

**Abschlussbericht
Machbarkeitsstudie für eine Kohortenstudie:**

Die Kohortenstudie soll anhand hochexponierter (Berufs-)Gruppen zur Erfassung eines möglicherweise erhöhten Krankheitsrisikos durch die Exposition mit hochfrequenten elektromagnetischen Feldern durchgeführt werden.

Beteiligte Arbeitsgruppen:

Universität Bielefeld
Fakultät f. Gesundheitswissenschaften
AG 3 Epidemiologie u. med. Statistik
Frau Prof. Dr. Maria Blettner
Frau Dr. Gabriele Berg MSP
Herr Dr. Jürgen Breckenkamp, MPH
Postfach: 10 01 31
33501 Bielefeld

Universität Mainz
Institut für Medizinische Biometrie,
Epidemiologie und Informatik
Herr PD Dr. Joachim Schüz
Frau Eva Böhler
Universität Mainz
55101 Mainz

Deutsches Krebsforschungszentrum
AG Umweltepidemiologie
Herr Prof. Dr. Jürgen Wahrendorf
Im Neuenheimerfeld 280
69120 Heidelberg

I&G Gesundheitsforschung GmbH & Co
Herr Ernst Schroeder
Herr Dr. Peter Potthoff
Landsbergerstr. 338
80687 München

Fachgebiet und Arbeitsrichtung:	Epidemiologie
Dauer der Förderung:	12 Monate
Laufzeit:	1. September 2002 bis 31. August 2003

Abschlussbericht eingereicht am: 12.09.2003

Dieser Bericht gibt die Auffassung und Meinung des Auftragnehmers wieder und muss nicht mit der Meinung des Auftraggebers (Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) übereinstimmen.

Gliederung des Abschlussberichtes

1	Einleitung	3
2	Ziele	4
3	Arbeitsplan und Vorgehen	5
4	Ergebnisse	6
4.1	Literaturreview	6
4.2	Zu messende Endpunkte	6
4.3	Expositionserfassung	6
4.4	Kriterienkatalog / Checkliste	7
4.5	Planung des Zeitrahmens und der Fallzahl	8
4.6	Aufstellung der Kohorte	9
5	Potentielle Kohorten	10
5.1	Beschäftigte an Hochfrequenz-Plastikschweißmaschinen	11
5.2	Ingenieure und Techniker von Mittel- und Kurzwellensendeanlagen	13
5.3	Funkamateure	15
5.4	Abschließende Bewertung der drei Kohorten	18
6	Schlussfolgerungen	19

Anhänge

Anhang 1: Gesundheitliche Auswirkungen hochfrequenter Strahlenexposition – ein Überblick

Anhang 2: Kohortenstudien zu den gesundheitlichen Effekten einer Exposition mit hochfrequenten elektromagnetischen Feldern

Anhang 3: Mögliche Einflussbereiche hochfrequenter elektromagnetischer Felder auf Gesundheit und Befinden

Anhang 4: Ausgewählte Literatur zur Expositionserfassung

Anhang 5: Literaturdatenbank

1 Einleitung

Mit steigender Verbreitung und Anwendung elektrischer Anlagen im Haushalt, in der Freizeit und im Beruf hat sich die Umwelt des Menschen grundlegend geändert. Der Anteil der mit hochfrequenten elektromagnetischen Feldern exponierten Bevölkerung ist insbesondere seit der weiten Verbreitung des Mobilfunks rapide gestiegen.

Expositionen mit hochfrequenter elektromagnetischer Strahlung im beruflichen Umfeld treten schon seit Jahrzehnten auf. Zwar ist der Anteil beruflich Exponierter klein; eine Zunahme der Zahl exponierter Personen - insbesondere außerhalb des Produktionsbereiches - ist aber auch hier zu vermuten (u.a. kabellose lokale Netzwerke [W-LAN] bzw. Bluetooth¹). Zudem können im beruflichen Umfeld deutlich höhere Expositionen auftreten.

Ein Handlungsbedarf für die Erforschung gesundheitsschädigender Wirkungen der elektromagnetischen Felder besteht nicht nur wegen der starken Zunahme an Hochfrequenz emittierender Quellen und der damit steigenden Anzahl an exponierten Personen, sondern auch aufgrund der zunehmenden öffentlichen Besorgnis über mögliche gesundheitliche Folgewirkungen.

Bezüglich direkter gesundheitlicher Auswirkungen hochfrequenter elektromagnetischer Felder gibt es vereinzelte Hinweise auf höhere Risiken in Bezug auf Krebserkrankungen. Hier sind insbesondere Hirntumore, Leukämien und Brustkrebs zu nennen. Zur Wirkung hochfrequenter elektromagnetischer Felder auf die Entstehung kardiovaskulärer Erkrankungen liegen bisher keine Ergebnisse aus Kohortenstudien vor.

Der physikalische Begriff „elektromagnetische Felder“ umfasst den Frequenzbereich von 0 Hz bis 300 GHz. Neben den statischen Feldern mit 0 Hz, wie sie zum Beispiel bei der Kernspintomographie auftreten, schließt der Begriff die niederfrequenten Felder (z.B. Bahnstromleitungen mit 16 2/3 Hz oder Netzstrom mit 50 bzw. 60 Hz) ebenso ein wie die hochfrequenten Felder, die bei den industriell angewendeten dielektrischen Verfahren (27,12 MHz) ebenso auftreten wie bei der Nutzung des Mikrowellenofens im Haushalt (2,45 GHz).

Häufig wird die Frequenz von 30 kHz als Wert zur Abgrenzung der statischen und niederfrequenten Felder von den hochfrequenten Feldern genutzt. Eine international einheitliche Definition zur Abgrenzung der Bereiche existiert aber nicht.

Vor dem oben skizzierten Hintergrund wurde im Auftrag des Bundesamtes für Strahlenschutz eine Machbarkeitsstudie durchgeführt. Die Kohortenstudie soll anhand hochexponierter (Berufs-) Gruppen zur Erfassung eines möglicherweise erhöhten Krankheitsrisikos durch die Exposition mit hochfrequenten elektromagnetischen Feldern durchgeführt werden.

In der Machbarkeitsstudie wurde der Hochfrequenz-Bereich zwischen 30 kHz und 300 GHz definiert. Der Begriff „hohe Exposition“ wurde in Annäherung der Vorschrift der Berufsgenossenschaft (BGV-B11) oberhalb des Expositionsbereichs 2 eingeordnet.

¹Bluetooth ist ein offener Standard für eine Technologie zur drahtlosen Verbindung verschiedener Kommunikationsgeräte

2 Ziele

Ziel der Machbarkeitsstudie war die Abschätzung der Durchführbarkeit einer Kohortenstudie zum Thema „gesundheitliches Risiko durch die Exposition mit hochfrequenten elektromagnetischen Feldern“ und die Prüfung einer möglichen Extrapolation zu erwartender Ergebnisse auf die Expositionen durch den Mobilfunk. Als Unterziele wurden formuliert:

2.1 Literaturreview

Bereits vorhandene Literaturdatenbanken zum gesundheitlichen Risiko der Hochfrequenz-Strahlung (HF-Strahlung) sollten weitergehend ausgebaut werden. Hierbei geht es um mögliche biologische, physiologische und chemische Effekte, die in experimentellen oder epidemiologischen Studien am Menschen zu gesundheitlichen Risiken der HF-Strahlung bereits zusammengetragen werden sollten. Weiterhin sollten die recherchierten epidemiologischen Kohortenstudien hinsichtlich der Studienqualität bewertet und mögliche vorhandene Risiken herausgearbeitet werden.

2.2 Bestimmung der zu messenden Endpunkte

Mögliche Endpunkte der Kohortenstudie und die Art der Erfassung für die jeweilige Fragestellung sollten aufgrund der Ergebnisse aus dem Literaturreview erarbeitet werden.

