoma and occupation in Sweden: a register-based analysis.
Br. J. Ind. Med. 50 (1993) 79-84
- Litovitz, T. A., Krause, D., Mullins, J. M.
 Effect of coherence time of the applied magnetic field on ornithine decarboxylase activity.
Biochem. Biophys. Res. Commun. 178 (1991) 862-865
 aus: Lacy-Hulbert 1998
- Litovitz, T. A., Krause, D., Penafiel, M., Elson, E. C., Mullins, J. M.
 The role of coherence time in the effect of microwaves on ornithine decarboxylase activity.
Bioelectromagnetics 14 (1993) 395-403
 aus: Juutilainen 1998
- Lloyd, D. C., Saunders, R. D., Fannon, P., Kowalczyk, C. I.
 No clastogenic effect from in vitro microwave radiation of G0 lymphocytes.
Int. J. Radia. Biol. 46 (1984) 135-141
 aus: Verschaeve 1998
- Lloyd, D. C., Saunders, R. D., Moquet, J. E., Kowalczyk, C., I.
 Absence of chromosomal damage in human lymphocytes exposed to microwave radiation with hyperthermia.
Bioelectromagnetics 7 (1986) 235-237
- London, S. J., Bowman, J. D., Sobel, E., Thomas, D. C., Garabrant, D. H., Pearce, N.
 Exposure to magnetic fields among electrical workers in relation to leukemia risk in Los Angeles County.
Am. J. Ind. Med. 26 (1994) 47-60
- London, S. J., Thomas, D. C., Bowman, J. D., Sobel, E., Cheng, T., Peters, J. M.
 Exposure to residential electric and magnetic fields and risk of childhood leukaemia.
Am. J. Epidemiol. 134 (1991) 923-37
- Loomis, D. P.
 Cancer of breast among men in electrical occupations.
Lancet 339 (1992) 1482-1483
- Loomis, D. P., Savitz, D. A., Ananth, C. V.
 Breast cancer mortality among female electrical workers in the United States.

- J. Natl. Cancer. Inst. 86 (1994), 921-925
- Loomis, D. P., Savitz, D. A.
Mortality from brain cancer and leukemia among electrical workers.
Br. J. Ind. Med. 47 (1990) 633-638
- Loomis, D., Kromhout, H., Kleckner, R. C., Savitz, D. A.
Effects of the analytical treatment of exposure data on associations of cancer and occupational magnetic field exposure.
Am. J. Ind. Med. 34 (1998) 49-56
- Löscher, W., Lipurdy, R. P.
Animal and cellular studies on carcinogenic effects of low frequency (50/60-Hz) magnetic fields.
Mutat. Res. 410 (1998) 185-220
- Löscher, W., Mevissen, M.
Animal studies on the role of 50/60-Hertz magnetic fields in carcinogenesis.
Life Sci. 54 (1994) 1531-1543
- Löscher, W., Mevissen, M.
Linear relationship between flux density and tumor co-promoting effect of prolonged magnetic field exposure in a breast cancer model.
Cancer Lett. 96 (1995) 175-180
- Löscher, W., Mevissen, M., Lehmacher, W., Stamm, A.
Tumor promotion in a breast cancer model by exposure to a weak alternating magnetic field.
Cancer Lett. 71 (1993) 75-81
- Mack, W., Preston-Martin, S., Peters, J. M.
Astrocytoma risk related to job exposure to electric and magnetic fields.
Bioelectromagnetics 12 (1991) 57-66
- Maes A.
Cytogenetic effects of 935.2-MHz (GSM) microwaves alone and in combination with mitomycin C.
Mutat Res. 393 (1997) 151-156
- Maes, A., Collier, M., Slaets, D., Verschaeve, L.
954 MHz microwaves enhance the mutagenic properties of mitomycin C.
Environ. Mol. Mutagen. 28 (1996) 26-30
aus: Verschaeve 1998
- Maes, A., Collier, M., Slaets, D., Verschaeve, L.
Cytogenetic effects of microwaves from mobile communication frequencies (954 Mhz).
Electro-Magnetobiol. 14 (1995) 91-98
aus: Verschaeve 1998
- Maes, A., Verschaeve, L., Arroyo, A., De Wagter, C., Vercruyssen, L.
In vitro cytogenetic effects of 2450 Mhz waves on human peripheral blood lymphocytes.
Bioelectromagnetics 14 (1993) 495-501
- Malyapa, R. S., Ahern, E. W., Straube, W. L., Moros, E. G., Pickard, W. F., Roti Roti J. L.
Measurement of DNA damage after exposure to electromagnetic radiation in the cellular phone communication frequency band (835.62 and 847.74 MHz).
Radiat. Res. 148 (1997) 618-627
- Manikowska, E., Luciani, J. M., Servantie, B., Czerski, P., Obrenovitch, J., Stahl, A.
Effects of 9,4 GHz microwave exposure on meiosis.

Experienta 35 (1979) 388-390
aus: Verschaeve 1998

Marino, C., Antonini, F., Avella, B., Galloni, L., Scacchi, P.
50 Hz magnetic field effects on tumoral growth in in vivo systems.
In: Seventeenth annual BEMS meeting, Boston, Massachusetts, USA. Abstract book, 171-172
aus: Löscher 1998

Markov, M. S., Wang, S., Pilla, A. A.
Effects of weak low frequency sinusoidal and DC magnetic fields on myosin phosphorylation in a cell free system.
Bioelectrochem. Bioenerg. 30 (1993) 119-126

Markov, S. M.
Biophysical estimation of the environmental importance of electromagnetic fields
Rev. Environ. Hlth. 10 (1994) 75-83

Matanoski, G. M., Breyse, P. N., Elliot, E. A.
Electromagnetic field exposure and male breast cancer.
Lancet 337 (1991) 737

Matanoski, G. M., Elliot, E. A., Breyse, P. N., Lynberg, M. C.
Leukemia in telephone linemen.
Am. J. Epidemiol. 137 (1993) 609-619

