

# Einfluss der räumlichen Nähe von Mobilfunksendeanlagen auf die Krebsinzidenz

Horst Eger, Klaus Uwe Hagen, Birgitt Lucas, Peter Vogel, Helmut Voit

Im Anschluss an die durch den rasanten Anstieg der drahtlosen Telefonie in den letzten Jahren bedingte Zunahme der Zahl von Mobilfunksendeanlagen in oder in unmittelbarer Nähe von Wohngebieten erfolgte die Aufforderung des Präsidenten des Bundesamtes für Strahlenschutz, Wolfram König, an alle Ärzte, aktiv an der Abschätzung des Risikos durch Mobilfunkstrahlung mitzuarbeiten. Das Ziel dieser Untersuchung war daher, zu prüfen, ob Anwohner in der Nähe von Mobilfunksendeanlagen einem erhöhten Risiko für Neuerkrankungen an bösartigen Tumoren ausgesetzt sind.

Datengrundlage waren PC-gespeicherte und mit den Krankenkassen abgerechnete Patientenunterlagen der Jahre 1994 bis 2004. In die ohne Fremdmittel erstellte Studie wurden Angaben von knapp 1.000 Patienten aus Naila (Oberfranken) unter Wahrung des Datenschutzes aufgenommen. Als Ergebnis zeigte sich, dass der Anteil von neu aufgetretenen Krebsfällen bei den Patienten, die während der letzten zehn Jahre in einem Abstand bis zu 400 Meter um die seit 1993 betriebene Mobilfunksendeanlage gewohnt hatten, gegenüber weiter entfernt lebenden Patienten signifikant höher war und die Patienten in durchschnittlich jüngerem Alter erkrankt waren.

Für die Jahre 1999 bis 2004 - also nach fünf und mehr Jahren Betriebszeit des Senders - hatte sich das Malignomrisiko für die näher an der Sendestation lebende Bevölkerungsgruppe im Vergleich mit der Gruppe im Nailaer Außenbereich verdreifacht.

## Einleitung

Eine Reihe einschlägiger Studien ergaben bereits zu Beginn der Untersuchung Hinweise auf Gesundheitsstörungen und erhöhte Krebsrisiken. Haider et al. berichteten 1993 in der Moosbrunn -

Studie über ein gehäuftes Auftreten psychovegetativer Symptome unterhalb der gültigen Grenzwerte für elektromagnetische Wellen (1). In der Schweizer Schwarzenburg-Studie fanden Abelin et al. 1995 dosisabhängig Schlafstörungen (5:1) und Depressionen (4:1) um einen Kurzwellensender, der seit 1939 betrieben worden war (2).

In mehreren Studien wurden erhöhte Leukämierisiken gefunden; um die Sendetürme von Radio Hawaii bei Kindern (3) und in Australien mit einem signifikanten Anstieg von Leukämiefällen und allgemeiner Sterblichkeit im Umfeld der Radio- und Fernsehsender (4) und auch in England bis zu neunmal mehr Leukämiefälle bei Erwachsenen als im Landesdurchschnitt mit Abnahme der Fallzahlen mit der Entfernung zum Sender Sutton Coldfield (5). In einer zweiten Untersuchung um 20 Sendtürme in England findet sich bei den stärker strahlenden Sendern eine signifikante Erhöhung des Leukämierisikos (6). Einen quantitativ belegten kau-

### Kontakt:

Dr. med. Klaus Uwe Hagen  
Birgitt Lucas  
Peter Vogel  
Dr. med. Helmut Voit

### Korrespondenz:

Dr. med. Horst Eger  
Marktplatz 16  
95119 Naila  
Tel.: 09282-1304  
horst.eger@arcormail.de

**Summary**

Following the call by Wolfram König, President of the Bundesamt für Strahlenschutz (Federal Agency for radiation protection), to all doctors of medicine to collaborate actively in the assessment of the risk posed by cellular radiation, the aim of our study was to examine whether people living close to cellular transmitter antennas were exposed to a heightened risk of taking ill with malignant tumors.

The basis of the data used for the survey were PC files of the case histories of patients between the years 1994 and 2004. While adhering to data protection, the personal data of almost 1.000 patients were evaluated for this study, which was completed without any external financial support. It is intended to continue the project in the form of a register.

The result of the study shows that the proportion of newly developing cancer cases was significantly higher among those patients who had lived during the past ten years at a distance of up to 400 metres from the cellular transmitter site, which has been in operation since 1993, compared to those patients living further away, and that the patients fell ill on average 8 years earlier.

In the years 1999-2004, i.e. after five years' operation of the transmitting installation, the relative risk of getting cancer had trebled for the residents of the area in the proximity of the installation compared to the inhabitants of Naila outside the area.

*Key words: cellular radiation, cellular transmitter antennas, malignant tumors*

salen Zusammenhang von Tumorfällen mit der Anzahl der aktiven Sender in Abhängigkeit von der Distanz stellte Cherry her (7). Die epidemiologische Studie um den Sender Radio Vatikan wies nach, dass in einem Radius von sechs Kilometern um den Sender das Auftreten von Kinderleukämie um das 2,2 fache erhöht war, sowie die Sterblichkeit an Erwachsenenleukämie ebenfalls erhöht war (8). Goldsmith veröffentlichte 1997 die "Lilienfeld-Studie", in der ein vierfaches Krebsrisiko unter Mitarbeitern der amerikanischen Botschaft in Moskau im Anschluss an Mikrowellenbestrahlung der Dienstgebäude während des kalten Krieges aufgezeigt wurde. Auffällig war, dass die Dosis verhältnismäßig gering war und weit unter dem deutschen Grenzwert lag (9).

