

Fibroblasten. Diese Beobachtungen wurden von zwei Arbeitsgruppen gemacht (Teilnehmer 3 und 7). Es gab eine strenge Dosis-Wirkungsbeziehung zwischen der Intensität und der Dauer der EMF-Exposition und dem Umfang von DNS-Brüchen. DNS-Brüche traten bis hinab zu einer magnetischen Flussdichte von 35 μT (Mikrottesla) auf. Gentoxische Wirkungen traten nur auf, wenn die Zellen intermittierend, nicht jedoch, wenn sie kontinuierlich den Feldern ausgesetzt waren. Die Empfindlichkeit von Fibroblasten gegenüber EMF nahm mit dem Alter der Spender zu. Niederfrequente EMF einer magnetischen Flussdichte von 10 und 100 μT vergrößerten die Teilungsrate von Neuroblastom-Zellen (Teilnehmer 5). Bei vielen Zelltypen wurden keine eindeutigen Ergebnisse niederfrequenter Felder auf das genetische Material, den Zellzyklus, die Zellvermehrung und den programmierten Zelltod gefunden.

Hochfrequente Felder

Hochfrequente EMF verursachten Schäden am genetischen Material von Fibroblasten, Granulosazellen und einigen anderen Zelltypen (Teilnehmer 2, 3 und 4). Bei spezifischen Absorptionsraten (SAR) zwischen 0,3 und 2 W/kg (Watt pro Kilogramm) reagierten die Zellen mit einer signifikanten Zunahme von Einzelstrang- und Doppelstrang-DNS-Brüchen und einer Zunahme der Häufigkeit von Mikronuklei (Teilnehmer 2 und 3). Zudem wurden Chromosomenveränderungen in Fibroblasten beobachtet (Teilnehmer 3). Es wurden keine eindeutigen Wirkungen hochfrequenter Felder auf die DNS-Synthese, den Zellzyklus, die Zellvermehrung, den programmierten Zelltod und weitere Zellfunktionen gefunden.

Liste der Teilnehmer an der REFLEX-Studie

1. VERUM - Stiftung für Verhalten und Umwelt, München, Deutschland (Wissenschaftlicher Projektleiter: Prof. Franz Adlkofer)
2. Institut für Klinische Chemie, Universitätsklinikum Benjamin Franklin, Berlin, Deutschland (Wissenschaftlicher Projektleiter: Prof. Rudolf Tauber)
3. Abteilung für Arbeitsmedizin, Universitätsklinik für Innere Medizin, Wien, Österreich (Wissenschaftlicher Projektleiter: Prof. Hugo W. Rüdiger)
4. Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung, Gatersleben, Deutschland (Wissenschaftlicher Projektleiter: Prof. Anna M. Wobus)
5. Insalud, Ramon y Cajal Hospital, Madrid, Spain (Wissenschaftlicher Projektleiter: Dr. Angeles Trillo)
6. STUK - Radiation and Nuclear Safety Authority, Helsinki, Finnland (Wissenschaftlicher Projektleiter: Prof. Dariusz Leszczynski)
7. Institut für Biophysik, Universität Hannover, Deutschland (Wissenschaftlicher Projektleiter: Prof. H. Albert Kolb)
8. Laboratoire PIOM, ENSCPB, Bordeaux, Frankreich (Wissenschaftlicher Projektleiter: Dr. Isabelle Lagroye)
9. Università degli Studi di Bologna, Italien (Wissenschaftlicher Projektleiter: Prof. Fernando Bersani)
10. Institut für Integrierte Systeme, ETH Zentrum, Zürich, Schweiz (Wissenschaftlicher Projektleiter: Prof. Niels Kuster)
11. Cattedra di Farmacologia, Università degli Studi di Milano, Italien (Wissenschaftlicher Projektleiter: Prof. Francesco Clementi)
12. Ressourcenzentrum für Genomforschung GmbH (RZPD), Heidelberg, Deutschland (Wissenschaftlicher Projektleiter: Dr. Christian Maercker)