McBride M. L.
Childhood cancer and environmental contaminants.
Can. J. Public Health 89 Suppl. 1 (1998) 53-62

McBride M. L., Gallagher R. P., Theriault G., Armstrong B. G., Tamaro S., Spinelli J. J., Deadman J. E.,
Fincham S., Robson D., Choi W.
Power-frequency electric and magnetic fields and risk of childhood leukemia in Canada.
Am. J. Epidemiol. 149 (1999) 831-842

McCann, J., Dietrich, F., Rafferty, C., Martin, A. O.
A critical review of the genotoxic potential of electric and magnetic fields.
Mutat. Res. 297 (1993) 61-95

McCormick, D. L., Ryan, B. M., Findlay, J. C., Boorman, G. A.
Exposure to 60 Hz magnetic fields and lymphoma development in PIM transgenic mice.
In: The annual review of research on biological effects of electric and magnetic fields from the generation, delivery
and use of electricity.
Albuquerque, New Mexico, USA, Project abstracts, 44-45 (1994).
Aus Löscher 1998

McLean J.
A 60-Hz magnetic field increases the incidence of squamous cell carcinomas in mice previously exposed to chemical
carcinogens.
Cancer Lett. 92 (1995) 121-125

McLean, J. R. N., Stuchly, M. A., Mitchel, R. E. J., Wilkinson, D., Yang, H., Goddard, M., Lecyuer, D. W., Schunk,
M., Callary, E., Morrison, D.
Cancer promotion in a mouse-skin model by a 60-Hz magnetic field: II. Tumor development and immune response.
Bioelectromagnetics 12 (1991) 273-287

McLean, J. R., N., Thansandote, A., Lecyuer, D., Goddard, M.
The effect of 60-Hz magnetic fields on co-promotion of chemically induced skin tumors on SENCAR mice: A
discussion of three studies.

Environ. Health Perspect. 105 (1997) 94-96

McRee, D. I., MacNichols, G., Livingston, G. K.

Incidence of sister chromatid exchange in bone marrow cells of the mouse following microwave exposure.
Radiat. res. 85 (1981) 340-348

Meinert, R., Michaelis, J.

Meta-analyses of studies on the association between electromagnetic fields and childhood cancer.
Radiat. Environ. Biophys. 35 (1996) 11-18

Meltz, M. L.

Absence of mutagenic interaction between microwaves and mitomycin C in mammalian cells.
Environ Mol Mutagen. 13 (1989) 294-303

Meltz, M. L.

Proflavin and microwave radiation: absence of a mutagenic interaction.
Bioelectromagnetics 11 (1990) 149-157

Meltz, M. L.

Radiofrequency (microwave) radiation exposure of mammalian cells during UV-induced DNA repair synthesis.
Radiat Res. 110 (1987) 255-266

Merrit, J. H., Shelton, W. W., Chamness, A. F.

Attempts to alter $Ca^{45^{2+}}$ binding to brain tissue with pulse-modulated microwave energy.
Bioelectromagnetics 3 (1982) 457-478

Mevissen, M., Buntenkötter, S., Löscher, W.

Effect of static and time-varying (50 Hz) magnetic fields on reproduction and fetal development in rats.
Teratology 50 (1994) 349-361

Mevissen, M., Kietzmann, M., Löscher, W.

In vivo exposure of rats to a weak alternating magnetic field increases ornithine decarboxylase activity in the mammary gland by a similar extent as the carcinogen DMBA.
Cancer Lett. 90 (1995) 207-214

Mevissen, M., Lerchl, A., Szamel, M., Löscher, W.

Exposure of DMBA-treated female rats in a 50-Hz, 50 microTesla magnetic field: effects on mammary tumor growth, melatonin levels, and T-lymphocyte activation.
Carcinogenesis 17 (1996) 903-910

Mevissen, M., Stamm, A., Buntenkötter, S., Zwingelberg, R., Wahnschaffe, U., Löscher, W.

Effects of magnetic fields on mammary tumor development induced by 7,12-dimethylbenz(a)-anthracene in rats.
Bioelectromagnetics 14 (1993), 131-143

Michaelis, J., Schütz, J., Meinert, R., Menger, M., Grigat, J. P., Kaatsch, P., Kaletsch, U., Miesner, A., Stamm, A., Brinkmann, K., Kärner, H.

Childhood leukemia and electromagnetic fields: results of a population-based case-control study in Germany.
Cancer Causes Control 8 (1997), 167-174

Michaelis, J., Schütz, J., Meinert, R., Zemmann, E., Grigat, J. P., Kaatsch, P., Kaletsch, U., Miesner, A., Stamm, A., Brinkmann, K., Kalkner, W., Kärner, H.

Combined risk estimates for two German population-based case-control studies on residential magnetic fields and childhood acute leukemia.
Epidemiology 9 (1998) 92-94

Mikhail, E. L., Fam, W. Z.

Incidence of Lymphoma in CFW mice exposed to low frequency electro-magnetic fields.

In: Blank, M. (Hrsg.) Electricity and Magnetism in Biology and Medicine.
San Francisco, San Francisco Press, 389-392
aus: Löscher 1998

Mikorey-Lechner, S., Johann, S., Blumel, G., Kraus, W.
Effect of low frequency elektromagnetic fields on a breast cancer cell line incubated with various cytostatic agents.
In: Blank, M. (Hrsg.), Electricity and magnetism in biology and medicine.
San Francisco Press, San Francisco (1993) 382-388.
Aus: Löscher 1998

Milham S.
Comment: "Accuracy of industry and occupation on death certificates of electric utility workers: implications for epidemiologic studies of magnetic fields and cancer" by Kurtis W. Andrews and David Savitz,
Bioelectromagnetics 20 (1999) 512-518
Bioelectromagnetics 21 (2000) 411

Milham, S.
Mortality in aluminium reduction plant workers.
J. Occup. Med. 21 (1979) 475-480

