

journal of preventive medicine...

international journal of regenerative preventive anti aging medicine

Themenheft
Schlaf und
Schlafstörungen



Foto: iStockphoto

Schlaf und Schlafstörungen

Medizin: Univ.-Prof. Dr. Manfred Walzl **Kein Leben ohne Schlaf – Querschnitt durch die Somnologie**
Prof. Dr. Jürgen Zulley, Barbara Schneider **Schlaf, Schlafstörungen und Enuresis nocturna bei Kindern**

Klinische Pilotstudie: Univ.-Prof. Dr. Manfred Walzl, Mag. Dr. rer. nat. Walter Medinger

Stabilisierte Magnetfelder erhöhen die Schlafqualität

Geobiologie: Univ.-Prof. Dr. med Dr. med Karl Hecht **Das geomagnetische Feld als biologischer Regulator**



Liebe Leser,

es gibt viel zu wissen über den Schlaf. Nicht nur altbekannte sondern auch zahlreiche neue Erkenntnisse. Die Themen Schlafstörungen und Tagesmüdigkeit sind hochaktuell. Bereits jeder vierte Europäer leidet unter Schlafstörungen. Auch immer mehr Kinder und Jugendliche sind betroffen. 40% aller Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer sagen in einer aktuellen Befragung, dass Sie aufgrund von Tagesmüdigkeit die Qualität ihrer Arbeit nicht aufrecht erhalten können. Nicht nur das dadurch entstehende menschliche Leid ist hoch - auch der Schaden für die Volkswirtschaft hat mit weltweit 400 Milliarden Euro einen beängstigenden Wert angenommen. Kannten wir vor wenigen Jahren 88 Diagnosen für Schlafstörungen so sind es heute bereits 120. 70% aller Schlafstörungen gelten als nicht-organisch. Grund genug, sich verstärkt auch mit den Themen Schlafqualität und deren Parameter am Schlafplatz auseinander zu setzen. Forschung und Medizin finden in diesem Bereich gerade in jüngerer Zeit neue wichtige medizinische Erkenntnisse. Daher begrüßt die Gesellschaft für Prävention GPeV ausdrücklich, dass sich die neuste Ausgabe des Journal of Preventive Medicine genau diesen Themen mit einem eigenen Schwerpunktthema widmet.

In der Präventionsmedizin wird sehr oft über Blutdruck, Cholesterin, Genetik oder kosmetische Hautalterung gesprochen. Die natürlichen Regenerationsmechanismen wie gesunder und ausreichender Schlaf und dessen lebenswichtiger Erholungswert treten dabei unberechtigt in den Hintergrund. Obwohl Viel-Schläfer deutlich gesünder leben, sind sie doch gesellschaftlich aktuell nicht gerade en vogue. Man ist eben lieber „Viel-Arbeiter“, „Viel-Telefonierer“, „Viel-Fahrer“ oder „Viel-TV-Gucker“ als „Viel-Schläfer“. Doch Besinnung und Achtsamkeit sind Tugenden, die dem Individuum die Kraft geben seinen Alltag zu bewältigen. Nur erholt kann man sich seinen Herausforderungen stellen. Denn wer schlecht schläft macht Fehler. Gestörter Schlaf führt folglich zu chronischem Erholungsmangel, der von der Bandbreite her von der Tagesmüdigkeit bis hin zu entsetzlichen Unfällen durch Sekundenschlaf reichen kann. Grundsätzlich haben wir Ärzte wie auch die Bevölkerung selbst die Folgen der Idealisierung des „schneller, höher, weiter“ Prinzips in unserem Gesellschaftsconstruct deutlich unterschätzt. Nun beginnen wir langsam zu verstehen, dass wir keine Maschinen sind und müssen uns zwangsläufig wieder verstärkt den natürlichen Erholungsmechanismen des Körpers widmen. Das vorliegende Themenheft ist innovativ und hochaktuell. Es bringt brisante Ergebnisse aus neuesten wissenschaftlichen Studien, die sie hoffentlich nicht um Ihren wohlverdienten Schlaf bringen werden.

