

Baumschäden im Umkreis von Mobilfunksendeanlagen

Cornelia Waldmann-Selsam und Horst Eger

Anlässlich ärztlicher Hausbesuche bei erkrankten Anwohnern von Mobilfunksendeanlagen fiel ab dem Jahr 2005 auf, dass häufig gleichzeitig mit den Krankheitssymptomen der Menschen auch Veränderungen an den Bäumen im Umkreis (Krone, Blätter, Stamm, Äste, Wachstum) aufgetreten waren. Laub- und Nadelbäume sowie Sträucher aller Arten waren betroffen. Bei Erkrankungen von Bäumen wird die Diagnose weder durch psychische Einflüsse noch durch Ortswechsel erschwert.

Auswirkungen hochfrequenter elektromagnetischer Felder (Radar, Richtfunk, Rundfunk, Fernsehen) auf Pflanzen wurden im Verlauf der letzten 80 Jahre wissenschaftlich nachgewiesen. Ab 2005 wurde die Wirkung der beim Mobilfunk verwendeten, modulierten hochfrequenten EMF auf Pflanzen in Laborexperimenten untersucht. Mehrere Forschergruppen veröffentlichten Effekte auf Keimung, Wachstum und Zellstoffwechsel. Über den Gesundheitszustand von Bäumen im Umkreis von Mobilfunksendeanlagen liegen erst wenige Veröffentlichungen vor. Diese weisen auf schädigende Einflüsse hin.

Daher wurde zwischen 2007 und 2013 der Zustand von Bäumen an 620 Mobilfunkstandorten dokumentiert. Im Funkschatten von Gebäuden oder anderen Bäumen blieben die Bäume gesund. Im Strahlungsfeld der Sendeanlagen hingegen wurde das Auftreten von Baumschäden beobachtet. Einseitig beginnende Kronenschäden auf der Seite, die dem Sender zugewandt ist, stellen ein weiteres, starkes Indiz für einen kausalen Zusammenhang mit Hochfrequenzimmissionen dar. Im Folgenden werden Beispiele von Kronenschäden und von vorzeitiger Blattfärbung dargestellt. Die Autoren halten die wissenschaftliche Überprüfung dieser Beobachtungen für dringend notwendig.

Schlüsselwörter: Mobilfunksendeanlage, hochfrequente elektromagnetische Felder, Baumschäden

Einleitung

Anlässlich ärztlicher Erhebungen bei erkrankten Anwohnern von Mobilfunksendeanlagen fiel ab 2005 vermehrt auf, dass gleichzeitig mit den Menschen Bäume im Umfeld erkrankten (z. B. WALDMANN-SELSAM 2007).

Auf dem Fachgespräch des Bundesamtes für Strahlenschutz „Gesundheitliche Auswirkungen der elektromagnetischen Felder des Mobilfunks – Befundberichte“ am 02.08.06 hatten nicht nur sechs Ärzte beispielhafte Erkrankungen von Menschen unter Hochfrequenzexposition vorgestellt, sondern es trug auch der Physiker und Elektroingenieur, Dr.-Ing. V. Schorpp, Indizien für einen ursächlichen Zusammenhang zwischen Baumschäden und

chronischer Hochfrequenzbelastung vor (BFS 2006, SCHORPP 2006; aktuelle Zusammenfassung seiner Erkenntnisse: 2011).

Stadtgärtner in den Niederlanden dokumentierten ab 2004 rasch zunehmende, neuartige und unerklärliche Schadbilder, bei denen eine Beteiligung elektromagnetischer Felder diskutiert wurde (BOOMAANTASTINGEN 2013). Da erkenntlich wurde, dass Baumschäden, besonders nach Inbetriebnahme von UMTS-Sendern, mit großer Geschwindigkeit an allen aufgesuchten Mobilfunkstandorten zunahm, wurden nun auch die Schäden an Bäumen dokumentiert.

Das Bundesamt für Strahlenschutz lehnte im November 2007 wissenschaftliche Untersuchungen ab: „Zu möglichen Auswirkungen hochfrequenter Felder auf Pflanzen gibt es von wissenschaftlicher

Seite bisher keine klaren Hinweise. Daher messe ich dieser Frage ebenfalls keine Priorität bei“ (DEHOS 2007).

Das Fachbuch „Baumkunde und Baumpflege“ aus dem Jahr 1994 von Dipl. hort. Dr. phil. nat. Aloys Bernatzky und Veröffentlichungen aus acht Jahrzehnten belegen jedoch, dass die Aussage des Bundesamtes für Strahlenschutz sich nicht auf den tatsächlichen Stand wissenschaftlicher Dokumentation stützen kann (BERNATZKY 1994, WALDMANN-SELSAM 2010).

Material und Methoden

In Bamberg gibt es 55 Mobilfunksendeanlagen mit insgesamt 445 Sektorantennen und 6 Rundantennen (Stand März 2011). Auf der EMF-Datenbank der Bundesnetzagentur können aktuelle technische Daten der Sendeanlagen eingesehen werden (BUNDESNETZAGENTUR 2013). Die Standortbescheinigung gibt Auskunft über Montagehöhe der Sender, Anzahl und Hauptstrahlrichtung der Mobilfunksektorantennen, Anzahl von Rundantennen,

Abstract

Tree damage in the vicinity of mobile phone transmission stations

On the occasion of medical examinations of sick residents living near mobile phone transmitters, changes in nearby trees (crown, leaves, trunk, branches, growth) were observed simultaneously with clinical symptoms in humans since 2005. Both deciduous and coniferous trees as well as shrub species were affected. The assessment of tree diseases is neither impeded by psychological impacts nor by change of location.

Impacts of electromagnetic fields from radar, radio and TV on plant life have been scientifically demonstrated over the past 80 years. Since 2005, the impact of modulated high frequency electromagnetic fields – such as is present in mobile phone transmissions – have been investigated in lab experiments. Several research groups have reported about the impacts on germination, growth and cell metabolism. Only a few scientific papers have been published to date on research concerning the health conditions of trees in the vicinity of mobile phone transmitters. These papers have indicated harmful impacts.

For this reason, between 2007 and 2013, the condition of trees around 620 mobile phone transmission stations were documented. In the radio shadow of buildings or that of other trees, the trees remained healthy. However, within the field of radiation, damage was observed on exposed trees. Unilateral crown damage, beginning on the side facing the transmitter, strongly indicates a further causal relationship with high frequency electromagnetic fields. In the following, examples of crown damages and of untimely colouring of leaves are presented. The authors believe, that scientific study is urgently needed to examine these observations.

Key words: Mobile phone transmission station, high frequency electromagnetic fields, tree damage

Standortbescheinigungs-Nr.: 671501 Datum der Erteilung: 09.07.2010				
Sendean- tenne	Montage- höhe über Grund (m)	Haupt- strahl- richtung (HSR) in °	Sicherheits- abstand in HSR (m)	Vertikaler Sicherheits- abstand (m)
Mobilfunk	18.4	10,000	5.00	0.84
Mobilfunk	18.4	10,000	5.13	1.45
Mobilfunk	18.4	130,000	5.00	0.84
Mobilfunk	18.4	130,000	5.13	1.45
Mobilfunk	18.4	250,000	5.00	0.84
Mobilfunk	18.4	250,000	5.13	1.45
Mobilfunk	18.4	100,000	5.08	0.96
Mobilfunk	18.4	100,000	5.08	0.96
Mobilfunk	18.4	190,000	4.52	0.70
Mobilfunk	18.4	190,000	5.23	1.51
Mobilfunk	18.4	270,000	5.23	1.51
Mobilfunk	18.4	270,000	4.52	0.70

Tab. 1: Beispiel: Mobilfunkstandort Schranne 3, Vermessungsamt, in Bamberg: Auf diesem Standort befinden sich zurzeit zwölf Sektorantennen (BUNDESNETZAGENTUR 2013)

Anzahl von sonstigen Sendeanlagen sowie über den horizontalen und vertikalen Sicherheitsabstand. Das Ausstellungsdatum der aktuellen Bescheinigung gibt lediglich den jüngsten Stand des Ausbaus einer Anlage wieder, nicht jedoch deren zeitliche Folge. Das Datum der Erstinbetriebnahme einzelner Antennen auf der Anlage muss bei der Stadt oder den Anwohnern erfragt werden (siehe Tab. 1).