Drei Studien zu körperlichen Symptomenkomplexen zeigten übereinstimmend signifikante Zusammenhänge. In Frankreich ergab eine Erhebung von Santini et al. signifikante Zusammenhänge zwischen Reizbarkeit, depressiven Tendenzen, Schwindel (bis 100 m), Kopfschmerz, Schlafstörung, Unwohlsein, Hautprobleme (bis 200 m), sowie Müdigkeit bis 300 m Entfernung zur nächsten Mobilfunksendeanlage (jeweils geschätzte Entfernungen) (10). In Österreich war ein Zusammenhang zwischen der Feldstärke und kardiovaskulären Symptomen signifikant (11), und in Spanien ergab sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen den Strahlungsintensitäten und Kopfschmerzen, Übelkeit, Appetitmangel, Unwohlsein, Schlafstörungen, Depressionen, Konzentrationsstörungen und Schwindel (12).

Rein physikalisch werden Mikrowellen im menschlichen Körper absorbiert; hierbei kommt es zu Übergängen der Rotationszustände von Dipolmolekülen und zu Inversionsübergängen (13)

und als eine Folge davon zu Wärmeentwicklung. Auch die Tatsache, dass wir im menschlichen Körper Mikrowellenstrahlung in sehr niedriger Intensität nachweisen können, zeigt, dass hier entsprechende "Sendeanlagen" vorhanden sein müssen. Ein Lehrsatz aus der Nachrichtentechnik besagt, dass jeder Sender zugleich auch einen Empfänger darstellt; der menschliche Körper ist somit ein unerwünschter Empfänger im Sendebetrieb.

Die in Deutschland gültigen Grenzwerte im Hochfrequenzbereich beziehen sich mit Ausnahme des Mikrowellenhörens auf rein thermische Effekte. Sie liegen eine Billion Mal höher, als die natürliche von der Sonne zu uns gelangende Strahlung in diesem Frequenzbereich.

In der vorliegenden Studie wurde untersucht, ob auch in der Nähe zu Mobilfunksendestationen ein Einfluss auf die Krebsinzidenz beobachtet werden könnte, da für den Frequenzbereich von 900 bis 1800 MHz keine publizierten Langzeitstudien am Menschen vorliegen, die einen Beobachtungszeitraum von zehn Jahren für die Ermittlung des Krebsrisikos umfassen. Eine stetige Überwachung des Gesundheitszustandes (Follow up) der anwohnenden Bevölkerung wurde bisher nicht systematisch durchgeführt.

**Material und Methoden****Studienregion**

Im Juni 1993 wurde in direkter Nähe zum Wohngebiet in der süd-deutschen Kleinstadt Naila vom Bundesamt für Post und Telekom eine Mobilfunksendeanlage genehmigt und im September 1993 in Betrieb genommen.

Die Sendeantenne ist mit einer angegebenen Leistung von 15 Watt pro Kanal im Frequenzbereich 935 MHz, Typ GSM ausgestattet.

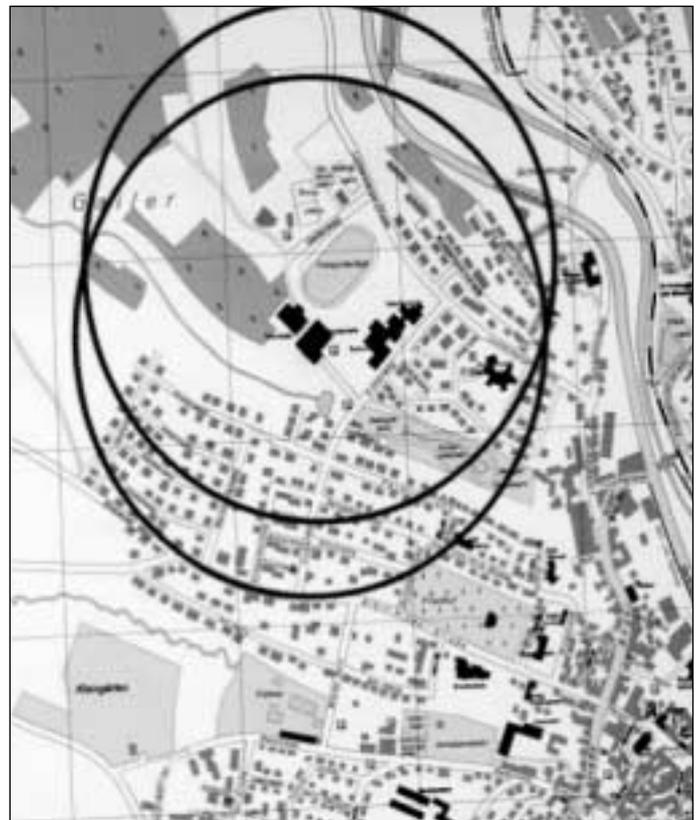


Abb. 1: Schematische Übersicht der Antennenstandorte.

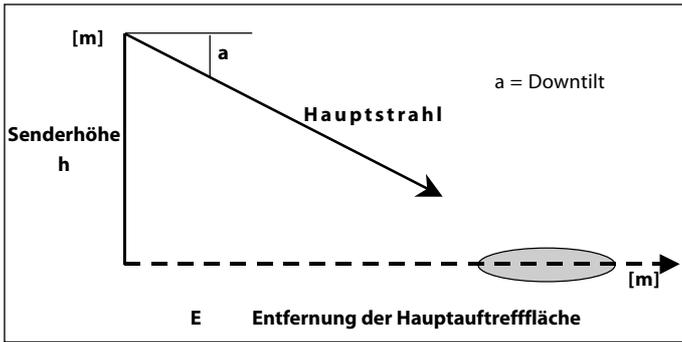


Abb. 2: Aus der Senderhöhe h und einem Downtilt-Winkel a ergibt sich die Entfernung E der Hauptauftriefffläche  $E = \tan(90-a) \times h$ .

tet; die gesamte Sendezeit beträgt ca. 90.000 Stunden. Im Dezember 1997 erfolgte durch einen weiteren Anbieter eine zusätzliche Installation. Nähere Angaben zum Antennenstandort, -typ und -gewinn finden sich im unveröffentlichten Bericht, Anhang Seite 1 bis 3 (14).

