

EEG-Untersuchungen und neuropsychologische Tests:

Beeinflussen Funkwellen die menschliche Gehirntätigkeit?

Seit den Arbeiten von Klitzings ist der mögliche Einfluß hochfrequenter elektromagnetischer Felder auf die menschliche Gehirntätigkeit verstärkt in den Blickpunkt geraten. Zwar konnten die Ergebnisse von Klitzings bislang nicht reproduziert werden (siehe „Edition Wissenschaft“ 9/96), dennoch wurden zur Klärung der aufgeworfenen Frage weitere Untersuchungen vorgenommen. Der vorliegende Beitrag ist ein zusammenfassender Bericht einer Studie mit dem Titel „Biologisch-cerebrale Effekte in niederfrequent gepulsten Hochfrequenzfeldern“, die von der Neurologischen Universitätsklinik Bochum durchgeführt wurde (siehe „Edition Wissenschaft“ 12/96).

In der Literatur ist über eine Beeinflussung der Gehirnfunktion durch elektromagnetische Wechselfelder (EMF), die dem Sendefeld von Funktelefonen entsprechen, berichtet worden. In den meisten Fällen wurden Untersuchungen mit Hilfe eines EEG durchgeführt. Nicht immer war an den veröffentlichten Ergebnissen nachzuvollziehen, ob tatsächlich auf EMF zurückführbare bioelektromagnetische Effekte auf das Gehirn gefunden wurden oder nicht.

In einer Studie der Neurologischen Universitätsklinik Bochum wurde daher der mögliche Einfluß eines elektromagnetischen Wechselfeldes auf die Funktion des menschlichen Gehirns untersucht. Erzeugt wurde das elektromagnetische Feld von einem handelsüblichen D-Netz-Mobiltelefon im Sendebetrieb.

In den zwei Teilabschnitten der Studie wurden zwei unterschiedli-

che Methoden eingesetzt. Im ersten Teil wurde der Einfluß des elektromagnetischen Feldes auf das Elektroenzephalogramm (EEG) untersucht. Im zweiten Teil wurden eine Reihe neuropsychologischer Tests durchgeführt. Untersucht und geprüft wurde die kognitive Leistungsfähigkeit der Probanden während des Einflusses durch ein Sendefeld.

Die Untersuchung der insgesamt 52 Probanden im Alter von 20-38 Jahren erfolgte in einem mit HF-Absorbern ausgekleideten Raum. Der Untersuchungsraum wurde nach den Spezifikationen des Projektes „HF-Design eines Meßplatzes zur Untersuchung möglicher biologisch-cerebraler Effekte im niederfrequent gepulsten Hochfrequenzfeld“ (Prof. Dr.-Ing. V. Hansen und Mitarbeiter) hergerichtet. Die Sendeleistung des Funktelefons betrug 8 Watt; die Antenne war 45 cm über dem Kopf des Probanden angeordnet;

im Bereich des Kopfes betrug die Feldstärke ca. 40 V/m (annähernd Grenzwert gemäß DIN VDE 08.48).

Der Untersuchungsgegenstand

Die geistig-seelischen Prozesse des menschlichen Gehirns stellen die entwicklungsgeschichtlich jüngsten biologischen Leistungen dar. Sie zeigen sich äußeren Einflüssen gegenüber störanfälliger als die entwicklungsgeschichtlich älteren. Die Gehirnfunktionen, die diese geistig-seelischen Prozesse ermöglichen, basieren auf chemischen und elektrischen Vorgängen. Daher können die Leistungen des menschlichen Gehirns, wie auch die Funktionsstörungen, mit Hilfe zweier Methoden untersucht werden: einerseits durch Prüfung der geistig-seelischen Fähigkeiten, also neuropsychologischen Tests, und andererseits durch Untersu-

chung der elektrischen bzw. chemischen Vorgänge. Die chemischen Vorgänge allerdings können nur unter erheblichem technischen Aufwand untersucht werden und blieben daher bei dieser Studie unberücksichtigt.