Ab 2006 wurde der Zustand einzelner, auffälliger Bäume fotografisch festgehalten (zunächst Digitalkamera Olympus FE-100). Ab 2007 wurde der Zustand der Bäume an einem großen Teil der Bamberger Standorte in Zeitreihen dokumentiert. Die Bilder wurden mit der Digitalkamera Panasonic DMC-FZ50 angefertigt.

An einem Teil der Standorte wurden die Hochfrequenzimmissionen gemessen. Die Messungen wurden mit dem Breitband-Messgerät HF 59B (27 MHz - 3300MHz), UBB27_G3, von Gigahertz Solutions durchgeführt (Spitzenwerte der Leistungsflussdichte).

Die Abstrahlung der Sektorantennen erfolgt in Haupt- und Nebenstrahlen, vertikal und horizontal gebündelt. In der Regel deckt eine Sektorantenne einen Sektor von 120° ab. Die Hochfrequenzimmissionen werden an Gebäuden und Hängen reflektiert, an Kanten gebeugt. Sowohl Gebäude als auch Pflanzen dämpfen die Strahlung. Dies führt zu einer inhomogenen Hochfrequenz-Feldverteilung.

Beispiele

A. Nachweis von Baumschäden in Zeitreihe

Fichten und Birke, Bamberg, Zollnerstraße

Ab 2008 wurden in den drei Hauptstrahlrichtungen der Mobilfunksendeanlage Zollnerstraße Baumschäden beobachtet. Im



Abb.1: Ausschnitt aus dem Stadtplan Bamberg mit Domberg, Michelsberg, Konzerthalle, Zentrum, Schranne (S), Wilhelmsplatz und einem Teil des Haingebietes. Hinzugefügt wurden die Mobilfunkstandorte (gelb) und die Hauptstrahlrichtungen der Sektorantennen (schwarz) (Grundlage des Stadtplans: Stadtplan Bamberg, 23. Aufl., Städte-Verlag E. v. Wagner & J. Mitterhuber).

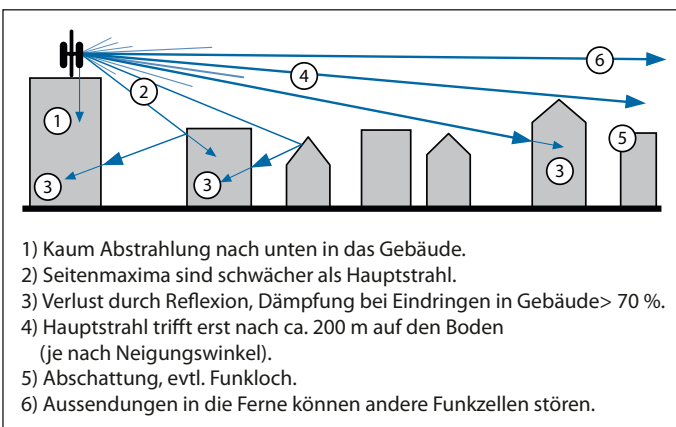


Abb. 2: Funkausbreitungswege: Die Grafik zeigt unter 5), dass Gebäude Strahlung abschirmen (aus: STMUGV 2007, Bild 4)

Strahlungsfeld der beiden 215°-Sektorantennen stehen zwei Fichten und eine Birke im Vorgarten. Im Mai 2010 hatte die Fichte, die näher am Sender stand, im oberen Teil viele Nadeln verloren. Die Birke wuchs nicht nach oben (Abb. 3 a). Innerhalb der folgenden drei Jahre nahm der Nadelverlust zu. (Abb. 3 b).

Ahorn, Bamberg, Hauptsmoorstraße

Im Juni 2008 fiel bei einem Ahorn in einem Vorgarten der Hauptsmoorstraße in Bamberg auf, dass die linke Seite schwer geschädigt und bereits gestutzt war (Abb. 4a). Die rechte Seite war unauffällig. Von dem Ahorn bestand Sichtverbindung zu der Mobilfunksendeanlage Hauptsmoorstr. 26 a mit 18 Sektorantennen (Abb. 4c). Die Entfernung beträgt ca. 300 m. In der Folgezeit nahm die Schädigung zu. Im Juni 2010 hatten die Blätter auf der linken Seite und an der Spitze braune Blattränder. Auf Grund der unsymmetrischen Form war die Verkehrssicherheit nicht mehr gewährleistet. Im Winter 2010/2011 wurde der Baum gefällt (Abb. 4b).

Rund um diese Sendeanlage wurden seit 2008 in den Gärten zahlreiche, einseitig beginnende Schäden an allen vorhandenen Baumarten beobachtet und dokumentiert: Birnbaum, Kirsche, Walnuss, Birke, Linde, Buche, Eiche, Hainbuche, Feldahorn, Lebensbaum, Eibe, Zuckerhutfichte, verschiedene Nadelbäume. Nur im Funkschatten von Gebäuden konnte man gesunde Bäume finden.

Fichte, Birke und Ahorn stehen beispielhaft für Hunderte von dokumentierten, inhomogen geschädigten Baumkronen in der



Abb. 3a: 27.5.2010: Zwei Fichten und eine Birke im Strahlungsfeld der Mobilfunksendeanlage Zollnerstraße in Bamberg im Mai 2010. Die zur Sendeanlage gewandte Fichte hat im oberen Teil viele Nadeln verloren. Die Birke wächst nicht in die Höhe (Foto: C. Waldmann-Selsam).



Abb. 3b: 28.06.2013: Im Verlauf von drei Jahren hat der Nadelverlust der Fichte rechts zugenommen (Foto: C. Waldmann-Selsam).



Abb. 4a: 8.7.2008: Einseitig geschädigter und bereits gestutzter Ahorn mit Sichtverbindung zur Sendeanlage Hauptsmoorstraße in Bamberg (Foto: C. Waldmann-Selsam).



Abb. 4b: 3.6.2011: Da die Schädigung zunahm, wurde der Ahorn im Winter 2010/2011 gefällt (Foto: C. Waldmann-Selsam).



Abb. 4c: 8.6.2008: Blick von Kreuzung Hauptsmoorstr./Seehofstr. auf geschädigten Ahorn rechts, Mobilfunksendeanlage Hauptsmoorstr. 26 a und zwei Nadelbäume mit Wachstumsstörung in der Spitze (Foto: C. Waldmann-Selsam).

Stadt Bamberg und im Landkreis Bamberg. Mehrere Hundert Bäume mussten allein in Bamberg in den letzten fünf Jahren gefällt werden. An allen Baumarten sind diese Schäden aufgetreten. Bodenverdichtung, Bodenversiegelung, Salzstreuung, Schadorganismen, Trockenheit oder Klimawandel konnten nicht erklären, warum Bäume einseitig erkrankten, warum Bäume in Parks und am Wasser absterben, warum Blätter im Juni braun werden oder warum sich der wilde Wein stellenweise bereits im Juli rot färbte.