Zur Abgrenzung des Innen- und Außenbereichs vor der Datenerhebung diente der Radius von 400 m um den zuerst errichteten Sendemast. Die durchschnittliche Entfernung der untersuchten Straßenzüge liegt im Innen- oder Nahbereich (Bereich näher als 400 m) bei 266 m und im Außen- oder Fernbereich (Bereich weiter als 400 m) bei 1.076 m.

Abbildung 1 veranschaulicht die Lage der Antennenstandorte 1 und 2 umgeben jeweils von einem Kreis mit 400 m Radius. Die geographische Situation ergibt den Sendestandort (560 m ü.NN) am höchsten Punkt eines auf etwa 525 m ü.NN in 450 m Entfernung sanft abfallenden Geländes. Über die Winkelfunktion lassen sich bei bekanntem Downtilt (Absenkung des Hauptstrahls nach unten, siehe skizziertes Beispiel in Abb. 2) und Senderhöhe die Entfernung der Hauptauftrieffflächen der emittierten Strahlung berechnen.

Die höchsten Strahlungswerte sind im Bereich des Hauptstrahles und der Hauptauftriefffläche mit den lokalen Reflexionen zu erwarten, während die Strahlungsintensität mit dem Abstand zur Sendeanlage in einer quadratischen Funktion abnimmt. In Naila liegt die Hauptauftriefffläche bei etwa 350 m um den Standort 1 mit dem unteren Öffnungswinkel von 6 Grad (15). Im Innenbereich finden sich zusätzlich die Emissionen über Nebenzipfel, so dass im Außenbereich allein rein rechnerisch von einer deutlich geringeren Strahlenbelastung ausgegangen werden kann. Sowohl in der computersimulierten Fernfeldberechnung als auch in den Messungen des Bayerischen Landesamtes für Umweltschutz zeigt sich, dass die Strahlungsintensität im Innenbereich um den Faktor 100 höher als im Außenbereich lag. Auch zeigen die gemessenen Werte aller Sendestationen, dass in Naila die Strahlungsintensität des Mobilfunks im Innenbereich deutlich über den sonstigen Emittieren elektromagnetischer Wellen wie Radio, Fernsehen oder Radar liegt (alle Angaben in 14).

Der Forschungsbericht StSch 4314 des ECOLOG-Instituts belegt einen klaren Zusammenhang des räumlichen vertikalen und horizontalen Abstandes vom Sendemast und der zu erwartenden Strahlungsbelastung für die Bevölkerung (16). Die vorliegenden Dämmungsverhältnisse am Ort des Auftreffens beeinflussen die Strahlungsintensität in geringerem Maße.

Grund für die Auswahl von 400 m als Grenze zwischen Innen- und Außenbereich waren neben physikalischen Überlegungen auch die Studie von Santini et al., die von körperlichen Symptomen bei Anwohnern um Mobilfunkstationen bis zu - allerdings geschätzten - 300 Metern berichtet (10).

**Datenerhebung**

Nach Zufallsprinzip wurden im zuvor definierten Innen- und Außenbereich jeweils vergleichbare Straßenzüge in Wohngebieten ausgewählt. Um die Datenbasis nicht durch Krebskranke zu verzerren, die nicht die gesamte Zeit in dem zu untersuchenden Bereich zugebracht hatten, wurde eine im Innenbereich gelegene Straße mit einem großen Altenheim ausgeschlossen. Hier wäre es aufgrund des hohen Alters der Bewohner und der damit verbundenen höheren Karzinominzidenz zu einer fälschlich erhöhten Anzahl von Krebsneuerkrankungen im Innenbereich (<400m) gekommen, ohne dass die betroffenen Patienten dort lange gelebt hätten.

Der Erfassungsgrad der tatsächlich in den Untersuchungsgebieten wohnenden Bevölkerung lag bei knapp 90 %, da alle vier allgemeinärztlich ausgerichteten Arztpraxen in Naila an der vorliegenden Untersuchung teilnahmen, die den Studienzeitraum von 10 Jahren überblickten. Die Praxisleiter suchten innerhalb von Straßenlisten nach den Namen aller dort hausärztlich betreuten Patienten und Tumorerkrankungen ab 1994, wobei Voraussetzung war, dass die Patienten die volle Beobachtungsdauer von zehn Jahren am Wohnort geblieben waren (Ortstreue) und so insbesondere während der nächtlichen Ruhephasen vergleichbar exponiert waren.