2.3 Expositionserfassung

Eines der wichtigsten Kriterien für die Bestimmung der Machbarkeit einer Kohorten-Studie ist eine genaue Erfassung der Exposition. Lediglich mit einer quantitativen Expositionserfassung können Dosis-Wirkungsbeziehung ermittelt werden. Dies wiederum ist die Voraussetzung für eine Quantifizierung möglicher Risiken in Berufskohorten und die Übertragung möglicher Wirkungen auf die Exposition durch Mobilfunk.

2.4 Erarbeitung von Kriterien

Zur genauen Bewertung der Machbarkeit dieser HF-Kohortenstudie sollten Kriterien erarbeitet werden. Dadurch ist es möglich, im Anschluss an alle zusammengetragenen Ergebnisse die Machbarkeit der Kohortenstudie zu bewerten und einen Plan für eine Studie zu erarbeiten.

2.5 Planung des Zeitrahmens und der Fallzahl

Die Berechnung der notwendigen Fallzahl der Studienteilnehmer sowie ein realistischer Zeitplan für die Durchführung der Studie sollte dargestellt werden. Dazu ist es notwendig, aktuell und wenn möglich retrospektiv Informationen bezüglich der Exposition mit HF-Strahlung zu erfassen und diese im Zeitablauf darzustellen.

2.6 Aufstellung der Kohorte

Als potentielle Kohorten sollten zunächst Berufsgruppen betrachtet werden, die gegenüber hochfrequenter Strahlung höher exponiert sind als die Bevölkerung, wie z. B. Berufe im Bereich der technischen Bearbeitung von Plastik. Im Rahmen der Machbarkeitsstudie sollten konkrete Firmenkooperationen und Kooperationen mit Interessengruppen aufgebaut und mögliche effiziente Maßnahmen zur Erfassung der beruflichen Exposition und des Follow-ups erarbeitet werden.

3 Arbeitsplan und Vorgehen

Zunächst wurde eine umfangreiche Literaturrecherche durchgeführt und eine Literaturdatenbank mit etwa 700 Einträgen erstellt (siehe Anhang 5). Parallel dazu wurde ein Kriterienkatalog entwickelt, der die Eignung recherchierter Kohorten für eine vorgesehene Kohortenstudie bestimmt.

Daneben wurde mit der Kontaktaufnahme zu Berufsgenossenschaften (BGs), Firmen, Behörden, Verbänden, Ausschüssen, Vereinen, Strahlenschutzkommission (SSK), Messstellen, Seezeichenversuchsfeld, Funkamateuren, Südwestrundfunk (SWR), Telekom und anderen Einrichtungen begonnen. Organisierte Treffen bzw. Telefonkonferenzen der Arbeitsgruppe dienen zur Bewertung der bis zu dem Zeitraum jeweils recherchierten potentiellen Kohorten. Hierzu wurde der Kriterienkatalog an jedes der Projekte angelegt. Für die in der Auswahl verbleibenden Projekte wurden die Kontakte intensiviert, um weitere Informationen zu erhalten. Im letzten Drittel der Projektlaufzeit wurde mit dem Entwurf des „Studiendesigns“ begonnen, da zu diesem Zeitpunkt bereits eine Menge an Wissen um die Größe und Exposition möglicher Kohorten bekannt war und sich die in die engere Auswahl aufzunehmenden Kohorten bereits abzeichneten.

Parallel zu den oben skizzierten Tätigkeiten wurden ein Text zum Stand der experimentellen und epidemiologischen Forschung sowie ein Review zu bisher publizierten Ergebnissen von Kohortenstudien für eine Veröffentlichung vorbereitet. Beide Texte wurden inzwischen von den Zeitschriften angenommen. Der Arbeitsplan kann Tabelle 1 entnommen werden.

Tabelle 1: Arbeitsplan

Monat	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Literaturrecherche und Datenbank	X	X	X	X	X							
Kriterienkatalog				X								
Kontaktaufnahme*		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Intensivierter Kontakt mit verbliebenen Kohorten								X	X	X	X	X
Erster Entwurf „Studiendesign“									X	X	X	X
Zwei Publikationen (in Druck)					X	X	X	X	X	X	X	X

* Kontaktaufnahme mit BGs, Firmen, Behörden, Verbänden, Ausschüssen, Vereinen, SSK, Messstellen, Seezeichenversuchsfeld, Funkamateuren, SWR, Telekom, .etc.

4 Ergebnisse

4.1 Literaturreview

Die bereits vorhandene Literaturdatenbank zum gesundheitlichen Risiko der HF-Strahlung wurde weitergehend ausgebaut. Hierbei ging es um mögliche biologische, physiologische und chemische Effekte, die in experimentellen oder epidemiologischen Studien am Menschen zu gesundheitlichen Risiken der HF-Strahlung bereits zusammengetragen wurden (vgl. Anhang 1). Weiterhin sollten die recherchierten epidemiologischen Kohortenstudien hinsichtlich der Studienqualität bewertet und mögliche vorhandene Risiken herausgearbeitet werden (vgl. Anhang 2). Hierbei wurde auch auf bestehende Reviews der „*Independent Expert Group on Mobile Phones*“ und der Strahlenschutzkommission sowie auf Vorarbeiten der Studiengruppe zurückgegriffen. Weitere bereits vorhandene Literaturdatenbanken und Literaturreviews aus den wissenschaftlichen und nichtwissenschaftlichen Bereichen sollten berücksichtigt werden. Dazu zählten u. a. die Forschungsdatenbank des Forschungszentrums für Elektromagnetische Umweltverträglichkeit der Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen (Femu-Aachen), die Forschungsdatenbank der WHO zum Thema EMF und die Datenbank Medline.

4.2 Bestimmung der zu messenden Endpunkte

Mögliche Endpunkte der Kohortenstudie und die Art der Erfassung für die jeweilige Fragestellung wurden im Rahmen der Machbarkeitsstudie auf Basis der Studien aus dem Literaturreview erarbeitet. Es wurden zunächst alle Krankheiten zusammengetragen, die bisher in der Literatur als mögliche Endpunkte erwähnt wurden (vgl. Anhang 3). Hierbei wurden unter Berücksichtigung der möglichen Fragestellung und der Richtung des Follow-ups sowohl die Morbidität als auch die Mortalität berücksichtigt. Im Rahmen des ersten Kolloquiums zu epidemiologischen Forschungsvorhaben des BfS zu Mobilfunk am 25.07.2003 im BfS (s. <http://www.emf-forschungsprogramm.de/veranstaltungen>) ist darauf verwiesen worden, dass vor allem die Mortalität Zielfragestellung sein sollte. Denkbar wären damit Endpunkte wie die Sterblichkeit an Krebserkrankungen, an neurodegenerative Erkrankungen oder durch Auswirkungen auf das Herz-Kreislaufsystem.

4.3 Expositionserfassung

Eines der wichtigsten Kriterien für die Bestimmung der Exposition der Berufsgruppe und die Übertragung der Ergebnisse auf die bevölkerungsweite Belastung durch die Nutzung von Mobiltelefonen ist eine genaue Erfassung der Exposition. Ohne eine Dosis-Wirkungsbeziehung, die nur aufgrund einer quantitativen Expositionserfassung möglich wird, ist weder eine Quantifizierung möglicher Risiken in Berufskohorten noch eine Übertragung möglicher Wirkungen auf die Exposition durch Mobilfunk möglich.

Daher wird nach der Identifizierung möglicher Kohortengruppen die Erfassbarkeit der Strahlenbelastung als ein wichtiges Kriterium der Machbarkeit herangezogen. Dabei steht im Vordergrund, die jeweilige Belastung mit HF-Strahlung durch bestimmte Tätigkeiten aufzudecken, die klare Zuordnung zum jeweiligen Studienteilnehmer herzustellen und durch Job-Exposure-Matrizen den einzelnen Studienteilnehmern Strahlenbelastungswerte zuzuordnen.