Es fiel auf, dass die geschädigten Bäume jeweils Sichtverbindung zu Mobilfunksendeanlagen hatten und dass Bäume im Funk Schatten von Gebäuden oder anderen Bäumen diese Schäden nicht aufwiesen.

Diese Beobachtungen führten zu der Hypothese, dass ein Zusammenhang besteht zwischen den von den Mobilfunksendeanlagen ausgehenden Hochfrequenzimmissionen und den in den

letzten Jahren rasch zunehmenden, ungewöhnlichen Schadensbildern bei Bäumen. Um diese Hypothese zu überprüfen, wurden Hochfrequenzmessungen an geschädigten Bäumen und an Wildem Wein durchgeführt.

B. Bezug zur Hochfrequenzbelastung

Ahorn, Bamberg, Bahnhof

Ab Juli 2008 wurde die einseitige Schädigung und Braunfärbung eines Ahorns am Bamberger Bahnhof dokumentiert. Der Ahorn steht auf einem Grünstreifen in der Mitte des geteerten Parkplatzes.

Nach Süden und nach Westen besteht Sichtverbindung zu Mobilfunksendeanlagen. Am 30.05.2012 wurden auf der Süd- und auf der Nordostseite des Baumes in einer Höhe von drei Metern Hochfrequenzmessungen durchgeführt. Die Leistungsflussdichte

betrug auf der geschädigten, braunen Südseite 970 $\mu\text{W}/\text{m}^2$, auf der grünen Nordostseite 130 $\mu\text{W}/\text{m}^2$. (Abb. 5).

Vier Ahorne auf einer Wiese, Bamberg, Gutenbergstraße

Auf einer Wiese in der Gutenbergstraße stehen nebeneinander vier Ahorne. Ab 2007 fiel der erhebliche Unterschied zwischen den Bäumen auf. Ahorn 1 hatte keine Krone, jedoch Stammaustriebe.

Bei Ahorn 2 und 3 war die Kronenentwicklung gestört. Ahorn 4 hatte eine runde, dicht belaubte Krone (Abb. 6). Diese unterschiedliche Entwicklung hat sich in den folgenden vier Jahren fortgesetzt. Von Ahorn 1 besteht Sichtverbindung zu der Mobilfunksendeanlage Gutenbergstraße. Von Ahorn 4 ist die Sicht durch das schräg stehende Gebäude verhindert.

Am 27.11.2010 wurden Hochfrequenzmessungen durchgeführt. Bei Ahorn 1 betrug die Leistungsflussdichte 560 $\mu\text{W}/\text{m}^2$, bei Ahorn 4 50 $\mu\text{W}/\text{m}^2$.

Nach vier Jahren, im August 2012, bestehen weiterhin die auffälligen Unterschiede zwischen den vier Ahornbäumen.



Abb. 5: 26.6.2012: Einseitig geschädigter Ahorn auf einem Grünstreifen des Parkplatzes am Bamberger Bahnhof. Es besteht Sichtverbindung zu Mobilfunksendeanlagen. Die Hochfrequenzmessungen in 3 m Höhe ergaben große Unterschiede zwischen der Süd- und der Nordostseite: Südseite: 970 $\mu\text{W}/\text{m}^2$, Nordostseite 130 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ (Foto: C. Waldmann-Selsam).



Abb. 6: 29.8.2008: Vier Ahornbäume auf einer Wiese in der Gutenbergstraße in Bamberg weisen im August 2008 erhebliche Unterschiede auf. Von Ahorn 1 besteht Sichtverbindung zur Mobilfunksendeanlage Gutenbergstraße, von Ahorn 4 nicht (Foto: C. Waldmann-Selsam).

Ahorn und Hainbuche, Bamberg, Obere Brücke

Auf der Nordseite der Oberen Brücke stehen auf einer schmalen Insel zwischen Fluss und Altem Kanal ein Ahorn und eine Hainbuche. Mitte Oktober 2009 waren beide Bäume noch dicht belaubt (Abb. 7a). In der Folgezeit wurden Ahorn und Hainbuche immer lichter (Abb. 7b, 7c). Die Hainbuche färbte sich bereits im August gelb. Äste starben ab. Im Frühjahr 2012 wurden abgestorbene Äste entfernt.

Ahorn und Hainbuche befinden sich im Strahlungsfeld der Mobilfunksendeanlage Schranne 3 (Vermessungsamt) auf dem ehemaligen Franziskanerkloster (s. Karte Abb. 1 und Standortbescheinigung Tab. 1).

Von der Oberen Brücke besteht nach Süden freie Sicht zu der Mobilfunksendeanlage. Die Entfernung beträgt ca. 120 m. Die Sendeanlage ging im Jahr 2005 in Betrieb und wurde in der Folgezeit erweitert. Aus einer Montagehöhe von 18,4 m strahlen zwölf Sektorantennen (2x 10°, 2x 100°, 2x 130°, 2x 190°, 2x 250°, 2x 270°). Die beiden 10°-Antennen treffen auf die Brücke.

Die obere Hälfte der Hainbuche, die sich im Strahlungsfeld der Sendeanlage befindet, ist licht. Die untere Hälfte, die durch den steinernen Brückenpfeiler von den Hochfrequenzimmissionen abgeschirmt wird, zeigt normale Belaubung.

Am 24.05.2012 ergaben die Hochfrequenzmessungen auf der Brücke um 8.000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$, 30 cm unterhalb des Geländers um 200 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ und am Alten Kanal um 30 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ (Abb. 7d).

Wilder Wein, München, Botanisches Institut

Die Südfassade des Botanischen Institutes ist dicht bewachsen mit Wildem Wein (Abb. 8a). Auf der Nordfassade sind am westlichen (Abb. 8b) und am östlichen Flügel große Teile des Wilden Weines abgestorben. Der Rest ist am 03.08.12 größtenteils bereits rot gefärbt. Von der Nordseite besteht Sichtverbindung zur Mobilfunksendeanlage auf dem Eichamt mit 30 Sektorantennen in einer Entfernung von ca. 150 m.

Die Leistungsflussdichte betrug auf der Nordseite um 5.000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$, auf der Südseite um 10 $\mu\text{W}/\text{m}^2$.

Rund um das Eichamt gibt es eine große Zahl geschädigter Bäume: u.a. am Klinikum Dritter Orden und in den hochfrequenzbelasteten Teilen des Botanischen Gartens.

Diskussion

Hitze, Frost, Trockenheit, Zusammensetzung, Verdichtung und Versiegelung des Bodens, Salzstreuung, Luft- und Bodenschadstoffe sowie Schadorganismen beeinflussen die Gesundheit der Bäume. Die Möglichkeit, dass hochfrequente elektromagnetische Felder Auswirkungen auf die Gesundheit der Bäume haben, wurde bei Untersuchungen zu Mobilfunkanlagen bisher in der Differentialdiagnose nicht in Betracht gezogen. Bisher berücksichtigte Einflussfaktoren reichen für eine plausible Erklärung der hier dokumentierten Beispiele nicht aus.

Folgende Beobachtungen weisen auf einen möglichen Zusammenhang zwischen Hochfrequenzimmissionen und Baum Schäden hin:

1. Im Strahlungsfeld aller aufgesuchten Mobilfunksendeanlagen wurden zahlreiche Gehölzschäden beobachtet.



Abb. 7a: 13.10.2009: Ahorn und Hainbuche an der Oberen Brücke in Bamberg sind dicht belaubt (Foto: C. Waldmann-Selsam).