Milham, S.
Mortality in workers exposed to electromagnetic fields.
Env. Health Persp. 62 (1985) 297-300

Miller, A. B., To, T., Agnew, D. A., Wall, C., Green, L. M.
Leukemia following occupational exposure to 60-Hz electric and magnetic fields among Ontario electric utility workers.
Am. J. Epidemiol. 144 (1996) 150-160

Miller, M. A., Murphy, J. R., Miller, T. I., Ruttenber, A. J.
Variation in cancer risk estimates for exposure to powerline frequency electromagnetic fields: a metaanalysis comparing emf measurement methods.
Risk Anal. 15 (1995) 281-287

Mnaimneh, S., Bizri, M., Veyret, B.
No effect of exposure to static and sinusoidal magnetic fields on nitric oxide production by macrophages.
Bioelectromagnetics 17 (1996) 519-521

Murphy, J. C., Kaden, D. A., Warren, J., Sivak, A.
Power frequency electric and magnetic fields: a review of genetic toxicology.
Mutat. Res. 243 (1990) 87-93

Myers, A., Clayden, A. D., Cartwright, R. A., Cartwright, S. C.
Childhood cancer and overhead power lines: a case-control study.
Br. J. Cancer (1990) 1008-1014

Nafziger, J., Desjobert, H., Benamar, B., Guillosson, J. J., Adolphe, M.
DNA mutations and 50 Hz electromagnetic fields.
Bioelectrochem. Bioenerget. 30 (1993) 133-141
aus: Lacy-Hulbert 1998

Nasca, P. C., Baptiste, M. S., MacCubbin, P. A., Metzger, B. B., Carlton, K., Greenwald, P., Armbrustmacher, V. W., Earle, K. M., Waldmann, J.
An epidemiologic case-control study of central nervous system tumors in children and parental occupation exposures.
Am. J. Epidemiol. 128 (1988) 1256 - 1265

- Nelemans, P. J., Scholte, R., Groenendal, H., Kiemeny, L. A. L. M., Rampen, F. H. J., Ruiters, D. J., Verbeek, A. L. M.
Melanoma and occupation: results of a case-control study in the Netherlands.
Br. J. Ind. Med. 50 (1993) 642-646
- NIEHS (National Institute Environmental Health Sciences)
EMF – working group: final summary and evaluation.
(1998, im Druck) <http://www.niehs.nih.gov/emfrapid/html/WGReport/Chapter5.html>
- Nowak D., Jorres R., Berger J., Claussen M., Magnussen H.
Airway responsiveness to sulfur dioxide in an adult population sample.
Am. J. Respir. Crit. Care Med. 156 (1997) 1151-1156
- Nowak D., Jorres R., Magnussen H.
Influence of exercise-induced bronchoconstriction on refractoriness.
Lung (1992) 75-84
- Nowak D., Jorres R., Martinez-Muller L., Grimminger F., Seeger W., Koops F., Magnussen H.
Effect of 3 hours of passive smoke exposure in the evening on inflammatory markers in bronchoalveolar and nasal lavage fluid in subjects with mild asthma.
Int. Arch. Occup. Environ. Health (1997) 85-93
- NRPB (National radiological protection board)
Electromagnetic fields and the risk of cancer: report of an advisory group on non-ionising radiation.
Doc. NRPB 3 (1992) 1-138
aus: Lacy-Hulbert 1998
- Olcese, J., Reuss, S.
Magnetic field effects on pineal gland melatonin synthesis: comparative studies on albino and pigmented rodents.
Brain Res. 369 (1986) 365-358
- Olsen, J. H., Nielsen, A., Schulgen, G.
Residence near high-voltage facilities and risk of cancer in children.
B.M.J. 307 (1993) 891-895
- Olsen, J. H., Nully Brown, P., Schulgen, G., Möller Jensen, O.
Parental employment at time of conception and risk of cancer in offspring.
Eur. J. Cancer. 27 (1991) 958-965
- Olshan A. F., De Roos A. J., Teschke K., Neglia J. P., Stram D. O., Pollock B. H., Castleberry R. P.
Neuroblastoma and parental occupation.
Cancer Causes Control 10 (1999) 539-549.
- Parkinson, W. C., Hanks, C. T.
Search for cyclotron resonance in cells in vitro.
Bioelectromagnetics 10 (1989) 129-145
- Penafiel, M. L., Litovitz, T., Krause, D., Desta, A., Mullins, J. M.
Role of modulation on the effect of microwaves on ornithine decarboxylase activity in L929 cells.
Bioelectromagnetics 18 (1997) 132-141.
- Petralia S. A., Chow W. H., McLaughlin J., Jin F., Gao Y. T., Dosemeci M.
Occupational risk factors for breast cancer among women in Shanghai.
Am. J. Ind. Med. 34 (1998) 477-483
- Petralia S. A., Chow W. H., McLaughlin J., Jin F., Gao Y. T., Dosemeci M.
Occupational risk factors for breast cancer among women in Shanghai.

Am. J. Ind. Med. 34 (1998) 477-483

Petridou, E., Trichopoulos, D., Kravaritis, A., Pourtsidis, A., Dessypris, N., Skalkidis, Y., Kogevinas, M., Kalmanti, M., Kolioukas, D., Kosmidis, H., Panagiotou, J. P., Piperopoulo, F., Tzortzatou, F., Kalapothaki, V.
Electrical power lines and childhood leukemia: a study from Greece
Int. J. Cancer 73 (1997) 345-348

Phillips, J. L., McChesney, L.
Effect of 72 Hz pulsed magnetic field exposure on macromolecular synthesis in CCRF-CEM cells.
Cancer Biochem. Biophys. 12 (1991) 1-7
aus: Lacy-Hulbert 1998

Pollan, M., Gustavson, P.
High-risk occupations for breast cancer in the Swedish female working population.
Am. J. Public Health 89 (1999) 875-881