Schlussfolgerung

In seiner Schlussfolgerung fasst Teilnehmer 1 zusammen: „Die Ergebnisse des REFLEX-Projektes wurden allein in in-vitro-Studien [Zellstudien] gefunden und daher lässt sich nicht daraus

schließen, dass RF-EMF unterhalb der gegenwärtig gültigen Sicherheitsgrenzen ein Risiko für die Gesundheit von Menschen darstellt. Sie bringen eine solche Annahme jedoch näher in den Bereich des Möglichen. Zudem gibt es keine Rechtfertigung mehr für die Behauptung, dass wir keine pathophysiologischen Mechanismen kennen, die die Basis für die Entwicklung funktioneller Störungen und jeder Art von chronischen Krankheiten bei Tier und Mensch bilden.“

Quelle:

Abschlussbericht der REFLEX-Studie, „Risk Evaluation of Potential Environmental Hazards From Low Frequency Electromagnetic Field Exposure Using Sensitive *in vitro* Methods“. (http://www.itis.ethz.ch/index_hotnews.html)

Hochfrequenz

IMST: Zwischenbericht zur Immissionsverteilung um Mobilfunkbasisstationen

Das Kamp-Lintforter Institut für Mobil- und Satellitenkommunikationstechnik (IMST) entwickelt zur Zeit im Auftrag des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS) „Mess- und Berechnungsverfahren zur Ermittlung der Exposition der Bevölkerung durch elektromagnetische Felder in der Umgebung von Mobilfunk-Basisstationen“ und legte mittlerweile einen Zwischenbericht zur „Analyse der Immissionsverteilung“ vor.

Ziel der vorliegenden Studie ist es, exemplarisch die Immissionsverteilung an einer Vielzahl von unterschiedlichen, für die verschiedenen Mobilfunknetze typischen Basisstationen zu untersuchen, um daraus typische Feldverteilungen abzuleiten. Es wird unterschieden nach der *zeitlichen* sowie der *großräumigen* und der *kleinskaligen örtlichen* Verteilung der Immission.

Hier werden sowohl einige wesentliche Ergebnisse der Studie vorgestellt als auch seitens des nova-Instituts Schlüsse daraus gezogen, die für aktuelle Planungen beim Ausbau der Mobilfunknetze von Bedeutung sind.

Einflussfaktoren für großräumige örtliche Verteilung

Es geht in dieser Studie hauptsächlich um die Analyse der Immissionsverteilung im direkten Umfeld von Mobilfunkbasisstationen. Die Autoren verstehen hierunter den Bereich zwischen dem von der RegTP in der Standortbescheinigung ausgewiesenen Sicherheitsabstand (ca. 3 bis 10 Meter) und einer Entfernung von ca. 200 m von der Basisstation. Nicht behandelt werden die von Handys verursachten Immissionen.

Es wird unterschieden nach *Einflussfaktoren seitens der Mobilfunkanlage* (Gesamtsendeleistung, Höhe über Grund, verwendete Antennentypen, Neigung und Ausrichtung der Antennen) sowie nach *Einflussfaktoren seitens des Immissionsortes* (Abstand zur Sendeanlage, Höhenunterschied zur Sendeanlage, horizontale Ausrichtung zur Anlage, Sichtbarkeit der Anlage).

Die Analyse zeigt, dass die tatsächlich vorliegende Immission durch ein sehr komplexes Zusammenspiel der Einflussfaktoren bestimmt wird. Die Autoren führen aus, eine isolierte Betrachtung einzelner Einflussfaktoren führe im Allgemeinen zu Pauschalisierungen, die nicht generell gültig seien.

So zeigt sich zum Beispiel, dass die beiden in der öffentlichen Wahrnehmung häufig dominierenden Einflussfaktoren:

- Gesamtsendeleistung (Anzahl und Sendeleistung der Antennen)
- Abstand zur Sendeanlage

keineswegs die entscheidenden Größen zur Abschätzung der Immission sind.

