

Pathophysiologische Arbeitshypothesen
zum Waldsterben

STRESS- UND RESISTENZMANGEL- SYNDROM DURCH TECHNISCHE MIKROWELLEN??

von Claus E. E. Schulte-Uebbing, München

vorge stellt beim Wissenschaftlichen Symposium
"Neue Ursachen-Hypothesen" des Umweltbundesamt Berlin,
16./17. XII. 1985 im Berliner Reichstag

HEROLD-VERLAG DR. WETZEL MÜNCHEN
im Dezember 1985

Online-Ausgabe mit Genehmigung des Herold-Verlags
www.puls-schlag.org

Anschrift des Verfassers:
Dipl.-Forstwirt cand. med. Dipl.-Geologe
Claus E. E. Schulte-Uebbing

Umweltgutachten · Landschaftsplanung · Spezialvermessungen
Beratung · Planung · Ausführung

Stuntzstraße 59, 8000 München 80

Herausgeber:
Herold Verlag Dr. Wetzel
Kirchbachweg 16, 8000 München 71

3. Auflage 1986

ISBN: 3-921485-04-1

V O R W O R T

Mikrowellen stellen nach Meinung des Autors eine mögliche Hauptursache des Waldsterbens dar. Darüberhinaus muß der Verdacht geäußert werden, daß sie mitverantwortlich sind für eine Reihe menschlicher Erkrankungen. In diesem Statement will sich der Autor jedoch nur auf das Waldsterben beschränken und auf die Literatur verweisen.

Heutige Waldschadens-Situation

Das Waldsterben greift rapide um sich, nicht nur in Europa, sondern auch auf den anderen Kontinenten.

In Nordamerika und Canada sind verschiedene Koniferenarten und einige Laubbaumarten regional gehäuft erkrankt, teilweise sogar schwer, v.a. im Nordwesten.

In allen skandinavischen Ländern werden großflächige Schäden gemeldet.

In der sibirischen Taiga sind weite Wälder erkrankt. Auch in der Volksrepublik China sind solche Tendenzen beobachtet worden, v.a. nahe der "Mauer".

Im gesamten Westeuropa stellt man v.a. an den Hauptbaumarten Fichte und Kiefer, Buche und v.a. Tanne rapide steigende Morbidität und Mortalität fest.

In der DDR, der CSSR und Polen, Bulgarien, Rumänien und der UdSSR sind regional mehr oder weniger deutlich großflächige Schäden vorhanden, insbesondere nahe den Landesgrenzen.

In der Bundesrepublik Deutschland liegen Ergebnisse einer Schadens-Inventur vor:

Nach Angaben des HESSISCHEN MINISTERIUMS FÜR LANDWIRTSCHAFT, FORSTEN UND NATURSCHUTZ (Stand November 1984) sind 3,7 Millionen ha und damit 50 % unserer Waldfläche sichtbar geschädigt. Abb.

| Land | Waldfläche | Schadstufe 1 schwach geschädigt | davon Schadstufe 2 mittelstark geschädigt | Schadstufe 3 stark geschädigt | Schadfläche insgesamt | | |
|-------------------------|------------|---------------------------------------|--|-------------------------------------|--------------------------|------|------|
| | Mio. ha | in % der Waldfläche | | | 1984 | 1983 | 1982 |
| Schleswig- Holstein | 0.137 | 16 | 10 | 1,6 | 27 | 12 | 18 |
| Niedersachsen | 0.962 | 27 | 9 | 0,9 | 36 | 17 | 13 |
| Nordrhein- Westfalen | 0.854 | 31 | 9 | 1,4 | 42 | 35 | 9 |
| Hessen | 0.829 | 34 | 8 | 0,7 | 42 | 14 | 5 |
| Rheinland- Pfalz | 0.755 | 34 | 8 | 0,6 | 42 | 23 | 1 |
| Baden- Württemberg | 1.303 | 42 | 22 | 2,0 | 66 | 49 | 10 |
| Bayern | 2.445 | 32 | 23 | 2,1 | 57 | 46 | 7 |
| Saarland | 0.074 | 24 | 6 | 1,6 | 31 | 11 | 4 |
| Bremen | 0.0007 | - | - | - | - | - | - |
| Hamburg | 0.004 | 45 | 9 | 2,1 | 56 | - | - |
| Berlin | 0.007 | 44 | 8 | 0,2 | 53 | - | - |
| Bundesrepublik | 7.370 | 33 | 16 | 1,5 | 50 | 34 | 8 |

Das bedeutet seit 1982 eine Steigerung um über 400 %, obwohl in dieser Zeit die chemischen Emissionen nicht zugenommen haben. Wie an späterer Stelle noch ausführlicher behandelt wird, haben dafür die physikalischen Emissionen bedeutend zugenommen: Eine Vielzahl von Millimeter-Wellen-Sendern nahm in dieser Zeit erstmals ihren Dienst auf. Außerdem wurden eine Reihe von Satelliten in Betrieb genommen.

Symptomatik der Erkrankungen bei den einzelnen Baumarten

Nadelbäume werden in der Reihenfolge Tanne - Fichte - Kiefer - Lärche, Laubbaumarten in der Reihenfolge Esche - Hainbuche - Buche - Eiche geschädigt.

Die Bäume an exponierten Standorten, an Waldrändern, Überhälter, Bäume an Hängen und in Hochlagen der Mittelgebirge sind besonders stark betroffen.

Die Erkrankung erfaßt alle Standorte und Höhenzonen. Es ist keine scharfe Abgrenzung von chemischen Belastungsgebieten um Industrie und Ballungsräume möglich. Die Erkrankungen treten auch in Gebieten mit geringer chemischer Luftbelastung auf.

Vielfach werden Angsttriebe gebildet. Es finden sich anomale Verzweigungsformen bei geschädigten Laub- und Nadelbaumarten.

Feinwurzeln, die für die Wasser- und Nährstoffaufnahme lebensnotwendig sind, werden bei den erkrankten Bäumen nicht mehr im nötigen Umfang gebildet.

Es kommt zu Verschiebungen im natürlichen Gleichgewicht zwischen den antagonistisch wirkenden Wurzel-Symbionten und -Parasiten zugunsten der Parasiten.

Bäume leiden unter Streßsymptomen und altern schneller.

Symptome bei der Tanne

Nadelabfall von unten nach oben und von innen nach außen. Ältere Nadeljahrgänge verfärben sich rotbraun und fallen ab. Nur die jüngsten Jahrgänge bleiben grün. Der Nadelverlust ist nicht jahreszeitlich bedingt. Die Seitentriebe wachsen normal weiter, während der vertikale Leittrieb im Wuchs gehemmt ist. Es kommt zur Abflachung der Krone ("Storchennest"), ein sonst nur für alte Tannen typisches Erscheinungsbild. Oft bildet sich ein pathologischer Naßkern, Wasserreiser sind häufig. Sekundärschäden (Borkenkäferbefall, Hallimasch, Sturm- u. Schneeschäden).

Symptome bei der Fichte

Ähnlich wie bei der Tanne Nadelabfall und daraus resultierende Kronenverlichtung. Ältere Jahrgänge sind zuerst betroffen, die Schädigung erfolgt von innen nach außen und von unten nach oben. Kammfichten sehen bei zunehmender Verlichtung fast lärchenartig aus. Oft sind die Zweige am Ende nur noch mit den Nadeln der letzten zwei bis drei Jahre besetzt und baumeln wie Vorhangquasten im Wind ("Lametta-Syndrom"). Später werden auch junge Triebe schütter und lückig. An einigen alten Fichten kommt es im Herbst zu einer Rotfärbung der älteren Jahrgänge. Die starken Äste im Kronenbereich alter Fichten sterben ab, das Höhenwachstum ist gestört. Seitentriebe übernehmen das weitere Längenwachstum.

Es kommt zu typischen Streßsymptomen: Ersatztriebe werden als Notreaktion gebildet, ganze Bäume färben sich gelb, wobei an der Nadeloberseite hellbraune Flecken sichtbar werden. Die kranken Fichten tragen übermäßig viele Zapfen und Samen. Hyper-Reproduktivität als Indikator sich verschlechternder Lebensbedingungen. Die kranken Fichten weisen hohe Verluste an Feinwurzeln auf. Neben Verzweigungsanomalien treten oft keulenförmig verdickte "Wurzelstörpunkte" auf. Das Gleichgewicht zwischen Symbionten und Parasiten ist zugunsten der Parasiten verschoben. Wie die Tanne ist die Fichte durch Sekundärschädigungen gefährdet.

Symptome bei der Kiefer

Die Nadelfarbe verändert sich bei den kranken Bäumen ins Grau-Grüne, oft haben die Nadeln gelbe Spitzen. Gelegentlich kommt es zu Punktnekrosen, auf CaCO₃-reichen Böden zu Kalkchlorosen. Auch hier kommt es zur deutlichen Kronenverlichtung.

Symptome bei der Buche

Neben generellen Anzeichen nachlassender Vitalität sind krankhafte Veränderungen der Beblätterung typisch, die von einem Jahr zum anderen auftreten können. Kranke Bäume haben schütterere Belaubung, lückenhafte Kronen. Ein Vorherrschen von Kurztrieben gegenüber den Langtrieben wird oft beobachtet. Bereits zu Anfang der Vegetationsperiode fallen bei erkrankten Buchen grüne Blätter ab, oft rollen sich die Blätter nach dem Austreiben ein oder haben kleinere Größe als üblich. Am Stamm kommt es zu Wasserreisern, ein Rotkern ist häufig. Das Feinwurzelsystem ist stark dezimiert. Befall durch Parasiten wird oft beobachtet.

Chemische Umweltverschmutzung seit über 300 Millionen Jahren, die von vielen Baumarten überlebt wurde.

Im Laufe der ca. 300 Millionen Jahre, die Nadelbäume bereits existieren, gab es Milliarden von Vulkanausbrüchen.

Durch Messungen an heute tätigen Vulkanen weiß man, daß sie zu erheblichen Emissionen von SO_2 , NO_x , CO , CO_2 , H_2S , N_2 , HCl , HF , S , Cl , K , Na , Ca , Br , Al , Fe , Zn , Cu , Se , Mn , Pb , As , Ni , Hg , Cd , V , Cr , Sb , Ag , Co , Cs , Au , Sc ,... führen.

Bei Vulkanologen (IWASAKI et al., BUAT-MENARD u. ARNOLD, TAZIEFF u. SABROUX...) kann man nachlesen, wie groß die Mengen sind, die z.B. der Aetna, Mount St.Helens, oder andere einzelne Vulkane heute ausspucken.

Schätzungsweise waren die Belastungen mit diesen Schadstoffen während gebirgsbildenden Phasen etwa hunderttausend- bis millionenmal so hoch wie heute, zumal wir uns tektonisch in einer ruhigen Phase befinden.

Es darf daher die Vermutung geäußert werden, daß diese uralte chemische Umweltverschmutzung nicht die ausschlaggebende Ursache für das Waldsterben ist.

Abgesehen davon gibt es keine Korrelation zwischen der chemischen Schadstoffbelastung und dem Waldsterben: In Gebieten, die chemisch sauber sind (NO-Canada) gibt es das Waldsterben genauso. In der Nähe von heute tätigen Vulkanen, wo die Luft entsetzlich schmutzig ist, wachsen ganz normal Bäume.

Physikalische Umweltverschmutzung der jüngsten Zeit

Viele Baumarten, die seit Jahrmillionen die chemische Umweltverschmutzung überstanden haben, sind heute vom Waldsterben ernsthaft bedroht.

Das Ergebnis der Waldschadenserhebung der BRD von 1982 und 1984 macht deutlich, daß die Morbidität und Letalität unserer Bäume exponentiell ansteigt.