Preece A. W., Hand J. W., Clarke R. N., Stewart A.
Power frequency electromagnetic fields and health. Where's the evidence?
Phys. Med. Biol. 45 (2000) 139-154

Preston-Martin, Gurney, J. G., Pogoda, J. M., Holly, E. A., Mueller, B. A.
Brain tumor risk in children in relation to use of electric blankets and water bed heaters (results from the United States west coast childhood brain tumor study).
Am. J. Epidemiol. 143 (1996) 1116-1122

Preston-Martin, S., Lewis, S., Winkelman, R., Borman, B., Auld, J., Pearce, N.
Descriptive epidemiology of primary cancer of the brain, cranial nerves, and cranial meninges in New Zealand, 1948-1988.
Cancer Causes Control 4 (1993), 529-538

Preston-Martin, S., Navidi, W., Thomas, D., Lee, P.-L., Bowman, J., Pogoda, J.
Los Angeles Study of residential magnetic fields and childhood brain tumors.
Am. J. Epidemiol. 143 (1996) 105-119

Radon, K., Rose, D.-M., Jung, D., Parera, D., Konietzko, J., Vollrath, L.
Wirkung von D-Netz-Mobiltelefonen auf die Melatoninausschüttung und die Produktion von Markern des Immunsystems beim Menschen.
Dokumentationsband zur 38. Jahrestagung der DGAUM
(im Druck)

Rannug, A., Ekström, T., Hansson Mild, K., Holmberg, B., Gimenez-Conti, I., Slaga, T., J.
A study on skin tumour formation in mice with 50 Hz magnetic field exposure.
Carcinogenesis 14 (1993) 573-578

Rannug, A., Holmberg, B., Ekstrom, T., Mild, K. H.
Rat liver foci study on coexposure with 50 Hz magnetic fields and known carcinogens.
Bioelectromagnetics 14 (1993), 17-27

Rannug, A., Holmberg, B., Ekström, T., Mild, K. H., Gimenez-Conti, I., Slaga, T. J.
Intermittent 50 Hz magnetic field and skin tumour promotion in SENCAR mice.
Carcinogenesis 15 (1994) 153-157

Reif, S. R., Lower, K. S., Ogilvie, G. K.
Residential exposure to magnetic fields and risk of canine lymphoma.
Am. J. Epidemiol. 141 (1995) 352-359

- Reißenweber, J., David, E., Fachner, J.
Elektrische und magnetische Felder und ihre biologischen Wirkungen im Nieder- und Hochfrequenzbereich.
Zbl. Arbeitsmed. 46 (1996) 206-219
- Reiter, R. J., Anderson, L. E., Buschbom, R. L., Wilson, B. W.
Reduction of the nocturnal rise in pineal melatonin levels in rats exposed to 60-Hz electric fields in utero and for 23 days after birth
Life Sci. 42 (1988) 2203-2206
- Reiter, R. J., Poeggeler, B., Tan, D.-X., Chen, L. D.
Melatonin suppression by magnetic fields and the relation to cancer: a theoretical hypothesis to explain the interactions.
In: Project abstracts from the annual review of research on biological effects of electric and magnetic fields from the generation, delivery and use of electricity, Savannah, Georgia.
US Department of Energy and US Electrical Power Research Institute 1993 99-100
- Repacholi M. H., Greenebaum B.
Interaction of static and extremely low frequency electric and magnetic fields with living systems: health effects and research needs.
Bioelectromagnetics 20 (1999) 133-160
- Repacholi, M. H.
Low-level exposure to radiofrequency electromagnetic fields: health effects and research needs.
Bioelectromagnetics 19 (1998) 1-18
- Repacholi, M. H.
Radiofrequency field exposure and cancer: what do the laboratory studies suggest?
Environ. Health. Perspect. 105 (1997a Suppl 6) 1565-1568
- Repacholi, M. H., Basten, A., Gebski, V.
Lymphomas in $E\mu$ -*Pim1* transgenic mice exposed to pulsed 900 Mhz electromagnetic fields.
Radiat. Res. 147 (1997b) 631-640
- Richardson, S., Zittoun, R., Bastuji-Garin, S., Lasserre, V., Guihenneuc, C., Cadiuo, M., Viguie, F., Laffont-Faust, I.
Occupational risk factors for acute leukemia: A case-control study.
Int. J. Epidemiol. 21 (1992) 1063-1073
- Robinson, C. F., Lalich, N. R., Burnett, C. A., Sestito, J. P., Frazier, T. M., Fine, L. J.
Electromagnetic field exposure and leukemia mortality in the United States.
J. Occup. Med. 33 (1991) 160-162
- Rosenbaum, P. F., Vena, J. E., Zielezny, M. A., Michalek A. M.
Occupational exposures associated with male breast cancer.
Am. J. Epidemiol. 139 (1994) 30-36
- Rosenthal, M., Obe, G.
Effects of 50-Hz electromagnetic fields on Proliferation and on chromosomal alterations in human peripheral lymphocytes untreated or pretreated with chemical mutagens.
Mutation Res. 210 (1989) 329-335
- Roszkowski, W., Wrembel, J. K., Roszkowski, K., Janiak, M., Szmigielski, S.
Does whole-body hyperthermia therapy involve participation of the immune system?
Int. J. Cancer 25 (1980) 289-292
- Rothman, K. J., Chou, C. K., Morgan, R., Balzano, Q., Guy, A. W., Funch, D. P., Preston-Martin, S., Mandel, J., Steffens, R., Carlo, G.
Assessment of cellular telephone and other radio-frequency exposure for epidemiologic research.

