

Summary

The conduction period of a light stimulus from the retina to the area striata plays a by no means negligible part at speeds such as occur in road traffic and are the rule in air traffic. It depends on intensity of stimulus and the place where the stimulus is received in the retina and is to be estimated as 0.1 sec. approximately. The delay in central perception causes a distance scotoma and anisochrony of the reality of the surroundings and perception. The kinetic space scotoma is, analogous to the blind spot, to be regarded as a physiological defect of the forward field of vision. — The Space myopia in certain circumstances causes a further delay in recognizing danger. A remedy can only be offered by technology; no compensation can be applied by the human body. We have here reached a physiological barrier.

B. Gramberg-Danielsen: Troubles de la perception optique à grandes vitesses

Résumé

Le temps requis pour la transmission d'une excitation lumineuse de la rétine à l'area striata joue un rôle non-négligeable à certaines vitesses que peut atteindre la circulation routière et à celles qui sont la règle dans le trafic aérien. Ce temps dépend de l'intensité de l'excitation et de l'endroit de la rétine excité; il est estimé à 0,1 sec environ. Ce retard de la perception centrale entraîne un scotome de distance et une anisochronie entre la réalité ambiante et la perception. Le scotome spatial cinétique a une certaine analogie avec la tâche aveugle, en tant que perte physiologique du champ visuel vers l'avant. — La myopie spatiale détermine parfois un autre retard dans la perception d'un danger. Un secours ne peut venir que de la technique; l'être humain n'est capable d'apporter aucune compensation; nous atteignons ici une barrière physiologique.

Literatur

Brown, R. H.: "Empty-field" myopia and visibility of distant objects at high altitudes. Amer. J. Psychol. 70, 376, (1957).
 Byrnes, V. A.: Visual problems of supersonic speeds. Amer. J. Ophthalm. 34 Nr. 2 PA I, 169 (1951).
 Duguet, J.; A. Mercier: Les problèmes ophtalmologiques posés par le vol stratosphérique. Ann. d'Ocul. 184, 969 (1951).
 Gramberg-Danielsen, B.: Optische Probleme der Luftfahrt. Klin. Mbl. Augenhk. 138, 562 (1961).
 Ders.: Optische Barrieren infolge hoher Beschleunigungen und Geschwindigkeiten in der modernen Luftfahrt. Dtsch. Med. Wschr. 88, 2470 (1963).
 Mercier, A.: La vision dans l'aviation d'aujourd'hui in Visual Problems in aviation medicine Pergamon Press, Oxford, London, New York, Paris 1962.
 Ders. u. G. Perdriol: Les Problemes visuels dans le Vol à Basse Altitude. In: Visual Problems in Aviation Medicine, Pergamon Press, Oxford, London, New York, Paris 1962, S. 78.
 Dies.: Les problèmes ophtalmologiques posés par l'environnement au cours du vol spatial. Rev. Méd. aéronaut. 3, 493-496 (1963).
 Müller-Limmroth, W.: Elektrophysiologie des Gesichtsinnes. Springer-Verlag, Berlin 1959.
 Popescu, M. u. a.: Das photopische Gesichtsfeld für einen weißen Lichtreiz bei Unterdruckbedingungen bei Höhenfliegern. Stud. cercet. fiziol. 7, 445 (1962).
 Riddell, W. J. B.: Visual requirements in relation to modern travel. Transact. Ophth. Soc. Unit. Kingdom. 73, 333 (1953).
 Schober, H.: Das Sehen I und II. Fachbuchverlag Leipzig 1958.
 Schubert, G.: Die physiologischen Barrieren im neuzeitlichen Flugwesen. Schweiz. Med. Wschr. 460 (1955).
 Shuttleworth, F. N.: The visual problems of high speeds flight. Brit. J. physiol. Opt. N. S. 20, 137 (1963).
 Strughold, H.: The human time factor in flight. J. Aviat. Med. 22, 100 (1951).
 Ders. u. S. J. Gerathwol: Die medizinischen Probleme des Überschallfluges. Interavia 12, 61 (1957).
 Whiteside, T. C. D.: La vision en haute altitude. Méd. aéronaut 11, 41 (1956).
 Ders.: Problems of empty Visual Fields. In: Visual Problems in Aviation Medicine, Pergamon Press Oxford, London, New York, Paris 1962, S. 118.

Anschrift des Verfassers: Dr. B. Gramberg-Danielsen, Hamburg 13, Hallerstraße 25.

Glaser ✓

Aus der Inspektion des Sanitäts- und Gesundheitswesens der Bundeswehr (Inspekteur: Generaloberstabsarzt Dr. Albrecht)

"Health Damage Caused by Microwaves, especially Radar Waves" Gesundheitsschäden durch Radar-Wellen 1)

Von Heinrich Dinkloh

Physikalisch-biologische Vorbemerkungen

Die Mikrowellen gehören in den Bereich der elektro-magnetischen Schwingungen, deren Spektrum von den aus der Radiotechnik bekannten Langwellen bis zu den sehr energiereichen γ -Strahlen reicht (Abb. 1). Im allgemeinen gehören die Mikrowellen zu dem Frequenzbereich von 300 bis 300 000 Megahertz entsprechend einem Band von 1 m bis 0,1 cm Wellenlänge. Die Beziehung zwischen der Schwingungszahl/sec. oder Frequenz und Wellenlänge ergibt sich aus der einfachen Gleichung $c = \lambda \cdot f$.