In nur zwei Jahren stieg das Schadensausmaß von 8 % auf 50 % in der BRD. Das bedeutet eine Steigerung um über 500 % (!!!) Gleichzeitig haben sich die altbekannten chemischen Emissionen weder stark erhöht noch vermindert.

Doch eines ist rapide angestiegen: Die Mikrowellen-Intensität.

Innerhalb dieser zwei Jahre wurden eine Reihe von Satelliten in Betrieb genommen, die zu einer drastischen Erhöhung der Mikrowellendichte beigetragen haben.

Die großflächige Ausdehnung der Waldschäden wird durch den hohen Verbreitungsgrad der Mikrowellen verständlich. Die Waldschäden der BRD korrelieren erschreckend deutlich mit der Mikrowellenintensität.

Entwicklung und Verbreitung der Mikrowellen. (MW)

Innerhalb der letzten Jahrzehnte nahm die Mikrowellenintensität technischen Ursprungs verglichen mit der Intensität natürlichen Ursprungs drastisch zu. Zu den MW natürlichen Ursprungs zählen jene, die aus dem Kosmos stammen (kosm. MW) und durch die Schichten der Atmosphäre an die Erdoberfläche gelangen sowie solche, die direkt von der Erdoberfläche abgestrahlt werden (terrestr. MW). Zu den MW technischen Ursprungs zählen Rundfunk-, Fernseh-, Radar-, Richtfunk-, MW-Therapie-, Fernmelde-,- wellen (vgl. die folgende Tabelle).

Tabelle Technische Mikrowellen:

| <u>Frequenz</u> | <u>Wellenlänge</u> | <u>Anwendung</u> |
|-----------------|--------------------|---|
| 0,3 - 3,0 GHz | 100 cm bis 10 cm | Fernsehen, Radar |
| 3,0 - 30,0 GHz | 10 cm bis 1 cm | Radar, Richtfunk, Mikrowellenöfen, Medizin (Strahlentherapie) |
| 30,0 - 300 GHz | 10 mm bis 1 mm | Radar, Satellitenfunk, Strahlentherapie |

Nach BRODEUR ist heute in einigen Stadtregionen der ständige Strahlenhintergrund, der von Mikrowellen herrührt, schätzungsweise hundert bis zweihundert Millionen mal so groß wie der natürliche Hintergrund an elektromagnetischen Wellen, der von der Sonne her stammt.

Eine Untersuchungsgruppe stellte beim Mikrowellen-Symposium 1969 in Richmond die Problematik heraus, daß " die elektromagnetischen Strahlungen von Radar, Fernsehen, Fernmeldeeinrichtungen,..... die heutige Umwelt im zivilen wie im militärischen Bereich durchdringen ", wobei " die Menschen jetzt einer Strahlung ausgesetzt sind, die in der Geschichte kein Gegenstück findet ". In dem Bericht heißt es weiter: " Wenn nicht in naher Zukunft angemessene Vorkehrungen und Kontrollen eingeführt werden, die auf einem grundsätzlichen Verständnis der biologischen Wirkungen elektromagnetischer Strahlungen basieren, wird die Menschheit in den kommenden Jahrzehnten in ein Zeitalter der Umweltverschmutzung durch Energie eintreten, welche mit der chemischen Umweltverschmutzung vergleichbar ist." Der Report warnt weiterhin: " Die Folgen einer Unterschätzung oder Mißachtung der biologischen Schädigungen, die infolge langdauernder Strahlenexposition auch bei geringer ständiger Strahleneinwirkung auftreten könnten, können für die Volksgesundheit einmal verheerend sein."

Gefährdung durch Mikrowellen

Gemeint ist hier eine mögliche Schädigung durch die Einwirkung von Mikrowellenenergie auf lebende Organismen. Über die biologische Wirkung dieser sogenannten nicht-ionisierenden Strahlung bzw. dieser elektromagnetischer Felder ist in den letzten Jahren viel bekannt geworden, u.a. zusammenfassend nachzulesen bei

ADEY (1981), CLEARY (1970), GOLTZ (1979), JOHNSON (1972), KUCIA (1972), MICHAELSON (1972), NECKER (1981), Mc REE (1979), RENTSCH (1985), STUCHLY (1979). Die unterstrichenen Autorennamen weisen auf besonders lesenswerte Literatur hin: Eine zusammenfassende Darstellung findet sich u.a. bei ADEY (1981).

In den USA wurden Komitees gegründet, z.B. das COMAR (Committee on Man and Radiation). Jedoch bestehen auch nach Meinungen dieser Biologen, Ärzte, Physiker und Ingenieure z.Z. noch zahlreiche offene Fragen, die durch sorgfältige Studien noch weiter geklärt werden müssen. Bei der starken Zunahme der Langzeitexposition gegenüber diesen Feldern, v.a. durch Radio-, Fernseh- und Radarsender und auch wegen medizinisch genutzter Mikrowellenfelder (Carzinom-Therapie) mußten trotz mancher offener Fragen Sicherheitsstandards festgelegt werden, wobei es schwer ist, diese angesichts der offenen Fragen festzulegen: Sie sollen sowohl den notwendigen Sicherheitsbestimmungen entsprechen, als auch realistisch aus der Sicht des Verhältnisses von Nutzen und Risiko sein.

Richtlinien für Mikrowellen-Höchstwerte

Eine einheitliche weltweite Regelung dieser aktuellen Frage ist derzeit noch nicht erzielt. Zwischen den Festlegungen der USA und westeuropäischen Ländern einerseits und der UdSSR und osteuropäischen Ländern andererseits bestehen erhebliche Unterschiede, da offenbar die vorwiegend in der UdSSR durchgeführten Versuche an Menschen, Tieren und Pflanzen im Mikrowellenfeld, deren Ergebnisse die Gefahren der Mikrowellen deutlich machen, bei der Festlegung der zulässigen Höchstwerte in der UdSSR und Osteuropa berücksichtigt wurden.

In den USA basieren die Grenzwertfestlegungen darauf, daß thermische Schädigungen vermieden werden sollen. Thermische Schädigungen treten erst bei höherer Dosierung auf. Deshalb liegen die Grenzwerte in den USA und der BRD vergleichsweise hoch (10 mW/ cm² bzw. 1 mW/ cm² bei längerer Expositionszeit).

In der UdSSR und DDR werden andere Maßstäbe gesetzt. Durch Langzeitexpositionsversuche, besonders an Tieren mit sehr niedrigen Dosen, z.B. 500 µW/ cm² (!) oder aus Langzeitstudien beim Menschen, die beruflich elektromagnetischen Feldern ausgesetzt sind, hat man selbst bei diesen nicht thermischen (athermischen) Dosen biologische Wirkungen, d.h. physiologische und psychologische (Verhaltens-) Änderungen festgestellt. Die anfangs von USA- Autoren bezweifelten Befunde der UdSSR- Untersucher sind inzwischen weitgehend in Nachuntersuchungen bestätigt worden, ADEY (1981), Mc REE (1979), RENTSCH (1985) u.a.

Allgemeine Übereinstimmung in Ost und West besteht deshalb heute über das Auftreten von biologischen Wirkungen bei Säugetieren hinsichtlich von Entwicklungsveränderungen, Veränderungen des hämatopoetischen Systems sowie neuroendokriner, neurohumoraler, immunologischer Veränderungen, Auswirkungen auf die Osteogenese, neurophysiologische und Verhaltensänderungen, Modulationen biologischer Rhythmen u.a. (ADEY, 1981). Wenn diese Änderungen auch, soweit bisher beurteilbar,

reversibel und meist funktioneller Natur sind und ein Nachweis einer Dauerschädigung nach Kurzzeitbestrahlung bisher nicht erbracht werden konnte, so ist ihr Auftreten bei Langzeitexposition mit athermischen Dosen jedoch als gesichert anzusehen. Die inzwischen von der UdSSR gesetzlich festgesetzten Sicherheitsgrenzen, liegen deshalb so, daß auch athermische Effekte berücksichtigt sind. Daher liegen sie viel niedriger und schließen einen großen Sicherheitsabstand ein.

Nach TGL 32602/01 (zitiert aus RENTSCH 1985) betragen die zulässigen Höchstwerte in der DDR in Anlehnung an die UdSSR:

| <u>Frequenz</u> | <u>Höchstzulässiger Grenzwert</u> |
|---|---|
| 27,12 MHz (Kurzwelle) | 20 V / m |
| Frequenzen größer 300 MHz (Dezimeter-, Zentimeter-, Millimeter-Wellen) | bis zu 8 Std. 10 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ |
| | bis zu 2 Std. 100 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ |
| | bis zu 20 min. 1 mW/cm^2 |
| | <u>für Schwangere und Stillende: 1 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ (!)</u> |

Damit wird in der UdSSR und Osteuropa mit Mikrowellen wesentlich vorsichtiger umgegangen, als bei uns. Dies sollte zu denken geben, zumal beispielsweise Höchstwerte für chemische Schadstoffbelastungen in der UdSSR nicht so streng festgesetzt sind. Dort weiß man, daß physikalische Luftbelastungen mindestens ebenso gefährlich sind wie chemische. Der zulässige Mikrowellen-Höchstwert für Schwangere und Stillende beträgt mit 1 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ein Tausendstel (!!!) dessen, was mit 1 mW/cm^2 bei längerer Expositionszeit in der BRD erlaubt ist.

Nach BRODEUR sind Mikrowellen in ihrer Wirkung auf lebende Organismen mit Röntgenstrahlen vergleichbar. Die zulässigen Höchstwerte für Röntgenstrahlen sind heute auch bei uns im Einklang mit experimentellen Erfahrungen sehr niedrig gewählt. Dies muß auch für Mikrowellen gefordert werden.

Röntgenstrahlung galt auch lange als harmlos

Sechs Monate nach Entdeckung der Röntgenstrahlen, kurz nach der Jahrhundertwende, traten die ersten Haut-Tumoren bei Röntgentechnikern auf. Dennoch erkannte man lange Zeit nicht die Gefahren der Röntgenstrahlen: So kam es noch bis Ende der 40 er Jahre vor, daß die Ärzte ihre Hände in den Röntgenstrahl hielten, um zu prüfen, ob ihr Röntgenschild scharfe Bildwiedergabe zeigte.

Während mit Röntgen- und anderen ionisierenden Strahlungen seit den 60er Jahren nach und nach immer vorsichtiger umgegangen wird, wird der Mikrowellen-Energie bei uns nach wie vor keine oder nur eine ganz geringe biologische Bedeutung beigemessen. In der UdSSR ist man wesentlich vorsichtiger: Man weiß, daß Schwangere und Stillende besonders vor Röntgenstrahlung und Mikrowellen geschützt werden müssen, da nicht nur Embryos und Feten sehr strahlensensibel gegenüber Mikrowellen sind, sondern auch die laktierende Brustdrüse.

Zusammenfassung: Effekte von Mikrowellen auf lebende Organismen

Über die Effekte von Mikrowellen auf lebende Organismen existiert eine Vielzahl von Literatur. An dieser Stelle soll v.a. auf die neueren Arbeiten von ADEY (1981), CLEARY (1970), GOLTZ (1979), JOHNSON (1972), KUCIA (1972), KÖNIG (1985), MICHAELSON (1972), NECKER (1981), McREE (1979), RENTSCH (1985), STUCHLY (1979), SÜSSKIND (1983) verwiesen werden.

Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über die Effekte bei Säugetieren:

- Entwicklungsveränderungen
- Veränderungen des hämatopoetischen Systems
- Neuro-ösokrine Veränderungen
- Neuro-humorale Veränderungen
- Immunologische Veränderungen
- Veränderungen der Osteogenese
- Neurophysiologische Veränderungen
- Verhaltensänderungen
- Modulationen biologischer Rhythmen
- Genetische Veränderungen
- Veränderung von Enzymaktivitäten
- Bildung von O₂- und OH- Radikalen

Bemerkenswert ist, daß all diese Effekte nicht-thermisch erzielt wurden, d.h. mit Intensitäten, die weit unter den höchst zulässigen Werten liegen.

Physikalische Prinzipien der Wirkung von MW auf lebende Organismen

Nach SCHWAN und LI ergibt sich die Beziehung zwischen dem Absorptionsgrad von MW durch lebende Organismen und deren physikalischen Parametern als Funktion der Variablen

- Wellenlänge
- Frequenz
- Intensität
- Pulsungsart bei den Mikrowellen und

der Variablen

- Größe
- Dichte
- Gewebszusammensetzung
- anatomische Lage
- spezifische Strahlenempfindlichkeit

des lebenden Organismus andererseits.

Von FLEMING et al. wurde die Eindringtiefe von MW in verschiedene Gewebarten bei Tieren untersucht, wobei die Energieabsorption mit der Frequenz zunimmt: Gleichzeitig nimmt mit Frequenzen oberhalb 3 GHz der Anteil nicht-thermischer Wirkungen stark zu, wobei die Ausbildung stehender Wellen einen Intensitätspotenzierungs-Effekt bewirkt, d.h. daß bei Frequenzen über 3 GHz wesentlich geringere Ausgangs-Intensitäten genügen, um Höchst-Intensitäts-Effekte zu erzielen. Insbesondere bei den Millimeterwellen dürfte dieser Effekt eine große Rolle spielen.

Die folgende Abbildung zeigt die Eindringtiefe elektromagnetischer Wellen in verschiedene Gewebsarten: (nach FLEMING et al.)

| Gewebe | Frequenz (GHZ) | | | | |
|-----------------|------------------|------|------|------|------|
| | 1,0 | 3,0 | 10,0 | 24,0 | 35,0 |
| Knochenmark | 11,9 | 10,0 | 0,34 | 0,15 | 0,1 |
| Gehirn | 1,9 | 0,5 | 0,2 | 0,1 | 0,04 |
| Linse des Auges | 2,9 | 0,5 | 0,2 | 0,1 | 0,04 |
| Glaskörper/Auge | 1,2 | 0,5 | 0,2 | 0,05 | 0,03 |
| Fett | 6,4 | 2,5 | 1,1 | 0,3 | ---- |
| Muskeln | 1,4 | --- | 0,3 | --- | ---- |
| Blut | 1,4 | 0,8 | 0,15 | 0,06 | 0,03 |
| Haut | 1,6 | 0,6 | 0,2 | 0,07 | ---- |

Ausbildung stehender Wellen bei Zentimeter- u. Millimeterwellen

Ein Effekt, der besonders bei jahrelanger Impulsbestrahlung sehr geringer Intensität von großer Bedeutung ist, kommt zustande, wenn die Dicke der betrachteten Gewebsschicht des lebenden Resonanzträgers der Wellenlänge entspricht: Es kommt zur bereits erwähnten Ausbildung stehender Wellen. Dadurch kommt es zu Abschwächungen und Verstärkungen, jeweils in Abhängigkeit von den elektrischen Gewebsparametern. So kann es bei den in jüngster Zeit exponentiell erhöhten Leistungsdichten der Satellitenfrequenzen (z.B. INTELSAT V, in Betrieb seit 1980, Wellenlänge 2,7 bis 2,1 cm), die mit den Nadeln der in jüngster Zeit stark bedrohten Fichte (picea abies, Nadellänge ca. 2 cm) zu einem solchen Resonanzverhalten mit Ausbildung stehender Wellen kommen. Dadurch wären die Nadel-schäden der jüngsten Zeit erklärbar.

Bestrahltes Gewebe als Impedanz-Transformator

Wenn der Körper lebender Organismen MW ausgesetzt ist, dient das äußerste Gewebe als Impedanz-Transformator zwischen Luft und innerem Gewebe, was nach PRESMAN zu einer kompensierten Wellenreflexion führen kann und ein gleichzeitiges Anwachsen der absorbierten Energie fördert. Nach SCHWAN ist dabei der Prozentsatz der absorbierten MW-Energie näherungsweise aus den elektrischen Parametern des Gewebes zu errechnen.

Hitzeregulation bei Thermischen Effekten

Tierversuche mit MW zeigen, daß das Ansteigen der Körpertemperatur nicht nur von Menge und Art der elektromagnetischen Energie abhängt, die in Hitze umgewandelt wird, sondern auch in hohem Maße von der Hitzeregulation des Organismus. Bei Lebewesen mit konstanter Körpertemperatur entspricht der Hitzeverlust bei einer bestimmten Körpertemperatur der Summe aus Hitzeproduktion aufgrund metabolischer Prozesse und aus dem Hitzeverlust durch Abstrahlung bei Verdunstung und Atmung.

Bei Wellenlängen von 1 cm und kleiner tritt bei Intensitäten von nur 28 mW/cm² nach weniger als 3 Std. der Tod von Ratten ein, obwohl keine Temperaturerhöhung zu messen ist. Man kann sich gut vorstellen, daß jahrelang gepulste Strahlung mit 10 mW/cm², noch dazu wenn es zur Ausbildung stehender Wellen kommt, entsprechende Mechanismen auszulösen vermag.

Die zulässigen Höchstwerte für Mikrowellen in der UdSSR liegen nicht zu Unrecht wesentlich niedriger als 10 mW/cm².

Vergleich gepulste MW und MW-Dauerbestrahlung

Anhand von Tierversuchen zeigte MARHA, daß die Bestrahlung mit gepulsten MW der Frequenz 3 GHz fünfmal schneller zum Tod der Tiere führte, als die kontinuierliche Bestrahlung mit Mikrowellen. Auch neueste Ergebnisse von ADEY bestätigen diese Zusammenhänge, die bereits von PRESMAN aufgezeigt wurden: Bestrahlungen niedriger Intensitäten machen den Organismus empfindlicher gegenüber tödlichen Strahlenwirkungen höherer Intensität.

Effekte von MW auf Neurohumorale Regulation und Immunsystem

GORODETSKAYA zeigte, daß Ratten im 10 - GHz- Bereich schlagartig Leukopenie und Erythrozytenmangel aufwiesen, wobei dieser sonst nur für Röntgenstrahlung typische Effekt noch 5 Tage post radiationem vorlag.

Auch eine chronische Bestrahlung mit 3 - GHz- Wellen von nur 40 mW/cm² bei Ratten führte schlagartig zu einer Leukopenie (KITSOVSKAYA).

Nach GEL'FON kann man bei Ratten im 10-cm-Mikrowellenfeld sehr niedriger Intensität (10 mW/cm²) Veränderungen im Histamingehalt feststellen, ebenso Unterschiede im Proteinhaushalt.

KULAKOVA untersuchte die Effekte von dm-Wellen der Intesität 40 mW/cm² auf den Elektrolythaushalt des Blutes und fand starke Verschiebungen der Ca⁺⁺-Ionen. DAINATTO et al. zeigten Veränderungen im Kohlenhydrat-Metabolismus durch 5 bis 15 Minuten lange tägliche Bestrahlung von Kaninchen mit 10-cm-Wellen.

MOSKALYUK berichtet von Störungen des Redox-Gleichgewichtes in Kaninchen-Organen nach Bestrahlung mit MW hoher und niedriger Intensität.

BARTONICEK und KLIMKOVA berichten von Störungen des menschlichen Kohlenhydrat-Haushaltes aufgrund von chronischer Bestrahlung mit niedrigen Intensitäten von GHz-Frequenzen. Dabei erhöhte sich im MW-Feld der Blut- und Urinzucker um 75 % und nahm prädiabetische Werte an.

Bekanntlich wird die Blutzusammensetzung und der Kohlenhydrathaushalt durch den adrenalen Cortex reguliert. In diesem Zusammenhang sind Ergebnisse von LEITES und SKURIKHINA mit Ratten von Bedeutung, die 10 min mit 10-cm-Wellen der Intensität von 100 mW/cm² bestrahlt wurden und z.T. nur noch 30 % der physiolog. Ascorbinsäure- u. Fettgehalte im adrenalen Cortex nach Bestrahlung aufwiesen. Diese biochemischen Ergebnisse deuten auf stark verminderte hormonale Aktivität als Folge der Bestrahlung hin.

Nichtthermische Effekte im MW-Feld

Von erheblicher pathogener Bedeutung sind die nichtthermischen Effekte von Mikrowellen, über die zahlreiche Störungen in biologischen Systemen ablaufen können.

Nach HERRICK, HELLER, HELLER und TEIXERIA-PINTO, HELLER und MICKEY, WILDERVANK et.al. zeigt sich im MW-Feld eine kettenförmige Anordnung von verschiedensten suspendierten Teilchen (Leukozyten, Erythrozyten etc.) parallel zu den elektrischen Kraftlinien.

Untersuchungen von SATIO, FUREDI und VALENTINE, FUREDI und OHAD zeigten, daß diese Kettenbildung auf einer Anziehung der Teilchen im Mikrowellenfeld beruht, wobei Dipole entstehen. In physiologischer Kochsalzlösung tritt dieser Kettenbildungseffekt am deutlichsten im GHz-Bereich auf.

Dabei ist die Zeitkonstante der Kettenbildung proportional dem Quadrat des Teilchenradius. SCHWAN konnte nachweisen, daß es in MW-bestrahlten Proteinlösungen und biologischen Makromolekülen zu einer "Dielektrizitäts-Sättigung" kommt. Danach richten sich alle polarisierten Seitenketten der Makromoleküle in Richtung der elektrischen Kraftlinien aus, was zum Aufbrechen von H-Brückenbindungen und weiterer sekundärer intra- und intermolekularer Bindungen führen kann. Nach FLEMING et al. können solche Effekte zur Denaturierung oder Koagulation von Molekülen führen, was experimentell bestätigt wurde.

Nach HEINMETS und HERSHMAN gibt es einen weiteren Mechanismus, der biologische Mechanismen stören kann: Aufgrund der Lorentz-Kräfte, die in Wechselfeldern auf Ionen in einem Elektrolyten wirken, können Ionenwanderungen senkrecht zu den elektrischen Kraftlinien bewirkt werden. Wenn eine Elektrolytlösung elektrischen und magnetischen Feldern ausgesetzt ist, welche in Phase senkrecht aufeinander stehen, dann hat das elektrische Feld gemittelt über einen bestimmten Zeitraum keine Wirkung auf die Ionen. Die positiven und negativen Ionen wandern aufgrund der Lorentzkräfte in eine Richtung senkrecht der elektrischen Kraftlinien. HEINMETS und HERSHMAN konnten zeigen, daß die genannten Effekte von der Beweglichkeit der Ionen, nicht aber von ihrem Ladungsunterschied abhängen, wobei der Effekt von der elektromagnetischen Welle hervorgerufen wird, die sich in dem Medium fortpflanzt. Die Lorentzkräfte wirken nicht nur auf die Ionen des Elektrolyten, sondern auch auf freie Metaboliten in ionisierter Form. Bedeutsam ist auch der Effekt der Resonanzabsorption von MW in biologischen Medien.

Resonanzabsorption von Mikrowellen durch Proteine

GORDY, INGRAM, ROBERTS, BLYUMENFEL'D, SETLOW und POLLARD et al. untersuchten die Resonanzabsorption von elektromagnet. Feldern durch biologische Moleküle. Außerdem wurde das Verhalten von Mikrowellen in Bezug auf die Beeinflussung freier Radikaler in biologischen Systemen untersucht. Die Möglichkeit einer Resonanzabsorption der MW durch Proteinmoleküle in Verbindung mit Dispersionskräften wurde von VOGELHUT und PRAUSNITZ geprüft.