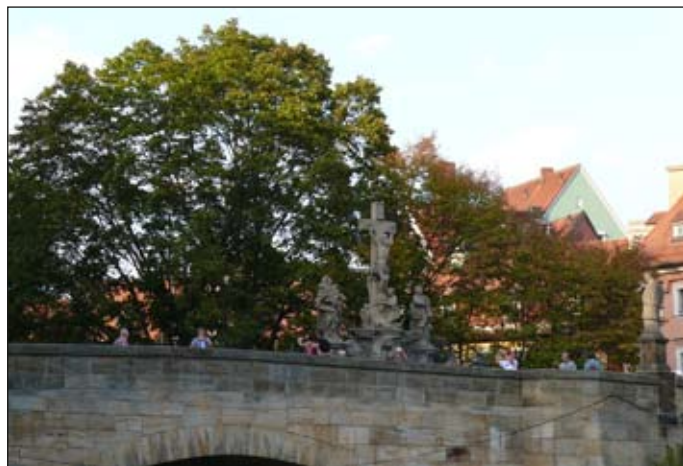


Abb. 7b: 4.10.2011: Auffällige Kronenverlichtung und beginnende Kronendürre (Foto: C. Waldmann-Selsam).



Abb. 7c: 16.7.2012: Nach Entfernung abgestorbener Äste im Frühjahr 2012 weisen die Kronen viele Lücken auf (Foto: C. Waldmann-Selsam).



Abb. 7d: 24.5.2012: Blick von Norden auf die Obere Brücke, die Hainbuche und einen Teil des Ahorn (Foto: C. Waldmann-Selsam).



Abb. 8 a: 3.8.2012: Südfassade des Botanischen Institutes der Ludwig-Maximilians-Universität in München mit dichtem Bewuchs von Wildem Wein. Die Hochfrequenzmessung ergab $10 \mu\text{W}/\text{m}^2$ (Foto: C. Waldmann-Selsam).



Abb. 8b: 3.8.2012: Westlicher Flügel der Nordfassade des Botanischen Institutes mit teilweise abgestorbenem und vorzeitig rot gefärbtem Wildem Wein. Auf die Nordfassade treffen aus ca. 150 m Entfernung Hochfrequenzmissionen ausgehend von den Mobilfunksendeanlagen des Eichamtes auf. Die Hochfrequenzmessung ergab $4.980 \mu\text{W}/\text{m}^2$ (Foto: C. Waldmann-Selsam).

2. Die Schäden traten in zeitlichem Zusammenhang mit Inbetriebnahmen von Mobilfunksendeanlagen auf.
3. Es sind Gehölze (Laub- und Nadelbäume sowie Sträucher) aller Arten betroffen.
4. Im Funkschatten von Gebäuden oder Bäumen hingegen wurden zum gleichen Zeitpunkt, oft in wenigen Metern Entfernung, gesunde Bäume vorgefunden. Sie müssten auch unter Luftschadstoffen, Ozonbelastung oder Klimawandel leiden, wenn diese an dem jeweiligen Standort die Ursache für die Schädigungen wären.
5. Es sind auf offener Fläche stehende Bäume in Gärten und Parks sowie an Seen und Flüssen (abschnittsweise) betroffen. Bodenverdichtung, Bodenversiegelung, Schadstoffbelastung, Salzstreuung oder Trockenheit können diese Schäden an solchen Standorten nicht erklären.
6. Bäume in Alleen und Reihen sind häufig unterschiedlich stark geschädigt. Die unterschiedliche Belastung durch die gebündelte Abstrahlung der Sektorantennen kann das Phänomen erklären.
7. Kronenschäden beginnen häufig inhomogen (z.B. auf der Seite, die einem Sender zugewandt ist, oder nur im oberen Teil, wo Sichtverbindung zu einem Sender besteht). Sofern keine einseitige Wurzelschädigung durch Baumaßnahmen oder Störung durch kleinsträumig differente, pathogene Bodenfaktoren vorliegen, haben Fachleute für die raumgeometrische Gestalt der Kronenschäden keine plausible Erklärung. Die Schirmdämpfung innerhalb der Baumkrone bietet eine Erklärung. Ein Teil der elektromagnetischen Welle wird von Blättern (oder Nadeln) absorbiert, ein Teil wird reflektiert, gestreut und gebeugt. Hochfrequenzmessungen auf geschädigten und auf gesunden Kronenseiten ergaben große Unterschiede und bestätigten damit die Schirmung durch Blätter oder Nadeln.
8. Blätter färben sich vorzeitig und fallen schon im Sommer. Häufig beginnt die Braunfärbung vom Rand her. Da die gleiche Veränderung auch in Gärten auftritt, kann sie nicht durch Salzstreuung verursacht sein. Die wissenschaftlich mehrfach nachgewiesene Beeinflussung des Pflanzenstoffwechsels kann zu vorzeitiger Färbung und vorzeitigem Fall des Laubes führen (BEAUBOIS et al. 2007, GOLDSWORTHY 2006, ROUX et al. 2006, 2008, SHARMA et al. 2009, TKALEC et al. 2009, VIAN et al. 2006).
9. An einigen Standorten zeigen Stämme und Äste Längsrisse. Es kann die Folge eines übermäßigen Zuwachses sein. Wissenschaftliche Untersuchungen wiesen nach, dass bestimmte Frequenzen und Pulsfolgen Wachstum fördern können (MURAJI et al. 1998). Darüber hinaus sind an Stämmen verschiedener Baumarten unter Hochfrequenzbelastung ungewöhnliche Vorwölbungen aufgetreten. Derartige Stammveränderungen in Alphen an de Rijn waren Anlass zu Untersuchungen der Universität Wageningen (VAN LAMMEREN & VAN KUIK 2007).
10. Die Zunahme von Pilzen, Algen, Flechten (Symbiose aus Pilzen und Algen) und Moosen wird nicht nur auf Bäumen, sondern auch auf Zäunen, Bänken, Dächern und Skulpturen beobachtet. Die Ursache für die Vermehrung kann daher nicht allein in den davon bewachsenen Bäumen liegen. Umfangreiche Versuchsreihen von Bortels wiesen bereits in den 50er-Jahren auf eine Beeinflussung der Pilzvermehrung durch die natür-

liche hochfrequente atmosphärische Impulsstrahlung hin (BORTELS 1951). Die Zunahme von Flechten auch an stark befahrenen Straßen zeigt, dass es neben sauberer Luft weitere positive Einflussfaktoren für die Vermehrung von Flechten geben muss.

11. Die rasch zunehmenden Schadensbilder wurden seit 2004 in vielen Ländern beobachtet. Es liegt ein zeitlicher Zusammenhang zwischen dem Aufbau des UMTS-Netzes und der Beschleunigung der Baumschäden vor.

Wissenschaftliche Untersuchungen und Beobachtungen von Nachrichtentechnikern fanden seit 80 Jahren Auswirkungen elektromagnetischer Felder auf Pflanzen (WALDMANN-SELSAM 2010).

Einige ausgewählte Beispiele werden im Folgenden vorgestellt.

Pappeln als Empfangsantennen

In dem französischen Handbuch „La T.S.F. Pratique“ aus dem Jahr 1924 wird erklärt, dass eine hohe Pappel eine gute Empfangsantenne für Radiowellen darstellt. Die Pappel ermöglicht den Radioempfang vom 300 km entfernten Eiffelturm (COUSTET & WEISS 1924).

Biologische Wirkung von Meterwellen

Um 1950 untersuchten Brauer, Harte und Kiepenheuer am Forstbotanischen Institut der Universität Freiburg die biologische Wirkung von Meterwellen (Wellenlänge 1,5 m) auf Pflanzen. Die Ergebnisse sind von außerordentlicher Tragweite und dennoch wenig bekannt. Untersuchungen des Teilungswachstums bei der Pferdebohne zeigten, dass extrem schwache Feldstärken die Teilungsfrequenz signifikant erhöhen und dass höhere Feldstärken die Teilungsfrequenz senken. Eine Erwärmung lag dabei nicht vor, so dass eine athermische, zellphysiologische Wirkung bei schwächsten Strahlungsintensitäten gefunden worden war (BRAUER 1950, KIEPENHEUER et al. 1949).