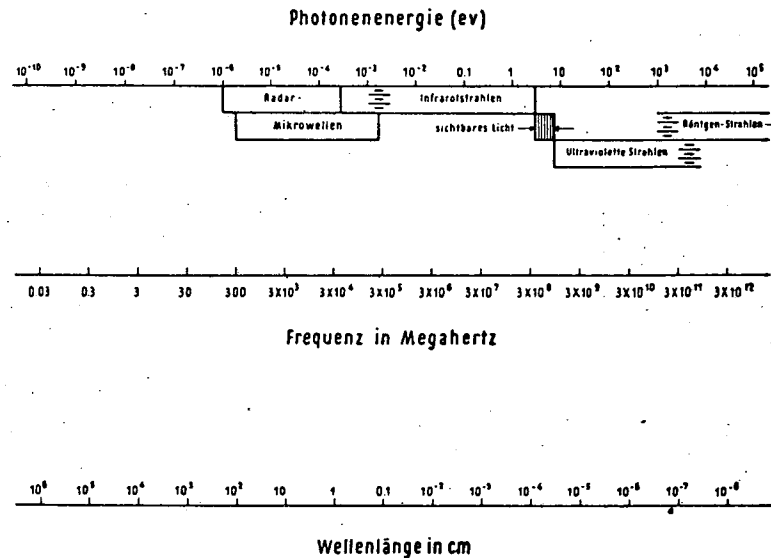


Abb. 1: Beziehung der Radarwellen zum Spektrum elektromagnetischer Strahlung.

Da die Geschwindigkeit (c) bei den elektromagnetischen Wellen konstant, nämlich annähernd = Lichtgeschwindigkeit ist, verhalten sich Wellenlänge (λ) und Frequenz (f) reziprok, d. h. je länger die Welle, desto geringer die Schwingungszahl. Je nachdem von welcher physikalischen Größenordnung man ausgeht, spricht man in dem uns hier interessierenden Bereich von Mikrowellen oder Hochfrequenzstrahlung (HF).

1) Nach einem Vortrag des Verf., gehalten am 26. 4. 1966 bei einer Tagung des ärztlichen Sachverständigenbeirats beim Bundesminister für Arbeit und Sozialordnung.

izin 4 (6/7), 123-131 (1966)

all English Summary at end

Über die Theorie der elektromagnetischen Strahlung soll hier nur gesagt werden, daß sie ein miteinander in Wechselwirkung stehendes magnetisches und elektrisches Strahlungsfeld darstellt, das sich mit Lichtgeschwindigkeit von seinem Induktionsfeld fortbewegt.

Um eine signifikante Wirkung einer elektromagnetischen Welle in einem biologischen Objekt auszulösen, muß dieses mindestens $\frac{1}{10}$ der Wellenlänge groß sein. Mit anderen Worten: wird ein Mensch als senkrecht stehende Antenne betrachtet, so hängt seine elektrische Höhe von der Wellenlänge ab, d. h. die Wahrscheinlichkeit der biologischen Effekte wächst in Richtung der kurzen Wellen bzw. mit der Zunahme der Frequenz.

Eine wichtige Eigenschaft der Hochfrequenzstrahlung ist ihre Fähigkeit, sich im freien Raum, also in Luft, fortzupflanzen. Da die Luft ein Dielektrikum darstellt, kann sie auch durch andere dielektrische Medien, beispielsweise biologisches Material, wandern. Sie erleidet dabei jedoch eine Absorption, die von der Leitfähigkeit, dem spezifischen Widerstand und der Dielektrizitätskonstante der Medien abhängt.

Der menschliche Körper mit seinen zusammengesetzten Geweben kann als leitendes Medium mit verschiedenen Dielektrizitätskonstanten betrachtet werden. Im allgemeinen kann man sagen, daß Gewebe mit hohem Wasserreichtum einen höheren Grad eines Dielektrikums darstellen. (Es ist bekannt, daß sich Wasser schnell erwärmt.) Ein solches geschichtetes dielektrisches Material schließt in seinem Verhalten zu einem äußeren Strahlenfeld alle Möglichkeiten von der völligen Reflexion bis zur absoluten Absorption ein. Trifft eine elektromagnetische Welle auf eine Schicht mit einer anderen Dielektrizitätskonstante, so wird je nach ihrer Frequenz und Intensität ein Teil reflektiert, ein anderer Teil absorbiert, an einer zweiten Schicht kann das genau so sein. Die reflektierenden Wellen werden an der ersten Schicht wiederum zum Teil durchgelassen, zum Teil zurückgeworfen. Die einzelnen Wellen unterscheiden sich jedoch in ihren Phasen und Amplituden und können sich daher unter günstigen Bedingungen gegenseitig aufheben. Das bedeutet, daß einzelne Gewebegrenzflächen zu den angrenzenden Schichten eine Transformatorwirkung haben. So wirken besonders Haut und subkutanes Fettgewebe wie zwei Transformatoren zwischen Luft und Muskel.

Das Eindringen einer Hochfrequenzstrahlung in den Körper, seine Reflexion oder Absorption, hängt jedoch nicht nur von seiner physischen Beschaffenheit und den Dielektrizitätskonstanten, sondern auch von der Frequenz der Strahlung ab.

Als Faustregel, die aus Laboratoriumsversuchen gewonnen wurde, gilt

- a) der Anteil absorbiertes Energie beträgt 40 % bei Frequenzen unter 1000 und über 3000 MHz,
- b) Der Anteil absorbiertes Energie liegt zwischen 20 und 100 % bei Frequenzen zwischen 1000 und 3000 MHz.