Die Daten der erkrankten Patienten wurden nach Vorschriften des Datenschutzes anonymisiert und nach Verkodung zentral nach den Merkmalen Geschlecht, Alter, Tumorart, Erkrankungszeitpunkt und Ortstreue erfasst und ausgewertet. Alle malignen Tumorerkrankungen wurden ausschließlich der Tumoren der Haut, einschließlich des malignen Melanoms erfasst. Die Erkrankungen waren durch Fremdbefunde, wie Entlassungsberichte und histologische Diagnostik abgesichert. Die Patientenauswahl erfolgte in den zu vergleichenden Bereichen nach exakt dem gleichen Schema. Eine Selbstauswahl durch den Patienten war ausgeschlossen. Auch eine subjektive Einstellung des Patienten zur eventuellen Gesundheitsgefährdung durch Mobilfunk spielte keine Rolle. Aufgrund des hohen Leidensdrucks durch die die Lebensqualität beeinflussende Diagnose Krebs war eine Verheimlichung der Erkrankung vor dem Hausarzt unwahrscheinlich und es konnte von einer lückenlosen Erfassung ausgegangen werden.

	weiblich	männlich	gesamt
<b>Innenbereich</b>	41,48	38,70	40,21
<b>Außenbereich</b>	41,93	38,12	40,20
<b>Naila insgesamt</b>	43,55	39,13	41,45

Tab. 1: Übersicht des Durchschnittsalters zum Studienbeginn 1994

1994	innen 22,4 %	außen 22,8 %	Naila gesamt 24,8 %
2004	innen 26,3 %	außen 26,7 %	

Tab. 2: Patientenanteil über 60 Jahre nach Gruppen innen und außen getrennt

## Studienpopulation und Bevölkerungsbezug

In den überblickten Straßenzügen waren am 31.12.2003 1.045 Anwohner gemeldet. Die Meldestatistik für Naila hatte zu Studienbeginn (1.1.1994) eine für „innen“ und „außen“ übereinstimmende Altersverteilung ergeben (Tabelle 1). Das Gesamtdurchschnittsalter zum Studienbeginn 1.1.1994 betrug im Innen- wie Außenbereich 40,2 Jahre. Aus den Krankenarchiven wurden für den Zeitraum 1994 bis 2004 insgesamt 967 Patienten ermittelt; davon waren 34 im Beobachtungszeit an neu aufgetretenen Krebsleiden erkrankt (Tabelle 3), der Erfassungsgrad lag bei etwa 90 % der Bevölkerung.

Das Durchschnittsalter der Nailaer Bevölkerung liegt gut ein Jahr höher, Grund ist die oben beschriebene Aussparung der Altenwohn- und Pflegeheime. Von den 9.472 in Naila gemeldeten Personen sind 4.979 (52,6 %) weiblich und 4.493 (47,4 %) männlichen Geschlechts. Das Geschlechterverhältnis lag am 1.1.1994 laut Gemeindestatistik bei 45,4 % männlicher und 54,5 % weiblicher Personen im Außenbereich bzw. bei 45,3 % männlicher und 54,6 % weiblicher Personen im Innenbereich. Der Anteil der Personen über 60 Jahre ist in Tabelle 2 dargestellt.

Die sozialen Unterschiede in Naila waren gering ausgeprägt, eine abrupte Trennung nach Wohnvierteln wie in den USA bestand nicht. Ebenso fanden sich keine ethnischen Trennungen, der Ausländeranteil in Naila lag 1994 bei 4 %. Größere Industrieansiedlungen in Naila waren neben den klassischen Handwerksberufen eine Webmaschinenfabrik, eine seit 1991 geschlossene Schuhfabrik und die Textilverarbeitung; im Dienstleistungsbereich war eine große Spedition ansässig. Die Arbeitnehmer dieser Betriebe waren nicht in Werksiedlungen untergebracht, sondern über das ganze Stadtgebiet verteilt. Im Innenbereich fanden sich weder Hochspannungsleitungen noch elektrifizierte Bahnstrecken.

## Ergebnisse

Die Ergebnisse werden für den gesamten 10-Jahres-Zeitraum 1994 bis Anfang 2004 und anschließend für den 5-Jahres-Abchnitt 1999 bis 2004 getrennt dargestellt.

### Zeitraum 1994 bis 2004

Als Nullhypothese wurde überprüft, ob die räumliche Nähe zu der Mobilfunksendeanlage keinen Einfluss auf die Krebsinzidenz der untersuchten Bevölkerungsgruppe hat; das heißt, in den Gruppen

Zeitraum 1994 - 2004 Anzahl der Patienten	Nahbereich	Fernbereich	Summe
mit neu aufgetretener Krebserkrankung	18	16	34
ohne Krebsneuerkrankung	302	631	933
Gesamt	320	647	967

Tab. 3: Absolute Anzahl der Patienten und Tumorneuerkrankungen 1994 bis 2004

Anzahl der Tumorfälle im Erkrankungs- jahr	Nahbereich auf je 320 Personen		Fernbereich bzw. 647 Personen	
	Anzahl Fälle	Angabe in Promille	Anzahl Fälle	Angabe in Promille
1994	-	-	I	1,5
1995	-	-	-	-
1996	II	6,3	I	1,5
1997	I	3,1	III	4,6
1998	II	6,3	III	4,6
1999	II	6,3	I	1,5
2000	IIII	15,6	I	1,5
2001	II	6,3	II	3,1
2002	II	6,3	II	3,1
2003 - 3/2004	II	6,3	II	3,1

Tab. 4: Übersicht über die Anzahl der Malignome pro Jahr des Auftretens (Strichliste, Angabe in Promille)

näher und ferner als 400 m Abstand sind Krebsneuerkrankungen gleich häufig zu erwarten.

Die relativen Häufigkeiten wurden in Form einer Vierfeldertafel dargestellt (Tabelle 3), als statistisches Testverfahren dient der Chi-Quadrat Test der Daten in der Vierfeldertafel.

Im Chi-Quadrat-Test mit Korrektur nach Yates liegt der Wert bei 6,27 über dem kritischen Wert von 3,84 (Irrtumswahrscheinlichkeit 0,05). Die Nullhypothese - beide Gruppen „Innen“ und „Außen“ seien gleich - kann mit 95 %iger Sicherheit verworfen werden. Mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % wurde ein signifikanter Unterschied für das Auftreten von Krebsneuerkrankungen für die Gruppen beobachtet.