Epidemiology 7 (1996) 291-298

Rothman, K. J., Loughlin, J. E., Funch, D. P., Dreyer, N. A.
Overall mortality of cellular telephone customers.
Epidemiology 7 (1996) 303-305

Rothman, K. J., Loughlin, J. E., Funch, D. P., Dreyer, N. A.
Utility of telephone company records for epidemiological studies of cellular telephones.
Epidemiology 7 (1996) 299-302

Roy, S., Noda, Y., Eckert, V., Traber, M. G., Mori, A., Liburdy, R., Packer, L.
The phorbol 12-myristate 13-acetate (PMA)-induced oxidative burst in rat peritoneal neutrophils is increased by a 0,1 mT (60 Hz) magnetic field.
FEBS. Lett. 376 (1995) 164-166
aus: Lacy-Hulbert 1998

Rutter T.
Electromagnetic fields may be carcinogenic.
B. M. J. 317 (1998) 12

Saalman, E., Önfelt, A., Gillstedt-Hedman, B.
Lack of c-mitotic effects in V79 chinese hamster cells exposed to 50 Hz magnetic fields.
Bioelectrochem. Bioenerg. 26 (1991) 335-338

Sahl, J. D., Kelsh, M. A., Greenland, S.
Cohort and nested case-control studies of hematopoietic cancers and brain cancer among electric utility workers.
Epidemiology 4 (1993) 104-114

Salford, L. G., Brun, A., Persson, B. R. R., Eberhardt, J.
Experimental studies on brain tumor development during exposure to continuous and pulsed 915 MHz radiofrequency radiation.
Bioelectrochem. Bioenerget. 30 (1993) 313-318
aus: Verschaeve 1998

Santini, R., Honsi, M., Deschaux, P., Pacheco, H.
B16 melanoma development in black mice exposed to low-level microwave radiation.
Bioelectromagnetics 9 (1988) 105-107

Sarkar, S., Ali, S., Behari, J.
Effect of low power microwave on the mouse genome: A direct DNA analysis.
Mutat. Res. 320 (1994) 141-147

Sasser, L. B., Morris, J. E., Miller, D. L., Rafferty, C. N., Ebi, K. L., Anderson, L. E.
Exposure to 60 Hz magnetic fields does not alter clinical progression of LGL leukemia in Fisher rats.
Carcinogenesis 17 (1996) 2681-2687
aus: Löscher 1998

Savitz D. A., Kaune W. T.
Childhood cancer in relation to a modified residential wire code.
Environ health Perspect 101 (1993) 76-80

Savitz, D. A., Dufort, V., Armstrong, B., Thériault, G.
Lung cancer in relation to employment in the electrical utility industry and exposure to magnetic fields.
Occup. Environ. Med. 54 (1997) 396-402

Savitz, D. A., John, E. M., Kleckner, R. C.
Magnetic field exposure from electric appliances and childhood cancer.

Am. J. Epidemiol. 131 (1990) 763-773

Savitz, D. A., Loomis, D. P.

Magnetic field exposure in relation to leukemia and brain cancer mortality among electric utility workers.

Am. J. Epidemiol 141 (1995) 123-134

Savitz, D. A., Wachtel, H., Barnes, F. A., John, E. M., Tvrdek, J. G.

Case-control Study of childhood cancer and exposure to 60 Hz-magnetic fields.

Am J Epidemiol 128 (1988) 21-38

Scherr, P. A., Hutchison, G. B., Neiman, R. S.

Non-Hodgkin's lymphoma and occupational exposure.

Cancer. Res. 52 (1992) 5503s-5509s

Schreiber, G. H., Swaen, G. M. H., Meijers, J. M. M., Slangen, J. M. M., Sturmans, F.

Cancer mortality and residence near electricity transmission equipment: a retrospective cohort study.

Int. J. Epidemiol. 22 (1993) 9-15

Schulz, O., Brix, J., Vogel, E., Bernhardt, J. H.

Niederfrequente elektrische und magnetische Felder als Umweltfaktoren: Epidemiologische Untersuchungen

Bundesamt für Strahlenschutz ISH 181/98

Seldén, A. I., Westberg, H. B., Axelson, O.

Cancer Morbidity in workers at aluminium foundries and secondary aluminium smelters.

Am. J. Ind. Med. 32 (1997) 467-477

Semm, P., Schneider, T., Vollrath, L.

Effects of an earth-strength magnetic field on electrical activity of pineal cells.

Nature 288 (1980) 607-608

Severson, R. K., Stevens, R. G., Kaune, W. T., Thomas, D. B., Heuser, L., Davis, S.

Acute nonlymphocytic leukemia and residential exposure to power frequency magnetic fields.

Am. J. Epidemiol. 128 (1988) 10-20

Shelton, W. W., Merrit, J. H.

In vitro study of microwave effects on calcium efflux in rat brain tissue.

Bioelectromagnetics 2 (1981) 161-167

Shen, Y., H., Shao, B. J., Chiang, H., Fu, Y. D., Yu, M.

The effects of 50 Hz magnetic field exposure on dimethylbenz(a)anthracene induced thymic lymphoma/leukemia in mice.

Bioelectromagnetics 18 (1997) 360-364

Shore, R. E.

Electromagnetic radiations and cancer. Cause and prevention.

Cancer 62 (1988) 1747-1754

Simkó, M., Kriehuber, R., Weiss, D. G., Luben, R. A.

Effects of 50-Hz EMF exposure on micronucleus formation and apoptosis in transformed and nontransformed human cell lines.

Bioelectromagnetics 19 (1998) 85-91

Simonato, L., Fletcher, A. C., Andersen, A., Anderson, K., Becker, N., Chang-Claude, J., Ferro, G., Gérin, M., Gray, C. N., Hansen, K. S., Kalliomäki, P.-L., Kurppa, K., Långard, S., Merlò, F., Moulin, J. J., Newhouse, M. L., Peto, J., Pukkala, E., Sjögren, B., Wild, P., Winkelmann, R., Saracci, R.

A historical prospective study of European stainless steel, mild steel, and shipyard welders.

Br. J. Ind. Med. 48 (1991) 145-154

Smulevich V. B., Solionova L. G., Belyakova S. V.