Genetische Effekte von Mikrowellenfeldern

GUNN et al. fanden bei Rattenexperimenten heraus, daß schwache Bestrahlungen der Geschlechtsdrüsen mit 24 GHz die Funktionen beeinträchtigte, ohne daß morphologische Veränderungen an den Hoden zu sehen waren. Anhand von Bestrahlungen der Prostata mit Mikrowellen bzw. mit Infrarotfrequenzen wurde deutlich, daß zwar die MW Schäden hervorriefen, nicht aber die Infrarotbestrahlung. Dabei war aufgrund der Infrarotbestrahlung ein deutlicher Temperatureffekt sichtbar, der GUNN zu dem Schluß führte, der thermische Effekt der Mikrowellen sei nicht die Ursache der Schädigung sondern die nichtthermischen Effekte.

CIECURA und MINECKI zeigten, daß in Rattenhoden nach Bestrahlung mit 3 GHz-Mikrowellen eine deutliche Aktivitätsverminderung verschiedener testikulärer Enzyme auftrat: Alkalische und saure Phosphatase-, ATPase- und 5-Nucleotidase-Aktivitäten waren deutlich vermindert.

GORODETSKAYA setzte männliche und weibliche Mäuse gepulsten 10-GHz-Feldern einer Intensität von 400 mW/cm^2 für 5 min aus und erreichte dadurch eine 60 %-ige Sterilitätsrate gegenüber 100 % Fertilität bei den unbestrahlten Tieren.

VAN EVERDINGEN untersuchte die Entwicklung von Hühnerembryos unter dem Einfluß eines 1,88 GHz-Mikrowellenfeldes. Die Bestrahlung von Eiern mit 5 Tage alten Embryos reduzierte die Stoffwechselrate um den Faktor 1,5 und führte zum Tod der Embryos. Die Bestrahlung späterer Entwicklungsstadien führte nicht zum Tod aber zu deutlichen Schwächungen der Küken.

VAN UMMERSEN bestrahlte Hühnerier mit 2,45 GHz. Diejenigen, die nach 48-stündiger Brutzeit der genannten Frequenz ausgesetzt waren, beinhalteten großenteils lebensunfähige Küken.

LOBANOVA berichtet von Wachstumsstörungen bei Ratten, die mehrfach MW der Frequenz 3 GHz bei Intensitäten von 10, 40, 100 mW/cm^2 für 60, 15 und 5 min ausgesetzt waren. Es resultierte eine deutliche Abnahme der RNase- und DNase-Aktivität, wobei der RNA-Anteil erhöht, der DNA-Anteil deutlich vermindert war.

Nach BRODEUR kommt es bei Ratten unter Mikrowellenbestrahlung nicht nur zu schweren Gehirnschäden, sondern auch zu schweren Deformationen der Keimdrüsen, ohne daß während und nach der Bestrahlung aus dem Verhalten der Tiere auf Schmerzen oder Unbehagen geschlossen werden könnte. Auch berichtet BRODEUR über Forschungsberichte des US-Marineforschungsinstitutes, wonach bei männlichen Versuchstieren zeitweilige Sterilität auftreten kann, wenn die Keimdrüsen den geringen Intensitäten von 5 mW/cm^2 ausgesetzt waren. Auch in Elektronikfirmen soll es nach BRODEUR bei Technikern durch den Umgang mit Mikrowellen zu temporären Sterilitätsphänomenen gekommen sein. BRODEUR berichtet auch von Chromosomenveränderungen an Beutelratten nach MW-Bestrahlung und von stark erhöhtem Auftreten von Geburtsanomalien im Bereich von Radaranlagen.

Auch neueste Untersuchungen von KREMER an Riesenchromosomen von *Acricotopus lucidus* im 40 GHz- bzw. 80 GHz-Feld mit 6 mW/cm^2 im Blindversuch ergab Verminderungen der Genaktivität durch nichtthermische Effekte.

Veränderungen von Enzym-Substrat-Komplexen

Aufgrund seiner Untersuchungen nimmt BARBER an, daß eine Absorption von MW aufgrund der Rotation intramolekularer Strukturen in Bezug auf die Kohlenstoff-einfachbindungen und aufgrund von Übergängen von OH-Gruppen in Bezug auf die H-Brücken erfolgt. Nach VOGELHUT und PRAUSNITZ kann ein Resonanzeffekt der MW auf die Verteilung im Enzymmolekül auch zu Formationsänderungen in Enzym-Substrat-Komplexen führen. Dadurch könnten enzymatisch katalysierte Mechanismen in biologischen Systemen gestört werden.

Bildung von Sauerstoff- und Hydroxyl-Radikalen

TOMBERG konnte zeigen, daß es im MW-Feld zur Bildung von O₂- und OH-Radikalen kommen kann. Dieser Effekt, der sonst nur von ionisierender Strahlung bekannt ist, konnte durch gepulste Mikrowellen erzielt werden.

BAYLEY kam zu dem Ergebnis, daß kristalline Proteine, Peptide und Aminosäuren im MW-Feld eine Streuung der Dielektrizitätskonstanten aufwiesen, die nicht nur durch die Lockerung der polaren Gruppen dieser Makromoleküle, sondern auch durch Resonanzabsorption zustandekam.

BAYLEY, JACKSON, DRYDEN, COOK, BUCHANAN et al. zeigten ein deutliches Resonanzabsorptions-Maximum für Methylpalmitat bei Frequenzen um die 4 GHz. Dabei zeigte sich, daß die Resonanzeffekte im GHz-Bereich unabhängig von der Temperatur waren, woraus geschlossen wurde, daß der beobachtete Effekt nicht nur auf Resonanzabsorption, sondern auch auf gewisse Lockerungseffekte in der Polarisation zurückzuführen ist.

Beeinflussung von Enzymaktivitäten im MW-Feld

NIKOGOSYAN untersuchte die Aktivität der Cholinesterase in Blut und Organen von Tieren unter dem Einfluß von chronischer MW-Bestrahlung. Es zeigten sich Senkungen der Aktivität, wie sie normalerweise nur im Zusammenhang mit Leberzellschäden auftreten. Auch durch kompetitive Hemmstoffe wie Prostigmin kann dieser Mikrowellen-Effekt sonst ausgelöst werden. Mikrowellen bewirken also beim Menschen einen indirekt parasymphatomimetischen Effekt.

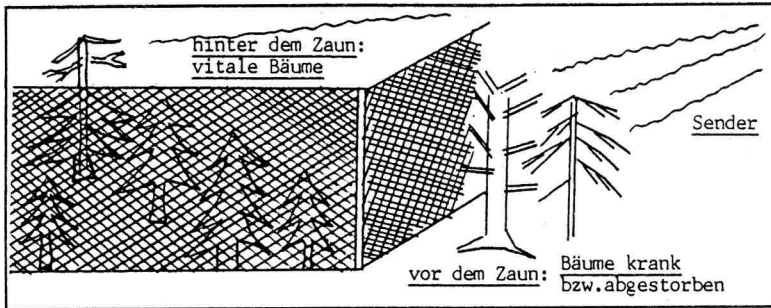
Ebenfalls kommt es nach PRESMAN im MW-Feld zu Störungen des Redoxgleichgewichtes und zu empfindlichen Störungen des menschl. Kohlenhydrathaushaltes: Während und nach Bestrahlung mit MW des GHz-Bereiches kommt es in Blut und Urin zu prädiabetischen Zuckerwerten. Darüberhinaus wird von blockierten Hormonregelkreisen während und nach MW-Bestrahlung, insbesondere des GHz-Bereiches berichtet.

Arbeitshypothesen zum Waldsterben im Mikrowellenfeld

Einige Beobachtungen - zur Diskussion gestellt

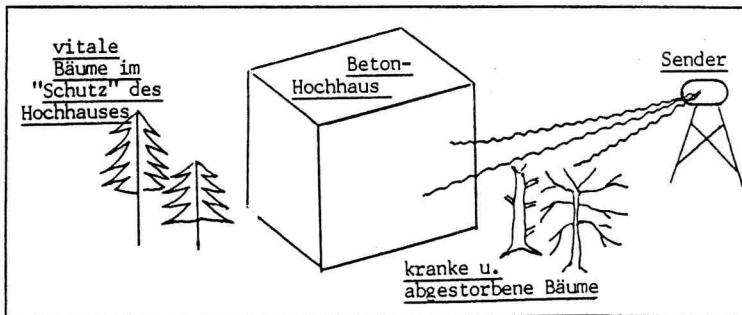
1) Im Richtstrahlbereich von Mikrowellensendern stehende Bäume erkranken und sterben am Streß- und Resistenzmangelsyndrom. Wenn zwischen dem Sender und dem Baum ein engmaschiger Drahtzaun steht, der höher als der Baum ist, weist der Baum nicht die Streß-Symptome auf. Sobald er über den Zaun hinauswächst, beginnt der Kronenumbau und Nadelabwurf: Dabei sind zuerst die Zweige betroffen, die in Richtung des Senders wachsen.

Empfehlung: Spaziergang um den Außenzaun eines Flughafens (z.B. München Riem).



2) Einen ähnlichen Effekt beobachtet man, wenn zwischen Sender und Baum ein Betonhochhaus steht. Auch dieses Haus wirkt abschirmend gegenüber Mikrowellen. Bäume, die " im Schutz " des Hochhauses stehen, bleiben vom Streß verschont, während ungeschützte Bäume die typischen Streßsymptome aufweisen.

Empfehlung: Spaziergang in München - Ismaning entlang der Hochhäuser in Sendernähe.



3) Ein Blick auf die Dächer lohnt sich: Man sollte sich die Mühe machen und die Anordnung von Radio-, Fernseh- und Radar- Antennen studieren. Oder man blättert den Katalog einer Antennen-Firma durch. Anschließend nimmt man sich einen Tannen-Fichten- oder Laubbaumzweig und betrachtet genau die Strukturen. Hat man darin etwas Übung, betrachtet man die Anordnung der Zweige am Stamm, v.a. im Kronenbereich. Eine Fichte ist beispielsweise bestens als VHF-Antenne geeignet, was bei Betrachtung der morphologischen Gemeinsamkeiten auch einleuchtet.

Eigene Experimente - zur Nachahmung empfohlen

Auf einer Versuchsfläche in Brannenburg/ Inn (Jungfichtenbestand, Höhe der Fichten durchschnittlich 3 m) wiesen über 50 % des Bestandes die für das Waldsterben typischen Streßsymptome auf: z.T. starke Vergilbung, Kronenverlichtung, Nadelabwurf, " Lametta-Syndrom ", Hyperreproduktivität etc.

Die Versuchsfläche liegt in der unmittelbaren Nähe des Senders Wendelstein, der im Frequenzbereich von 88 bis 104 MHz sendet (Wellenlänge 1 m) Die Länge der Bäume entsprach mit 3 m der dreifachen Resonanzlänge des Senders.

Die längsten Zweige hatten mit etwa einem Meter Länge Idealresonanz mit dem Sender Wendelstein.

Experimente mit Faraday'schem Käfig

Von den insgesamt 22 Fichten mit Streßsymptomatik wurden 15 mit engmaschigem Drahtgeflecht (Maschenweite ca. 4 mm) umwickelt. Dies geschah dadurch, daß je 4 3,40 m hohe Pflöcke im Abstand von ca. 50 cm von den äußeren Zweigen in den Boden gerammt wurden, die dann als " Pfeiler " für die Drahtumwicklung dienten.