Mit den herzlichsten Grüßen

Dr. Frank Mosler
Radiologe und Neuroradiologe

Wissenschaftlicher Beirat, journal of preventive medicine
Vorstandsmitglied der GPeV Gesellschaft für Präventive Medizin



Liebe Leser,

der Präventionsgedanke rückt in der Medizin langsam aber unaufhaltsam in den Mittelpunkt. Denn anders werden wir die gesundheitlichen Herausforderungen unseres Zeit auch kostengünstig nicht bewältigen können. Dennoch ist die Prävention mit ihren oft einfachen aber sehr wirkungsvollen Maßnahmen noch nicht ausreichend in den Köpfen von Ärzten und Patienten verankert. Das journal of preventive medicine hat daher beschlossen, sich künftig zu jeweils hochaktuellen Problemen mit speziellen Themenheften an seine Leser zu wenden. Mit der Ausgabe „Schlaf“ stellen wir Ihnen unsere neue strategische Ausrichtung erstmals vor. Namhafte und führende Spezialisten informieren Sie jeweils über zentrale Aspekte des Schwerpunktthemas mit einem besonderen Focus auf den Gedanken der Prävention. Wir freuen uns nun auf Ihre Meinung und auf Ihre Anregungen für weitere Themenhefte.

Ihr Herausgeber

Dr. Claudia Hennig

Impressum:

medox publishing GmbH,
Theodor-Brinkmann-Straße 30, 53115 Bonn
Tel.: +49 (0)228 – 97 64 97 - 0,
Fax: +49 (0)228 – 97 64 97 - 7
Herausgeber: Dr. Claudia Hennig
Verlagsleitung: Peter Schlink

Inhalt:

- 4 Manfred Walzl
Kein Leben ohne Schlaf – Ein kleiner Querschnitt durch die Somnologie
- 12 Jürgen Zulley, Barbara Schneider
Schlaf, Schlafstörungen und Enuresis nocturna bei Kindern
- 18 Manfred Walzl, Walter Medinger
Schlafstörungen – das Risiko für Mitarbeiter und Unternehmer – Stabilisierte Magnetfelder als Ausweg?
- 28 Karl Hecht
Das geomagnetische Feld als biologischer Regulator und dessen Sensibilität gegenüber elektromagnetischen Frequenzen



Kein Leben ohne Schlaf

Ein kleiner Querschnitt durch die
Somnologie

Manfred Walzl



Ist es also doch nicht die gewissermaßen normalste Sache der Welt, sich ins Bett zu legen, zu schlafen, aufzustehen und dem Tagwerk wieder nachzugehen? Handelt es sich bei diesem - noch längst nicht in all seinen Facetten aufgeklärten - Zustand des Schlafes um etwas völlig Banales? Oder gar um das, was der Franzose liebevoll als „la petit mort“, als „kleinen Tod“, bezeichnet?

Von den 8.760 Stunden eines Jahres verbringen wir rund 3.000 im Bett. Was soll da schon viel passieren? Jahrhunderte lang konnte nur spekuliert werden. Leonardo da Vinci machte sich erstmals (überlieferte) Gedanken über den Schlaf, viele Gelehrte des Mittelalters nahmen sich seiner an. Dichter, Maler, Musiker wurden von ihm inspiriert. Doch seine Grundlagen blieben lange Zeit im Dunkeln.

Erst mit der Einführung des Elektroenzephalogramms (EEG) in den Vierziger Jahren des letzten Jahrhunderts begann man sich gewisse Vorstellungen über die Grundfunktionen und den Ablauf des Schlafes und zu machen. Und heute weiß man: Der Schlaf ist nicht nur Basis sondern Regulator unserer Gesundheit, unseres Wohlbefindens.

Gerade deshalb alarmiert eine Prognose der Weltgesundheitsorganisation (WHO): Neben – nach wie vor – Herz/ Kreislauferkrankungen, Lungenkrebs und Diabetes mellitus werden es die Schlafstörungen sein, die in den nächsten 50 Jahren das ganze Interesse der Medizin fordern müssen. Denn bereits jeder Dritte (!) leidet in industrialisierten Ländern an Schlafstörungen. Oft mit der fatalen Folge einer Tagesschläfrigkeit, die wiederum zu schweren Unfällen oder erheblichen Problemen am Arbeitsplatz führen kann.

Ein Mangel an regelmäßigem, damit aber auch „gesundem“ Schlaf, macht aggressiv, leicht reizbar, lässt Konzentration und Leistungsfähigkeit sinken und nimmt Lebensqualität.

Die Behandlung von Schlafstörungen ist zweifellos keine „Nebenbei-Therapie“. Sie zwingt Mediziner vieler Fachbereiche zur Zusammenarbeit – vom Neurologen und Psychiater über den Internisten, Lungen- und HNO-Spezialisten bis zum Zahnarzt. Denn allzu oft stellt sich heraus, dass die Schlafstörung nur ein Symptom anderer Krankheiten ist.