Es sei angemerkt, dass die Bildung und Bewertung einer solchen Expositionserfassung im Rahmen einer einjährigen Machbarkeitsstudie aufgrund der vorhandenen Komplexität (u.a. inhomogene Felder, wechselnde Arbeitsplätze) sowie der teilweise unbekanntem Höhe der Exposition (fehlende Messwerte) durch HF-Strahlung nicht abgeschlossen werden konnte. Mit Abschluss der Förderphase ist es aber möglich, bei den relevanten Kohorten (siehe Kapitel 4.6) die Machbarkeit der Expositionserfassung einzuschätzen. Eine Auswahl von Publikationen zum Thema der Expositionsmessungen der jeweiligen Berufskohorten liegt dem Abschlussbericht bei (vgl. Anhang 4).

4.4 Erarbeitung von Kriterien

Der von der Arbeitsgruppe entwickelte Kriterienkatalog basiert auf den folgenden Vorgaben. Es sollte untersucht werden, ob Personen, die lange und hoch gegenüber HF-Strahlung exponiert sind, in höherem Maße gesundheitlich gefährdet sind als nicht exponierte Personen. Dieser Frage soll in einer beruflichen Kohortenstudie nachgegangen werden, da angenommen werden kann, dass beruflich exponierte Personen länger und höher exponiert sind als Personen, die z. B. nur Handys nutzen. Unter „gesundheitlichen Schäden“ werden verschiedene Krankheitsbilder verstanden, die in einem anderen Kapitel länger ausgeführt werden. Je nach Krankheitsbild können Morbidität oder Mortalität untersucht werden. Es geht bei dieser Studie auch um eine explorative Auswertung, d. h. es soll untersucht werden, ob unter den Exponierten mehr Gesundheitsprobleme auftreten als unter den Nichtexponierten. Die Entstehung von Krebs und Herz-Kreislauferkrankungen steht vorerst im Vordergrund. Die Voraussetzungen, eine solche Untersuchung durchzuführen für eine Kohorte, sind folgende:

a) Expositionsbedingungen

- a.1. Die Personen in der (Berufs-) Kohorte müssen regelmäßig, relativ kontinuierlich, über einen längeren Zeitraum „höheren“ Exposition ausgesetzt sein. Die Exposition sollte die Exposition der Allgemeinbevölkerung deutlich übersteigen.
- a.2. Die Exposition muss zumindest für eine ausreichende Zahl der Mitglieder der Kohorte über einen langen Zeitraum vorhanden sein (mindestens ein Teil der Personen sollte schon 10 und mehr Jahre exponiert sein).
- a.3. Expositionserfassung: Es sollte eine Möglichkeit bestehen, die Exposition auf individueller Basis zu schätzen. Dies muss auch retrospektiv möglich sein, z. B. in Form einer Job-Exposure-Matrix. In der Vergangenheit müssen in den jeweiligen Betrieben oder Behörden Angaben über die Expositionen – ggf. auch durch unregelmäßige Messungen – vorhanden sein (dies muss nicht notwendigerweise kontinuierlich vorgenommen worden sein).

a.4. Für alle Personen der Kohorte muss mindestens die Zeit der Beschäftigung (Anfangsdatum, Enddatum) und eine Eingruppierung in Beschäftigungsgruppen möglich sein. Diese Anforderung sollte für mindestens 90 bis 95 % der Personen gelten.

b) Zusammenstellung der Kohorte

Es muss möglich sein, aus Dateien der Arbeitgeber, der Behörden oder der Betrieb eine unselektierte Personengruppe auszuwählen. Dazu müssen retrospektiv Dateien der Beschäftigten (Personalverwaltung) vorhanden sein, die uns für die Kohorte zur Verfügung gestellt werden.

b.1. Für alle Personen müssen mindestens einige demografische Variablen (Name, Geburtsdatum, letzte verfügbare Adresse) aus den Unterlagen der Firmen erfassbar sein.

b.2. Diese Daten sollten etwa für 5 – 10 Jahre (besser: 10-20 Jahre) retrospektiv vorhanden und erfassbar sein.

b.3. Bevorzugt werden Kohorte, die in großen Firmen oder Behörden arbeiten, da in jedem einzelnen Betrieb eine detaillierte Erfassung der Belegschaft erforderlich ist. Kohortenstudien bei Personen, die in Kleinbetrieben (weniger als 100 Personen) arbeiten, sind erheblich arbeitsintensiver: für jede einzelne Gruppe muss die Datenlage, die Bereitschaft etc. getrennt erarbeitet werden.

b.4. Sinnvoll wäre eine Zusammenarbeit mit den Berufsgenossenschaften, um eine übergreifende Bereitschaft der Datenerfassung zu erreichen.

b.5. Es muss eine Kooperationsbereitschaft auf verschiedenen Ebenen bestehen. Die Berufsgenossenschaften, die Personalvertretungen und das Firmenmanagement müssen bereit sein, die Studie zumindest passiv zu unterstützen.

b.6. Die erwartete Zahl der Ereignisse sollte für Mortalitätsuntersuchungen bei etwas zehn liegen (siehe dazu Kapitel 4.5). Wichtige Parameter zur Erreichung der erwarteten Fallzahl sind hierbei die Größe der Kohorte sowie die Follow-up Zeit.

c) Follow-up

c.1. Es muss ein Follow-up der Kohorte gewährleistet sein. Falls eine Kohortenstudie mit Mortalitätserfassung angestrebt wird, reicht es, wenn zeitnahe Adressen aller Personen zur Verfügung gestellt werden. Dann kann das Follow-up über Einwohnermeldeämter und Gesundheitsämter erfolgen. Sollen jedoch Morbiditätsdaten erfasst werden, so wird es notwendig sein, die Mitglieder der Kohorte zu kontaktieren und ggf. Befragungen oder auch klinische Untersuchungen durchzuführen. Hier ist insbesondere die Bereitschaft der Personen zur Mitarbeit zu gewährleisten.

- c.2. Die Kohorte sollte nicht zu viele Ausländer enthalten. Das Problem bei ausländischen Beschäftigten liegt darin, dass ein Follow-up im Allgemeinen nur unvollständig durchgeführt werden kann, da zu viele Personen in das Heimatland zurückgehen.

4.5 Planung des Zeitrahmens und der Fallzahl

Eine beispielhafte Fallberechnung der Studienteilnehmer erfolgt hinsichtlich einer klassischen Kohortenstudie mit Mortalitätsdaten. Hierbei wurden folgende Voraussetzungen zugrunde gelegt: Fünf Jahre Latenzzeit, Loss of follow up= 5%, das Alter der Studienbevölkerung liegt zwischen 20 und 60 Jahren und ist in allen Altersgruppen gleichmäßig verteilt. Unter diesen Voraussetzungen ist die in Tabelle 2 angegebene Anzahl von Sterbefällen in der Kohorte zu erwarten.

Tabelle 2: Erwartbare Anzahl der Todesfälle in Abhängigkeit von der Kohortengröße und der Laufzeit des follow up:

Kohortengröße Follow up (in Jahren)	N= 5 000				N= 10 000			
	15		30		15		30	
Personenjahre	45 970	44 464	105 356	96 535	91 939	88 929	210 712	193 069
Gesamt mortalität	180	347	1 115	1 624	361	695	2 231	3 248
KHK	53	132	488	709	107	264	977	1 418
KHK ohne Ischämie	12	25	108	123	25	50	216	246
Unfälle	12	33	50	100	25	66	100	207
Selbstmord	6	14	21	39	13	29	42	78
Alle Krebserkrankungen	74	102	326	417	148	204	652	835
Davon:								
Brust	18	0	58	0	36	0	117	1
Nervensystem	3	4	22	25	7	9	44	51
Lymphatisches Gewebe	2	3	10	14	5	7	21	28
Leukämie	2	2	9	11	4	5	19	23
Gehirn	1	2	5	6	3	5	9	12