Über den gesamten Untersuchungszeitraum 1994 bis 2004 berechnet sich aufgrund der Vierfeldertafel (Tab. 3) das relative Risiko zu 2,27 (Quotient der Proportionen pro Gruppe, d.h. 18/ 320 in der stark exponierten gegenüber 16/ 647 in der schwach exponierten „Vergleichsgruppe“). Als Odds Ratio ausgedrückt ist das Verhältnis der Erkrankungschancen zwischen stark Exponierten und schwach Exponierten 2,35, Vertrauensintervall für das Unterschiedsverhältnis für 95 %-ige Sicherheit: 1,18 - 4,67 (17).

Die vorliegenden Ergebnisse weisen auf ein deutlich mehr als doppeltes Risiko für die Bevölkerung in Sendernähe hin, an Krebs neu zu erkranken, als für die Bewohner in mehr als 400 m Entfernung.

Das Durchschnittsalter zum Erkrankungszeitpunkt war innen 64,1 Jahre und außen 72,6 Jahre mit einer Differenz von 8,5 Jahre; d.h. über den 10-Jahreszeitraum hinweg traten die Tumorerkrankungen im Innenbereich in jüngerem Lebensalter auf.

Im deutschlandweiten Vergleich liegt das durchschnittliche Krebsalter für alle Krebsformen zusammen bei ca. 66,5 Jahren; für Männer bei 66 für Frauen bei 67 Jahren (18).

Zeitraum 1994 - 1999 Anzahl der Patienten	Nahbereich	Fernbereich	Summe
mit neu aufgetretener Krebserkrankung	5	8	13
ohne Krebsneuerkrankung	315	639	954
Gesamt	320	647	967

Tab. 5: Absolute Anzahl der Patienten und Tumornewerkrankungen 1994- 1999

Im zeitlichen Trend für das Auftreten der Karzinome findet sich eine hohe jährliche Konstanz der Befunde über Jahre hinweg (Tabelle 4).

Zu beachten ist dabei, dass im Innenbereich nur eine halb so große Personenzahl erfasst wurde und sich daher geringere absolute Fallzahlen ergeben. (Die gefundenen Tumorformen mit einem Überwiegen der von endokrinen Organen ausgehenden Neoplasien im Innenbereich siehe Tabelle 7)

**Zeitraum 1994 bis 1999**

Für die ersten fünf Jahre des Sendebetriebs (1994 bis 1998) findet sich kein signifikanter Unterschied für Krebsneuerkrankungen (Tabelle 5).

**Zeitraum 1999 bis 2004**

Unter der biologisch plausiblen Annahme, dass bis zur Entstehung eines Karzinoms durch äußere Noxen ein Zeitraum von Jahren vergehen muss, wurde im folgenden der Zeitraum 1999 bis 2004 nach fünf Jahren Sendebetrieb betrachtet. (Tabelle 6). Der Chi-Quadrat-Test ergibt 6,77 (Korrektur nach Yates) und liegt über dem kritischen Wert von 6,64 (Irrtumswahrscheinlichkeit 0,01), so dass mit 99 %iger Sicherheit ein statistisch nachgewiesener Unterschied der Gruppen „Innen“ zu „Außen“ besteht. Das relative Risiko 3,29 bedeutet für die Bewohner des Innenbereichs ein gegenüber Außen über dreifach erhöhtes Risiko an Krebs zu erkranken.

Die Odds-ratio 3,38 (VI 95 % 1,39-8,25, 99 % 1,05-10,91) lässt mit 99 % Sicherheit ausschließen, dass der Unterschied im Odds-Verhältnis durch statistische Schwankungen (Zufallseinflüsse) erzeugt wurde.

Zeitraum 1999 - 2004 Anzahl der Patienten	Nahbereich	Fernbereich	Summe
mit neu aufgetretener Krebserkrankung	13	8	31
ohne Krebsneuerkrankung	307	639	946
Gesamt	320	647	967

Tab. 6: Absolute Anzahl der Patienten und Tumornewerkrankungen 1999 bis 2004

Die Datenerhebung wurde im Innen- und Außenbereich nach exakt gleichem Schema durchgeführt. Durch die Einführung der Chipkarte vor ca. zehn Jahren boten sich hervorragende Möglichkeiten, Daten strukturiert „auf Knopfdruck“ zu arrangieren und auszuwerten. Die vier teilnehmenden hausärztlich ausgerichteten Praxen überblickten Erkrankungen der letzten zehn Jahre bei etwa 90 % der betrachteten Nailaer Bevölkerung. Datengrundlage für unsere Erhebung waren direkte ärztliche Untersuchungsergebnisse aus den jeweiligen Krankendateien, aus denen auch computergestützt nach Diagnose und Behandlungsart mit den Krankenkassen abgerechnet wurden.

Daher sind in jedem Einzelfall in Zusammenarbeit mit den Krankenkassen auch die Behandlungskosten nachvollziehbar. Die Studienpopulation ist nach Alter, Geschlecht und der Anzahl der erwarteten Krebsinzidenzen (14, Anhang S.21 ff.) vergleichbar und damit statistisch auswertbar. Die Studie berücksichtigte eine ortsfeste Bevölkerungsgruppe und erreicht damit gleiche Expositionsdauer für die innen bzw. außen wohnende Bevölkerungsgruppe.