Ein Strahlungsfeld unter 1000 MHz wird sensorisch nicht wahrgenommen, weil 60 % reflektiert und das Wärmeäquivalent von 40 % in den tieferen Schichten die Hautrezeptoren nicht erreicht. Anders dagegen bei Frequenzen über 3000 MHz, die sich bereits dem Infrarotspektrum nähern. Sie haben daher auch eine ähnliche Wirkung wie das langwellige Sonnenlicht oder Infrarotstrahlen. Die Hautempfindlichkeit ist eine deutliche Warnung.

Wirkungen auf Körperorgane

Wie bereits angedeutet, wird die absorbierte Energie einer Hochfrequenzstrahlung im Körper in Wärme umgesetzt. Die eingestrahlte Energie wird auf die

Molekularbewegung als kinetische Energie übertragen, die sich dann im betroffenen Medium durch Kollision in Wärme umsetzt. Die Wärmeregulation ist ein komplexer Vorgang, der für die Homoiothermen auf eine absolute Temperatur eingestellt ist. Dies ist physiologisch verständlich, da jede Temperatursteigerung oder -senkung mit einer Änderung der Reaktionsgeschwindigkeit des chemischen Systems Leben verbunden ist. So ist der menschliche Körper bestrebt, überschüssige Wärme beschleunigt abzuleiten durch Abstrahlung über die peripheren Blutgefäße, über die Schweißdrüsen durch Verdunstungskälte und über die Ausatemluft. Es ist klar, daß Organe mit geringerer Durchblutung besonders empfindlich, also frühzeitig auf Temperatursteigerung reagieren. Solche Organe mit einer der Wärmeableitung nicht angepaßten Vascularisation sind die Augen und die Testes. Die Fähigkeit der Wärmeabstrahlung wird auch von verschiedenen Umweltfaktoren wie Luftfeuchtigkeit und -temperatur sowie Bekleidung beeinflusst. In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, daß Sedativa und Tranquillizer die Wärmeregulation ungünstig beeinflussen. Der Temperaturanstieg im menschlichen Körper hängt neben den physikalischen Eigenschaften der Mikrowellen (Frequenz, Feldstärke, Strahlungsenergie und Expositionszeit) natürlich vom prozentualen Anteil der betroffenen Körperoberfläche ab. Je größer die Fläche ist, um so größer ist das eingestrahlte Wärmeäquivalent und entsprechend die Gefährdung. Das Resultat einer Wärmestauung im Körper ist in jedem Fall das Fieber; pathophysiologisch ist es gleich, ob die Hyperpyrexie durch heiße Bäder, Hitzschlag oder durch die Absorption von Mikrowellen zustande gekommen ist. Die Hyperthermie führt zu einer Erregung des Diencephalons und zu einer Aktivitätssteigerung der sympathischen Tonuslage des vegetativen Nervensystems. Der Grundumsatz wird je Grad Körpertemperatur um 14 % gesteigert mit vermehrtem oxydativen Eiweißabbau. Da infolge der Wärmestauung der Sauerstoffbedarf der Zelle nicht gedeckt werden kann, kommt es zur Anhäufung saurer Valenzen, zur Azidose. Jede Azidose bedingt eine Erregung des Atemzentrums, damit eine Hyperpnoe, und eine Erregung der Chemorezeptoren im Carotissinus, damit eine Tachypnoe. Diese Reaktion führt durch alveoläre Abbruch der Kohlensäure zur Wiederherstellung des Säure-Basengleichgewichts. Infolge dieser kompensatorischen Hyperventilation sinkt die Kohlensäurespannung in Blut und Atemluft. Der positive (pleionektische) Effekt dieser verminderten Kohlesäurespannung auf die Sauerstoffdissoziationskurve des Haemoglobins bleibt jedoch ohne Wirkung, weil mit zunehmender Temperatur die O₂-Bindungsfähigkeit des Blutes abnimmt. Aus beschleunigtem Blutumlauf durch die Tachycardie mit verkürzter Strömungszeit im alveolären Kapillarsystem und der verminderten Sauerstoffbindungsfähigkeit des Haemoglobins resultiert eine Anoxämie. Komplizierend gesellt sich noch eine Verlängerung der Gerinnungszeit mit Neigung zur hämorrhagischen Diathese hinzu. Azidose und Gewebsanoxie müssen bei Persistenz der sie auslösenden Faktoren zu zentralnervösen Störungen mit fibrillären Muskelzuckungen und echten Konvulsionen führen, die ante finem von einem Coma abgelöst werden können.

Das Wärmeableitungsvermögen ist daher auch die kritische, die Gefahrgrenze bestimmende Größe. Sie liegt absolut niedriger für alle Organe mit geringem Gesamtquerschnitt der ableitenden Blutwege. Dies ist der Fall für die Harn- und die Gallenblase, insbesondere aber für die bereits erwähnten Testes und die Augen. Sehr gefährdet ist die Linse, die auf energiereiche infrarote Strahlung ebenso mit Trübung oder Kataraktbildung reagiert wie auf Hochfrequenzstrahlung. Die Erfahrung zeigt, daß die Schädigung einzelner Linsenzellen genügt, um noch nach vielen Jahren zu einer Katarakt als Spätschaden zu führen. Die Linse kann als

durchsichtiges Organ unmittelbar von Mikrowellen durchstrahlt werden und besitzt keinerlei wärmeableitenden Schutz durch vorgelagertes Gewebe. Ihre besondere Anatomie gestattet es andererseits, auf einfache Weise mittels der Spalllampe eine kurzfristige Überwachung des Personals, das mit Radargeräten umgehen muß, durchzuführen. Reihenuntersuchungen haben erwiesen, daß Veränderungen in den Augenlinsen beim Wartungspersonal häufiger vorkommen als bei anderweitig Beschäftigten. Es sei noch erwähnt, daß bei Brillenträgern eine besonders sorgfältige Untersuchung mit der Spalllampe notwendig ist.