In Richtung des Senders wurde der Draht doppelt genommen. Die Faraday'schen Käfige blieben von Ende Mai/Anfang Juni 1984 bis Mitte November 1984 um die 15 Fichten gestellt. Bereits innerhalb von 6 bis 8 Wochen setzte eine Erholung bei 11 der 15 Fichten ein, so daß sie Anfang August 1984 wieder normale Nadelfärbungen zeigten. Die Krone war nicht mehr so gelichtet und die Bäume waren rein optisch deutlich vitaler als die 7 Vergleichsfichten ohne Faraday'schen Käfig. Bei 4 Fichten war trotz des Faraday'schen Käfigs keine deutliche Besserung zu bemerken. Über 70 % der Fichten im Faraday'schen Käfig hatten sich jedoch deutlich erholt.

Experimente zur Antennenwirkung von Tannen und Fichten

Mit einer sehr einfachen Versuchsanordnung kann man nachweisen, daß die Nadeln und Zweige von Fichten als Radio- und Fernsehantennen bestens geeignet sind bzw. daß unsere Nadelbäume die ihrem Resonanzverhalten entsprechenden Mikrowellenfrequenzen empfangen und über die Wurzeln in die Erde fortleiten. Mit einem tragbaren akku-gespeisten kombinierten Radio-/TV-Gerät kann man UKW-, VHF-, UHF- Sender mühelos empfangen, wenn man statt der UKW-,VHF-,UHF-Antenne eine Tanne oder Fichte nimmt: Man klemmt den Pluspol an einen Endtrieb des Baumes (wobei der Endtrieb in Richtung des gewünschten Senders orientiert sein sollte) und verbindet den Minuspol mit einer leitenden Schraube, die am Stamm durch die Rinde ins Kambium oder an einer Hauptwurzel durch die Rinde ins Kambium getrieben wurde. Die Resonanz- und Empfangsbedingungen sind am besten während der Vegetationszeit und haben ein relatives Minimum zwischen November und März. Interessenten können sich gerne an den Autor dieser Schrift wenden, falls sie die Experimente selbst durchführen wollen.

Experimente mit Faraday'schem Käfig von ERMER bestätigen MW-Hypothese

Auch von ERMER wurden zahlreiche Experimente an erkrankten Bäumen mit und ohne Faraday'schen Käfig durchgeführt. Er kommt unabhängig von den Brannenburger Versuchen des Autors zu den gleichen Resultaten:

Tannen und Fichten mit verlichteter bzw. vergilbter Krone, mit Lamettasyndrom und z.T. mit Angsttrieben, die das typische Streß-Stadium II aufwiesen, konnten durch den Schutzmechanismus eines Faraday'schen Käfigs gerettet werden. Auch ERMER verwendete einen sehr engmaschigen Draht, der v.a. gegen Zentimeter- und z.T. gegen Millimeterwellen abschirmte.

ERMER erarbeitete eine ausführliche Dokumentation seiner Faraday-Experimente und ist wie der Autor dieser Schrift gerne bereit, seine Erfahrungen interessierten Wissenschaftlern zu vermitteln.*

ERMER weist darauf hin, daß insbesondere in den "Funkstraßen", also den Überschneidungsbereichen weitreichender hochleistungsstarker Mikrowellen-sender die Waldschäden deutlich sichtbar werden. Diese Zusammenhänge sind nach ERMER im Bayreuther Raum signifikant. In der Tat lassen sich für den gesamten Bayrischen Raum Zusammenhänge zwischen den Standorten hochleistungsstarker Sender in Bayern und den Waldschadenserhebungen aufzeigen. Die folgende Abbildung zeigt die Senderstandorte des Bayrischen Rundfunks für das 1. Programm:



Die FUNKSCHAU-Redakteure RADKE und TANGERMANN berichten in FUNKSCHAU 3/1985 über die UKW-Feldstärkepegel innerhalb Bayerns und stellen fest, daß man z.B. in München den Bayerischen Rundfunk im UKW-Bereich 35 mal empfangen kann, davon nur siebenmal mit Feldstärken von weniger als 30 dB μ V. Dadurch wird die Intensität der UKW-Frequenzen so hoch, daß man mit dem Autoradio fast überall den Bayerischen Rundfunk empfangen kann. Dies ist zweifelsohne der Verkehrssicherheit sehr dienlich. Mit den höchstwahrscheinlich unschädlichen Meterwellen (UKW) werden allerdings gleichzeitig mutmaßlich baumschädliche Zentimeter- und Dezimeterwellen als Oberwellen verbreitet, die aufgrund der hohen UKW-Intensität mit effektiven Leistungsdichten auch den abgelegtensten Baum erreichen.

Außerdem existieren neben den bodenständigen Sendern inzwischen eine Reihe von Satelliten, die zusätzlich Zentimeter- und Millimeterwellen verbreiten.

* Konrad ERMER, Bambergerstr.18, 8580 Bayreuth

Antennenwirkung von Nadeln, Blättern und Zweigen

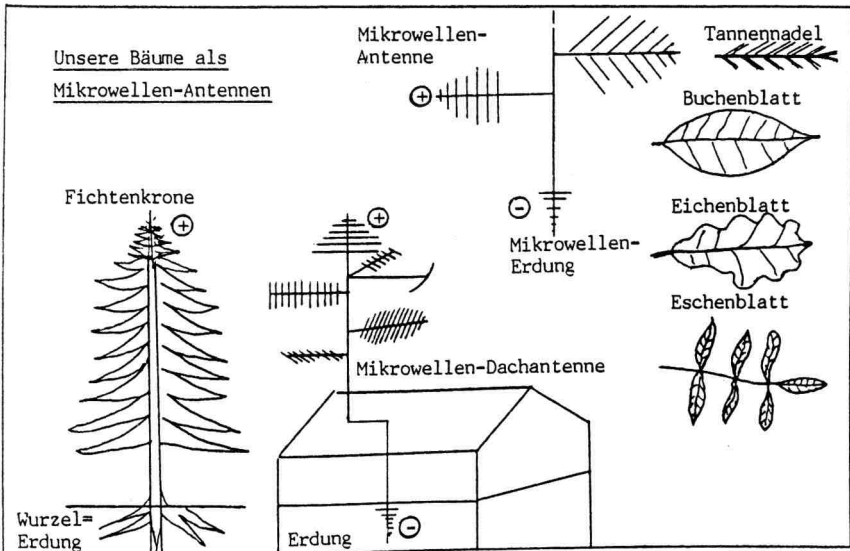
Die Antenne ist ein in die Luft hineinragender elektrisch aufladbarer Körper, der durch seine Speicherung der Luftelektrizität ein natürliches Spannungsfeld der Erdelektrizität gegenüber besitzt. Die Eigenfrequenz einer Antenne ist ihre Länge in Metern. Die Antenne ist in Resonanz mit dem Sender, wenn die Wellenlänge genau der Antennenlänge entspricht.

Jeder Baum, besonders wenn er exponiert steht (Überhälter !) ist Resonanz- oder zumindest Teilresonanz-Empfänger: In Abhängigkeit seiner morphologischen Eigenschaften " empfängt " der Baum ein breites Frequenzspektrum von elektromagnetischen Wellen, das von Millimeter- bis zu Meterwellen reicht.

Dabei spielt eine große Rolle, wie die Nadeln bzw. Blätter der Bäume aufgebaut sind. Von nachgeordneter Bedeutung ist die Zweigstruktur, der Zweigabstand und die Verzweigungsart.

Von der Waldschadenserhebung 1984 weiß man (HESS.MINISTER FÜR LANDWIRTSCHAFT, FORSTEN UND NATURSCHUTZ, 1984), daß die Nadelbäume abies alba, picea abies, pinus silvestris, larix decidua und die Laubbäume fagus silvatica, quercus robur, fraxinus excelsior, carpinus betulus besonders stark betroffen sind.

Betrachtet man sich die Morphologie der Nadeln und Blätter hinsichtlich ihrer Antennen-Tauglichkeit, wird diese Reihenfolge verständlich. In der folgenden Abbildung sind Mikrowellen-Antennen (v.a. für UKW-, VHF-, UHF- Frequenzen) und ihre morphologischen Korrelate bei den Bäumen dargestellt.



Nadelstrukturen und Antennenwirkung

Die vom Sterben am stärksten bedrohte Tanne, *Abies alba*, verfügt über flache, an der Spitze meist eingekerbte Nadeln; die Nadellänge mit ca. 2 cm entspricht exakt dem Wellenlängenbereich unserer Satelliten (INTELSAT V, in Betrieb seit 1980, hat Wellenlänge von 2,7 bis 2,1 cm). Auch die Nadeln der stark bedrohten Fichte, *Picea abies*, liegen längenmäßig genau in diesem Bereich. Sie haben ebenfalls mit ihrem vierkantigen Aufbau und dem spitzen Auslaufen optimale Antennenwirkung für Satellitenfrequenzen. Die Kiefer, *Pinus silvestris*, erreicht durch die wesentlich längeren Nadeln nur Teilresonanz mit diesen Frequenzen. Außerdem sind die Nadeln nicht gerade, sondern gedreht, was die Antennenwirkung etwas abschwächt.

Die Lärche ist offenbar nur an den Langtrieben empfindlich bezüglich der Antennenwirkung der Nadeln, da die büschelige Anordnung der Kurztriebe keine besonderen Empfangseigenschaften erwarten läßt.

Betrachtet man die Blattstrukturen der Laubbäume unter dem Aspekt der Hochfrequenzantennen-Tauglichkeit, so wird es einleuchtend, daß beispielsweise die Esche, *Fraxinus excelsior*, mit ihren antennenartig gefiederten Blättern, vom Waldsterben stärker bedroht ist, als z.B. die Sommerlinde, *Tilia platyphyllos*, die herzförmige Blätter besitzt.

Auch scheint die Blattanordnung von Bedeutung für die Resonanzeigenschaften der Bäume zu sein. Wechselständig angeordnete Blätter sind besser als Antenne geeignet als quirlständige.

Zweiganordnung entscheidend für Antennen-Tauglichkeit

Jeder, der eine Fernsehantenne auf dem Dach hat, weiß, wie entscheidend für einen guten Empfang die Höhe und Ausrichtung der Antenne ist.

Auch der Abstand der einzelnen Antennenelemente jeweils zueinander ist entscheidend für die Resonanzbedingungen. Ähnlich verhält es sich bei den Bäumen. Eine ideale Antenne ist beispielsweise die storchennestartig abgeplattete Krone der Tanne. Die Kammfichte verteilt mit ihren vorhangähnlich herabhängenden Zweigen vorbildlich ihre Antennenelemente und erreicht dadurch optimalen Empfang. Die Bürstenfichte mit büstenartiger Anordnung der viel kürzeren Zweige ist daher auch weniger gefährdet als die Kammfichte. Besonders anfällig ist die in höheren Gebirgslagen anzutreffende Plattenfichte aufgrund ihrer horizontal angeordneten Verzweigung.

Paradebeispiel: Große Küstentanne (*Abies grandis*) in Nordamerika

In Nordamerika und Canada ist z.B. die Große Küstentanne, *Abies grandis*, auch in Gebieten erkrankt, wo die Luft chemisch sauber ist. Bekanntlich ist gerade entlang des nordamerikanischen Küstenstreifens die Mikrowellendichte besonders hoch. Aufgrund der extremen Höhen von bis zu 90 m und der idealen Resonanz-Anordnung ist die *Abies grandis* vom Waldsterben bedroht.