Die geistig-seelischen Leistungen sind von Mensch zu Mensch unterschiedlich. Ebenso sind bei ein und derselben Person zeitliche Leistungsschwankungen zu beobachten, die unter anderen abhängig sind von der Aufmerksamkeit, der Konzentration, tageszeitlichen Einflüssen, Medikamenten

und Alkoholwirkungen. Anderen äußeren Einflüssen gegenüber zeigen sich die geistig-seelischen Funktionen des Gehirns allerdings als vergleichsweise robust. Geringe zusätzliche Störeinflüsse können dementsprechend weitgehend oder vollständig überdeckt werden.

Daher erweist es sich als zweckmäßig und notwendig für eine Feststellung von elektromagnetischen Einflüssen sowohl neuropsychologische Untersuchungen der geistig-seelischen Leistungen als auch Untersuchungen elektri-

scher Vorgänge des Gehirns durchzuführen.

Die EEG-Untersuchung

Die EEG-Ableitung ist eine Standardmethode in der Neurophysiologie wie auch in der klinischen Neurologie, die zur Untersuchung von Funktionsstörungen des Gehirns eingeführt wurde. Das EEG selber besteht in dem elektrischen Wechselfeld, das von den Nervenzellen des Gehirns ausgeht und von der Kopfoberfläche ableitbar ist. Es stellt die elektrische Summenfunktion der Nervenzellen der Hirnoberfläche dar, die durch Schädelknochen und Kopfhaut gedämpft sind.

Das EEG wird üblicherweise mit Hilfe von Oberflächenelektroden, die an der Kopfhaut befestigt sind, abgenommen. Normalerweise weist das abgeleitete EEG ein verhältnismäßig gutes zeitliches Auflösungsvermögen (ca. 3 ms) auf, jedoch zeigen sich zwischen verschiedenen Personen erhebliche Unterschiede sowie bei der gleichen Person im Zeitverlauf ausgeprägte Schwankungen, die in Abhängigkeit von der momentanen Wachheit bzw. leichten Schläfrigkeit des Probanden stehen. Sollte es schädliche Einflüsse von elektromagnetischen Wechselfeldern auf das Gehirn geben, so sind grundsätzlich am ehesten Einflüsse auf das EEG denkbar. Das EEG ist die nächstliegende Methode zur Überprüfung möglicher schädlicher Einflüsse elektromagnetischer Wechselfelder auf das Gehirn. Allerdings muß, um Fehlmessungen auszuschließen, der Wachheitszustand des Probanden ständig überprüft werden.

Die neuropsychologischen Tests

Aufmerksamkeit (Attentionalität) (TAP)

Die computerisierten Verfahren zur Erfassung der verschiedenen Aufmerksamkeitsaspekte sowie zur Prüfung des Arbeitsgedächtnisses wurden der „TAP – Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung“ von Zimmermann und Fimm (1993) entnommen. Die Durchführung erfolgte computerunterstützt, da die Reaktionszeiten für die Auswertung wesentlich sind. Folgende einzelne Verfahren wurden ausgewählt:

- 1.) **Alertness:** Fähigkeit, das Aufmerksamkeitsniveau zu steigern und aufrecht zu erhalten,
- 2.) **Vigilanz:** Fähigkeit zur langfristigen Aufrechterhaltung der Aufmerksamkeit unter monotonen Reizbedingungen,
- 3.) **Go/NoGo:** Die Fähigkeit zur Unterdrückung falscher Reaktionen,
- 4.) **Arbeitsgedächtnis:** Kontinuierliche Kontrolle des Informationsflusses durch das Kurzzeitgedächtnis.

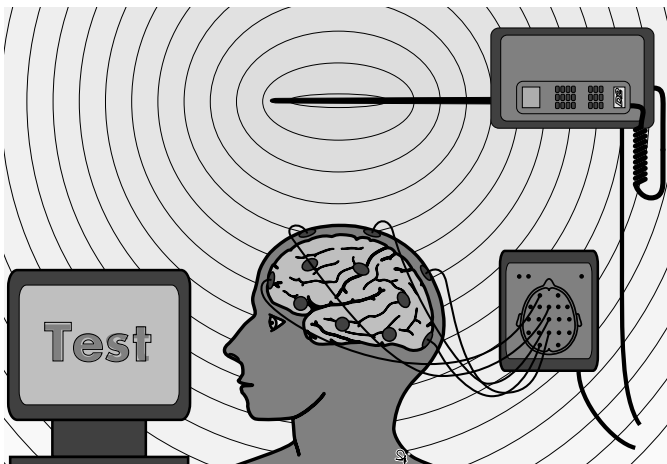
Gedächtnis (VLMT)