Das Ergebnis der Untersuchungen über die Wirkung auf die Meiosis bei Pollenmutterzellen der Nachtkerze (*Oenothera*) war,

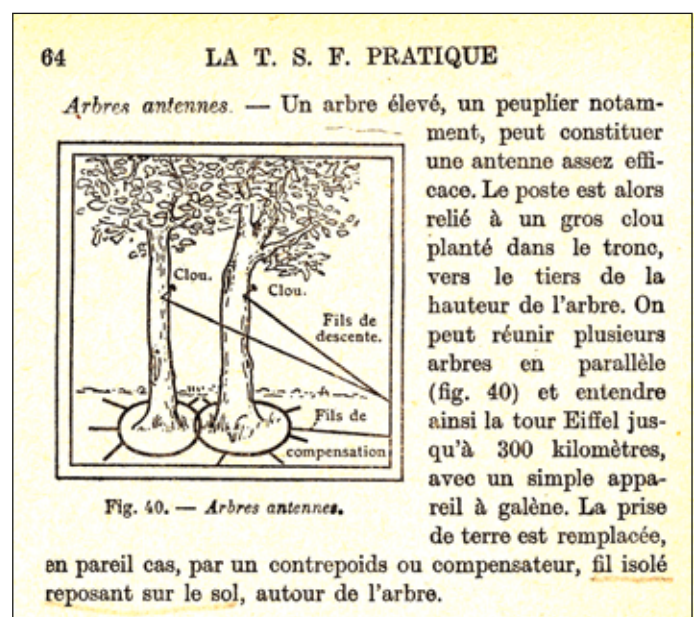


Abb. 9: Pappeln als Empfangsantennen für Radiowellen (aus: COUSTET & WEISS 1924: 64)

dass Meterwellen bei geringer Feldstärke (1,5 V/m) und kurzer Bestrahlungsdauer (15 min) ein starkes mutationsauslösendes Mittel darstellen: „Im ganzen wurden in 220 analysierbaren Zellen 29 sichere Chromosomenmutationen gefunden. (...) Die Feststellung der mutagenen Wirkung von UKW ist für die Mutationsforschung von besonderer theoretischer Bedeutung, weil sie eine Strahlung darstellen, deren Wirkung wegen ihrer geringen Quantenenergie nur schwer durch die Trefferereignisse erklärt werden kann. Der mutagenen Wirkung der UKW kommt weiterhin eine erhebliche Bedeutung dadurch zu, dass diese Strahlung in der Natur zeitweise in Stärken vorkommt, bei denen die Auslösung von Mutationen erwartet werden muss. Die praktische Bedeutung der Untersuchungen liegt darin, dass bei der stark erweiterten Anwendung von UKW für Rundfunk- und Fernsehsendungen damit zu rechnen ist, dass in der Umgebung der Sendeanlagen die Pflanzen starken Schädigungen ausgesetzt sind, für deren tatsächliches Vorkommen bereits Beobachtungen über die sogenannten UKW-Schneisen in Wäldern in der Nähe von Richtstrahlantennen und über das Eingehen der Pflanzen in der Nähe von Fernsehsendern vorliegen“ (HARTE 1950).

Im Jahr 1972 veröffentlichte Harte als Professorin am Institut für Entwicklungsphysiologie, Universität Köln, die Ergebnisse ihrer Freilandversuche in Zusammenarbeit mit dem NDR: Auslösung von Chromosomenmutationen durch Meterwellen in Pollenmutterzellen von *Oenothera* (HARTE 1972). Die Ergebnisse bestätigten die früheren Befunde über die mutationsauslösende Wirkung einer Behandlung mit Meterwellen. Die Mutationsauslösung tritt bereits bei Einwirkung einer relativ geringen Feldstärke ein.

Baumschäden durch elektromagnetische Wellen

Als 1981 innerhalb kurzer Zeit schwere Waldschäden, vor allem in Kammlagen, oft weit entfernt von Schadstoffquellen, auftraten und Tanne, Fichte, Kiefer und Buche gleichzeitig betroffen waren, suchten neben Forstbotanikern auch Ingenieure mit Erfahrungen und Kenntnissen in Elektro- und Nachrichtentechnik und Elektrophysiologie nach der Ursache.

Ingenieur K. Ermer aus Bayreuth umzäunte im Jahr 1983 geschädigte, braun gefärbte Fichten mit einem Drahtgitter. Daraufhin wurden die Fichten wieder grün (BERNATZKY 1994, ERMER 1989, PLATTHAUS 1985).

Dipl.-Ing. H. Hommel, Fraunhofer Institut ICT, Pfinztal, veröffentlichte Feldstärken-Messungen in Höhenlagen und führte darüber hinaus Messungen der Leitfähigkeit an Tannennadeln durch. Aus den festgestellten Veränderungen der Leitfähigkeit in Abhängigkeit von Frequenz, Feldstärke und Jahreszeit zog er Rückschlüsse auf das elektrische Geschehen an den Membranen (HOMMEL & KÄS 1985, HOMMEL 1985, 1986ab).

Auf dem Symposium des Umweltbundesamtes Neue Ursachen-Hypothesen 1985 forderte er eindringlich Messungen der Feldstärkeverteilung in Schadgebieten, Untersuchung des Jahresgangs der Leitfähigkeit an Nadelbäumen und die Erforschung der Auswirkungen der Hochfrequenzimmissionen auf den Pflanzenstoffwechsel.

Dr.-Ing. W. Volkrodt, Elektrotechniker und Physiker dokumentierte die Waldschäden an 32 Standorten von Richtfunk-, Radar-, Rundfunk- und Fernsehsendern. Sein Poster auf dem

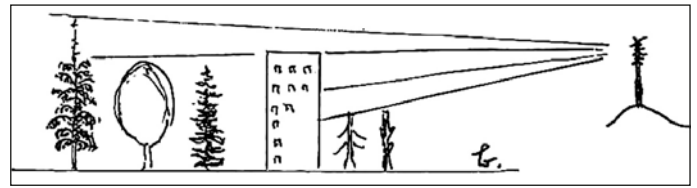


Abb. 10: Baumschäden durch elektromagnetische Wellen (aus BERNATZKY 1994: 216)

Internationalen Kongress Waldschadensforschung 1989 in Friedrichshafen zeigte die verheerenden Folgen an Ochsenkopf und Schneeberg (Fichtelgebirge), Wurmberg (Harz) und Wasserkuppe (Rhön) und das dichte Netz der Richtfunkstrecken in Bayern (VOLKRODT 1987, 1991).

Auf der Suche nach den Ursachen des Waldsterbens führte Prof. Dr. W. Koch, Lehrstuhl für Forstbotanik der LMU München, ein Langzeitexperiment (1985-1988) „Reinluft/Standortluft-Vergleich an Fichte“ im Vorderen Bayerischen Wald durch (KOCH 1989). Er konnte keinen Unterschied zwischen den Ästen feststellen, die mit Reinluft bzw. Standortluft begast worden waren. Aus seinen Beobachtungen schloss er, dass andere Mechanismen der Schädigung im Spiel sein müssten.

Dennoch lehnte Minister Dr. Riesenhuber in einem Schreiben vom 28.02.90 an Dr.-Ing. Volkrodt Untersuchungen ab: „Auch nach Ihrem letzten Schreiben sieht der Bundesminister für Forschung und Technologie keinen Grund, ein groß angelegtes Forschungsprogramm zur Auswirkung nichtionisierender Strahlen auf unsere Wälder aufzulegen“ (RIESENHUBER 1990).