Die Testes sind aus zweierlei Gründen gefährdet. Abgesehen von der für die Wärmeableitung zu geringen Vascularisation liegt ihre Temperatur schon physiologisch unter der des übrigen Körpers. Die Sterilität beim Kryptorchismus hat die gleiche Ursache einer relativen Überwärmung der Keimdrüsen wie für die Aferilität durch Mikrowellen. Histopathologisch kommt es zu einer Proliferationshemmung des Tubulusepithels, das bis zur Basalmembran degenerieren kann. Ist die eingestrahlte Quantenenergie hoch genug, so sind auch histologische Veränderungen an den Leydigischen Zwischenzellen festzustellen. Die dadurch bedingte hormonelle Hypofunktion ließ sich im Tierversuch am Zinkgehalt des dorsolateralen Prostatalappens, der als Indikator für die Funktionskette Hypophyse-Testes-Prostata gilt, feststellen. Bestrahlte man Ratten mit einer SHF-Strahlung von 24 000 MHz entspr. λ 1,5 cm, so ließ sich in den Prostatalappen, die vorher mit Zn^{65} radioaktiv markiert wurden, ein eindeutiger Zinkschwund verbunden mit Gewichtsverlust in Abhängigkeit von der Bestrahlungszeit nachweisen. Choriogonadotropin war in der Lage, diesen Befund nach 5' Bestrahlungszeit, Testosteron noch nach 10' auszugleichen. Die Unfruchtbarkeit ist auch in allen Fällen temporär und reversibel. Das Tragen zu warmer und dichter Unterwäsche (vor allen Dingen von Nylon-Unterwäsche) begünstigt eine Wärmestauung.

Es wird heute noch lebhaft diskutiert, ob es neben den thermischen auch nicht-thermische biologische Effekte durch Mikrowellen gibt. Eins der ältesten Phänomene, das bereits 1927 beobachtet wurde, war die sogenannte „Perlkettensformation“; sie tritt auf, wenn man einen Wechselstrom durch Wasser leitet, auf dessen Oberfläche Öltröpfchen schwimmen. Während vor Versuchsbeginn die einzelnen Tropfen in willkürlicher Formation auf dem Wasser liegen, ordnen sie sich so gleich perlschnurartig an, wenn der Strom eingeschaltet wird. Ähnlich verhalten sich Protozoen, die mit 1 bis 100 MHz impulsförmig bestrahlt werden. Bei niedrigen Frequenzen bewegen sie sich parallel zu den Elektroden, während sie bei höheren die Bahn kreuzen oder bestimmte positive oder negative Richtungen einschlagen. Gewisse Beeinflussungen der Zellteilungen und frequenzabhängige chromosomale Störungen bei Mikroorganismen ließen sich ebenfalls feststellen, ohne daß jedoch daraus exakte Schlüsse auf eine mögliche Schädigung des Erbgutes gezogen werden können. Ein interessanter Versuch, der die Annahme nicht-thermischer Effekte von Mikrowellen als berechtigt erscheinen läßt, ist die Bestrahlung von Kaninchenaugen mit 100 mW/cm² kontinuierlich über 20 Min. ohne erkennbare Schädigung, während dieselbe Leistung in 0,1 sec. gepulst deutliche Veränderungen an den Linsen ergab. Wahrscheinlich bewirken gepulste Energien: Resonanzerscheinungen in den Molekülen, die nach *Leary* zu Veränderungen in der Grundstruktur der Eiweißbausteine führen. Die räumliche Anordnung der Nebengruppen wird geändert bis zur Trennung von der Grundreihe, was einer Denaturierung des Proteins gleichkommt. Sicher ist auch, daß das Nervensystem für gleichmäßige Reize weniger empfindlich ist als für plötzliche Änderungen der Reizstufe. Insofern haben gepulste Energien, besonders bei Frequenzen unter 1000 MHz, einen deutlichen Einfluß auf das Nervensystem. Pseudoneurasthenien