Die Ergebnisse der Studie zeigten, dass der Anteil von neu aufgetretenen Krebsfällen bei den Patienten, die während der letzten zehn Jahre in einem Abstand bis zu 400 Meter um die seit 1993 betriebene Mobilfunksendeanlage gewohnt hatten, gegenüber weiter entfernt lebenden Patienten signifikant ( $p < 0,05$ ) höher war. Das Erkrankungsalter der Patienten im Innenbereich war durchschnittlich um 8,5 Jahre niedriger, ein verdoppeltes Auftreten von Krebs kann also nicht durch einen Altersunterschied zwischen den beiden Gruppen begründet werden. Eine Promotionswirkung im Sinne des beschleunigten klinischen Manifestwerdens der Krankheit und ein eventuell beschleunigter Verlauf sind somit nicht auszuschließen.

Für die Jahre 1999 bis 2004 - also nach fünf und mehr Jahren Betriebszeit des Senders - hatte sich das Malignomrisiko für die näher an der Sendestation lebende Bevölkerung im Vergleich der Gruppe im Nailaer Außenbereich verdreifacht ( $p < 0,01$ ).

Die Abgrenzung der beiden Gruppen war zu Studienbeginn klar über den Abstand zu der Sendeanlage definiert. Nach physikalischen Gegebenheiten lag im Innenbereich die Strahlungsbelastung der Bevölkerung höher.

Sowohl aus der Fernfeldberechnung als auch den durchgeführten Messungen zeigten sich im Innenbereich die Werte der Strahlungsintensität um das Hundertfache erhöht. Nach Untersuchungen im Rahmen des Forschungsvorhabens StSch 4314 ist die horizontale und vertikale Lage zur Sendestation für die Strahlungsbelastung der Bevölkerung ausschlaggebend (16).

Das hier angewandte epidemiologische Prinzip der räumlichen Stratifizierung (Schichtung) (19), das auch bei vermuteten chemischen Umweltunverträglichkeiten angewandt wird, berücksichtigte die Störgröße "Sender" mit seinen physikalischen Gegebenheiten. Es zeigte sich eine signifikante Häufigkeitsdifferenz der neu aufgetretenen Krebserkrankungen bei differenter Expositionsdosis der untersuchten Gruppen. Die Anzahl der untersuchten Patienten war nach dem statistischen Gesetz der großen Zahlen so hoch, dass eine Gleichverteilung z. B. hinsichtlich der Nutzung von DECT-Telefonen innen gegen außen wahrscheinlich

Tumorart (Organ)	gefundene Tumoranahl	erwartete Anzahl	Tumorinzidenz auf 100.000 Personen	Vergleich der Gruppen Nah und Fern
Mamma	8	5,6	112	5/3
Ovarial	1	1,1	23	0/1
Prostata	5	4,6	101	2/3
Pankreas	m 3 w 2	0,6 0,9	14 18	2/1 1/1
Darm	m 4 w 0	3,7 4,0	81 81	2/2 0/0
Haut (Melanom)	m 1 w 0	0,6 0,7	13 14	1/0 0/0
Lunge	m 3 w 0	3,6 1,2	79 24	2/1 0/0
Niere	m 2 w 1	1,0 0,7	22 15	1/1 1/0
Magen	m 1 w 1	1,2 1,1	27 23	0/1 0/1
Blase	m 1 w 0	2,0 0,8	44 16	0/1 0/0
Blut	m 0 w 1	0,6 0,7	14 15	0/0 1/0

Tab. 7: Übersicht der gefundenen Tumorarten im Vergleich zur Inzidenz des Saarländischen Krebsregisters

war. Die Störung durch eventuelle Confounder liegt erfahrungsgemäß bei etwa 20 bis 30 % und konnte allein eine Verdreifachung der Malignominzidenz nicht erklären.

Störfaktoren wie Rauchen oder übermäßiger Alkoholkonsum sollten sich bei einer Ungleichverteilung zwischen den beiden Gruppen in der Zahl der gefundenen Lungentumore bzw. Mundrachenkarzinome oder Speiseröhrenkarzinome zeigen. Bei gefundenen zwei Bronchialkarzinomen innen (bei je einem Raucher und Nichtraucher) und ein Bronchialkarzinom (Raucher) außen, sowie keinem Oropharynx-Oesophaguskarzinom insgesamt war eine Verdoppelung der gesamten Krebsrate durch diese Störfaktoren demnach nicht erklärbar. Keiner der tumor Erkrankten Patienten stammte aus Familien mit Gendefekten.

Aus der jahrelangen hausärztlichen Tätigkeit waren die sozialen Strukturen in Naila bekannt; danach bestanden zwischen den beiden untersuchten Gruppen keine auffälligen sozialen Unterschiede, die die differente Krebshäufigkeit erklären könnten.

Die Art und Anzahl der gefundenen Malignome sind in Tabelle 7 dargestellt.

Im Nahbereich waren Malignome des blutbildenden Systems und endokrin kontrollierte Tumore tendenziell häufiger (77 % innen gegen 69 % außen).

Das relative Risiko, an einem Mammakarzinom zu erkranken war mit 3,4 auffällig erhöht, das Durchschnittsalter der Brustkrebspatientinnen innen lag mit 50,8 gegenüber 69,9 Jahren außen um fast 20 Jahre niedriger. In Deutschland liegt das mittlere Erkrankungsalter des Mamma-Karzinoms bei etwa 63 Jahren; die Inzidenz stieg von 1970 (80 von 100.000 Personen) auf 112 von

100.000 Personen im Jahr 2000. Hier stellt sich für die Zukunft die Frage, ob das Mammakarzinom nicht als "Marker-Karzinom" für eine erhöhte Belastung durch elektromagnetische Wellen dienen könnte. Von Tynes et al. ist ein erhöhtes Brustkrebsrisiko bei norwegischen Radiooperatorinnen beschrieben (20).