Erkennbar ist dabei, dass sowohl die Anzahl der beobachteten Personen als auch die Beobachtungsdauer einen Einfluss auf die erwartbaren Fallzahlen haben. Eine Verdoppelung der Kohortengröße ist mit einer Verdoppelung der erwarteten Fallzahlen verbunden. Eine Verdoppelung der Beobachtungsdauer hingegen vergrößert die erwarteten Fallzahlen um ein vielfaches. Dies liegt einerseits daran, dass die Latenzzeit nur am Anfang berücksichtigt werden muss und andererseits werden die Personen im Laufe der Beobachtungszeit älter und haben somit eine höhere Sterblichkeitsrate. Unter der Annahme, dass für externe Vergleiche bei einer Fallzahl von mehr als 30 Ereignissen

ein Relatives Risiko von 1,5 mit einer Power von 80% geschätzt werden soll, reicht zur Untersuchung der Brustkrebsmortalität eine Kohorte von 5 000 Frauen mit einem follow-up von 30 Jahren. Unter der Annahme, dass für externe Vergleiche bei einer Fallzahl von mehr als 9 Ereignissen ein Relatives Risiko von 2 mit einer Power von 80% geschätzt werden soll, könnten bei einer Kohorte von 10 000 Personen und einem follow-up von 30 Jahren selbst seltene Krebserkrankungen wie Leukämie oder Gehirntumore untersucht werden. Die langen Laufzeiten der Mortalitäts-Studien verdeutlichen, dass Ergebnisse im prospektiven Ansatz erst in vielen Jahren zu erwarten wären. Daher werden für die Mortalitätsuntersuchungen vor allem retrospektive Ansätze diskutiert. Nur so ist es möglich im Laufe der nächsten drei bis vier Jahre Ergebnisse zu erzielen.

4.6 Aufstellung der Kohorte

Eine Kohortenstudie hat im Vergleich zur Fall-Kontrollstudie den Vorteil, dass die Exposition für die Kohorte prospektiv erfasst werden kann und die Untersucher nicht rückwirkend auf das Erinnerungsvermögen der „Fälle“ und „Kontrollen“ angewiesen sind. Darüber hinaus ist eine Kohortenstudie nicht nur auf eine Krankheit als Zielvariable begrenzt, sondern es können mehrere Zielvariablen untersucht werden.

Als potentielle Kohorten sollten zunächst Berufsgruppen betrachtet werden, die gegenüber hochfrequenter Strahlung höher exponiert sind als die Bevölkerung, wie z. B. Berufe im Bereich der technischen Verarbeitung von Plastik. Dabei gilt, dass Kohorten innerhalb großer Firmen oder Behörden besonders aufgrund der bestehenden Infrastruktur unter logistischen Aspekten von Interesse sind. So können Nachrichtenwege innerhalb des Betriebes für die Verteilung und Sammlung von Fragebögen genutzt werden. Dieses Verfahren ist zudem sehr kosteneffizient. Teilweise existieren für den Versand von Mitarbeiternachrichten auch firmeninterne Computernetze, die ebenfalls genutzt werden könnten. Dies eröffnet die Möglichkeit eines computergestützten Fragebogens, so dass vom Teilnehmer bereits erfasste Daten an das Studienzentrum geschickt werden könnten.

Eine weitere Möglichkeit zur Bildung einer Kohorte von höher exponierten Personen wäre z. B. Privatpersonen, die sich in ihrer Freizeit als Funkamateure betätigen. Diese Personengruppe ist im Rahmen einzelner Verbände und eines Dachverbandes organisiert und konnte darüber kontaktiert werden.

Durch Literaturrecherchen, insbesondere aber auch durch Fachgespräche mit Experten wurden rund 30 potentielle Berufskohorten, berufliche Tätigkeiten bzw. industrielle Anwendungen (im Folgenden wird nur noch von Kohorten gesprochen) identifiziert, bei denen anfangs davon auszugehen war, dass eine Exposition durch Hochfrequenz vorliegt. In dieser Liste werden die Kohorten hinsichtlich der Messbarkeit der Exposition, der Größe und Struktur der Studienbevölkerung sowie deren Erreichbarkeit bewertet. Abschließend enthält diese Tabelle für jede Kohorte eine zusammenfassende Bewertung. Die Angaben zu den möglichen Kohorten wurden durch weitere Expertenkontakte bzw. Kontakte zu Einrichtungen, Verbänden und Firmen wechselseitig verifiziert.

Nach Auswertung aller Expertenmeinungen und der Anwendung des Kriterienkataloges, unter Berücksichtigung der vorliegenden Messwerte, musste die Anzahl der Kohorten für eine mögliche Hauptstudie auf die drei im Folgenden ausführlich dargestellten Gruppen eingeschränkt werden.

5 Potentielle Kohorten

5.1 Beschäftigte an Hochfrequenz-Plastikschweißmaschinen

Hochfrequenz-Plastikschweißmaschinen dienen hauptsächlich zum Verschweißen von Plastikgut (z.B. Zeltplanen, medizinischen Artikeln, Büromaterial) und werden in vielen Bereichen der Industrie eingesetzt. Sie arbeiten mit der Industrie-Hochfrequenz von 27,12 MHz und werden schon seit etwa den 60er Jahren in Deutschland betrieben. Das zu bearbeitende Plastikmaterial wird zwischen die Elektroden gebracht und zusammengepresst, wobei die angelegte Hochfrequenz das Material erhitzt. Je nach Größe und Verwendung des Plastikproduktes können die unterschiedlichsten Anlagen diesen Schweißvorgang vornehmen.

An Hochfrequenz-Plastikschweißmaschinen sind die Mitarbeiter hauptsächlich mit dem Zuführen und Entnehmen des Schweißgutes beschäftigt, wobei je nach Abschirmungsgrad der Elektroden unterschiedlich starke Expositionen mit Hochfrequenzstrahlung auftreten können.

Messungen, vom Niedersächsischen Sozialministerium und Niedersächsischen Landesamt für Ökologie in Auftrag gegeben, zeigten schon 1996 auf, dass bei einem Großteil der Anlagen der Expositionsbereich 2 nach der Vorschrift BGV B11 überschritten wird.

Nach mündlichen Aussagen der Messexperten der Berufsgenossenschaft Feinmechanik und Elektrotechnik und der Berufsgenossenschaft Chemie werden Expositionen in der Höhe vom Expositionsbereich 1 [Definition?] und darüber häufig erreicht. Auch Grenzwertüberschreitungen treten auf, die bis hin zu Verbrennungen an Fingern führen können. Die Hände des Personals sind besonders gefährdet, da diese teilweise während des Schweißens in unmittelbarer Umgebung der Elektroden sind.

Um genaue Informationen zu erhalten, wurde besonders der Kontakt zur Berufsgenossenschaft Chemie, dem Bundesverband für Konfektion technischer Textilien, sowie einem weltweit führenden Hersteller von Hochfrequenz-Plastikschweißmaschinen intensiviert. Auch wurden Gespräche mit dem Niedersächsischen Landesamt für Ökologie und mit der BG Feinmechanik und Elektrotechnik geführt, die wiederum bestätigten, dass es sich bei den Beschäftigten an Hochfrequenz-Plastikschweißmaschinen um eine mit Hochfrequenzstrahlung hoch exponierte Berufskohorte handelt. Zusätzlich wurden einzelne Firmen kontaktiert, um einen Einblick in Firmen- und Beschäftigungsstruktur erhalten zu können.

Auskünfte über die Anzahl der exponierten Beschäftigten pro Firma, der Geschlechts- und Altersstruktur waren sehr unterschiedlich. Übereinstimmung bestanden darin, dass es sich um Beschäftigte handelt, die lange in dem Bereich tätig sind, die im Alter ab 30 Jahren sind, in nur seltenen Fällen Schutzmaßnahmen zur Verfügung gestellt bekommen und in klein- und mittelständigen Betrieben tätig sind. Je nach befragter Person wurden die Angaben des Geschlechteraufbaus mit „hauptsächlich Männer“ bis „hauptsächlich Frauen“ formuliert.