wie Müdigkeit, Schlafsucht am Tage und Kopfschmerzen werden oft beobachtet. Im EEG konnte Schlafaktivität als deutliches Zeichen für mesodiencephale Hemmungsprozesse ähnlich wie bei Neurosen oder Pseudoneurosen infektiösen oder toxischen Ursprungs festgestellt werden. EKG-Untersuchungen an 72 Std. alten embryonalen Hühnerherzen zeigten unter 3 Min.-Bestrahlung (24 000 MC 74 m/W) eindeutig pathologische Veränderungen, die nicht auf eine Temperaturerhöhung bezogen werden können, da eine solche nicht meßbar war. Es ist anzunehmen, daß die Membranpotentiale durch Änderungen der Stoffwechselaktivität beeinflusst werden. Ebenso zeigen sich vegetative Störungen wie Hyperhidrosis und Herzklappen. Ein chronotroper Effekt der Mikrowellen auf den Sinusrhythmus ergab sich experimentell bei HF-Bestrahlung der Rückenpartien von Kaninchen, was als neurovegetativer Reflex der Head'schen Zonen gedeutet wurde. Hierher gehört wahrscheinlich auch die sogenannte Wetterfühligkeit beim Durchzug von Fronten, da besonders von hochgetürmten Gewitterwolken eine langwellige Hochfrequenzstrahlung ausgesandt wird. Weiter sind einige sensorische Effekte, die von elektromagnetischen Wellen ausgehen, beschrieben worden, wie etwa die Herabsetzung der Geruchsempfindlichkeit. Hunde wurden unter Bestrahlungsänderung unruhig, entfalteten eine rege Aktivität und versuchten sich von der Leine loszureißen. Auch akustische Sensationen werden mitgeteilt. Die Lärmempfindlichkeit wurde im Tierversuch herabgesetzt. Ebenso verhält es sich mit der Belastbarkeit. Die Schwimmzeit von Ratten konnte durch Bestrahlung deutlich verringert werden. Die Wahrscheinlichkeit eines direkten Einflusses auf das ZNS konnte nachgewiesen werden. 3 Minuten dauernde Bestrahlung des Gehirns in einer Feldstärke, die keinen Temperatureffekt hatte, vergrößert die Amplitude im EEG bei gleichzeitiger Abnahme der Frequenz. Nach Ausschaltung des N. opticus, Zerstörung der Cochlea durch Alkoholinjektion und Resektion des Rhinencephalons blieb der Effekt bestehen. Subcortikale und hypothalamische Beeinflussung scheint auch gegeben zu sein, wie aus einer Herabsetzung der Cholinesteraseaktivität und des intraokulären Druckes zu schließen ist. Histologisch konnten Veränderungen an den Achsenzylindern und Dendriten nachgewiesen werden. Schließlich sei noch erwähnt, daß auch Toxine in ihren Eigenschaften durch den Einfluß von Hochfrequenzstrahlung verändert werden, so die antigenen Eigenschaften menschlichen Gammaglobulins. Das Endotoxin von *Salmonella typhosa* nimmt in seiner Wirkung zu. Doch gibt es auch einige Stimmen der Kritik an den Hypothesen, die die soeben geschilderten Symptome auf Änderungen der Spinresonanz oder molekulare Effekte, die durch Mikrowellen ausgelöst werden, beziehen wollen.

So untersuchte *Robert McAfee* verschiedene Tierspezies (Katzen, Hunde, Ratten und Kaninchen), um der Frage nachzugehen, ob die angeblichen nicht-thermischen Reaktionen nicht doch auf lokale Hitzereize des Nervensystems zurückgeführt werden könnten. Experimentell erzeugte er im Gebiet der peripheren Nerven eine lokale Temperaturerhöhung durch Warmwasser-thermode, erhitzten Draht, Infrarotstrahlung oder einen 12,2 cm Mikrothermapparat und erhielt in jedem Fall dieselbe pathophysiologische Antwort.

Anästhesierte Katzen erwachten aus einer zur Operation ausreichenden Narkosetiefe, hoben den Kopf, öffneten die Augen und miauzten durch den thermischen Reiz auf einen peripheren Nerven- oder einen nervenreichen Hautabschnitt. Ebenso regelmäßig wurde eine Hyperpnoe, Pupillenerweiterung und Blutdrucksteigerung beobachtet und mitunter kam es zu einer deutlichen Steigerung der Pulsfrequenz. Die Blutdrucksteigerung ließ sich als Nebeneffekt identifizieren (Adrenektomie). Aus diesen Versuchen ist jedoch einwandfrei zu erkennen, daß das sympathische Nervensystem eine große Rolle für die beschriebenen Reak-

tionen spielt, denn Pupillenerweiterung, beschleunigte Atmung und Aufwachreflex treten auch bei adrektomierten Tieren auf.

Daher sollte man bei allen Experimenten, die einen nicht-thermischen Effekt der Mikrowellen anzeigen, an peripher begrenzt auftretende thermische Reizungen denken, die über den Sympathikus eine Allgemeinreaktion auslösen.

Es ergeben sich also folgende biologische Wirkungen der Mikrowellen:

- Bei Ganzkörperbestrahlung entsteht das typische Bild einer Hyperpyrexie mit Azidose, Anoxaemie und Anoxie, das unter zentralnervösen Erscheinungen und letztlich im Coma ad exitum führen kann.
- Lokalbestrahlungen bedeuten für Organe, deren Vaskularisationsquerschnitt eine schnelle Wärmeableitung verhindert, eine besondere Gefährdung. Das Auge reagiert mit Linsentrübung oder Kataraktbildung. Die thermische Schädigung der Testes führt zu vorübergehender Afertilität. Ubiquitär kann es je nach den physikalischen Bedingungen z. B. durch stehende Wellen zu lokalen thermischen Schäden kommen.
- Mikrowellen können über thermischen Reiz nervaler Reflexzonen oder auf andere Weise Stressreaktionen über das sympathische Nervensystem auslösen, die zu vegetativen Dysregulationen führen.

Diagnostik, Überwachung und Prophylaxe

Ärztlich ist noch von besonderem Interesse, ob sich außer den genannten noch weitere Befunde erheben lassen, die sich vielleicht für eine Frühdiagnostik eines derartigen klinisch noch nicht in Erscheinung getretenen Strahlenschadens verwerten lassen.