Dipl. hort. Dr. phil. nat. Aloys Bernatzky, Gartenarchitekt, Fachmann für Baum- und Naturschutz, Pionier der Stadtökologie, beobachtete und dokumentierte senderseitig auftretende Kronenschäden, Störungen des Wachses von Nadelbäumen oberhalb des Dachfirstes und das Nebeneinander von hochfrequenzexponierten, geschädigten und geschirmten, gesunden Bäumen (BERNATZKY 1986). In dem Lehrbuch „Baumkunde und Baumpflege“ veröffentlichte er im Jahr 1994 die aktuellen Forschungsberichte, die Beobachtungen von Ermer und obige Zeichnung (Abb. 10) (BERNATZKY 1994).

Balodis et al. wies im Jahr 1996 nach, dass das Wachstum der Kiefern seit der Inbetriebnahme des Skruna Radarsenders im Jahr 1970 gehemmt war: An 29 Stellen wurde das Wachstum der Bäume retrospektiv für den Zeitraum von 1959 bis 1988 anhand der Jahresringe analysiert. An allen exponierten Stellen war das Wachstum der Kiefern vermindert (BALODIS et al. 1996, KALNINS et al. 1996).

Selga findet um den Skruna Radarsender strahlungsbedingte Zellfunktionsstörungen und unspezifische Stressreaktionen, die u. a. zu beschleunigter Harz-Produktion und beschleunigter Alterung der Kiefernbäume führten (SELGA & SELGA 1996).

Lerchl et al. (Universitäten Wuppertal und Karlsruhe) untersuchten einjährige Keimlinge dreier Koniferen-Arten (Anzahl insgesamt 451). Im Zeitraum von Oktober 1999 bis Mai 2000 (222 Tage)

Art	Kontrolle	Exponiert
Pinus pumila	6,0 %	20,4 %*
Abies alba	17,9 %	38,4 %*
Abies grandis	6,7 %	16,3 %*

Tab. 2: Anzahl toter Pflanzen nach 222-tägiger Exposition; * $p < 0.05$ (x2-Text) (LERCHL et al. 2000)

wurden die Pflanzen mit einer Frequenz von 383 MHz (gepulst) befeldet (entsprechend dem TETRA-Signal). Dabei wurde bei Pinus pumila Wachstumsbeschleunigung, aber auch Erniedrigung des Verhältnisses von Chlorophyll a/b beobachtet. Bei allen drei Koniferen-Arten war die Anzahl toter Pflanzen unter den exponierten Gruppen signifikant erhöht (LERCHL et al. 2000).

In der Diskussion heißt es: „Obwohl das Wachstum unter Exposition nur geringfügig verändert war, scheint die Physiologie der exponierten Koniferen negativ beeinflusst zu werden durch Exposition mit 383 MHz, indem diese eine Abnahme der Photosynthese verursacht, was das erste Anzeichen einer Schwächung des gesamten Zellstatus sein kann.“ Die vollständige Studie mit allen Ergebnissen ist entgegen der Ankündigung vom 09.01.07 bis heute nicht publiziert (LERCHL 2007). Nur ein Abstract liegt vor (LERCHL et al. 2000).

Am 4./5. Oktober 1999 veranstalteten die Weltgesundheitsorganisation (WHO), die Internationale Kommission für den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (ICNIRP) und das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) in Ismaning ein Internationales Seminar zum Thema „Effects of Electromagnetic Fields on our Living Environment“. Im Tagungsband (S. 7) heißt es: „Einflüsse dieser Felder auf Pflanzen, Tiere, Vögel und andere lebende Organismen sind nicht gründlich untersucht worden. Da ungünstige Auswirkungen auf die Umwelt das menschliche Leben letzten Endes in Mitleidenschaft ziehen, ist es schwer zu verstehen, warum nicht mehr Arbeit gemacht wurde. Es gibt viele Fragen, die gestellt werden müssen...es scheint, dass sich die Forschung auf die Langzeitwirkung niedriger EMF-Exposition, für die fast keine Information verfügbar ist, konzentrieren sollte.“

Zu den spezifischen Themen, mit denen man sich befassen muss, gehören: ... EMF-Einflüsse auf Pflanzen in der Landwirtschaft und auf Bäume“ (im Original Englisch, Übersetzung durch die Autoren) (MATTHES et al. 2000).

Dennoch veranlasste das BfS in der Folgezeit keine wissenschaftlichen Forschungen über die Langzeitwirkung niedriger EMF-Exposition auf Pflanzen. Das Verhalten des BfS steht im Widerspruch zur Aufforderung der WHO im Oktober 1999 und verstößt gegen das Vorsorgeprinzip (BREUNIG 2013).

Balmori beobachtete etwa ab dem Jahr 2000 in Valladolid, Spanien, das Auftreten von Baumveränderungen im Strahlungsfeld von Mobilfunkbasisstationen (BALMORI 2003).

Expositionsversuche

Roux et al. entdeckten in zahlreichen Experimenten mit Tomatenspflanzen in Expositions-kammern (900 MHz) die Beeinflussung der Konzentration verschiedener Proteine (ROUX et al. 2006, 2008).

Sharma et al. fanden eine Beeinflussung von Keimung und Wachstum bei der Mungbohne durch Hochfrequenzexposition (900 MHz). Darüber hinaus wiesen sie Veränderungen von Enzymaktivitäten nach (SHARMA et al. 2010).

Haggerty untersuchte Keimlinge von Zitterpappeln. Bei den geschirmten Pflanzen war die Triebhöhe um 74 % und die Blattoberfläche um 60 % (bei gleicher Blätterzahl) größer im Vergleich zu scheinbar geschirmten Pflanzen. Die Blätter der geschirmten Pflanzen hatten keine Nekrosen und zeigten Herbstfarben und Anthocyanproduktion. Die Blätter der exponierten Pflanzen hatten zahlreiche Blattnekrosen und zeigten weder normale Herbstfärbung noch Anthocyanproduktion (HAGGERTY 2010).

Stellungnahmen des Bundesamtes für Strahlenschutz

Die nach der vorliegenden Literaturrecherche bestehenden Forschungsbelege für Pflanzenschäden durch Hochfrequenzstrahlung fanden keine Berücksichtigung bei der Festlegung der derzeitigen gesetzlichen Richtlinien. Die Dokumente begründen vielmehr die wissenschaftliche Infragestellung der Schutzwirkung der geltenden Grenzwerte vor schädlichen Auswirkungen hochfrequenter elektromagnetischer Felder auf Pflanzen.

Bei dieser Sachlage und obwohl ab 2006 an zahlreichen Mobilfunksstandorten verdächtige Baumschäden dokumentiert wurden, zog das Bundesamt für Strahlenschutz am 18.10.2008 folgende Schlussfolgerung: „Unter den gegebenen Bedingungen stellen elektromagnetische Felder kein offensichtliches Schädigungsrisiko für Waldbäume dar“ (BFS 2008).

Im März 2010 erhielten die Bayerische Staatsregierung und die Bundesregierung von der Ärzteinitiative eine Dokumentation über Baumschäden an 70 Standorten in Stadt und Landkreis Bamberg (ÄRZTEINITIATIVE BAMBERGER APPELL 2010). Abgeordnete im Bayerischen Landtag stellten Anfragen (RINDERSPACHER 2009, FAHN 2011).

Am 01.07.2011 fügte das BfS seiner Stellungnahme einige wissenschaftliche Veröffentlichungen an und schloss mit folgender Bewertung ab: „Es ist zwar möglich, dass Pflanzen auf elektromagnetische Felder im Bereich der Grenzwerte physiologisch reagieren, schädliche Effekte sind dabei aber nicht zu erwarten“ (BFS 2011).