Antennenwirkung der Laubbäume

Auch verschiedene Laubbäume haben günstige Anordnung der Antennen-Elemente: Die Esche, *fraxinus excelsior*, mit ihren kreuzweise gegenständigen gefiederten Blättern, scheint den idealen Resonanzabstand zwischen den Zweigen zu haben. Ähnliche resonanzbegünstigende Anordnungen der Zweige scheinen bei Eiche, Ulme, Hainbuche, Buche und Sandbirke vorzuliegen. Ebenso in den Höhenlagen bei Bergahorn, Vogelbeere und Holunder.

Aus der Antennenfunktion lassen sich bei den Laubbäumen Phänomene erklären, die beim Waldsterben zu beobachten sind:

Bei der Stieleiche kommt es vor, daß die Blattverteilung in der Krone mit steigendem Erkrankungsgrad unregelmäßiger wird. Es kommt zu einer büschel- und nestförmigen Anordnung der Blätter in der Krone, wobei diese lückig und verklumpt wird. Vor allem Eichen, die im unmittelbaren Richtstrahl von Mikrowellensendern stehen, zeigen dieses Verhalten besonders deutlich.

Dabei handelt es sich um den verzweifelten Versuch, die Resonanzbedingungen gegenüber den Zentimeter- und v.a. Millimeterwellen zu verringern.

Schutzversuche der Bäume gegen die Antennenwirkung

Im fortgeschrittenen Stadium zeigen Eichen, die den Mikrowellen ausgesetzt sind eine leuchtende Gelbfärbung der Blätter. Diese ins Auge springende Veränderung, die schon beim Austreiben der Blätter zu erkennen ist, beschränkt sich auf Zweige, die in Richtung der Sendeanlage orientiert sind. Solche Zweige trocknen bevorzugt aus, nachdem die vorzeitig gelb gewordenen Blätter abgeworfen wurden. Im Münchener Raum sind viele Eschen mit rätselhaften Veränderung im Kronenbereich zu beobachten. Man sieht eine starke Kronenverlichtung, die dazu führt, daß die Blätter nur noch in lockeren Büscheln angeordnet sind. Dabei ist eine Himmelsrichtung besonders deutlich von dieser Kronenverlichtung betroffen: Zweige, die nach Nordosten orientiert sind, also in Richtung des Senders Ismaning, werfen ihre Blätter vorzeitig ab und werden bevorzugt dürr. Auch hier handelt es sich um eine Schutzmaßnahme des Baumes, das " Resonanzpotential " zu minimieren.

Streß- und Resistenzmangelsyndrom durch mißlingende Schutzversuche

Der Baum strebt eine Resonanz-Minimierung an. Dadurch kommt es zum Nadelabwurf und Kronenumbau mit abnormalen Verzweigungsformen. Daraus resultiert schließlich, daß der Baum seinen physiologischen Bedürfnissen nicht mehr ausreichend nachkommen kann: Durch die reduzierte Blattmasse kann er die Assimilation nicht mehr in ausreichendem Maße aufrechterhalten. Es kommt zur Hyperreproduktivität, Bildung von Angsttrieben, hexenbesenartigen Strukturen etc. Die für die Resistenzphase typischen Verausgabungs-Symptome führen schließlich zum Stadium der Erschöpfung mit mangelnder Resistenz gegenüber Schädlingen.

Feinwurzelschäden und Mykorrhiza-Zerstörung als Erdungseffekt ?

Die Mikrowellen-Frequenzen werden vom Baum durch die Nadeln und Zweige empfangen und über die Leitgefäße und die Wurzeln in die Erde fortgeleitet.

Dabei wird offenbar ein Teil der Mikrowellenenergie im Wurzelbereich umgesetzt, so daß es zu Störungen des physiologischen Wurzelwachstums kommt.

Neueste Untersuchungen von KREMER et al. an Kresse- und Maiskeimlingswurzeln im 42 GHz- Feld erbrachten thermische Effekte nach Bestrahlung der Wurzelspitze von außen mit nur 5 mW/cm^2 , die zu einer drastischen signifikanten Wachstumsbeeinträchtigung führten. Dabei muß offenbar das Kambium bestrahlt werden, da eine Bestrahlung der Wurzelrinde ohne Beteiligung der Wurzelspitze zu keiner Wachstumsbeeinträchtigung führte.

In Verbindung mit Kronenschäden treten bei erkrankten Fichten und Tannen hohe Feinwurzelverluste auf. Normalerweise werden bei gesunden Bäumen witterungsbedingt abgestorbene Feinwurzeln durch Neubildungen ersetzt.

Die Fähigkeit, Feinwurzeln zu bilden, ist bei kranken Koniferen stark herabgesetzt. Dafür sieht man eine Reihe von Verzweigungsanomalien und nekrotischen Veränderungen: Keulenförmige Verdickungen, auch als Wurzelstörpunkte bezeichnet, mit gleichzeitig stark eingeschränktem Lumen, sind typisch.

Mykorrhiza-Kolonien sind inaktiv oder fehlen vollständig, so daß die Leistungsfähigkeit der Wurzel stark reduziert oder vollständig blockiert ist.

Gleichzeitig ist ein erhöhtes Auftreten von parasitären Pilzen zu beobachten, die von den Feinwurzeln her Grobwurzeln besiedeln. Auch von verschiedenen Mikrobiologen wird der Verdacht geäußert, daß neben Pilzen möglicherweise Bakterien oder Viren an der Pathogenese beteiligt sein könnten.

Feinwurzel-Neubildung und Mykorrhiza-Wachstum bei Bäumen im Faraday'schen Käfig

Eigene Untersuchungen in Brannenburg zeigen, daß die Fichten sich im Faraday'schen Käfig nicht nur überirdisch erholen, sondern daß gleichzeitig eine Feinwurzel-Neubildung mit Zunahme von Mykorrhiza einsetzt.

An dieser Stelle wird empfohlen, diesen einfachen Versuch in größerem Umfang an geschädigten Koniferen durchzuführen: Bereits nach zwei Monaten sind Erfolge zu erzielen.

Zur Diskussion gestellt: Mechanismen der Feinwurzelschädigung im MW-Feld

- Von Mikrowellen, v.a. Millimeterwellen, ist durch zahlreiche Experimente (u.a. von PRESMAN et al.) nachgewiesen, daß sie Nekrosen bei pflanzlichen, tierischen und menschlichen Geweben bewirken können. Die "Wurzelstörpunkte" sind ebenso wie die Nadelnekrosen und die punktförmigen Lumenverengungen in Phloem und Xylem auf direkte MW-Schädigung zurückführbar.
- Von Mikrowellen ist lange bekannt, daß sie zur Unkrautvernichtung verwendet werden können. Untersucht man Gräser und niedere Pflanzen im Richtstrahlbereich von Mikrowellensendern, zeigen sie oft ähnliche Wurzelstörpunkte wie die Bäume.
- Von Mikrowellen ist bekannt, daß sie mikroklimatische Effekte bewirken können: Durch thermische u. nichtthermische Effekte auf molekularer und supramolekularer Ebene kann es zu Gleichgewichtsverschiebungen zwischen mikrobiellen Antagonisten kommen (Parasitäre Viren, Bakterien, Pilze vermehren sich stärker....)

Zur Diskussion gestellt: Ausbreitung der MW zwischen Nadeln und Wurzeln

Die Mikrowellen werden von den Nadeln bzw. Blättern der Bäume "empfangen" und über die Zweige von peripher nach zentral weitergeleitet. Gleichzeitig erfolgt eine vertikale Fortpflanzung der Wellen bis über die Wurzeln ins Erdreich. Der genaue Ausbreitungsweg zwischen Nadeln und Feinwurzeln ist unbekannt. Dennoch sind bestimmte Leitstrukturen prädestiniert für eine solche Aufgabe: Das Xylem und das Phloem.

Bei den Koniferen werden die MW von der Nadelspitze zur Nadelbasis über die zentralen Leitbündel fortgeleitet. (Dabei wird der Stoffaustausch möglicherweise zwischen Bündeln und Mesophyll durch successiv nekrotisierendes Transfusionsgewebe vermindert). Der weitere Transport erfolgt über die Siebelemente des Phloems bzw. über die Tracheiden des Xylems. Ein Teil der Energie wird vermutlich im Bereich der Siebelemente bzw. Tracheiden umgesetzt, was höchstwahrscheinlich zu den multiplen Nekrosen in diesem Bereich führt, die wohl einen pathophysiologischen Schlüsselpunkt des Waldsterbens ausmachen. Die Restenergie verläßt den Baum über die Wurzeln in die Erde unter Bildung der bereits beschriebenen "Wurzelstörpunkte".

Ähnlich vollzieht sich vermutlich die MW-Fortpflanzung bei den Laubbäumen. Die MW werden über die Seitennerven des Blattes "empfangen" und über den Hauptnerv in die Leitgefäße der Zweige fortgeleitet. Durch die Siebröhren des Phloems bzw. v.a. durch die Tracheen des Xylems mit partiellen Energieverlusten gelangen die MW über die Wurzeln in die Erde.

Veränderungen an Nadeln und Blättern

Die Nadeln der Tannen und Fichten bleiben bis zu 10 Jahren am Baum, so daß sich nekrotische Veränderungen durch die MW dramatischer auswirken als bei Laubbäumen. Letztere werfen jährlich im Herbst ihre "Antennen" ab und können sich im Winter teilregenerieren. Allerdings treten über die Zweige nach wie vor Teilresonanzen auf, so daß keine komplette Regeneration möglich wird.

Vermutlich dringen die Mikrowellen durch die Nadelspitze in die Nadel ein und werden über die Nadelbasis fortgeleitet. Dabei kommt es zu Strukturveränderungen der Kutikula und Nekrosen der Spaltöffnungen. Möglicherweise werden pathophysiologische Mechanismen an den Stomata ausgelöst, die sich auf den Austausch von H_2O -Dampf, CO_2 und O_2 einschränkend oder blockierend auswirken.

Dabei sind grundsätzlich zwei Mechanismen möglich:

- 1) eine direkte thermische Membranschädigung mit daraus resultierenden Permeabilitätsveränderungen und Bildung von nekrotischen Gewebsveränderungen
- 2) Indirekter Eingriff in biochemische Mechanismen aufgrund nichtthermischer MW-Effekte (Bruch von H-Brücken, Radikalbildungen etc.).

Zur Diskussion gestellt: Pathophysiolog.Mechanismen bei Nadeln und Blättern

- Strukturveränderungen an Kutikula durch MW bedingt
- Nekrosen der Stomata durch MW verursacht
- Einschränkung u. Blockade des Stoffaustausches durch MW
- Patholog.Spaltöffnungsverhalten durch Störung hormoneller Regelkreise durch MW
- Störung des Pigmenthaushaltes im MW-Feld
- Störung von Redoxprozessen im MW-Feld
- Störung elektrophysiologischer Regelkreise (??)
- Störung des Immunsystems von Bäumen,(falls vorhanden ???)

Die beiden letztgenannten Punkte sind beim derzeitigen Stand der Baumphysiologie fraglich, da man über Membranpotential-Änderungen oder Immunsystem der Bäume so gut wie nichts weiß. Daher ist ein Analogschluß zu Tier und Mensch, wo solche Störungen elektrophysiologischer Regelkreise im MW-Feld und Schwächungen des Immunsystems während und nach MW-Bestrahlung beschrieben sind, nur mit Vorbehalten möglich. Im Gegensatz dazu weiß man von hormonellen Regelkreisen bei Bäumen etwas mehr:

Zur Diskussion gestellt: Streßsyndrom im MW-Feld durch Phytohormon-Störungen?

Die wichtigsten Phytohormone bei den Bäumen sind:

- Indolderivate (Auxine)
- Gibberelline
- Cytokinine
- Abscisine

Diese Phytohormone haben ein sehr breites Wirkungsspektrum und sind für verschiedenste Entwicklungsvorgänge von Bedeutung.