Zur weiteren Validierung der Ergebnisse wurden die gefundenen Zahlen mit dem Saarländischen Krebsregister verglichen (21). Hier werden alle Malignominzidenzen seit 1970 in einem Bundesland erhoben und im Internet zugänglich gemacht; Patienten mit Doppelerkrankungen werden zweifach erfasst und erhöhen dadurch die Inzidenzrate um bis zu 10 %. Ortsspezifische Bezüge, insbesondere zu Mobilfunksendeanlagen, werden nicht hergestellt. Die Zahlen des Krebsregisters spiegeln also keine echte Kontrollgruppe, sondern die bestrahlte Gesamtbevölkerung in einer Übersicht wieder.

Im saarländischen Krebsregister fanden sich folgende Inzidenzen für das Jahr 2000 für alle Krebsarten zusammen: 498 zu erwartende Neukarzinome auf 100.000 Männer und 462 auf 100.000 Frauen. Altersspezifiziert und geschlechtsadjustiert würde man 480 bis 500 Krebsneuerkrankungen auf 100.000 Personen für Naila erwarten. Für die Jahre 1999 bis 2004 fanden sich 21 Neuerkrankungen auf 967 untersuchte Patienten bei 24 auf 1.000 erwarteten Erkrankungen.

In Abbildung 3 wird das gefundene Ergebnis der Studie graphisch verdeutlicht. Angegeben wurden die Krebsneuerkrankungen als Balkendiagramm, die man bei 1.000 Patienten in fünf Jahren in den einzelnen Bereichen finden würde (Balken 2 bis 4). Dem gegenübergestellt sind die erwarteten Zahlen aus dem Saarländischen Krebsregister (Balken 1).

Die gefundenen Erkrankungszahlen im Innenbereich liegen - trotz einer möglichen Unterschätzung - über den zu erwartenden Zahlen des Krebsregisters für eine "gesamtbestrahlte" Bevölkerung; die innerhalb des 400m-Radius wohnende Gruppe hatte in den letzten fünf Jahren gegenüber dem Durchschnitt ein fast doppelt so hohes Risiko an einem Karzinom zu erkranken. Das relative Risiko für eine Krebsneuerkrankung liegt im Vergleich des Innenbereichs mit dem in dem saarländischen Krebsregister erfassten Personenkreis nach Tabelle 7 bei 1,7.

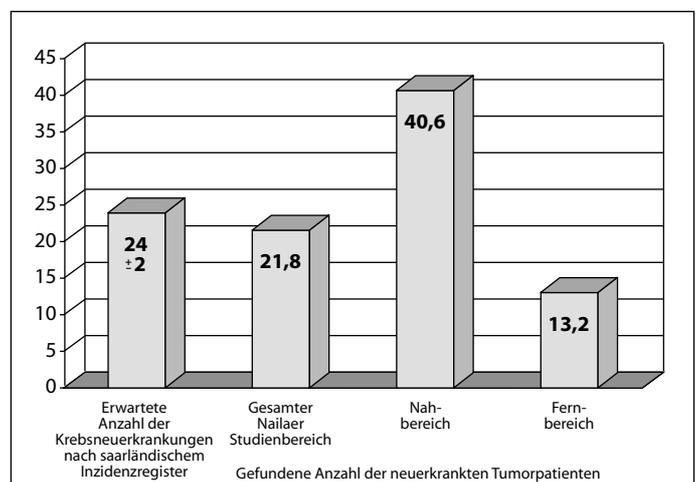


Abb. 3: Anzahl der Krebsneuerkrankungen 1999 bis 2004 alters- und geschlechtsadjustiert jeweils auf 5000 Patientenjahre berechnet.

## Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse der vorliegenden retrospektiven Studie belegen, dass sich für die untersuchte Bevölkerung in Naila innerhalb von 400 Metern Umkreis um die untersuchte Sendeanlage das Risiko an einem Krebsleiden neu zu erkranken gegenüber dem außerhalb liegenden Wohnbereich in den Jahren 1999 bis 2004 verdreifacht hat.

Querschnittsstudien können der entscheidende quantifizierende Hinweis auf ein real zu beobachtendes Problem sein. In den sechziger Jahren reichte die Beobachtung dreier Fälle kindlicher Missbildungen aus, um das heute wissenschaftlich unbestritten anerkannte "Contergan-Problem" aufzudecken (19).

Die ohne Fremdmittel erstellte Studie trägt den Charakter einer Pilotstudie, Messungen zur Ermittlung der individuellen Exposition sowie die gezielte Suche nach weiteren Störgrößen können eine sinnvolle Ergänzung sein. Dazu müssen dann aber auch entsprechende Mittel zur Verfügung gestellt werden.

Das Konzept der vorliegenden Studie ist einfach und kann jederzeit an all den Orten wiederholt werden, die jahrelang relativ isoliert von einer Sendeanlage bestrahlt wurden.

Die vorliegenden Ergebnisse sind ein erster ganz konkreter epidemiologischer Hinweis auf einen zeitlichen und örtlichen Zusammenhang zwischen der Exposition gegenüber GSM-Basisstationen und Krebserkrankungen. Diese Ergebnisse sind unter Heranziehung der Literatur zu hochfrequenten elektromagnetischen Feldern nicht nur plausibel und möglich sondern als wahrscheinlich anzusehen.

Eine sofortige Kontrolle des Gesundheitszustandes der zunehmender Sendestrahlung exponierten Bevölkerung mit großen epidemiologischen Studien ist aus ethischer und juristischer Ansicht dringend geboten. Denn nach den jetzt vorliegenden Ergebnissen kann eine Kausalität der Mikrowellen zur Krebspromotion nicht mehr sicher ausgeschlossen werden.