Parental occupation and other factors and cancer risk in children: II. Occupational factors.

Int. J. Cancer 83 (1999) 718-722

Sokejima, S., Kagamimori, S., Tatsumura, T.

Electric power consumption and leukemia death rate in Japan.

Lancet 348 (1996) 821-822

Sorahan T., Hamilton L., Gardiner K., Hodgson J. T., Harrington J. M.

Maternal occupational exposure to electromagnetic fields before, during, and after pregnancy in relation to risks of childhood cancers: findings from the Oxford Survey of Childhood Cancers, 1953-1981 deaths.

Am. J. Ind. Med. 35 (2000) 348-357

Sorahan T., Hamilton L., Gardiner K., Hodgson J. T., Harrington J. M.

Maternal occupational exposure to electromagnetic fields before, during, and after pregnancy in relation to risks of childhood cancers: findings from the Oxford Survey of Childhood Cancers, 1953-1981 deaths.

Am. J. Ind. Med. 35 (1999) 348-357

Spinelli, J. J., Band, P. R., Svirchev, L. M., Gallagher, R. P.

Mortality and cancer incidence in aluminium reduction plant workers.

J. Occup. Med. 33 (1991) 1150-1155

Spitz, M. R., Johnson, C. C.

Neuroblastoma and parental occupation: A case-control analysis.

Am. J. Epidemiol. 121 (1985) 924-929

Stehle J., Reuss, S., Schröder, H., Henschel, M., Vollrath, L.

Magnetic field effects on pineal *N*-acetyltransferase activity and melatonin content in the gerbil - role of pigmentation and sex.

Physiol. Behav. 44 (1988) 91-94

Stenlund, C., Floderus, B.

Occupational exposure to magnetic fields in relation to male breast cancer and testicular cancer: a Swedish case-control study.

Cancer Causes and Control 8 (1997) 184-191

Stepansky R., Jahn O., Windischbauer G., Zeitlhofer J.

Elektromagnetische Felder – Auswirkungen auf die Gesundheit.

Acta Med. Austriaca 27 (2000) 69-77

Stevens, R. G.

Electric power use and breast cancer: A hypothesis.

Am. J. Epidemiol. 125 (1987) 556-561

Stevens, R. G.

Re: „Risk of premenopausal breast cancer and use of electric blankets“ (Letter).

Am. J. Epidemiol. 142 (1995) 446

Stevens, R. G., Davis, S.

The melatonin hypothesis: electric power and breast cancer.

Environ. Health Perspect. 104 (1996) 135-140

Stevens, R. G., Davis, S., Thomas D. B., Anderson, L. E., Wilson, B. W.

Electric Power, pineal function, and risk of breast cancer

FASEB J. 6 (1992) 853-860

Stuchly, M. A., McLean, J. R. N., Burnett, R., Goddard, M., Lecuyer, D. W., Mitchel, R. E. J.
Modification of tumor promotion in the mouse skin by exposure to an alternating magnetic field.
Cancer lett. 65 (1992) 1-7

Szmigielski, S.
Cancer morbidity in subjects occupationally exposed to high frequency (radiofrequency and microwave)
electromagnetic radiation.
Sci. Total Environ. 180 (1996) 9-17

Szmigielski, S., Szudzinski, A., Pietraszek, M., Bielec, M., Wrembel, J. K.
Accelerated development of spontaneous and benzopyrene-induced skin cancer in mice exposed to 2450 MHz
microwavr radiation.
Bioelectromagnetics 3 (1982) 179-191

Tabrah, F. L., Mower, H. F., Batkin, S., Greenwood, P. B.
Enhanced mutagenic effect of a 60 Hz time-varying magnetic field on numbers of azide-induced TA100 revertant
colonies.
Bioelectromagnetics 15 (1994) 85-93

Tarone, R. E., Kaune, W. T., Linet, M. S., Hatch, E. E., Kleinerman, R. A., Robison, L. L., Boice, J. D., Wacholder, S.
Residential wire codes: reproducibility and relation with measured magnetic fields.
Occup. Environ. Med. 55 (1998) 333-339

Thériault, G.
Electromagnetic fields and cancer risks
Rev. Epidem. Et Santé Publ. 40 (1992) 55-62

Thériault, G., Goldberg, M., Miller, A. B.
Cancer risks associated with occupational exposure to magnetic fields among electric utility workers in Ontario and
Quebec, Canada, and France: 1970-89.
Am. J. Epidemiol. 139 (1994) 550-572.

Thomas D. C., Bowman J. D., Jiang L., Jiang F., Peters J. M.
Residential magnetic fields predicted from wiring configurations: II. Relationships To childhood leukemia.
Bioelectromagnetics 20 (1999) 414-422

Thompson, R. A. E., Michaelson, S. M., Nguyen, Q. A.
Influence og 60-Hz magnetic fields on leukemia.
Bioelectromagnetics 9 (1988) 149-158

Tofani S.
Spectral analysis of magnetic fields from domestic appliances and corresponding induced current densities in an
anatomically based model of the human head.
Bioelectromagnetics 16 (1995) 356-64

Tofani, S., Ferrara, A., Anglesio, L., Gilli, G.
Evidence for genotoxic effects of resonant ELF magneic fields.
Bioelectrochem. Bioenerg. 36 (1995) 1-8

Tomenius, L.
50-Hz electromagnetic environments and the incidence of childhood tumors in Stockholm county.
Bioelectromagnetics 7 (1986) 191-207

Törnquist, S., Knave, B., Ahlbom, A., Persson, T.
Incidence of leukemia and brain tumors in some “electrical occupations”.

Br. J. Ind. Med. 48 (1991) 597-603

Trichopoulos D.

Are electric or magnetic fields affecting the mortality from breast cancer in women?

J. Natl. Cancer. Inst. 86 (1994) 885-886

Tynes, T., Andersen, A.

Electromagnetic fields and male breast cancer.