Über die Veränderungen des Blutbildes liegen eine Reihe von tierexperimentellen Arbeiten vor. Bei Ratten zeigt sich unmittelbar nach Bestrahlung ($0,024 \text{ W/cm}^2$, 24 000 MHz) ein Anstieg der Erythrocytenzahl und der Hb-Werte, aber ein Abfall der Gesamtzahl der Leukozyten vor allem auf Kosten der Lymphozyten. Bei Hunden tritt zwar auch eine erhebliche Lymphopenie bis zu 40 % der Ausgangswerte auf, aber insgesamt zeigt sich eine Leukozytose, während die roten Blutwerte erniedrigt sind. Die hämatologischen Befunde ergeben bei den einzelnen Tierspezies ein teilweise entgegengesetztes Bild. Es zeigt sich auch hier wieder, daß die Sensibilität gegen dieselbe Noxe artspezifisch und untereinander durchaus gegensätzlich sein kann, wie vorsichtig man also sein muß, wenn man tierexperimentelle Ergebnisse auf den Menschen übertragen will. Um so erfreulicher ist es daher, daß aus der militär-medizinischen Akademie Belgrad Untersuchungsergebnisse von Soldaten vorliegen, die im Radardienst tätig waren. Von diesen wurden 92, die im Mittel seit vier Jahren in militärischen Radaranlagen Dienst taten, mit subjektivem Wohlbefinden zu einer klinischen Durchuntersuchung stationär aufgenommen. Dabei fanden sich einige Leukopenien verbunden mit mäßigen Lymphozytosen. Das rote Blutbild zeigte keine deutlichen Veränderungen. Das wichtigste Ergebnis war bei 50 % der Untersuchten eine deutliche Thrombozytopenie, darunter in 32 % Thrombozytenwerte zwischen 180 — und 140 000 und in 17 % Werte zwischen 140 — und 80 000. Letztere wurden aus dem Radardienst herausgezogen und alle zwei Monate kontrolliert. Nach 4 bis 6 Monaten hatten sich die Werte wieder normalisiert. Lediglich bei dreien zeigte sich ein Fortschreiten des Befundes und schwerere Grade einer Leukopenie — bis zu 2000 Zellen — mit mäßiger Lymphozytose. Aber auch diese Fälle konnten bei stationärer Behandlung geheilt werden.

Als zweiter bedeutsamer Befund ergab sich eine Erhöhung der Aminosäureausscheidung im Urin.

Dieser Befund dürfte sich jedoch in erster Linie auf Schädigungen durch ionisierende Strahlen beziehen, die in Elektronenröhren der Sendeanlagen mit höherer Betriebsspannung als 5 KV als Bremsstrahlung und charakteristische Röntgenstrahlen entstehen und vor allem das Wartungspersonal gefährden. — Es wurde nur eine quantitative Bestimmung durchgeführt, die bei 18,5 % der Untersuchten eine Aminoazidurie ergab. Interessanterweise waren die höchsten Ausscheidungswerte mit einer ausgeprägten Thrombozytopenie und bei einem Untersuchten, der einen sehr hohen Wert aufwies, auch mit einer Katarakta punktata vergesellschaftet. Auch die Aminosäureausscheidung kehrte bei allen Untersuchten zur Norm zurück, wenn sie für 6 bis 8 Monate aus dem Radardienst herausgezogen wurden.

Russische Untersucher fanden bei Reihenuntersuchungen eine Zunahme des Schilddrüsenvolumens bei in Radarbetrieben Beschäftigten. Hyperthyreosen aber nur in einzelnen Fällen.

Folgende Möglichkeiten für eine Gesundheitsüberwachung bei Beschäftigten in Radarbetrieben bieten sich demnach an:

- Haematologische Untersuchungen, insbesondere Zellzählung der Leukozyten mit Differenzierung der Lymphozyten, vor allem jedoch Bestimmung der Thrombozytenzahl.
- Quantitative Bestimmung der Aminosäureausscheidung im Urin, eine Untersuchung, die durch qualitative Papierchromatographie noch wesentlich aussagefähiger werden könnte.
- Anfertigung eines EEG zur Objektivierung subjektiver Pseudoneurasthenien.
- Untersuchung des Auges mit der Spalllampe.
- Anfertigung eines Spermatogramms.

Abschließend ist noch einiges zum Toleranzwert und zu den Schutzmöglichkeiten zu bemerken. Bereits im Jahre 1956 wurde als unbedenklicher Toleranzwert $0,01 \text{ W/cm}^2$ von der US Air Force angenommen, der sich vor allem auf Empfehlungen von Schwan und Li aus dem Jahre 1953 stützt, die als absolute untere Schädigungsgrenze für Mikrowellen 100 mW/cm^2 ermitteln konnten. Es liegt also im heute noch allgemein gültigen Toleranzwert von 10 mW/cm^2 ein Sicherheitsfaktor von 10, wobei allerdings bedacht werden muß, daß die heutigen Radarstationen mit Senderleistungen und in Frequenzbereichen arbeiten, die 1958 zur Ermittlung der Unbedenklichkeitsgrenze nicht zur Verfügung standen. Wenn man von der physikalischen Gesetzmäßigkeit ausgeht, je höher die Frequenz, desto besser die Durchdringungsfähigkeit, so muß man diesen Toleranzwert mit einer abschätzenden Kritik betrachten. Die Feststellung von Schwan, daß Mikrowellen oberhalb 3000 MHz sich wie Infrarotstrahlung verhalten, stimmt zumindest nicht bei 24 000 MHz. Bei diesen Wellenlängen im 1-cm-Bereich dringt die SHF-Strahlung bei Pelztieren z. B. nachweislich bis in subkutane und muskuläre Bereiche, während ein Fell gegen Infrarot einen absoluten Schutz darstellt. Außer der Frequenz sind die unterschiedlichen dielektrischen Eigenschaften der Gewebe von Bedeutung, denen zufolge eine breite Variation in der Absorption möglich ist. Dort, wo initiale und reflektierte Wellen infolge bestimmter dielektrischer und Abstandsverhältnisse sich potenzieren, bilden sich „Stehende Wellen“ mit „heißen Stellen“ (Hot spots wie aus der Nuklearmedizin bekannt). Letztere können im Körper Schädigungen hervorrufen, obwohl das übrige Feld von nicht-nennenswertem Effekt ist (z. B. zwischen Metallzahnprothese und Schädelkalotte).