Werden die Gleichgewichte zwischen antagonistisch wirkenden Hormonen gestört, so kann es zu verschiedensten pathophysiologischen Mechanismen kommen.

Auch ein Streß- und Resistenz-Mangelsyndrom ist durch Mikrowellenbestrahlung experimentell nachgewiesen worden (MICHAELSON et al., HOWLAND et al., COOK, Mc AFEE et al., DEICHMAN et al. ADDINGTON et al., PRESMAN, PRESMAN et al.....).

Bei den Bäumen geschieht das wahrscheinlich so:

Blockade der Indolylessigsäure, Förderung des Antagonisten Abszisinsäure.

Die Indolylessigsäure hat folgende Funktionen:

- Förderung des Streckenwachstums
- Stimuliert Zellteilung im Kambium
- Löst Seitenwurzelbildung und Haarwurzelbildung aus !!!
- Verursacht apikale Dominanz
- Löst Bildung von Äthylen aus (hemmt Austreiben und Aufrichten)
- Verhindert oder hemmt Blattabfall !!!!
- Beeinflussung der Enzymaktivität.....

Wird die Indolylessigsäure blockiert, übernehmen Seitentriebe das Wachstum, die Haarwurzelbildung unterbleibt, der Blattabfall ist nicht mehr gehemmt und die Krone verlichtet sich.

Wie bereits berichtet, greifen Mikrowellen in den Hormonhaushalt höherer Organismen entscheidend ein (Van EVERDINGEN, BACH, VOGELHUT, KORTELING, CHIRKOV, COOK,..)

Bei Tierversuchen konnte gezeigt werden, daß über Veränderungen des Hormonhaushaltes von Tieren im MW- Feld die drei typischen Streßphasen erzeugt werden können: I : Alarm-Reaktion II : Stadium des Widerstandes III : Stadium der Erschöpfung. Diese Phasen sind bei unseren Bäumen auch vorhanden. Die folgende Abbildung zeigt die Streßphasen bei Bäumen und makroskopische bzw. mikroskopische Veränderungen.

Streßphasen bei Bäumen

| A L A R M - R E A K T I O N | S T A D I U M D E S W I D E R S T A N D E S | S T A D I U M D E R E R S C H Ö P F U N G |
|-----------------------------|--|--|
| Nadel- Verfärbungen | Bildung von Angsttrieben | Krone extrem gelichtet |
| Nadelabfall, beginnende | Anomale Verzweigung zur | absterbende Zweige |
| Kronenverlichtung | Resonanzverminderung, | keine Feinwurzeln mehr |
| | Hyper-Reproduktivität | multiple diffuse Nekro- |
| | Seitentriebe übernehmen | sen in Xylem und Phloem |
| | Längenwachstum | Ausbildung von Naßkern |
| | Zunehmende Feinwurzeln- | Eindringen von Parasiten |
| | armut, Symbiontenzahl | bzw. Manifestation |
| | vermindert | latenter Parasiten. |
| | | Tod des Baumes |

Bäume in Widerstands-Stadium zeigen Erholung im Faraday'schen Käfig

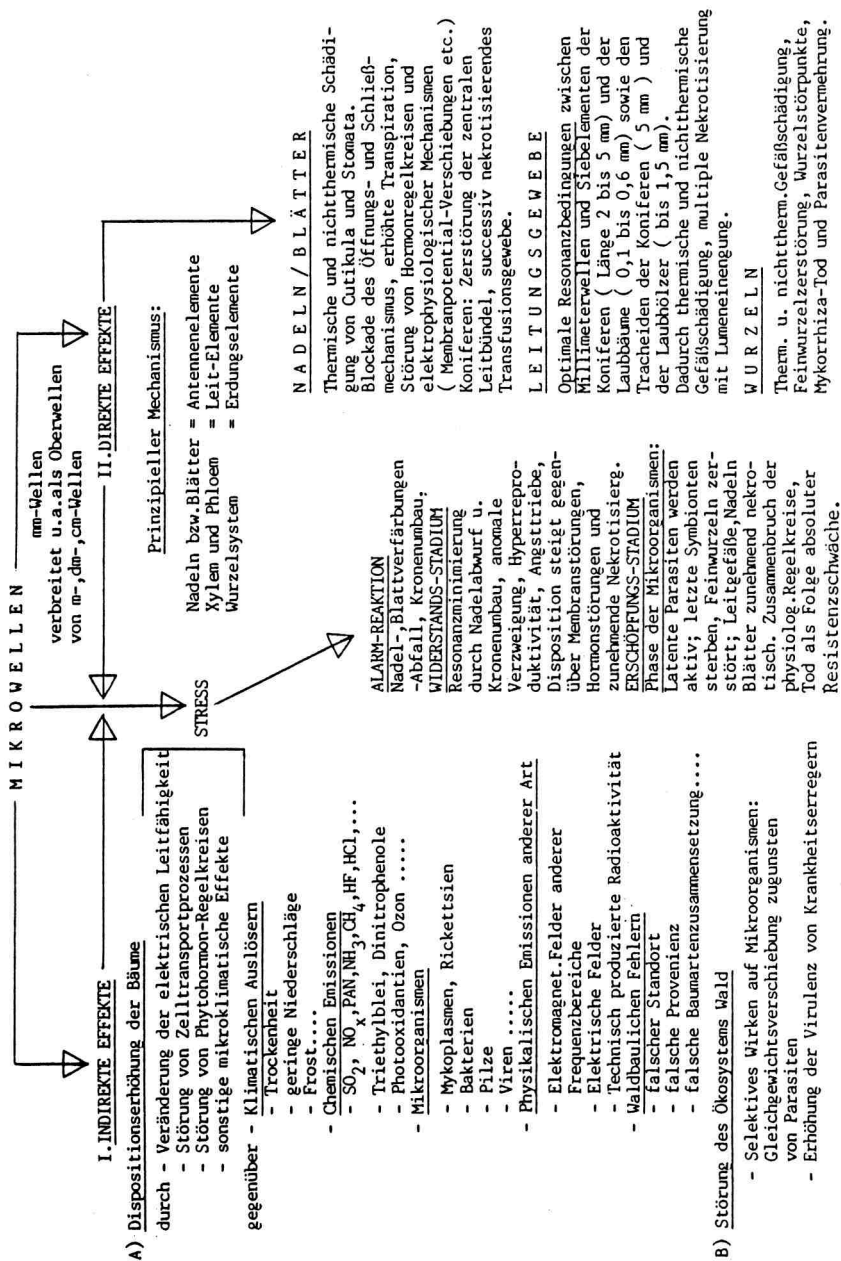
Die einfachen Versuche mit Faraday'schem Käfig haben gezeigt, daß stark geschwächte Fichten, deren Erkrankungsgrad dem Übergang zwischen Alarm- und Widerstandsstadium (Streß-Stadien I und II) entsprach, nach bereits zwei Monaten deutliche Erholungstendenzen aufwiesen, wenn sie vor den Mikrowellen abgeschirmt waren, während die Vergleichsbäume in die Erschöpfungsphase (Streß-Stadium III) kamen.

Konsequenzen

Es wird an dieser Stelle empfohlen, die einfachen Versuche mit Faraday'schem Käfig auf größeren Versuchsflächen zu wiederholen. Es erfordert weder großen technischen noch finanziellen Aufwand und zeigt sehr rasch die Notwendigkeit der hier geforderten Maßnahmen:

- Korrektur der zulässigen Höchstwerte für Mikrowellen
- Ernsthafte Erwägung, ob weitere Satelliten nötig sind
- Untersuchung, welche Frequenzen und Intensitäten aufgrund ihrer Wirkung auf Bäume in Zukunft vermieden werden müssen (v.a. Millimeterwellen)
- Was für Bäume gilt, trifft auch für Mensch und Tier zu ?

Wissenschaftliches Symposium des Umwelt Bundes Amt Berlin, 16./17.XII 1985 im Berliner Reichstag
 Pathophysiologische Arbeitsypothesen zum Waldsterben: Streß- und Resistenzmangelsyndrom durch Mikrowellen ?*
 Zur Diskussion gestellt: Mögliche Kausalketten ausgelöst durch Mikrowellen (SCHULTE-UEBBING, 1985)



L I T E R A T U R

- Adey, W.R.: Tissue Interactions with Nonionizing Electromagnetic fields, *Physiological Reviews* 61 (1981): 435 - 514
- Addington, C. et al.: Biological effects of microwave energy at 200 mc, in: *Biological Effects of Microwave Radiation, Vol.1, Plenum Press, N.Y. 1961*
- Bach, S.: Changes in macromolecules produced by alternating fields, *Digest Internat. conf. Med. Electronics* 21:1, 1961
- Barber, D.: The reaction of luminous bacteria to microwave radiation at frequency range of 2608,7 - 3082,3 MC, *Techn.Rept.Univ.Michigan, April, 1961*
- Baranski, S.: Effects of microwave radiation in vitro on cell membrane permeability, In: Czarski 1974
- Baranski, S.: *Biol.effects of microwaves. Dowden, Hutchinson, Ross, Stroudsburg, Penna, 1976*
- Breit, A., Lampert, H., Pomp, H., Prieschin, A.: Kontrollierte Hyperthermie: Zur Therapie von Malignomen geeignet? *Medical Tribune* 34 a (1973)
- Bartonek, V., Klimkova-Deutscheva, E.: *Casopis lekaru Ceskych, 1: 26*
- Barett, A.H., Myers, C.P.: Subcutaneous temperatures; *Science* 190 (1975)
- Barnes, F.S. et al.: Model for some nonthermal effects of microwave fields on biological membranes, *Trans. IEEE, MIT- 25, 1977*
- Bayley, S. : The dielectric properties of various solid crystalline proteins, amino acids and peptides, *Trans Faraday Soc., 1951*
- Bawin, S.M., Sheppard, A., Adey, W.R. Possible mechanisms of weak electromagnetic fields coupling brain tissue, *Bioelectrochem. Bioeng.* 5:67, 1978
- Bryan, F.A., Shingleton, W.W.: Cancer chemotherapie heating apparatus, *Electric Engineering* 82, 1963,
- Blyumenfel'd, L.A. et al: The application of Electron paramagnetic resonance Chemistry, *Izd.Sibirsk.Otdel.Akad.Nauk.SSSR , Novosibirsk, 1962*
- Buat-Menard und Arnold: zitiert aus Tazieff und Sabroux
- Buchanan, T. et al. : Dielectric estimation of protein hydration, *Proc.Roy.Soc.* 1952
- Cleary, S.F.: Survey of microwave and radiofrequency biological effects and mechanisms. In: Taylor and Cheung, 1978
- Cope, F.W.: Superconductivity - A possible mechanism for nonthermal biological effects of microwaves. *J.microwave power, 11: 267, 1976*
- Chirkov, M.M.: In: *Some Questions of Physiology and Biophysics, Voronezh, 1965*
- Conradi, E. et al.: *Klin.Aspekte bei der Anwendg. des sowjet.Mikrowellengerätes, 1980*
- COMAR: zitiert aus Rentsch, *Kurzwellen- u.Mikrowellentherapie, Fischer, Jena, 1985*
- COOK, H.: Dielectric behavior of methyl palmitate at microwave regions, *Nature, 165: 1950*
- Ciekura und Minecki, *Med.Pracy, 15:159, 1964*
- Dainatto, F. et al.: Studio del frazioni glicidiche nel muscolo scheletrico dell animale da esperimento tratto con microonde, *Policlinico, 69:270, 1962*
- Dryden, J. et al.: *Nature, 26: 303*
- Edel, H.: *Fibel zur Elektrodiagnostik und Elektrotherapie, Berlin, 1983*
- Ermer, K.: *Dokumentation Waldsterben- Mikrowellen- Faraday'sche Abschirmung, Unveröffentlichte Forschungsergebnisse, persönlich mitgeteilt, 1985*
- Everdingen, W., van: *Ned.Tijdschr.Geneesk., 1941*
- Everdingen, W., van: *Rev.Belg.Sci.Med.5, 1946*
- Fleming, J. et al.: Microwave radiation in relation to biological systems and neural activity, In: *Biological effects of microwave radiation, N.Y.1961*
- Fröhlich, H.: The effects of microwaves and related questions, In: *Adv.Electr. Electrophys. (Ed.: I. u.C.Marton), Vol.53, Acad.Press, N.Y. 1980*
- Furedi, A. et al. *Biochim.Biophys.Acta* 56: 33, 1962/ 79: 1, 1964
- Gel'fon, I.A.: In: *The Biological Action of Radio Frequency Electromagnetic Fields Moskau, 1964*
- Gordon, Z. et al. : Biological effects of microwaves of low intensity, *Med.Electron. Biol.Engng. 1 H 1: 67 - 69, 1963*
- Gordon, D. und Zinaida, V.: *Fragen der Arbeitshygiene und der biolog. Wirksamkeit elektromagnet.Felder, Leningrad, 1966*
- Gordy, W.: *Microwave spectroscopy, New York, 1953*