Es wird in der Studie u.a. festgestellt, dass die Entfernung von der Basisstation (im hier untersuchten Bereich bis 200 m) nicht die entscheidende Rolle spielt, da es (verursacht durch die Nebenzipfel der Sendeantenne) bei zunehmender Entfernung zwar zu einer stark schwankenden aber keineswegs zu einer gleichmäßig abnehmenden Immission komme.

Die in der Studie ausgewerteten Messergebnisse zeigen, dass die *höhenmäßige Ausrichtung* des Immissionsortes zur Anlage, d.h. seine Ausrichtung zur Hauptstrahlrichtung, die *entscheidende* Rolle spielt. Es sei angemerkt, dass hierfür eine rein geometrische Betrachtung des Höhenunterschieds nicht ausreicht, sondern die Neigung der Sendeantennen (elektrischer und mechanischer Downtilt) stets mit berücksichtigt werden muss.

Auch einige *klassische Regeln* für die Immissionen im Umfeld von Mobilfunkanlagen werden kritisch beleuchtet, nach Aussage der Studie gelten diese zwar oft, aber nicht immer, und sollten daher nicht pauschalisiert werden:

- Die Immissionen in demjenigen Gebäude, auf dem die Anlage steht, sind zwar oft, aber nicht stets kleiner als an umliegenden Messpunkten. In Abhängigkeit von Sendeleistung und Antennenbauform kann die Dachanlage vor allem im obersten Geschoss relevante Beiträge liefern.
- An Außenmesspunkten – auch mit direkter Sicht zur Anlage – ist die Immission oft, aber nicht pauschal höher als an Messpunkten innerhalb von Gebäuden, vor allem dann, wenn die Gebäude „günstiger“ zur Mobilfunkanlage ausgerichtet sind.
- Die Immission im selben sowie in einem der Anlage gegenüberliegenden Gebäude nimmt oft, aber nicht immer mit abnehmender Geschosshöhe ab. (Ursachen: Nebenzipfel und Reflexionen)
- Die gesamte hochfrequente Immission an Orten in der Nähe von Mobilfunkanlagen wird nicht pauschal von Rundfunk- und Fernsehsendern dominiert, auch wenn diese üblicherweise eine sehr viel größere Sendeleistung aufweisen. Gerade im innerstädtischen Bereich wird die Gesamtimmission im direkten Umfeld von Mobilfunkanlagen von diesen dominiert; in ländlichen Bereichen ist das Verhältnis stellenweise umgekehrt.

Diese Ergebnisse unterstreichen sehr deutlich die vom nova-Institut stets vertretene Position, dass bei der Planung von Mobilfunkstandorten mit einfachen Regeln der Art „mindestens 100 Meter Abstand zu sensiblen Einrichtungen“ eine tatsächliche Immissionsminimierung nicht erreicht werden kann, sondern im Allgemeinen eine Einzelfallprüfung unumgänglich ist, bei der zumindest die Faktoren „Höhenunterschied zur Sendeanlage“ und „Neigung der Sendeantennen (elektrischer und mechanischer Downtilt)“ mit einbezogen werden.

Einflussfaktoren auf kleinskalige räumliche Schwankungen

Neben der großräumigen Verteilung der Immission wird auch die kleinskalige Immissionsverteilung – zum Beispiel innerhalb eines Zimmers – untersucht. Es zeigt sich, dass auch innerhalb eines räumlich eng begrenzten Volumens Immissionsschwankungen von mehr als 20 dB (entsprechend einem Faktor 100 bei den Leistungsflussdichten) auftreten können. Dieser als „Fast Fading“ bezeichnete Effekt tritt vor allem dann auf, wenn es keinen dominanten Ausbreitungspfad, also insbesondere keine direkte Sichtverbindung zwischen Sendeantenne und Immissionsort gibt. Gelangen die Funkwellen auf vielen verschiedenen Ausbreitungspfaden zum Ziel, so ist die Immissionssituation durch Interferenzen bestimmt, woraus sich die kleinskaligen Schwankungen bis in den Zentimeterbereich erklären. Nach Aussage der Studie ergibt sich als praktische Konsequenz aus diesen kleinräumigen Schwankungen bei Messungen insbesondere in Situationen, in denen keine