Um einen konkreten Einblick in die Praxis zu erhalten, wurde mit Hilfe der BG Chemie der direkte Kontakt mit 2 Firmen aufgebaut. Die Vorankündigung unserer Kontaktaufnahme durch die BG Chemie war dringend notwendig, da wir bei vielen Firmen die Erfahrung machen mussten, dass der Informationsnachfrage unsererseits ohne Vermittlung von der Berufsgenossenschaft oder eines Verbandes nicht bzw. unzureichend nachgegangen wurde.

Durch die persönliche Vorankündigung der BG Chemie, war es möglich, bei zwei Firmen (1. Herstellung von Medizintechniken, Sicherheitsanlagen für Bad und Dusche; 2. Herstellung von Bürobedarf) Kontakt aufzubauen, wobei ein hoher zeitlicher Aufwand nötig war. Zum einen musste die Betriebsleitung informiert werden und erfragt werden, ob firmeninterne Informationen an uns weitergegeben werden dürfen, zum anderen musste die Produktionsleitung die betreffenden Informationen bereitstellen. Unter der Auflage der anonymisierten Datenweitergabe, kam es dann nach mindestens 10 Telefongesprächen pro Firma und einem Zeitverzug von über 6 Wochen zur ersten konkreten Auskunft, ob die Firma bereit ist, Informationen zu geben. Die zuletzt kontaktierte Firma lehnte trotz intensiver Bemühungen unsererseits Auskünfte ab. In einem darauf folgenden Telefonatsgespräch mit der BG Chemie wurde bestätigt, dass mehr als 20 Exponierte in dieser Firma arbeiten und bei wenigen Tagen vorausgegangen Messungen der BG Chemie so hohe Expositionen festgestellt wurden, dass Arbeitsbereiche stillgelegt werden müssen. Bei der zweiten Firma wurden folgende Angaben gegeben:

Es werden seit ca. 35 Jahren Hochfrequenz-Plastikschweißmaschinen in der Firma eingesetzt, wobei derzeit 20 Maschinen betrieben werden. Die Anzahl der Maschinen hat über die vergangenen Jahrzehnte zugenommen. Derzeit arbeiten an bzw. in der Nähe der HF-Plastikschweißmaschinen ca. 50 Personen, wobei 18 Personen im Expositionsbereich 1 tätig sind. In der Firma sind hauptsächlich nur Frauen beschäftigt, die zwischen 20 und 60 Jahren alt sind. Während chemische Dämpfe und Stäube nicht auftreten, existiert eine erhöhte Lärmbelastung. In dieser Firma ist es möglich, die nicht mehr beschäftigten Mitarbeiter ausfindig zu machen. Bei angemessener Aufwandsentschädigung wäre die Firma bereit, an einer Studie teilzunehmen.

Der Bundesverband für Konfektion technischer Textilien (BKTex), der nicht nur Firmen in der Bundesrepublik Deutschland, sondern auch in Ost- und Südeuropa betreut, sicherte Unterstützung zu, wobei auch Ansprechpartner von Planenherstellungsprozessen und Zeltherstellung genannt wurden. In diesen Bereichen ist die Geschlechterverteilung gemischt bis hin zu hauptsächlich männlicher Belegschaft. Es ist je Unternehmen mit mindestens 5 Exponierten zu rechnen.

Die Kontaktaufnahme mit einem weltmarktführenden Herstellungsunternehmen von Hochfrequenz-Plastikschweißmaschinen mit Sitz in Schweden war wenig erfolgreich. Ziel dieser Nachfrage war es, Herstellerinformationen über die Expositionsabschätzung der Hochfrequenz-Plastikschweißmaschinen zu erhalten. Expositionen treten angeblich bei den gelieferten Maschinen nur im Expositionsbereich 2 auf, wobei berichtet wurde, dass Konkurrenzmaschinen Expositionen emittieren, die den Bereich 1 und darüber erreichen. Die Anfrage nach Messdaten, sowohl bei der deutschen Firmenvertretung als auch bei der Mutterfirma in Schweden wurde mangelhaft beantwortet.

Nachteilig - für die Durchführung einer Kohortenstudie mit Beschäftigten an Hochfrequenz-Plastikschweißmaschinen - zu bewerten wäre der intensive Arbeitsaufwand der Personenrekrutierung, der durch die in der Regel geringe Anzahl an exponierten Beschäftigten pro Unternehmen notwendig wäre. Damit verbunden sind die unterschiedlichen Arbeitsabläufe an den Hochfrequenz-Plastikschweißmaschinen je nach Herstellungsprozess, bei denen verschiedene Mischexpositionen (z.B. Plastikdämpfe, Niederfrequenzfelder, Lärm) auftreten können. Eine Abschätzung über die Anzahl aller exponierten Beschäftigten an Hochfrequenz-Plastikschweißmaschinen konnte von den Experten nicht vorgenommen werden, da immer noch ein lückenhafter Einblick in die Firmenstrukturen vorliegt. Erschwerend sind die ebenfalls berichteten Abwanderungen der Betriebe ins Ausland, was die Kontaktaufnahme wie auch die retrospektive und prospektive Datenerfassung behindert. Dies könnte jedoch durch die Kooperation mit Verbänden, wie z.B. dem Bundesverband für Konfektion technischer Textilien kompensiert werden, die wiederum den Kontakt zu den ausländischen Firmen einleiten könnten.

Vorteilig zu bewerten ist, dass für Beschäftigte an Hochfrequenz-Plastikschweißmaschinen erhöhte Expositionen (mind. Expositionsbereich 1) durch Messungen vom Niedersächsischen Sozialministerium und von der Berufsgenossenschaft Chemie nachgewiesen sind. Auch die lange Expositionsdauer ist, sowohl durch die stetige Unternehmenszugehörigkeit als auch durch die tägliche, regelmäßige Tätigkeit an diesen Maschinen als geeignet einzustufen.

5.2 Ingenieuren und Technikern von Mittelwellen- und Kurzwellensendeanlagen

Das Personal von Mittelwellen- und Kurzwellensendeanlagen der Allgemeinen Rundfunkanstalten Deutschlands (ARD) setzt sich aus Ingenieuren und Technikern zusammen. Weitere Berufsgruppen, wie zum Beispiel Sekretärinnen, werden im Bereich der Sendeanlagen nicht beschäftigt. Personal wird nur bei Anlagen mit einer Sendeleistung von 100 kW oder mehr beschäftigt. Mit dieser Leistung senden 18 der 26 Mittelwellensendeanlagen und 2 der 3 Kurzwellensendeanlagen. Sendeanlagen mit einer Leistung von weniger als 100 kW laufen dagegen voll automatisiert. Der Betrieb der leistungsstarken Sender erfolgt entweder durch die ARD oder die Deutsche Telekom AG. Nur einige der Anlagen mit einer Leistung von weniger als 100 kW werden von privaten Programmanbietern geführt. Die privaten Anbieter brauchen daher nicht weiter berücksichtigt werden.

An den 18 Mittelwellen- und 2 Kurzwellensendeanlagen werden etwa 200 bis 250 Angestellte beschäftigt, die durch Tätigkeiten in den Betriebsräumen der Sendeanlagen oder durch Arbeiten an Sendemasten potentiell durch Radiofrequenzen in den Bereichen 525-1.605 kHz (Mittelwelle) und 2.300-26.100 kHz (Kurzwele) exponiert sind.

Die Betriebsräume der Sendeanlagen müssen nach der Vorschrift der Berufsgenossenschaft für Feinmechanik und Elektrotechnik (BG-FE) unterhalb des Expositionsbereichs 1 liegen. Während das Personal in den Betriebsräumen einer ständigen Exposition ausgesetzt ist, das heißt, die Dauer der Exposition entspricht der täglichen Dienstzeit, werden Wartungsarbeiten an den Sendemasten typischerweise viermal im Jahr ausgeführt. In der Regel beschränken sich die Wartungsarbeiten auf den Austausch der Flugsicherungslampen. Bei anstehenden Arbeiten am Mast werden die Sender in der Regel abgeschaltet. Beim Sender Mühlacker des Südwestrundfunks (SWR) übernimmt ein 100 Meter entfernt stehender Reservemast die Sendung der Programme mit geringerer Leistung.