Nach der Veröffentlichung eines Schreibens an den Bamberger Stadtrat im Juni 2012 (ÄRZTEINITIATIVE BAMBERGER APPELL 2012) erhielt die Ärzteinitiative aus verschiedenen Teilen Deutschlands Berichte über Baumschäden (u.a. Hildesheim, siehe ANONYM 2012).

Am 09.08.2012 ergänzte das Bundesamt für Strahlenschutz: „Nur wenn sich solche Beobachtungen auffällig häufen und keine andere plausible Erklärung vorliegt, sollte ein möglicher Zusammenhang mit elektromagnetischen Feldern wissenschaftlich überprüft werden“ (BFS 2012).

Schlussfolgerung

Die Beobachtungen, dass Bäume im Strahlungsfeld von Mobilfunksendeanlagen Schäden entwickeln, häufen sich. Die bisher berücksichtigten Einflussfaktoren können die aufgetretenen Schadensbilder oft nicht erklären. Daher ist die unverzügliche wissenschaftliche Überprüfung des Verdachtes durch Begutachtung von Bäumen im Strahlungsfeld von Mobilfunksendeanlagen und durch Auswertung vorliegender Luftbilder geboten. Gleichzeitig

sind kurzfristig Expositionsversuche mit jungen Bäumen durchzuführen. Die WHO hatte bereits im Oktober 1999 deutlich darauf hingewiesen, dass wissenschaftliche Untersuchungen über Auswirkungen niedriger EMF-Exposition auf Tiere und Pflanzen dringend erforderlich sind (MATTHES et al. 2000).

Danksagung:

Gedankt sei Ehepaar Grimm (für die Einführung in die Baumbeobachtung), G. Ostermaier (für die Wartung der Messgeräte), Dipl.-Ing. F. Mayerhofer und R. Ströhla (für wertvolle Quellen), Dr.-Ing. V. Schorpp (für seinen Vortrag beim Bfs im August 2006) und E. Weber (für das Vorlegen ihrer Baumdokumentation beim Bfs im Juni 2008).

Anmerkung:

Waldmann-Selsam, C., war zuständig für Ausführung, Skript und Bilddokumentation.

Eger, H., lieferte Anmerkungen und Literatur.

Kontakt

Dr. med. Cornelia Waldmann-Selsam (Korrespondenzanschrift)
Karl-May-Str. 48
96049 Bamberg
Tel.: 0951-12300
dr.waldmannselsam@googlemail.com

Dr. med. Horst Eger
Marktplatz 16
95119 Naila

Nachweise

- ANONYM (2012): Baumschäden durch Mobilfunk, Moritz vom Berge, Stadtteilzeitung Hildesheim West, Nr. 231, Oktober [http://www.moritzvomberge.de/ausgaben/231/01_mobilfunk.html, letzter Zugriff: 30.5.2013].
- ÄRZTEINITIATIVE BAMBERGER APPELL (2010): Schreiben an Bayerische Staatsregierung (25.03.10) und Bundesregierung (18.04.10).
- ÄRZTEINITIATIVE BAMBERGER APPELL (2012): Schreiben an Mitglieder des Bamberger Stadtrat (26.03.12), [http://www.bamberger-onlinezeitung.de/2012/06/28/zunahme-schwerer-baumschaden-im-strahlungsfeld-von-mobilfunksendeanlagen-2/, letzter Zugriff: 30.5.2013].
- BALMORI, A. (2003): The effects of microwaves on the trees and other plants, [http://www.hese-project.org/de/emf/Studien/StudienPflanzen/index.php?lang=de&target=StudienPflanzen, letzter Zugriff: 30.5.2013].
- BALODIS, V., BRUMELIS, G., KALVISKIS, K. et al. (1996): Does the Skruna Radio Location Station diminish the radial growth of pine trees? The Science of the Total Environment 180: 57-64.
- BEAUBOIS, E., GIRARD, S., LALLECHERE, S. et al. (2007): Intercellular communication in plants: evidence for two rapidly transmitted systemic signals generated in response to electromagnetic field stimulation in tomato, Plant Cell Environ, Jul, 30 (7): 834-844.
- BERNATZKY, A. (1986): Elektromagnetischer Smog – Feind des Lebens, Der Naturarzt 11: 22-25.
- BERNATZKY, A. (1994): Baumkunde und Baumpflege, Bernhard Thalacker Verlag Braunschweig.
- BFS - BUNDESAMT FÜR STRAHLENSCHUTZ (2006): Protokoll des Fachgesprächs zum Thema „Gesundheitliche Auswirkungen der elektromagnetischen Felder des Mobilfunks – Befundberichte“, Bundesamt für Strahlenschutz, Neuherberg, 02.08.2006 [http://www.emf-forschungsprogramm.de/veranstaltungen/Internet_DMf_Protokoll_Fallbeispiele_020806_111206.pdf, letzter Zugriff: 30.5.2013].
- BFS - BUNDESAMT FÜR STRAHLENSCHUTZ (2008): Stellungnahme zur Frage möglicher Wirkungen hochfrequenter und niederfrequenter elektromagnetischer Felder auf Tiere und Pflanzen vom 18.10.08.
- BFS - BUNDESAMT FÜR STRAHLENSCHUTZ (2011): Stellungnahme zur Frage möglicher Wirkungen hochfrequenter und niederfrequenter elektromagnetischer Felder auf Tiere und Pflanzen vom 01.07.11.
- BFS - BUNDESAMT FÜR STRAHLENSCHUTZ (2012): Elektromagnetische Felder und die belebte Umwelt [http://www.bfs.de/de/elektro/papiere/EMF_Wirkungen.html, 09.08.12, letzter Zugriff: 30.5.2013].
- BOOMAANTASTINGEN (2013): Unknown tree damage [http://www.boomaantastingen.nl/site%20introduction.html, letzter Zugriff: 30.5.2013].
- BORTELS, H. (1951): Beziehungen zwischen Witterungsablauf, physikalisch-chemischen Reaktionen, biologischem Geschehen und Sonnenaktivität - Unter besonderer Berücksichtigung eigener mikrobiologischer Versuchsergebnisse, Die Naturwissenschaften, Heft 8: 165-176.
- BRAUER, I. (1950): Experimentelle Untersuchungen über die Wirkung von Meterwellen verschiedener Feldstärke auf das Teilungswachstum der Pflanzen, Chromosoma 3(1): 483-509 [http://www.springerlink.com/content/kqn177g8g5114787/, letzter Zugriff: 30.5.2013].
- BREUNIG, H. (2013): Das Bfs und die Baumschäden, ElektromogReport 19(4): 2-5.
- BUNDESNETZAGENTUR (2013): Die EMF-Datenbank der Bundesnetzagentur [http://emf2.bundesnetzagentur.de/karte.html, letzter Zugriff: 1.7.2013].
- COUSTET E., WEISS E-H. (1924): La T.S.F. pratique, Telegraphie, Telephonie, Librairie Hachette.
- DEHOS, A. (2007): Bundesamt für Strahlenschutz, Schreiben vom 13.11.07.
- ERMER, K. (1989): Waldsterben durch Elektromog, Video-Dokumentation Gymnasium Bayreuth, Film Nr. 36 [http://www.bayreuth.org/video-ag/filme.html, letzter Zugriff: 30.5.2013].
- FAHN, H., MdL (2011): Anfrage vom 21.02.11, Bayerischer Landtag Drucksache 16/8272.
- GOLDSWORTHY, A. (2006): Effects of electrical and electromagnetic fields on plants and related topics. In: VOLKOV, A.G. (ed.): Plant electrophysiology – theory and methods, Springer Verlag, Berlin Heidelberg: 247-267.
- HAGGERTY, K. (2010): Adverse Influence of Radio Frequency Background on Trembling Aspen Seedlings: Preliminary Observations, Int. Journal of Forestry Research, Vol. 2010, Article ID 836278.
- HARTE, C. (1950): Mutationsauslösung durch Ultrakurzwellen, Chromosoma 3: 140-147.
- HARTE, C. (1972): Auslösung von Chromosomenmutationen durch Meterwellen in Pollenmutterzellen von Oenothera, Chromosoma 36(4): 329-337 [http://www.springerlink.com/content/x32049jrn4u7858/, letzter Zugriff: 30.5.2013].
- HOMMEL, H., KÄS, G. (1985): Elektromagnetische Verträglichkeit des Biosystems Pflanze, Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 156(8): 172-174.
- HOMMEL, H. (1985): EMV von Biosystemen - Mensch, Tier, Pflanze. Überlegungen zur elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV), Umwelt und Technik 8(4): 6-13.
- HOMMEL, H. (1986a): Schadfaktor und Stress? Elektromagnetischer Smog. Frequenzganganalyse am Koniferen-Nadelkollektiv, Umwelt und Technik 9(1): 41-56.
- HOMMEL, H. (1986b): Schaden die elektromagnetischen Wellen? Umwelt und Technik 9(4): 36-40.
- KALNINS, T., KRIZBERGS, R., ROMANCUKS, A. (1996): Measurement of the intensity of electromagnetic radiation from the Skruna radio location station, Latvia, The Science of the Total Environment 180: 51-56.
- KIEPENHEUER, K.O., BRAUER I., HARTE C. (1949): Über die Wirkung von Meterwellen auf das Teilungswachstum der Pflanzen, Naturwiss. 36: 27.
- KOCH, W. (1989): Der Reinluft/ Standortsluft-Vergleich an Fichte, Forstw. Cbl. 108.
- LERCHL, D., LERCHL, A., HANTSCH, P. et al. (2000): Studies on the Effects of Radio-Frequency Fields on Conifers, Kurzmitteilung auf der Tagung der Bioelectromagnetics Society in München [http://www.boomaantastingen.nl/EMF_and_conifers%5B1%5D.pdf, letzter Zugriff: 30.5.2013].