### Danksagung

Unser Dank gilt allen, die am Entstehen dieser Studie beteiligt waren, insbesondere Herrn Professor Frenzel-Beyme für seine Beratung in allen epidemiologischen Fragen.

(Eingegangen 14.09.2004; Angenommen 08.10.2004)

### Nachweise

- (1) HAIDER, M., KUNDI, M., KNASMÜLLER, S., HAIDER, T., GROLL KNAPP, E. & G. OBERMEIER (1993): Medizinisch-hygienische Untersuchungen und Beurteilungen der Kurzwellensendeanlage Moosbrunn, Institut für Umwelthygiene, Universität Wien.
- (2) ABELIN, T., ALTPETER, E.S., PFLUGER, D.H., KREBS, T., KÄNEL, J.V., STÄRK, K. & C. GRIOT (1995): Gesundheitliche Auswirkungen des Kurzwellensenders Schwarzenburg, BEW Schriftenreihe Studie Nr. 56 (BEW: Bundesamt für Energiewirtschaft).
- (3) MASKARINEC, G., COOPER, J. & L. SWYGERT (1994): Investigation of increased incidence in childhood leukemia near radio towers in Hawaii: Preliminary observations, J. Environ. Pathol. Toxicol. and Oncol. 13: 33-37.
- (4) HOCKING, B., GORDON, IR., GRAIN HL. et al. (1996): Cancer Incidence and Mortality and Proximity to TV-Towers. Med. J. Australia 165, 11-12: 601-605.
- (5) DOLK, H., SHADDICK, G., WALLS, P., GRUNDY, C., THAKRAR, B., KLEINSCHMIDT, I. & P. ELLIOT (1997a): Cancer Incidence Near Radio and Television Transmitters in Great Britain, Part 1. Sutton Coldfield Transmitter, Am. J. Epidemiol. 145: 1-9.

- (6) DOLK, H., ELLIOT, G., SHADDICK, G., WALLS, P. & B. THAKRAR (1997b): Cancer Incidence Near Radio and Television Transmitters in Great Britain, Part 2. All High Tower Transmitters, Am. J. Epidemiol. 145: 10-17.
- (7) CHERRY, N. (1999): Criticism of the proposal to adopt the ICNIRP guidelines for cell sites in New Zealand, ICNIRP Guideline Critique, Lincoln University, Environmental Management and Design Division, Canterbury, NZ.
- (8) MICHELOZZI, P., CAPON, A., KIRCHMAYER, U., FORASTIERE, F., BIGGERI, A., BARCA, A. & C.A. PERUCCI (2001): Department of Epidemiology. Local Health Authority RME Rom, Italy.
- (9) GOLDSMITH, JR. (1997): European EpiMarker 2(4): 4-7; Lilienfeld 1978 Final report US Dept. of State, NTIS PB-288163, 1978.
- (10) SANTINI, R., SANTINI, P., DANZE, J. M., LE RUZ, P. & SEIGNE, M. (2002): Symptoms experienced by people living in vicinity of mobile phone base stations: I. Incidences of distance and sex, Pathol. Biol. 50: 369-373.
- (11) KUNDI, M. (2002): Erste Ergebnisse der Studie über Auswirkungen von Mobilfunk-Basisstationen auf Gesundheit und Wohlbefinden. Bericht des Instituts für Umwelthygiene der Universität Wien.
- (12) NAVARRO EA., SEGURA J., PORTOLES M., GOMEZ-PERRETTA de MATEO C. (2003): Das Mikrowellensyndrom: Eine vorläufige Studie in Spanien. Electromagnetic Biology and Medicine (früher: Electro- and Magnetobiology) 22(2): 161-169, www.grn.es/electropolucio/TheMicrowaveSyndrome.doc.
- (13) BROCKHAUS (1973): abc Physik, VEB F.A. Brockhaus Verlag, Leipzig: 991 ff.
- (14) EGER, H., HAGEN, K.U., LUCAS, B., VOGEL, P. & H. VOIT (2004): Einfluss der räumlichen Nähe von Mobilfunksendeanlagen auf die Krebsinzidenz, Tabellarischer Teil, unveröffentlicht, Naila
- (15) Regulierungsbehörde für Post und Telekom (oJ): Standortbescheinigungen,
- (16) ECOLOG-INSTITUT (2003): Bestimmung der Exposition von Personengruppen, die im Rahmen des Projektes "Querschnittsstudie zur Erfassung und Bewertung möglicher gesundheitlicher Beeinträchtigungen durch die Felder von Mobilfunk-basisstationen" untersucht werden, Berichtszeitraum: 1.2.2003 bis 31.5.2003, Förderkennzeichen: StSch 4314, ECOLOG-Institut für sozial-ökologische Forschung und Bildung gGmbH, Hannover.
- (17) KLEINBAUM, D.G., KLEIN, M. (2002): Logistic Regression - A. Self - learning text, Springer Verlag
- (18) AG BEVÖLKERUNGSBEZOGENER KREBSREGISTER IN DEUTSCHLAND (Hrsg.) (2004): Krebs in Deutschland, 4. überarb., akt. Ausgabe, Arbeitsgemeinschaft bevölkerungsbezogener Krebsregister in Deutschland in Zusammenarbeit mit dem Robert Koch-Institut, Saarbrücken.
- (19) LEGATOR, M.S. & B. STRAWN (1998): Umwelt-Risiko: Chemie, Haug-Verlag.
- (20) TYNES, I., HANNEVIK, M., ANDERSEN, A., VISTNES, AI. & T. HALDORSEN (1996): Incidence of breast cancer in Norwegian female radio and telegraph operators. Cancer Causes Control 7: 197-204.
- (21) www.krebsregister.saarland.de