Eine Abschätzung bzw. genaue Bestimmung der aktuellen Exposition ist im Prinzip möglich. Solche Daten können messtechnisch oder rechnerisch ermittelt werden. Der Aufwand für die Ermittlung einer aktuellen Exposition ist vertretbar, wenn auch wegen der Anzahl an Personen nicht für sämtliche Funksender der ARD und Deutschen Telekom AG durchführbar. Hier könnte die Exposition durch Abschätzungen ermittelt werden. Anhand der aktuellen Exposition kann zudem die frühere Exposition rechnerisch abgeleitet werden. Dies ist wichtig, weil die Sendeanlagen früher zum Teil mit einer höheren Sendeleistung und einem anderen Modulationsverfahren betrieben wurden. Der Betriebszustand der MW-Sendeanlagen der ARD ist über die letzten ca. 20 Jahre recht gut zurückzuverfolgen, so dass Abschätzungen der Exposition in der Vergangenheit aus heute durchgeführten Messungen tatsächlich für den genannten Zeitraum abgeleitet werden können. Die Aussage: "Person hält sich x Stunden täglich in einem Feld $\geq y$ V/m an z Tagen der Woche auf", ist somit grundsätzlich möglich. Die typische Exposition in den Betriebsräumen des Senders Mühlacker (Frequenz: 576 kHz; Trägerleistung ca. 100 kW) liegt nach einer für die Arbeitsgruppe durchgeführten Messung im Senderüberwachungsraum bei 0,01 A/m (Eeff) sowie 0,5 V/m (Heff) und in der mechanischen Werkstatt bei 0,02 A/m (Eeff) sowie 1,5 V/m (Heff). Die ICNIRP-Grenzwerte für die Bevölkerung liegen erheblich über den für den Sender Mühlacker gemessenen Werten.

Die Fluktuation der angestellten Techniker und Ingenieure ist bei einer Beschäftigungsdauer von mindestens 5 Jahren als gering anzusehen. In seltenen Fällen kommt es vor, dass einzelne Mitarbeiter nicht mehr "masttauglich" (frei von Schwindel) sind. Diese werden dann in der Verwaltung weiterbeschäftigt. Eine retrospektive Kohorte würde die derzeit 200 bis 250 Beschäftigten an den Sendeanlagen umfassen. Die Beschäftigten sind zur überwiegenden Zahl älter als 40 Jahre. Zusätzlich ist davon auszugehen, dass eine entsprechende Zahl von ehemals an den Sendeanlagen beschäftigten Personen anhand der Personalunterlagen recherchiert werden kann.

Für den retrospektiven Ansatz stehen neben den Personalunterlagen die jährlichen betriebsärztlichen Untersuchungen auf "Masttauglichkeit" (frei von Schwindel), alte Dienstpläne, Unterlagen der Betriebskrankenkasse sowie Daten zur Verfügung, die über die Betriebsrente ermittelt werden können.

Aufgrund der Größe der Kohorte ist bei einer national durchgeführten retrospektiven Kohortenstudie mit einer niedrigen Fallzahl bei der Mortalität zu rechnen. Aus diesem Grund wurde die European Broadcasting Union um Unterstützung angefragt. Eine erste Resonanz haben wir von der BBC erhalten. Die BBC würde die Durchführung einer Kohortenstudie sehr unterstützen. In Großbritannien ist die Vorstudie eines ähnlichen Vorhabens gerade beendet worden. Dort bemüht man sich zur Zeit um die Möglichkeit der Durchführung einer Folgestudie.

Der Südwestrundfunk (SWR) hat seine Bereitschaft signalisiert, eine Befragung und medizinische Untersuchungen des Personals zu unterstützen und andere ARD-Anstalten von dem Projekt zu überzeugen. In diesem Zusammenhang würde die ARD/Telekom/RegTP-Arbeitsgruppe "Sicherheit in elektromagnetischen Feldern" eine wichtige Rolle bei der Überzeugungsarbeit und der Koordination des Projektes spielen.

Die Stärken einer Kohorte aus Technikern und Ingenieuren von Sendeanlagen wären die Bereitschaft zur Kooperation und Unterstützung des Vorhabens, die messbare bzw. gut abschätzbare Exposition, die beinahe tägliche Exposition über eine lange Zeit des Berufslebens, die relativ hohe Konstanz der Kohorte und die gute Erreichbarkeit. Weiterhin sind Daten zum Personal vorhanden und rückwirkend für zumindest 10 Jahre verfügbar. Auch die Rekrutierung einer internen Kontrollgruppe dürfte sich als unproblematisch erweisen, da für die Gruppe zum Beispiel Schaltraumtechniker rekrutiert werden könnten.

Die Schwächen des Studienansatzes liegen in der eher geringen Exposition, in der kleinen Kohorte und darin, dass es sich bei einer solchen Kohorte ausschließlich um Personen aus technischen Berufen handelt. Die (notwendige) internationale Ausrichtung wird die Durchführung der Studie erschweren. Hier sind insbesondere die Übersetzung des Fragebogens, der Abgleich der Messstandards und die wahrscheinlich unterschiedlich gute Datenlage zu berücksichtigen.

Zusammenfassend wäre auf nationaler Ebene eine Befragung sowie medizinische Untersuchung durchführbar. Sofern die deutsche Situation auf eine international ausgerichtete Studie übertragbar ist, wäre eine größere Kohorte mit einem retrospektiven Follow-up von 10 bis 15 Jahren vorstellbar.

5.3 Funkamateure

Ein Funkamateur erhält mit bestandener Prüfung von der Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post (RegTP) das Amateurfunkzeugnis und ein unverwechselbares, international nur einmal vergebenes Rufzeichen (Amateurfunkgesetz - AfuG 97). Mit diesem Rufzeichen kann der Funkamateur auf allen, im Amateurfunkzeugnis genehmigten Bändern, funken. Zu den Tätigkeiten des Funkamateurs zählen der Bau von Geräten, der Umbau von neuen oder gebrauchten Geräten, Experimente mit Antennen, Morsen oder Sprechfunk, das drahtlose Übertragen von Bildern und Daten, Nutzen von Relaisstationen

oder Amateurfunksatelliten, Teilnahme an Funksportwettbewerben und das Betreiben von Amateurfunkfernsehen ATV. Amateurfunkzeugnisse werden in die Klassen 1, 2 und 3 eingeteilt. Das Amateurfunkzeugnis der Klasse 1 berechtigt zur Teilnahme am Amateurfunk auf allen dem Amateurfunkdienst zugewiesenen Frequenzbereichen in allen zugelassenen Betriebsarten bis zur maximal zulässigen Sendeleistung. Das Amateurfunkzeugnis der Klasse 2 berechtigt zur Teilnahme am Amateurfunk auf allen dem Amateurfunkdienst zugewiesenen Frequenzbereichen über 30 MHz in allen zugelassenen Betriebsarten bis zur maximal zulässigen Sendeleistung. Das Amateurfunkzeugnis der Klasse 3 berechtigt zur Teilnahme am Amateurfunk auf den dem Amateurfunkdienst zugewiesenen Frequenzbereichen 144 bis 146 MHz und 430 bis 440 MHz in allen zugelassenen Betriebsarten mit eingeschränkter Sendeleistung nicht größer als 10 Watt EIRP.

Insgesamt sind bei der RegTP 80 000 Funkamateure mit einem Rufzeichen registriert. Davon sind nach Schätzungen der RegTP lediglich zwei Drittel aktiv. Eine Anzeigenpflicht besteht bei der RegTP erst ab einem Gerät mit der Sendeleistung von > 10 W, folglich sind Funkamateure der 3. Klasse nicht anzeigepflichtig. Seit August 2002 werden von der RegTP neben der überprüfaren Registrierung ebenfalls die Lizenzklasse erfasst. Allerdings ermöglicht die Lizenzklasse nur unzureichende Informationen über die tatsächliche Exposition gegenüber hochfrequenten elektromagnetischen Feldern. Die freigegebenen Frequenzen für den Amateurfunk liegen zwischen 2 MHz und etwa 300 GHz. Dabei gilt, dass in den Frequenzen im Bereich des Mobilfunks 900 bis 1.800 MHz und höher weniger als 5% der Funkamateure überhaupt funken können, da die technischen Anforderungen an die Funkgeräte für diese Frequenzen bei den meisten Funkamateuren dafür nicht ausreichen.