Lancet 336 (1990) 1596

Tynes, T., Andersen, A., Langmark, F.

Incidence of cancer in Norwegian workers potentially exposed to electromagnetic fields.

Am. J. Epidemiol. 136 (1992) 81-88

Tynes, T., Haldorsen, T.

Electromagnetic fields and cancer residing near Norwegian high-voltage power-lines.

Am. J. Epidemiol. 145 (1997) 219-226

Tynes, T., Reitan, J. B., Andersen, A.

Incidence of cancer among workers in Norwegian hydroelectric power companies.

Scand. J. Work Environ. Health 20 (1994) 339-344

Uckun, F. M., Kurosaki, T. Jin, J., Jun, X., Morgan, A., Takata, M., Bolen, J., Luben, R.

Exposure of B-lineage lymphoid cells to low energy electromagnetic fields stimulates Lyn kinase.

J. Biol. Chem. 270 (1995) 27666-27670

aus: Lacy-Hulbert 1998

Valjus, J.

Health risks of electric and magnetic fields caused by high-voltage systems in Finland.

Scand. J. Work Environ. Health 22 (1996) 85-93

Valjus, J., Hongisto, M., Verkasalo, P., Jarvinen, P., Heikkila, K., Koskenvuo, M.

Residential exposure to magnetic fields generated by 110-400 kV power lines in Finland.

Bioelectromagnetics 16 (1995) 365-376

Vena, J. E., Freudenheim, J. L., Marshall, J. R., Laughlin, R., Swanson, M., Graham, S.

Risk of pre-menopausal breast cancer and use of electric blankets.

Am. J. Epidemiol. 140 (1994) 974-979

Vena, J. E., Graham, S., Hellman, R., Swanson, M., Brasure, J.

Use of electric blankets and risk of post-menopausal breast cancer

Am. J. Epidemiol. 134 (1991) 180-185

Vena, J. E., Marshall, J. R., Freudenheim, J. L., Swanson, M., Graham, S.

Electric blankets and breast cancer: Response to a letter to the editor.

Am. J. Epidemiol. 142 (1995) 446-447

Verkasalo, P. K.

Magnetic fields and leukemia - risk for adults living close to power lines.

Scand. J. Work Environ. Health 22 (1996) 1-56

Verkasalo, P. K., Pukkala, E., Hongisto, M. Y., Valjus, J. E., Gerrit, J.

Risk of cancer in Finnish children living close to power lines.

B.M.J. 307 (1993) 895-899

Verkasalo, P. K., Pukkala, E., Kaprio, J., Heikkila, K. V., Koskenvuo, M.

Magnetic fields of high voltage power lines and risk of cancer in Finnish adults: nationwide cohort study.

B.M.J. 313 (1996) 1047-1051

Verreault, R., Weiss, N. S., Hollenbach, K. A., Strader C. H., Daling, J. R.
Use of electric blankets and risk of testicular cancer.
Am. J. Epidemiol. 131 (1990) 759-762

Verschaeve, L., Maes, A.
Genetic, carcinogenic and teratogenic effects of radiofrequency fields.
Mutat. Res. 410 (1998) 141-165

Vijayalaxmi, D. Z., Frei, M. R., Dusch, S. J., Guel, V., Meltz, M. L., Jauchem, J. R.
Frequency of micronuclei in the peripheral blood and bone marrow of cancer-prone mice chronically exposed to 2450 MHz radiofrequency radiation.
Radiat. Res. 147 (1997) 495-500

Villeneuve P. J., Agnew D. A., Corey P. N., Miller A. B.
Alternate indices of electric and magnetic field exposures among Ontario electrical utility workers.
Bioelectromagnetics 19 (1998) 140-151

Villeneuve P. J., Agnew D. A., Miller A. B., Corey P. N., Purdham J. T.
Leukemia in electric utility workers: the evaluation of alternative indices of exposure to 60 Hz electric and magnetic fields.
Am. J. Ind. Med. 37 (2000) 607-617

Walleczek, J., Liburdy, R. P.
Nonthermal 60 Hz sinusoidal magnetic-field exposure enhances 45-Ca^{2+} uptake in rat thymocytes: dependence on mitogen activation.
FEBS. Lett. 271 (1990) 157-160
aus: Verschaeve 1998

Wartenberg D.
Residential magnetic fields and childhood leukemia: a meta-analysis.
Am. J. Public Health 12 (1998) 1787-1794.

Wartenberg, D.
EMFs - Cutting through the controversy.
Publ. Hlth. Rep. 111 (1996) 204-217

Washburn, E. P., Orza, M. J., Berlin, J. A., Nicholson, W. J., Todd, A. C., Frumkin, H., Chalmer, T. C.
Residential proximity to electricity transmission and distribution equipment and risk of childhood leukemia, childhood lymphoma and childhood nervous system tumors: systemic review, evaluation, and meta-analysis.
Cancer Causes Control 5 (1994) 299-309

Welker, H. A., Semm, P., Willig, R. P., Commentz, J. C., Wiltshko, W., Vollrath, L.
Effects of an artificial magnetic field on serotonin *N*-acetyltransferase activity and melatonin content of the rat pineal gland.
Exp. Brain Res. 50 (1983) 426-432

Wertheimer N., Leeper E.
Electrical wiring configurations and childhood cancer.
Am. J. Epidemiol. 109 (1979) 273-284

Wertheimer, N., Leeper, E.
Bias in studies of electromagnetic fields.
J. Clin. Epidemiol. 47 (1994) 1081-1083