- LERCHL, A. (2007): Schreiben vom 09.01.07 an Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit.
- LFU - BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, LUBW - LANDESANSTALT FÜR UMWELT, MESSUNGEN UND NATURSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (Hrsg.) (2010): Elektromagnetische Felder im Alltag, Aktuelle Informationen über Quellen, Einsatz und Wirkungen, 2. Aufl., LfU, Augsburg, LUBW, Karlsruhe.
- MATTHES, R., BERNHARDT, J.H., REPACHOLI, M.H. (2000): Effects of electromagnetic fields on the living environment, Proceedings International Seminar on Effects of Electromagnetic Fields on the Living Environment – Ismaning, Germany, October 4 and 5, 1999, ICNIRP 10/2000.
- MURAJI, M., ASAI, T., TATEBE, W. (1998): Primary root growth rate of Zea mays seedlings grown in an alternating magnetic field of different frequencies, Bioelectrochem and Bioenerg 44: 271-273.
- PLATTHAUS, H.-J. (1985): Waldsterben durch Mikrowellen, Frankenpost 4./5.5.1985 [www.diewellenbrecher.de/pdf/ermerfrankenpost.pdf, letzter Zugriff: 1.7.2013].
- RIESENHUBER, H. (1990): Schreiben vom 28.02.1990 an Dr.-Ing. W. Volkrodt.
- RINDERSPACHER, M. (2009): Anfrage vom 03.09.09, Bayerischer Landtag Drucksache 16/2504.
- ROUX, D., VIAN, A., GIRARD, S. et al. (2006): Electromagnetic fields (900 MHz) evoke consistent molecular responses in tomato plants, Physiologia Plantarum 128: 283-288.
- ROUX, D., VIAN, A., GIRARD, S. et al. (2008): High frequency (900 MHz) low amplitude (5 V m⁻¹) electromagnetic field: a genuine environmental stimulus that affects transcription, translation, calcium and energy charge in tomato, Planta 227(4): 883-891.
- SCHORPP, V. (2006): Kasuistiken von Vorortuntersuchungen als Methode zur Ableitung kausaler Zusammenhänge, Fachgespräch BfS, 02.08.12, Oberschleißheim [<http://www.puls-schlag.org/download/Schorpp-BfS-02-08-2006.pdf>, letzter Zugriff: 30.5.2013].
- SCHORPP, V. (2011): Tree damage from chronic high frequency exposure, The effect of electromagnetic radiation on trees, First symposium, February 18, 2011, Lecture, Baarn, Netherlands [<http://www.puls-schlag.org/download/Schorpp-2011-02-18.pdf>, letzter Zugriff: 1.8.2013].
- SELGA, T., SELGA, M. (1996): Response of pinus sylvestris L. needles to electromagnetic fields. Cytological and ultrastructural aspects, The Science of the Total Environment 180: 65-73.
- SHARMA, V.P., SINGH, H.P., KOHLI, R.K., BATISH, D.R. (2009): Mobile phone radiation inhibits Vigna radiata (mung bean) root growth by inducing oxidative stress, The Science of the Total Environment 407(21): 5543-5547.
- SHARMA, V.P., SINGH, H.P., BATISH, D.R., KOHLI, R.K. (2010): Cell phone radiations affect early growth of Vigna radiata (mung bean) through biochemical alterations, Zeitschrift für Naturforschung C, 65(1-2): 66-72.
- STUMGV – BAYR. STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT, GESUNDHEIT UND VERBRAUCHERSCHUTZ (2007): Mobilfunk, München.
- TKALEC, M., MALARIC, K., PAVLICA, M. et al. (2009): Effects of radiofrequency electromagnetic fields on seed germination and root meristematic cells of Allium cepa L., Mutation Research 672(2): 76-81.
- VAN LAMMEREN, A., VAN KUIK, F. (2007): Phloem nodes deface trees and shrubs in urban environments, Manuscript for Arborist news dd 2-10-2007 [www.boomaantastingen.nl/Manuscript.doc, letzter Zugriff: 1.7.2013].
- VIAN, A., ROUX, D., GIRARD, S. et al. (2006): Microwave Irradiation Affects Gene Expression in Plants, Plant Signaling & Behavior 1(2): 67-69.
- VOLKRODT, W. (1987): Wer ist am Waldsterben schuld? Mikrowellensmog der Funk- und Nachrichtensysteme, raum & zeit 26: 53-62.
- VOLKRODT, W. (1991): Droht den Mikrowellen ein ähnliches Fiasko wie der Atomenergie? Wetter- Boden- Mensch 4: 16-23..
- WALDMANN-SELSAM, C. (2007): Mikrowellensyndrom – ein neues Krankheitsbild, Vortrag, 6. Rheinland-Pfälzisch-Hessisches Mobilfunksymposium, 14.4.2007, BUND Rheinland-Pfalz, Mainz [http://www.bund-rlp.de/publikationen/tagungsbaende/mobilfunksymposium/6_mobilfunksymposium/, letzter Zugriff: 1.7.2013].
- WALDMANN-SELSAM, C. (2010): Wirkungen elektromagnetischer Felder auf Pflanzen, Beobachtungen und Studien aus 80 Jahren, Internet-Publikation der Kompetenzinitiative [<http://www.kompetenzinitiative.net/publikationen/forschungsberichte/wirkungen-elektromagnetischer-felder-auf-pflanzen.html>, letzter Zugriff: 30.5.2013].