- Goltz, S., Issel, I., Lohr, R.: Exposition des Bedienpersonals von Kurzwellen-therapiegeräten gegenüber elektromagnetischen Feldern, Arbeitsmedizininformation 6, H 5/6, (1979)
- Gorodetskaya, S.F.: Fiz.Zh.Akad.Nauk., 6: 622, 1960
- Gorodetskaya, S.F.: Fiz.Zh.Akad.Nauk., 7: 672, 1961
- Gorodetskaya, S.F.: Naukova Dumka, Kiev, 1964
- Gunn, S et al.: Biological effects of microwave radiation, Plenum press, 1961
- Hess, Ministerium für Landwirtschaft, Forsten u. Naturschutz: Info 1984
- Hahn, G.: Hyperthermia and cancer, Plenum Press, New York, 1982
- Hilfrich, H.J.: Erfahrungen mit Dezimeterwellen in der Gynäkologie, Med.Klin. 1965
- Heller, J. and Teixeira-Pinto: A new method of creating chromosomal aberrations, Nature, 183: 905
- Heller, J. and Mickey, G.: Nonthermal effects of radio frequency in biological syst. Digest Internat. Conf. Electron. 21: 2, 1961
- Herrik, J.: Pearl chain formation In: Proc. Second Tri. Serv. Conf. Elektron., 1958
- Howland, J., Michaelson, S.: The effect of microwaves on the biological response to ionizing radiation, Ind. Med. Surg. 33, 1964
- Ingram, D.: Spectroscopy at Radio and Microwave Frequencies, Butterworth's Sci. Pubs., London
- Iwasaki: zitiert aus Tazieff und Sabroux
- Jackson, W.: Dielectric behavior of methyl palmetate, Nature, 164: 486
- Johnson, C.C. and Guy, A.W.: Non-ionizing electromagnetic wave effects in biological materials and systems, Proc. IEEE, 60(6) 1972
- Kamenskii, Y.: The effect of microwaves on the functional state of the nerve, Biofizika, 9, 1964 / Tr. Mosk. Obsch. Usp. tsel. Prirod, 1967
- Kerova, N.I.: In: The biological action of ultrasound and superhigh electromagnetic Vibrations, Naukova-Dumka, Kiev, 1964
- Krause, W. et al.: Energieverteilung in Fett-Muskel-Schichten bei Behandlung mit längeren Dezimeterwellen, Elektromedizin 9, 1964
- Kremer, F. et al.: Z. Naturforscher 40 c, 336 - 343, 1985
- Kremer, F. et al.: In: Coherent Excitations in Biological Systems, Springer, 1983
- Kitsovskaya, I.A.: A comparison of the action of microwaves of different ranges on the nervous-system of rats, Moskau, 1964
- Klimkova-Deicheva, E. et al.: The effect of radiation on the human EEG, Chekchoslov. Med. Obozr., 9: 254
- Korteling, G. et al.: U.S. Army Med. Res. Lab., March 23, 1964
- König, G.: Besonderheiten der Dezimeterwellentherapie, Medizintechnik 9, 1969
- König, H.L.: Unsichtbare Umwelt, Selbstverlag München, 1985
- Kucia, H.R.: Accuracy limitation in measurements of HF-field intensities for Protection against Radiation Hazards IEEE Transact. on Instr. and Measurement, Vol. IM-21 No. 4 (1972)
- Kuttig, H.: Die Bedeutung der Dezimeterwellen-Diathermie, Medizinalmarkt 12, 1964
- Kulakova, V.V.: In: The Biol. Act. of Radio-Frequ. Electrom. Fields, Moskau, 1964
- Leites, F.L. et al.: Byul. Eksperim. Biol. i. Med. No. 12: 47
- Lampert, H.: Überwärmung und Krebs, Zeitschrift f. Blut- u. Geschwulstkrankh., 4, 1970
- Lobanova, E.A.: The biol. action of superhigh Frequ., Moskau, 1960
- Marha, K., Musil, J., Tura, H.: Electromagnet. Fields and Environment, San Francisco, 1971
- Matusczyk, H.: Kasuistik der Mikrowellen-Sandmethode, Hochfrequenz-Therapie, 1964
- Michaelson, S.M.: Physiological Aspects of microwave radiation of mammals, Am. J. Physiol. 201, 1963
- Michaelson, S.M.: The influence of MW. on ionizing radiation exposure, Aerospace Med. 34, 1963
- Michaelson, S.M.: Human exposure to non-ionizing radiant energy - potential hazards and safety standards.
- Moskalyuk, A.I.: Effect of a SHF field on oxidation reduction processes in some rabbit tissues, Tr. VMOLA, 73. 133, 1957
- Necker, G., Klar, R.: Gefährdungsmöglichkeiten durch nichtionisierende Strahlen im Gesundheitsdienst, ASP 8, 1981
- Nikogosyan, S.V.: In: Biol. Actions of Superhigh Frequencies, Moskau, 1960
- Nikogosyan, S.V.: Gigiena Truda i Prof. Zabolevaniya, 1964
- Presman, A.S.: Electromagnetic fields and life, New York, 1970

- Proceedings of the Symposium on the Biol.Effects and Health Implications of Microwave Radiation, Ed.: S.F.Cleary, U.S.Dept.of HEW, 1970
- Proceedings of a Symposium of Nonionizing Radiation, Ed.:W.C.Milroy,Dahlgren,1973
- Proceedings of an Internat.Symp.on Biol.Eff.and Health Hazards of MW-Radiation, Ed.: P.Czerski, 1974
- Rajewski,B. et al.: Biophysikal.Grundl.der MW-Therapie, Elektromedizin 8, 1963
- Raue,H.: Die Anwendung von MW in der Augenheilkunde, Klin.Mbl.Augneh.142, 1963
- Mc Ree,D.: Review of Soviet/Eastern European Research on Health aspects of Microwave Radiation, Bull.N.Y.Acad.Med. 55, 1979
- Rentsch,W.: Kurzwellen- und Mikrowellentherapie, Jena, 1985
- Rusch, D.: Experimentelles zur Dezimeterwellentherapie, Med.Welt 17, 1966
- Roberts,J.: Nuclear Magnetic Resonance, McGraw-Hill, New York, 1959
- Schmidt,K.L.: Wärmebehandlg.Rheumat.Erkrankungen, Akt.rheumatol.4, 1979
- Schütt,P. und Koch, W.: Botanik für Forstwirte, Parey, Berlin, 1978
- Schütt,P. Der Wald stirbt an Streß, 1984
- Schulte-Uebbing, C.: Geologische, Bodenkundliche, Hydrologische und Vegetationskundliche Untersuchungen an der Saizach, Geologische Dipl.-Arbeit am Institut für Allg.u.Angewandte Geologie,München 1981
- Schulte-Uebbing,C.: Auswertung eines Meliorationsversuches im Forstamt Waldsassen, Inventur der Nährelementvorräte im Boden und Geologische Petrographische Untersuchungen an Phyllit, Forstwissenschaftliche Diplomarbeit am Lehrstuhl für Bodenkunde, München,1982
- Schulte-Uebbing,C.: Die Tannen sterben nicht durch Bodenversauerung, Selbstverlag, 1982
- Schulte-Uebbing,C. Tannensterben durch Elektromagnetische Felder ?, Selbstverl1982
- Schulte-Uebbing,C. Radaranlagen Ursache des Waldsterbens ?, Z.Wohnung u.Gesundheit, Ed.A.Schneider, März, 1982
- Schulte-Uebbing,C., Schulte-Uebbing,E.E.: Geobiologie, München, 1983
- Schulte-Uebbing,C.: Radarstrahlen- Mikrowellen, In: Unser Wald darf nicht sterben, Ed.: G.A.Ulmer, Schönaich, 1983
- Schulte-Uebbing,C.: Waldentwicklung seit 200 Millionen Jahren trotz chemischer Umweltverschmutzung, 1984, Herold-Verlag, München
- Schulte-Uebbing, C. Erholung streßgeplagter Fichten im Faraday'schen Käfig- Auswertung der Brannenburger Versuche, Herold, München, 1984
- Schulte-Uebbing,C. Waldsterben durch Streß- u.Resistenzmangelsyndrom im MW-Feld?, Herold-Verlag, München 1985
- Schulte-Uebbing,C.: Mikrowellen als Auslöser menschl.Krankheiten, Herold-Verlag (z.Zt.im Druck, erscheint Frühjahr 1986)
- Schwan, H.P.: Some tissue determinants of interactions with electric fields, Neurosciences Res.Prog.Bull. 15: 88, 1977
- Schwan, H.P. Classical theory of microwave interactions with biological systems In: Taylor and Cheung, p.90 , 1978
- Schwan, H.P. and Foster, K.R.: Rf-field interactions with biological systems, In. Electrical properties and biophys.Mechanisms, Proc.IEEE,1980
- Setlow,R. et al.: Molecular Biophysics, Massachusetts, 1962
- Satio,M.: Biol.Eff.of MW-Rad., Vol.1 , Plenum Press, N.Y., 1961
- Süsskind,C.: Beyond thermoregulation, In: Microwaves and thermoregulation, Ed.: E.R.Adair, Acad.Press, N.Y., 1983
- Stuchly, M.A.: Interaction of Radiofrequency and Microwave Radiation with living systems, Radiat and Environm. Biophys.16, 1979
- Tazieff and Sabroux, Vulkanology and forecasting events, 1984
- Tomberg, V.: Specific thermal effects of high-frequency fields, IN: Biol. Eff. of MW-Radiation, Vol.1, Plenum Press,N.Y. 1961
- Ulmer,G.A.: Unser Wald darf nicht sterben, Schönaich, 1983
- Ummersen, C, Van: Biol.Eff.of Microwave Rad., Plenum Press, N.Y., 1961
- Vogelhut, P.: Study of enzymatic activity under the influence of 3 cm-radiation In: Third Internat.Conf.Med.Electr. 1960
- Wilderwank, A. et al. Certain experimental observations on a pulsed diathermy machine, Arch.Phys.Med.40:45, 1959
- Walter,H.: Mikrowellen-Sand-Applikations-Methode, Die Med.Welt, 17, 1966
- Yang, W.-J. und Wang, J.H. Shortwave and microwave diathermy for deep tissue heating. Med. & Biol.Eng. & Comput. 17 , 1979
- Zaret,M.: RADC Technical Documentary Report, 1964