Wesentlich ist der Wasser- oder Fettgehalt eines Körpers. Die Eindringtiefe ist bei Fettgewebe größer als bei wasserhaltigeren Geweben und zwar in Abhängigkeit von der Frequenz. Selbstverständlich haben auch einige Umweltfaktoren ihren Einfluß auf den Toleranzwert. Die Rektaltemperatur bei Ratten steigt als Funktion der Umgebungswärme. Die Körpertemperatur steigt viel höher und viel schneller an, wenn die Raumtemperatur hoch liegt. An und für sich ist dies eine banale Feststellung, man muß nur auch bei Mikrowellen daran denken. Ein ebenso wichtiger Parameter ist die Luftbewegung. Wie wiederum allgemein bekannt, hat der Wind enormen Einfluß auf die Wärmeableitung. Schließlich ist die Geometrie zur Welle von Bedeutung. So kann ein ausgestreckter Arm in der Richtung einer Wellenlänge wesentlich stärker absorbieren, als wenn er um 90° zu ihr gedreht ist. Ein stehender Mann in Höhe einer 1/4 Wellenlänge (39 MHz) würde Hitze verspüren, während ein Kauernder davon nichts bemerken würde.

Trotz all dieser Einschränkungen, deren Bedeutung jedoch nicht unterschätzt werden darf, bleibt das wesentliche Kriterium die Leistung des Strahlenfeldes. Und insofern gilt bis auf weiteres als Toleranzwert 10 mW/cm².

Als Schutz vor gesundheitlichen Schädigungen durch Radarstrahlen dienen bisher ausschließlich technische Maßnahmen. In erster Linie ist dabei der Abstand von Wichtigkeit, bei dem biologische Einwirkungen schädlicher Art möglich sind. Der kritische Radius (rK) vom Sender für diese Sicherheitswerte läßt sich errechnen, wobei der wesentlich wertbestimmende Faktor die Leistung der Antenne ist. So liegt der rK-Wert für 150 Watt Antennenleistung bei 44 m, für 500 Watt bei 80 m und bei den hohen Leistungen amerikanischer Nikestationen immerhin schon bei einigen hundert Metern.

Als weitere technische Maßnahme sollen nur erwähnt werden die Möglichkeit der Raumabschirmung durch feinmaschiges Drahtgitter, die jedoch für den Menschen infolge von Reflexionen nicht einwandfrei möglich ist, schließlich Stahlhelme zum Schutz des ZNS sowie Schutzbrillen, die eine metallische Beschichtung mit siebartiger Durchbrechung aufweisen, sogenannte Sieblochbrillen.

Zusammenfassung

Die eingestrahelte Energie der Mikrowellen wird im Organismus in Wärme umgesetzt. Dabei sind Organe mit vermindertem Wärmeableitungsvermögen besonders gefährdet (Auge und Testes). Bestimmte neurovegetative Reizwirkungen sind darüber hinaus sehr wahrscheinlich. — Die pathophysiologische Wirkung der Mikrowellen bietet einige Möglichkeiten für die Gesundheitsüberwachung. Insbesondere zu nennen sind die Thrombocytenzählung, die Untersuchung der Linse mit der Spaltlampe und das Spermogramm. — Der wesentliche Schutz liegt im Abstand von der Strahlenquelle. Der kritische Toleranzwert beträgt 10 mW/cm².

Heinrich Dinkloh: Health damage caused by microwaves, especially radar waves

Summary

The input energy of microwaves is changed to heat in the organism. Organs with a decreased ability to conduct heat (eye and testicles) are especially endangered. Furthermore, certain excitatory effects on the autonomic nervous system are quite probable. The patho-physiological effect of microwaves offers a few possibilities for health supervision. We wish to mention especially the platelet count, the examination of the lens of the eye with a slit lamp and the spermocyte count. The important protective measure is distance from the source of the rays. The critical tolerance factor is 10 mW/cm².



HAEMOSTYPTICUM Revici

Bei Blutungen, Schock, traumatischen Schmerzen

HAEMOSTYPTICUM-REVICI bewirkt infolge seiner neuartigen Eigenschaften eine sofortige Normalisierung im verletzten Gewebe nach operativen Eingriffen, bei Lungen- und Magenblutungen, bei Nieren-, Blasen- oder Darmblutungen jeder Genese, Netzhautblutungen, gynäkologischen Blutungen, Blutergüssen, Sportverletzungen, Explosions-, Schuß- und Schnittwunden, bei Unfällen in der Kaserne, bei Übungen, im Straßenverkehr und zur Prophylaxe.

REVICI-KAPSEL, 6 Stück 3,50 DM REVICI-INJEKTION 3 Amp. zu 5 ccm 6,10 DM
REVICI-ORAL, Fl. zu 20 ccm 1,45 DM Klinikpackungen

In allen Apotheken erhältlich

Bestellschein: Schriftum und Muster von HAEMOSTYPTICUM-REVICI erbeten (persönliche Unterschrift des Arztes)

"Wie machen die das nur?"



Kostet ein Haus nicht hunderttausend Mark und oft noch mehr? Wie können da so viele Leute eigene Häuser bauen? **Fordern Sie noch heute unsere Informationsschrift "B 2" an.** Sie wissen dann, daß Sie selbst Familienheimbesitzer sein könnten.