Bei den Funkamateuren handelt es sich nicht um eine berufliche Tätigkeit. Die Expositionsdauer der Funkamateure wird vermutlich selten den Wert von 10 h/Woche überschreiten und es werden starke individuelle Schwankungen auftreten. Eine hohe Exposition gegenüber hochfrequenten elektromagnetischen Feldern der Funkamateure ergibt sich durch folgende Belastungen:

- a) Justierung der Antenne oder sonstiges ‚Basteln‘ an den Funkgeräten
- b) Funkverkehr mit einer Antenne, die sich im Haus befindet.

Expositionsmesswerte bei Funkamateuren liegen nicht vor. In Gesprächen mit Vorstandsmitgliedern des DARC (Deutscher Amateur-Radio Club) wurde berichtet, dass zwar die lokalen SAR-Werte, die z.B. bei der Handynutzung am Ohr auftreten können, in diesem Umfang durch den normalen Amateurfunk nicht entstehen können. Allerdings können die Ganzkörperbelastungen – v. a. durch sich im Haus befindlichen Antennen - wesentlich höher sein als die Belastungen durch das Handy.

Der Deutsche Amateur Radio Club (DARC) hat seine Bereitschaft bekundet, bei der Bildung und Befragung sein technisches und administratives Wissen zur Verfügung zu stellen. Der DARC vereinigt als Bundesverband der deutschen Funkamateure in 25 Distrikten und über 1.000 Ortsverbänden rund 54.000 meist männliche Mitglieder. Er entstand 1951 aus dem Zusammenschluss der vier damaligen Amateurfunkclubs, die sich nach 1945 in den westlichen Besatzungszonen zusammengefunden hatten.

Nach der Wiedervereinigung schlossen sich ihm auch die Mitglieder des früheren RSV (Radiosportverband der DDR) an. Korporativ ist der VFDB (Verein der Funkamateure der Deutschen Bundespost) angegliedert. Der Verein vertritt die Interessen der Funkamateure in nationalen und internationalen Gremien.

Eine Kohortenstudie kann in zwei Stufen erfolgen:

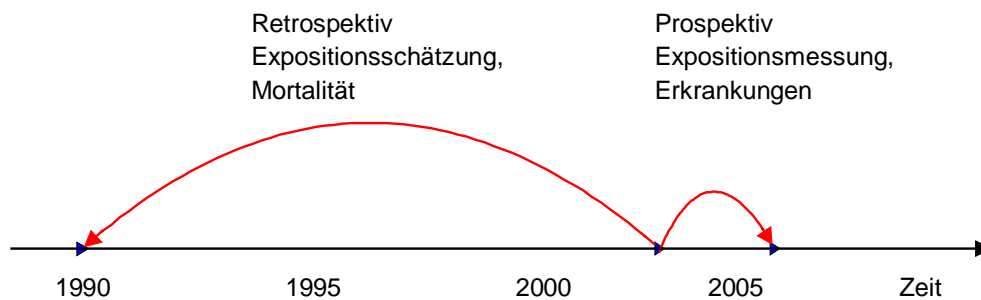


Abbildung 1: Aufbau einer Kohortenstudie mit den Funkamateuren.

Retrospektiver Studienteil: Diese große Zahl von registrierten Mitgliedern bietet die Möglichkeit, ein retrospektives Studiendesign zu wählen. Eine Gruppe von gegenüber hochfrequenter elektromagnetischen Feldern höher exponierten Personen und eine Gruppe von Personen, die nicht sehr hoch gegenüber diesen Feldern exponiert sind, sollte anhand der Anmeldeformulare aus den Mitgliedern des DARC zu selektieren sein. Von diesen Personen sollte über einen längeren Zeitraum von 10 bis 15 Jahre ein follow up erfolgen. Aus den Anmeldeformularen kann Geschlecht, Alter, Adresse, Beginn der Mitgliedschaft (ev. vorhandene frühere Mitgliedschaften), Berufstätigkeit und Sonderbedingungen (wie z.B. blind oder schwer behindert mit Grad der Behinderung (GdB) > 70%) erfasst werden.

Ein Mortalitäts-follow up kann über die Einwohnermeldeämter und die Gesundheitsämter erfolgen. Externe Vergleiche mit Mortalitätsraten der deutschen Allgemeinbevölkerung sind möglich, bedürfen jedoch aufgrund der spezifischen Studienbevölkerung (z.B. sehr technisch interessiert, hoher Anteil von Blinden und vermutlich anders behinderter Personen) einer umfangreichen methodischen Vorarbeit und sollten vorsichtig interpretiert werden. Interne Vergleiche zwischen den Gruppen der höher bzw. weniger hoch belasteten Gruppen erscheinen sinnvoller.

Neben der groben Klassifizierung „höher“ bzw. „weniger hoch“ exponiert kann bei bestimmten Todesursachen ein zusätzliches Vorgehen im „nested case control“ - Studiendesign geplant werden. Dabei sollte in einer Pilotstudie zunächst untersucht werden, ob Interviews mit Angehörigen von verstorbenen Funkamateuren – bzw. eventuell noch aufbewahrten Funkprotokollen - weitergehende Informationen zu der Exposition ermöglichen. Grundvoraussetzung für eine solche Auswertung liegt dabei in der gleichen Validität der Expositionserfassung zwischen Fällen und Kontrollen.

Prospektiver Studienteil: Der retrospektive Studienteil sollte auf jeden Fall mit einem prospektiven Studienteil ergänzt werden. Eine kleine Gruppe der gegenüber hochfrequenten elektromagnetischen Feldern höher exponierten Personen, aber auch eine kleine Gruppe der weniger hoch exponierten Funkamateure, sollten hinsichtlich ihrer Morbidität untersucht bzw. befragt werden. Besonderes Augenmerk sollte dabei auf Augenerkrankungen (Katarakt) sowie Herzkreislaufstörungen fallen. Gleichzeitig erlaubt es der prospektive Studienansatz parallel Messungen und daraus resultierend Expositionsabschätzungen durchzuführen. Im Anschluss sind interne Vergleiche von Personen, die hoch, mittel oder niedrig exponiert sind, vorzunehmen.

Vorteile: Eine Kohorte aus Mitgliedern des DARC ist gut zu erreichen, und aufgrund der alten und gewachsenen Struktur des DARCs auch retrospektiv für eine lange Zeit rückwirkend erfassbar. Demografische Daten der Mitglieder sind vorhanden und auch rückwirkend zugreifbar. Eine Exposition ist seit langer Zeit vorhanden und variiert stark zwischen den einzelnen Mitgliedern. Bei dieser Kohorte handelt es sich um eine konstante Kohorte, denn aufgrund des hohen Aufwandes (Prüfung, Kosten für Funkgerät) ist die Fluktuation bei den Mitgliedern vermutlich gering. Eine Motivation zur Teilnahme an einer solchen Studie ist leicht möglich, da der DARC gut organisiert ist und eine wissenschaftlich fundierte Studie zu diesem Thema voll unterstützt.

Nachteile: Funkamateure werden vermutlich nicht täglich gegenüber hochfrequenten elektromagnetischen Feldern exponiert sein. Die durchschnittliche wöchentliche Expositionsdauer ist eher gering. Für den retrospektiven Studienansatz werden gerade erst mögliche Expositionsmaße eruiert, die in einer Pilotphase zunächst getestet werden müssen. Nicht zuletzt handelt es sich bei dieser Kohorte um eine recht spezifische Studienbevölkerung, die nicht ohne weiteres mit der allgemeinen Bundesdeutschen Bevölkerung zu vergleichen ist.