- Wertheimer, N., Savitz, D. A., Leeper, E.
Childhood cancer in relation to indicators of magnetic fields from ground current sources.
Bioelectromagnetics 16 (1995) 86-96
- Wilkins, J. R., Hundley, V. D.,
Paternal occupational exposures to electromagnetic fields and neuroblastoma in offspring.
Am. J. Epidemiol. 131 (1990) 995-1008
- Wilkins, J. R., Sinks, T.
Paternal occupation and intracranial neoplasms of childhood: results of a case-control interview-study.
Am. J. Epidemiol. 132 (1990) 275-292
- Wilkins, J. R., Wellage, L. C.
Brain tumor risk in offspring of men occupationally exposed to electric and magnetic fields.
Scand. J. Work. Environ. Health 22 (1996) 339-345
- Wilson, B. W., Anderson, L. E., Hilton, D. I., Phillips R. D.
Chronic exposure to 60 Hz electric fields: effects on pineal function in the rat,
Bioelectromagnetics 2 (1981) 371-380
- Wilson, B. W., Wright, C. W., Morris, J. E., Buschbom, R. L., Broy, D. P., Miller, D. L.
Evidence for an effect of ELF electromagnetic fields on human pineal gland function.
Pineal Res. 9 (1990) 259-269
aus: Burch 1998
- Wood, A. W., Lubinas, V., Joyner, K. H., Hocking, B. A.
Calcium efflux from toad heart: a replication study.
In Blank, M. (Hrsg.) *Electricity and Magnetism in Biology and Medicine*.
San Francisco. San Francisco Press, 482-484 (1993)
aus: Repacholi 1998
- Wu, R. Y., Chiang, H., Shao, B. J., Li, N. G., Fu, Y. D.
Effects of 2,45 GHz microwave radiation and phorbol ester 12-O-tetradecanoylphorbol-13-acetate or
dimethylhydrazine-induced colon cancer in mice.
Bioelectromagnetics 15 (1994) 531-538
- Yao, K. T. S.
Cytogenetic consequences of microwave incubation of mammalian cells in culture.
Genetics 83 (1976) 84
aus: Verschaeve 1998
- Yao, K. T. S.
Cytogenetic consequences of microwave irradiation of mammalian cells incubated in culture.
J. Hered. 73 (1982) 133
aus: Verschaeve 1998
- Yasui M.
Carcinogenicity test of 50 Hz sinusoidal magnetic fields in rats.
Bioelectromagnetics. 18 (1997) 531-40.
- Yellon S. M.
Acute 60 Hz magnetic field exposure effects on the melatonin rhythm in the pineal gland and circulation of the adult
djungarian hamster.
J. Pineal Res. 16 (1994) 136-144
aus: Stevens 1996

Youngson, J. H. A. M., Clayden, A. D., Myers, A., Cartwright, R. A.
A case-control study of adult haematological malignancies in relation to overhead powerlines.
Br. J. Cancer 63 (1991) 977-985

Zheng T., Holford T. R., Mayne S. T., Owens P. H., Zhang B., Boyle P., Carter D., Ward B., Zhang Y., Zahm S. H.
Exposure to electromagnetic fields from use of electric blankets and other in-home electrical appliances and breast cancer risk.
Am. J. Epidemiol. 151 (2000) 1103-1111

Zwingelberg, R., Obe, G., Rosenthal, M., Mevissen, M., Buntenkötter, S., Löscher, W.
Exposure of rats to a 50-Hz, 30-mT magnetic field influences neither the frequencies of sister-chromatid exchanges nor proliferation characteristics of cultured peripheral lymphocytes.
Mutation Res. 302 (1993) 39-44
aus: Stevens 1996

[No authors listed]
Re: "Power-frequency electric and magnetic fields and risk of childhood leukemia in Canada".
Am. J. Epidemiol. 150 (1999) 223

Danksagung

Ich möchte mich bei Herrn Professor Dr. Nowak dafür bedanken, daß ich das Thema bearbeiten durfte. Ganz besonders danke ich Frau Dipl. Ing. Katja Radon herzlich für ihre engmaschige und engagierte Betreuung. Sie hat maßgeblich dazu beigetragen, daß diese Arbeit entstehen konnte und stand mir immer äußerst fachkundig und engagiert mit Rat und Hilfe zur Seite.

Dann möchte ich allen Mitarbeitern im „Institut und Poliklinik für Arbeits- und Umweltweltmedizin der Ludwig-Maximilians-Universität München“ für Verständnis, Kritik und Anregungen danken.

Weiterhin möchte ich mich bei Frau Birgit Strixner bedanken, die für mich während eines Auslandsaufenthaltes einen Teil der Literatur besorgte.

Weiterhin möchte ich meinen Eltern für Verständnis und Ermunterung danken.

Und ich möchte mich bei meiner Oma bedanken, die es mir durch eine großzügige Schenkung ermöglichte, mich in den vergangenen Monaten ganz auf meine Doktorarbeit zu konzentrieren.

7.4 Lebenslauf

PERSÖNLICHE ANGABEN

Name: Thomas Jurda

Familienstand: ledig

Staatsangehörigkeit: deutsch

Geburtsdatum: 2. 2. 1973

Geburtsort: München

SCHULAUSBILDUNG

1979-1983 Grundschule in Wackersberg

1983-1992 Gymnasium in Bad Tölz

Abschluß: Abitur

ZIVILDIENTST

November 1992 bis Januar 1993 Zivildienst in der Ambulanz des Bernhard-Nocht-Institutes für Tropenmedizin in Hamburg

STUDIUM

Mai 1993 Beginn des Medizinstudiums an der Ludwig-Maximilians-Universität München

Frühjahr 1995: Ärztliche Vorprüfung und Wechsel an die Technische Universität München mit Beginn des klinischen Studienabschnittes

Frühjahr 1996: 1. Staatsexamen

Famulaturen in Bad Tölz (Innere Medizin und Orthopädie/Traumatologie), Los Angeles, USA (Klinische Infektiologie), in einer pädiatrischen Praxis (Bad Tölz) und im Institut für Gerichtsmedizin, München.

Frühjahr 2000: 2. Staatsexamen

Herbst 2001: 3. Staatsexamen

BERUF

Januar 2002 bis Juli 2003: Arzt im Praktikum in der Abteilung für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie (Prof. Wening), AK Altona, Hamburg