Der „Verbale Lern und Merkfähigkeitstest“ (VLMT) ist eine aus dem Amerikanischen übersetzte [„Rey-Auditory-Verbal-Learning-Test“] und standardisiertes Testverfahren für eine neuropsychologische Herausarbeitung spezieller Teilaspekte der verbalen Lern- und Merkfähigkeit. Er besteht aus zwei Wortlisten mit je 15 Substantiven, die in wechselseitig störender Folge vorgelesen und in einer bestimmten Folge abgefragt werden.

In Untersuchungen, über die im Fernsehen und anderen Medien berichtet wurden, beschrieb der Lübecker Wissenschaftler von Klitzing Effekte der Einstrahlung von Funkwellen, die bei unterschiedlichen Versuchsanordnungen an einigen Probanden beobachtet wurden. Eine präzise Beurteilung

des Wachheitszustandes besondere Aufmerksamkeit gewidmet. Sie erfolgte als eine „unvollständig doppelblinde“ Untersuchung, das heißt, den Probanden war zu keinem Zeitpunkt bekannt, ob das Sendefeld eingeschaltet war. Dem Untersucher war bei der vorläufigen Betrachtung der EEG-Kurven

nachfolgenden 10 Minuten ohne Exposition wie im Vergleich zwischen exponierten und nicht exponierten Probanden zeigten farbkodierte Spektralleistungs-Diagramme keinen Effekt der Feldexposition. In einer sogenannten multivariaten Varianzanalyse zeigten die Mittelwerte der nach Frequenzbändern getrennt berechneten mittleren Leistungen keine signifikanten Unterschiede.



Der Versuchsaufbau der EEG-Untersuchung und der neuropsychologischen Testverfahren

Die neuropsychologischen Tests

Die Neuropsychologie ist eine Fachwissenschaft, die hauptsächlich von Psychologen und Neurologen repräsentiert wird. In der Forschung gründet sie vor allem in jüngster Zeit nicht nur auf Medizin und Psychologie, sondern auch auf Humanbiologie, organische Chemie, Informatik und anderen Neurowissenschaften. Das Forschungsgebiet der Neuropsychologie ist die menschliche Informationsverarbeitung in bezug zu den jeweiligen Gehirnstrukturen.

der als Effekt der elektromagnetischen Felder beschriebenen Veränderungen konnte aber durch von Klitzing nicht geleistet werden. In einer gemeinsamen, ausführlich dokumentierten Untersuchung mit der CETECOM GmbH, Essen wurden daher die Ergebnisse neu aufgearbeitet. Bei dieser Untersuchung zeigte sich, daß der Proband während des Versuchs eingeschlafen war – das EEG zeigte die entsprechenden Einschlaf-Veränderungen gleichzeitig zu der Funkwelleneinstrahlung. Dadurch entstand der Verdacht, daß die Veränderungen eher auf mangelhaft kontrollierte Veränderungen des Wachheitszustandes zurückzuführen sind als auf Einflüsse des elektromagnetischen Feldes.

In der vorliegenden EEG-Untersuchung wurde daher der Kontrolle

nicht bekannt, ob es sich um das EEG eines Probanden mit oder ohne Befeldung handelte. Während der neuropsychologischen Tests war dem Untersucher dagegen bekannt, ob das Wechselfeld eingeschaltet war oder nicht.

Die EEG-Untersuchung erfolgte sowohl als *interindividuelle* Vergleichsuntersuchung (25 Probanden wurden dem Sendefeld ausgesetzt, 27 Probanden dagegen nicht) als auch als *intraindividuelle* Vergleichsuntersuchung (das EEG wurde in drei Zeitabschnitten von jeweils zehn Minuten gemessen). Bei den mittleren 10 Minuten wurden die Probanden dem Funktelefon-Sendefeld ausgesetzt. Zur Kontrolle der Wachheit hatten die Probanden bis 10 zu zählen und dann eine Taste zu drücken. Im Vergleich mit den vorausgehenden und

In Verbindung mit modernen bildgebenden, aber auch neurophysiologischen Verfahren wie dem EEG werden die neuropsychologischen Testverfahren für die Analyse von Wirkungszusammenhängen zwischen Hirnregionen verwendet, denen eine Schlüsselrolle z.B. für Aufmerksamkeit, Wahrnehmung und Gedächtnis zugeschrieben wird. Die Neuropsychologie bietet zahlreiche diagnostische Verfahren, die eine quantitative Einschätzung von Störungen kognitiver Hirnfunktionen erlauben.