direkte Sichtverbindung zu den Sendeantennen besteht, die Notwendigkeit, eine Messmethodik anzuwenden, die einen größeren Raumbereich abtastet und aus dem Interferenzbild das Maximum protokolliert.

Zeitliche Schwankung der Immission

Bei der Betrachtung der zeitlichen Schwankungen der Immission an einem festen Beobachtungsort beschränkt sich die vorliegende Studie ausschließlich auf GSM-Anlagen (D- und E-Netze). UMTS-Anlagen werden ausdrücklich ausgeklammert, da wegen des erst vor kurzem aufgenommenen regulären Betriebs und der zur Zeit immer noch geringen Auslastung keine praktischen Erfahrungen zur Zeitvariation im repräsentativen Normalbetrieb vorliegen.

Bei den GSM-Anlagen werden vornehmlich die (hauptsächlich bei Anlagen mit mehreren Sendekanälen pro Sektor auftretenden) *anlagenbezogenen Schwankungen* untersucht:

- Längerfristige Schwankungen im Tages- und Wochenverlauf, die im Wesentlichen durch die wechselnde Auslastung hervorgerufen werden und zu vergleichsweise niedrigen Immissionen in lastschwachen Zeiten (nachts) und erhöhten Immissionen vor allem am Nachmittag führen. Die nachmittäglichen Spitzenwerte fallen dabei an arbeitsfreien Tagen geringer aus als an normalen Arbeitstagen.
- Kurzfristige Schwankungen, die sich neben der augenblicklichen Netzauslastung vornehmlich aus der verbindungsqualitätsabhängigen Leistungsregelung sowie der Austastung des Sendesignals in Sprachpausen ergeben (sofern DTX = Discontinuous Transmission aktiviert ist). Die aktuelle Netzauslastung wirkt sich ab dem zweiten Kanal dadurch aus, dass nur in denjenigen Zeitschlitzen gesendet wird, in denen ein Gespräch läuft.

Insgesamt führt dies dazu, dass eine *Augenblicksmessung* die „worst case“ Immissionssituation bei maximaler Anlagenauslastung im Allgemeinen unterbewertet und daher bei der Auswertung der Messung eine Extrapolation auf die maximal mögliche Anlagenauslastung erforderlich ist. Neben der Kenntnis der Anzahl der bewilligten Sendekanäle einer Basisstation ist hierfür die Verwendung eines frequenzselektiven Messgerätes (Spektrumanalysator) zwingend erforderlich.

Weiteren Forschungsbedarf sehen die Autoren der Studie bei der Erfassung der erheblichen Immissionsschwankungen, die durch den zukünftigen Einsatz von dynamischer Downtiltwinkel-Einstellung sowie adaptiven Antennen zu erwarten sind.

Weiterhin zu berücksichtigen sind *ausbreitungswegbezogene* zeitliche Immissionsschwankungen, die vor allem dann von Bedeutung sind, wenn es nicht *einen dominanten*, sondern *mehrere gleichberechtigte* Ausbreitungspfade zwischen Sendeantennen und Immissionsort gibt. Neben sich bewegenden Personen oder Gegenständen (Fahrzeugen) sind hier vor allem jahreszeitliche Veränderungen (z.B. durch Laubabwurf oder Bewuchs) sowie Witterungseinflüsse (z.B. veränderte Reflexionseigenschaften bei Regen) von Bedeutung.