Leichter mit dem **Beamtenheimstättenwerk**



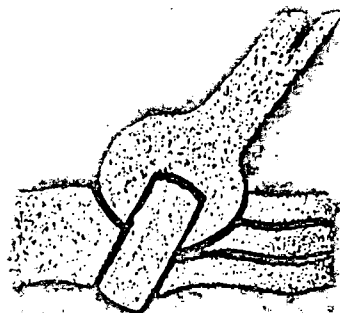
Bausparkasse für Angehörige des öffentlichen Dienstes
325 Hameln (Weser)
Kastanienwall

Baugeld für **4 1/2% Zinsen jährlich**

Diesen niedrigen Zinssatz zahlen BHW-Bausparer für ihre Zuteilungsdarlehen bereits seit 1956 und auch für die Zukunft, solange es die Ertragslage gestattet. Für Sparguthaben vergüten wir 3%.

Aescosulf®

dynamisiert
den arteriovenösen
Reflux



Thromboseprophylaxe

Heinrich Dinkloh: Troubles provoqués par les microwaves, particulièrement par les ondes radar

Résumé:

L'énergie irradiée par les microondes est transformée en chaleur dans l'organisme. Ce sont donc les organes dont le pouvoir d'isolation thermique est le plus faible (oeil et testicule) qui sont le plus exposés. Certaines réactions irritatives du système nerveux végétatif sont de plus très probables. — Nous avons quelques possibilités de contrôle qui résultent des effets physiopathologiques mêmes des microondes. Parmi elles, il faut en particulier noter la numération des thrombocytes, l'examen du cristallin au moyen de la lampe à fente et le spermatogramme. — Cependant, la protection essentielle réside dans l'éloignement de la source d'irradiation. La valeur critique de tolérance est de 10 mW/cm².

Literatur:

- [1] Allan H. Frey: Behavioural Biophysics. Inst. f. Res. State College Pennsylvania, Rep. Nr. 64—01.
- [2] Sven A. Bade: Biological sensitivity to of and microw. energy. US Army Med. Res. Lab., Fort Knox, Federation Proceedings, Suppl. 14, Vol. 24, Nr. 1, Part III, Jan.-Febr. 1965.
- [3] Samuel A. Guan, et alii: The Effekt of Mikrowave Radiation on Morphology and Funktion of Rat Testis Lab Investigation, Vol. 10, Nr. 2 (1961).
- [4] Deichmann et al.: Acute Effects of Microwave Radiation on Experimental Animals (24 000 MCl) I. Occupational Med., Vol. 1, Nr. 7 (1959).
- [5] Deichmann et al.: Mikrowave Radiation of 10 mW/cm² and Factors that influence biological Effects. Industrial Medicine and Surgery 30 : 6 (1961).
- [6] Deichmann et al.: The Embryonic Heart subjected to Radar. Anal. Rec. v. 147, nr. 3, November 1963.
- [7] Deichmann et al.: Effect of Mikrowave Radiation on the Hemopoietic System of the Rat Toxicology and Applied Pharmacology 6, 71—77 (1964).
- [8] Michaelson et al.: The Hematology Effects of Mikrowave Exposure. Aerospace Medicine, Vol. 35, Sept. 1964.
- [9] Michaelson et al.: Microwave Hazards Evaluation. Aerospace Medicine, Vol. 35, Aug. 1964.
- [10] Robert D. McAfee: Physiological effects of thermal and microwave stimulation of peripheral Nerves. Am. J. Physiol., Bd. 203 (1962), S. 374 ff.
- [11] Klinkovci-Dentschood u. B. Roth: Strahlenwirkung auf das Nervensystem. Int. Arch. f. Gewerbepath. u. -hyg. 20, 1—10 (1963).
- [12] Presmann, Lewitua: Nichttherm. Reaktionen der Mikrowellen auf den Herzrhythmus bei Tieren (russisch). Bull. exper. biol. med., Bd. 53 (1962).
- [13] Cosić, Kramer, Gala: Die Wirkungen von Radaranlagen auf den menschl. Organismus (serbisch). Militärsanitätsumschau, Bd. 20, H. 3 (1963).
- [14] Presman, Lewitua: Nichttherm. Reaktionen der Mikrowellen auf den Herzrhythmus bei Tieren (russisch). Bull. exper. biol. med., Bd. 53 (1962).
- [15] E. Hübner: Die biologischen Wirkungen von Mikrowellen. Elektromedizin, Bd. VI (1961), Nr. 4.
- [16] Alvin S. Hyde et alii: Some Effects of acute and Chronic Microwave Irradiation of Mice. Aerospace Medical Pavel, Sept. 1964.
- [17] Sercl M. et alii: Zur Wirkung der elektromagnetischen Zentimeterwellen auf das Nervensystem des Menschen. Zschr. f. d. ges. Hygiene, Jg. 7 (1961).
- [18] S. Prausnitz & C. Süskind: Effects of Chronic Microwave Irradiation on Mice. BME — 9 (2) 1962.
- [19] E. Klimkova — Deutchovce et alii: Strahlenwirkung auf das Nervensystem. Int. Arch. f. Gew. Path. u. -Hyg. 20, 1—10 (1963).
- [20] Mary F. Peyton: Biological Effects of Microwave Radiation. Plenum Press (1961).
- [21] Technical Manual T. O. 31 Z—10—4.

Anschrift des Verfassers: Oberarzt Dr. Dinkloh, 532 Bad Godesberg, Rüdeshelmer Straße 29.