Ergebnisse der neuropsychologischen Untersuchung

Gedächtnisleistungen (VLMT)

reduzierte Wörter ohne/mit Funk-Feld-Exposition

Exposition:	ohne (Median)	mit (Median)	(Wilcoxon) z-Wert	Signifikanz
unmittelbare Gedächtnisspanne	8.5	8.0	-1.2075	.2272
Lernleistung	53	53	-.8795	.3791
Wiedergewinnungsleistung	14	13	-.9090	.3633
verzögerte Wiedergabe	14	13	-.3646	.7154
Verlust durch Interferenz	0	1	-.7543	.4507

Reaktionszeiten in der Aufmerksamkeitsprüfung (TAP)

Gruppenmittelwerte im Vergleich ohne/mit Funk-Feld-Exposition

ms			t-Test
210	Alertness	ohne Exp.	> .064
215	Alertness	mit Exp.	
390	Vigilanz	ohne Exp.	> .662
392	Vigilanz	mit Exp.	
495	Go/Nogo	ohne Exp.	> .434
490	Go/Nogo	mit Exp.	
558	Arbeitsgedächtnis	ohne Exp.	> .221
578	Arbeitsgedächtnis	mit Exp.	

Aufmerksamkeit und Gedächtnis gehören zu den grundlegenden Funktionen der menschlichen Informationsverarbeitung. Verschiedene Aufmerksamkeitsprozesse – von einer allgemeinen Wachheit bis hin zur zielgerichteten Aufmerksamkeit – sind für die Verarbeitung von Reizen, die aus der Umwelt wahrgenommen werden, von entscheidender Bedeutung. Die Informationen werden vorselektiert und über verschiedene Verarbeitungsstufen des Kurzzeitgedächtnisses eingespeichert, ins Langzeitgedächtnis überführt und dort abgelegt. Die Information können

dann kurz-, mittel- oder langfristig abgerufen werden. In den verschiedenen Prozessen der Informationsspeicherung sowie des Informationsabrufes sind die Informationen differentiell störbar. Sowohl die Aufmerksamkeits- als auch die Gedächtnisfunktionen können – im Rahmen von verschiedenen akut auftretenden oder chronisch bestehenden, exogen ausgelösten oder intrinsisch verursachten Störungen des Gehirns – beeinträchtigt werden. Dementsprechend wurden mögliche Effekte insbesondere auf diese kognitiven Teilfunktionen untersucht.

Die neuropsychologische Untersuchung erfolgte als intraindividuelle Vergleichsuntersuchung, das heißt, es wurden zusätzlich Paralleltests an aufeinanderfolgenden Tagen ohne/mit bzw. mit/ohne Exposition durchgeführt. Die allgemeine intellektuelle Leistungsfähigkeit sowie die Lern- und Behaltensleistungen wurden mit Tests und die verschiedenen Aufmerksamkeitsfunktionen mit computergestützten Verfahren untersucht. Dabei zeigten sich in keinem der kognitiven Bereiche signifikante Leistungsunterschiede zwischen den Testphasen mit bzw. ohne Feldexposition.

Fazit

In der Studie sollte unter kontrollierten, ausreichend dokumentierten und reproduzierbaren Bedingungen geprüft werden, ob Effekte des elektromagnetischen HF-Feldes eines Funktelefons auf die Funktion des menschlichen Gehirns nachzuweisen sind.

Die Ergebnisse zeigen: Weder im normalen Wach-EEG noch in den neuropsychologischen Tests bezüglich der Aufmerksamkeit und des Gedächtnisses zeigten sich signifikante Veränderungen. Das heißt, ein Effekt des Funktelefon-Feldes auf die menschliche Gehirntätigkeit war nicht nachzuweisen.

Privatdozent Dr. Johann Spittler,
Neurologische Universitätsklinik,
Knappschaftskrankenhaus
Bochum-Langendreer