Messverfahren

In der Studie wird deutlich darauf hingewiesen, dass die grundsätzlich gut entwickelten und etablierten Messverfahren im Bereich der Hochfrequenzmesstechnik hauptsächlich für die Anwendung in reflexionsarmen Umgebungen entwickelt wurden (Freifeldmessungen oder Messungen in speziellen Absorberräumen) und diese Messverfahren zur Bestimmung realistischer Immissionsverteilungen zum Beispiel in Innenräumen nur bedingt geeignet sind. Nach Aussage der Autoren besteht speziell für den Mobilfunkbereich großer Klärungsbedarf, da verlässliche, gut definierte und genormte Verfahren zur Erfassung der tatsächlichen Immissionen

durch Mobilfunkanlagen sowohl im nationalen als auch im internationalen Rahmen nur ansatzweise existieren.

Auswahl der Messreihen

Die bisherige Untersuchung der Immissionssituation stützt sich auf eine Anzahl von Messreihen, die sowohl vom IMST als auch von anderen Institutionen durchgeführt wurden:

In die Analyse einbezogen wurden nur Messreihen, die folgende Mindestanforderungen erfüllen:

- frequenzselektiv durchgeführte Messung, u.a. um Mobilfunkimmissionen von anderen unterscheiden zu können
- Maximalwertermittlung innerhalb des Messvolumens, auch unter Berücksichtigung der Polarisation
- Extrapolation auf maximale Anlagenauslastung
- Messpunkte in der Nähe von Mobilfunkbasisstationen
- definierte Berücksichtigung der Messunsicherheit
- Durchführung durch erfahrenes Personal mit kalibrierten Messgeräten

Auf Grund dieser Kriterien wurden folgende Messreihen in die Untersuchung einbezogen:

- Messreihe IMST 1 (ohne Zeitangabe):
Auswahl besonders exponierter Gebäude und Wohnungen
- Messreihe IMST 2 (ohne Zeitangabe):
Auswahl repräsentativer Orte in der Umgebung von Basisstationen, teilweise hoch exponierte Punkte, teilweise „sensible Orte“
- Messreihe IMST 3 (ohne Zeitangabe):
Auswahl repräsentativer Orte in direkter Umgebung von Basisstationen, ohne Suche besonders exponierter Orte
- Messreihe Nürnberg, EM-Institut Regensburg, Prof. Wuschek, 2002 und 2003:
vorrangig Auswahl extrem exponierter Orte in direkter Umgebung von Basisstationen, auch typische Szenarien
- Messreihe TÜV-Nord, 2003 (mit Unterstützung des IMST bei Konzipierung und Ausrichtung der Messungen):
Auswahl repräsentativer Orte in direkter Umgebung von Basisstationen, typische Szenarien
- Messreihe im Auftrag des Umweltministeriums Baden-Württemberg 2001 bis 2003:
Auswahl der Messpunkte katasterartig auf Raster 2 km x 2 km

In der nachstehenden Tabelle sind die Zusammenfassungen der bei diesen Messreihen bestimmten durch Mobilfunk insgesamt hervorgerufenen Immissionen aufgeführt. Zusätzlich zum Mittelwert über alle Messpunkte ist ein Mittelwert angegeben, bei dem die Minimal- und Maximalwerte nicht berücksichtigt wurden. Sofern bei der jeweiligen Studie die Messunsicherheit auf die Ergebnisse aufgeschlagen worden war, wurde sie hier wieder herausgerechnet.

Messreihe	Anzahl Messpunkte	Minimalwert	Mittelwert	Mittelwert ohne Extrema	Maximalwert	Schwankungsbreite
		mW/m ²	mW/m ²	mW/m ²	mW/m ²	Faktor
IMST 1	88	0,014	6,5	5,0	140	10 000
IMST 2	52	0,0016	5,2	4,6	40	25 000
IMST 3	44	0,00073	1,4	0,31	50	68 000
Nürnberg	43	0,025	20	14	28	11 200
TÜV	113	0,00004	0,49	0,43	7,2	180 000
B-Württ.	895	-	0,04	-	10	-