Zusammenfassend bietet sich die Gruppe der Funkamateure sowohl retro- als auch prospektiv als Kohortenstudie an. Besonders hervorzuheben ist die große Anzahl an Mitglieder, die es erlaubt, eine höher exponierte Untergruppe zu untersuchen. Falls die Ergebnisse bereits in 3 bis 4 Jahren erwünscht werden, muss die Untersuchung in einem retrospektiven Design erfolgen. Dies ist möglich, wenn retrospektive Expositionsmaße wirklich vorhanden sind.

5.4 Abschließende Bewertung der drei Kohorten

In der Tabelle 2 werden alle drei ausgewählten Kohorten hinsichtlich des von der Arbeitsgruppe erarbeiteten Kriterienkataloges bewertet. Alle Kohorten weisen bei dem einen oder anderen Kriterium Defizite auf. Diese sind jedoch weit aus geringer als bei den anderen (Berufs-) Kohorten. Dabei zeigen sich bei der Kohorte der Beschäftigten an Hochfrequenz-Plastikschweißmaschinen insgesamt die meisten Nachteile, obwohl die Exposition am stärksten ausgeprägt ist. Die beiden anderen Kohorten weisen vom Umfang her ungefähr gleichviel Stärken und Schwächen auf. Dabei ist die Stärke der Funkamateure die große Zahl der Beobachtungseinheiten mit dem einheitlichen Zugangsweg. Die Stärke der Kohorte mit den Beschäftigten an Kurz- und Mittelwellensendern ist die hohe Qualität der retrospektiven Expositionsabschätzung.

Tabelle 3: Einschätzung wichtiger Kriterien der drei ausgewählten Kohorten				
		Beschäftigte an Hochfrequenz-Plastikschweißmaschinen	Funkamateure	Beschäftigte an Kurz- und Mittelwellensendern
Expositionsbedingungen				
	Regelmäßig (a.1.1)	***	*	***
	Hoch (a.1.2)	***	**	*
	Langer Zeitraum (a.2)	**	***	***
	Erfassung retrospektiv (a.3)	*	*	***
	Beschäftigungszeit (a.4)	***	***	***
Kohortenzusammenstellung				
	Demographische Variablen (b.1)	*	***	***
	Retrospektiv vorhanden (b.2)	*	***	***
	Große Firmen, Behörden (b.3)	-	***	**
	Kooperationsbereitschaft (b.4, b.5)	*** (BG) ~ (sonst)	*** (DARC)	*** (SWR)
	Erwartete Fallzahl (b.6)	-	***	*
Follow-up				
	Muss gewährleistet sein (c.1)	**	***	***
	Nicht zu viele Ausländer (c.2)	**	***	***

Legende: ***: sehr gut **: gut *: befriedigend -: ungünstig ~: nicht zu beurteilen

6 Schlussfolgerungen

Unter Berücksichtigung der Probleme, die für jede der Kohorten im Einzelnen beschrieben wurden, ergeben sich aus unserer Sicht folgende Empfehlungen für das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS):

1. Mortalitätsstudien können nur als historische Kohortenstudien durchgeführt werden, da sonst bis 2005/2006 keine Ergebnisse zu erwarten sind. Für eine klassische Mortalitätsstudie in einem nationalen Konzept bieten sich lediglich die Funkamateure an. Nur innerhalb dieser Kohorte sind ausreichend große Zahlen zu erwarten, die für (relativ) stabile Schätzer erforderlich sind. Unser Vorschlag ist, eine Kohorte zusammenzustellen, die in den 70er Jahren als Funkamateure registriert waren, und diese in einer Follow-up-Studie bis heute zu verfolgen. Es soll dann zunächst eine Mortalitätsstudie mit externer Vergleichspopulation durchgeführt werden. *Eine Klassifikation nach Lizenzklassen erscheint sinnvoll, falls diese aus den Unterlagen der Vereine schon in den Jahren 1960/70 hervorgehen.* Falls eine Tumorart bei diesem externen Vergleichen als erhöht gefunden wird, kann sich eine „nested“ Fall-Kontrollstudie anschließen. Ob eine „nested“ Fall-Kontrollstudie möglich ist (also für Verstorbene genügend Daten über die Exposition vorliegen) muss noch geprüft werden. Der Umfang der Studie sollte bei etwa 5.000 bis 10.000 Personen liegen, so dass etwa mit 100.000 Personenjahren zu rechnen ist. Besser wäre eine historische Kohortenstudie, die weit zurück liegt. Dann ist auch mit geringeren Kohortengrößen eine Aussage möglich, da der Alterseffekt den geringen Umfang wieder wett macht.

2. Eine Morbiditätsstudie kann nur prospektiv vorgenommen werden, da Morbidität nur in klinischen Untersuchungen festgestellt werden kann und externe Vergleichsdaten nicht vorliegen. Hier kann auch nur dann eine sinnvolle Aussage erwartet werden, wenn eine höher exponierte mit einer niedrig exponierten Gruppe verglichen wird. Für eine solche Studie bieten sich die Funkamateure an oder die Techniker und Ingenieure von MW-/KW-Sendeanlagen. Der Vorteil bei den Technikern und Ingenieuren ist, dass eine hohe Bereitschaft zur Mitarbeit besteht. Nachteilig ist, dass es sich bei beiden Gruppen um ‚Männerkohorten‘ handelt.
3. Klinische Parameter sind nicht in einer Kohortenstudie, sondern in erster Linie in einer Querschnittstudie zu untersuchen. Hierzu sollten „Hochexponierte“ herangezogen werden. Es bietet sich eine kleinen Studie an bei Personen, die an Hochfrequenzplastikschweißmaschinen arbeiten. Dabei handelt es sich um eine sehr hohe Exposition und eine kleine Personengruppe in wenigen Firmen, bei denen klinische Untersuchungen durchführbar und finanzierbar sind.
4. In unserer Machbarkeitsstudie konnten wir keine Personengruppe identifizieren, für die die Ermittlung des HF-EMF-assoziierten Erkrankungs- oder Sterberisikos in einer großen Kohorte ohne gravierende Probleme möglich wäre. Dies gilt auch für diejenigen drei Personengruppen, nämlich HF-Plastikschweißer, Techniker an Mittelwellen/Kurzwellen-Sendeanlagen und Funkamateure, die wir als einzige nicht auf Grund unseres Kriterienkataloges aus den zahlreichen potenziellen Kohorten ausschließen mussten. Doch selbst diese drei Gruppen sind entweder nicht tatsächlich relevant höher als die Allgemeinbevölkerung exponiert oder es liegen Mischexpositionen vor, so dass eine getrennte Aussage über die HF-Exposition nicht möglich sein wird. Letzteres gilt besonders für die HF-Plastikschweißer, die am höchsten exponiert sind.

Insgesamt muss somit die ursprüngliche Fragestellung, eine hoch oder höher exponierte Population zu finden, um daraus Schlüsse auf niedrig oder wenig Exponierte und hier besonders den Mobilfunk zu ziehen, auch alternativ betrachtet werden. Denn Personen, die viel mit dem Handy telefonieren, sind in einer ähnlichen Größenordnung exponiert als die von uns ermittelten Personengruppen. Dies gilt auch für die Funkamateure, wobei bei diesen die Ganzkörperexposition höher sein kann als für die Handy- Nutzer. Der Vorteil einer Handy-Kohorte läge aber auch darin, dass man nicht auf Ergebnisse zurückgreifen müsste, die nicht direkt auf die Expositionssituationen durch Mobilfunk übertragen werden können. Wir empfehlen daher dem BfS, die Durchführung einer Kohortenstudie unter Handy-Nutzern als vierte Alternative bei ihrer Prüfung in Betracht zu ziehen, ob eine Kohortenstudie zu beruflich HF-EMF-exponierten Personen durchgeführt werden soll.