Ausdrücklich nicht in die Untersuchung einbezogen werden die verschiedenen und umfangreichen Messreihen der Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post (RegTP). Die Untersuchungen haben sich als ungeeignet erwiesen, die realistischen

Expositionen von Menschen in der Umgebung von Mobilfunkbasisstationen zu erfassen, da sie ausschließlich im Außenbereich und nur in einer Höhe von weniger als 2 Meter über dem Erdboden durchgeführt wurden, was dazu führt, dass die wesentlich höheren Immissionen in Wohnungen in höhergelegenen Stockwerken mit nur geringer Höhendifferenz zu den Sendantennen der Basisstation nicht erfasst werden (vgl. hierzu u.a. auch Elektromog-Report Febr. 04).

Schlussfolgerungen

Die Immissionen in der Umgebung von Mobilfunkbasisstationen werden durch ein komplexes Zusammenspiel vieler Einzelfaktoren bestimmt. Einfache Regeln, wie die Abnahme der Strahlungsbelastung mit zunehmender Entfernung von der Basisstation oder grundsätzlich geringe Belastung im Gebäude, auf dem die Anlage steht, erweisen sich als ungeeignet zur Einschätzung der tatsächlichen Immissionssituation.

Sowohl die Durchführung von Messungen als auch die Beurteilung der Ergebnisse erfordern Erfahrung und hohen Sachverstand und sollten nur von Fachpersonal durchgeführt werden.

Obwohl das Zahlenmaterial in dieser Studie hauptsächlich auf Mobilfunkimmissionen eingeht, weisen die Autoren darauf hin, dass – zumindest im innerstädtischen Umfeld, wo sich an den meisten Punkten im Umkreis von 200 m eine Basisstation befindet – der Mobilfunk mittlerweile den wesentlichen Anteil an der Immission hochfrequenter elektromagnetischer Strahlung darstellt.

Der Elektromog-Report wird über den weiteren Verlauf der Studie berichten.

Peter Nießen

Quellen:

1. Bornkessel, Chr, Schubert, M. Entwicklung von Mess- und Berechnungsverfahren zur Ermittlung der Exposition der Bevölkerung durch elektromagnetische Felder in der Umgebung von Mobilfunkbasisstationen. Zwischenbericht „Analyse der Immissionsverteilung“. IMST 2004.
2. Nießen, P. Reg-TP-Standortdatenbank öffentlich zugänglich. Elektromog-Report Febr. 2004, 3.
3. Bathow, M. Informationszentrum Mobilfunk stellt Messergebnisse aus NRW vor. Elektromog-Report, Dez. 2004, 3.
4. Studie in Baden-Württemberg zeigt geringe Belastung. Elektromog-Report Okt. 2003, 4.

Impressum – Elektromog-Report im Strahlentelex

Erscheinungsweise: monatlich im Abonnement mit dem Strahlentelex **Verlag und Bezug:** Thomas Dersee, Strahlentelex, Waldstraße 49, D-15566 Schöneiche b. Berlin, ☎ 030 / 435 28 40, Fax: 030 - 64 32 91 67. E-Mail: strahlentelex@t-online.de. Jahresabo: 60 Euro.

Herausgeber und Redaktion:

nova-Institut für politische und ökologische Innovation, Hürth Michael Karus (Dipl.-Phys.) (V.i.S.d.P.), Monika Bathow (Dipl.-Geogr.), Dr. med. Franjo Grotenhermen, Dr. rer. nat. Peter Nießen (Dipl.-Phys.).

Beiträge von Gastautoren geben nicht notwendigerweise die Meinung der Redaktion wieder.

Kontakt: nova-Institut GmbH, Abteilung Elektromog,

Goldenbergst. 2, 50354 Hürth,

☎ 02233 / 94 36 84, Fax: / 94 36 83

E-Mail: EMF@nova-institut.de; <http://www.EMF-Beratung.de>;

<http://www.HandyWerte.de>; <http://www.datadiwan.de/netzwerk/>