„Wir ticken nicht richtig“

Über lange Zeit hatte man angenommen, ein ganz bestimmter Stoff, von dem man natürlich nicht wusste, wie er aussah und wo er sich befand, würde den Schlaf steuern. Erst die

Machen wir uns nichts vor: Es gibt vier Themen, über die man täglich mehrmals spricht. Über das Essen, das Wetter, den Sex – und den Schlaf. Der Schlaf ist eben ein unüberbrückbares Grundbedürfnis für Lebewesen. Gleichzusetzen mit allen anderen lebenserhaltenden Systemen des Organismus. Der Mensch kommt einige Tage lang ohne zu trinken, manchmal wochenlang ohne zu essen, aber nur gerade 60 Stunden ohne Schlaf aus. Dann treten unweigerlich schwer wiegende gesundheitliche Probleme auf.

Nicht zuletzt deshalb könnte man sich fragen, ob dies der Grund dafür ist, dass gerade der Schlaf immer mehr in den Mittelpunkt des medizinischen Interesses rückt. Die Chronobiologie, die Wissenschaft vom zirkadianen Rhythmus ist gefragter denn je. Man will einfach alles über die regelmäßigen, von Tages- oder Nachtzeit abhängigen Änderungen des Organismus wissen.

moderne Forschung brachte zutage, dass es sich um Reaktionen und das Zusammenspiel vieler Faktoren handelt, die Müdigkeit, Schlaf aber auch Wachsein steuern. Licht spielt ebenso eine Rolle wie Neurotransmitter und Hormone. Nur wenn dieses Zusammenspiel funktioniert, gelingt es, einen regelmäßigen Schlaf/Wachrhythmus herzustellen.

Wobei das gar nicht so einfach zu sein scheint.

Denn – im übertragenen Sinn – wir „ticken nicht richtig“. Versuchspersonen, die keinerlei Zeitinformationen besaßen und keinem natürlichen Wechsel zwischen Hell und Dunkel ausgesetzt waren, wurden zwar regelmäßig müde, gingen ebenso regelmäßig schlafen und wachten im selben Rhythmus auf. Aber nicht im 24-Stunden-Takt. Die innere Uhr des Menschen hat, wie inzwischen herausgefunden wurde, nämlich 25 Stunden! Wir haben im Laufe der Evolution natürlich längst gelernt, mit dieser Uhr zu leben, doch beweisen die Versuche einmal mehr, dass der Ablauf von Wach und Schlaf nur sehr bedingt durch äußere Einflüsse gesteuert wird. Vielmehr ist es unsere innere Uhr im Gehirn, die den Biorhythmus regelt.

Ein winzig kleiner Zellhaufen nahe des Hirnstammes, *die suprachiasmatischen Nuclei*, sind unser Taktgeber. Dazu kommen noch das Licht und eine Nerven-Verbindung zwischen der Netzhaut unserer Augen und dem Gehirn, der Tractus hypothalamicus. Wenn es hell wird, entstehen über diese Quervernetzung – sogar bei geschlossenen Augen – Weckreize und das Signal aufzustehen. Neuere Untersuchungen haben übrigens gezeigt, dass Menschen mit einer hellen Iris (Regenbogenhaut), also etwa Blauäugige, wesentlich leichter durch Licht zu wecken sind, als jene mit dunklen Augen. Weil eben durch die geringere Tönung der Iris mehr Licht auf die Netzhaut trifft und den Weckreiz vergrößert.

Die „Berg- und Talfahrt“ des Schlafes

Schlaf ist jedenfalls nicht eine Art eingefrorener Zustand, viel mehr gehorcht er eisernen Gesetzen, gleichzusetzen mit einer regelrechten nächtlichen Berg- und Talfahrt der verschiedenen Stadien. Im Schlaflabor kann nachvollzogen werden, was sich während der Nacht im Gehirn abspielt.

Der gesunde Schlaf eines Erwachsenen zerfällt normalerweise in drei Bereiche: In einen Wachanteil, in den Non-REM- und den REM-Schlaf, die einander während der Schlafenszeit immer wieder abwechseln.

Im Wachzustand, knapp nach dem das Bett aufgesucht wurde, ist das Gehirn noch einigermaßen aktiv. Die Augen sind in Bewegung, die Muskeln durchaus noch gespannt. Eigentlich sollte man innerhalb von vier Minuten nach dem Zubettgehen einschlafen können. Doch tatsächlich erfüllen nur drei bis vier Prozent der Bevölkerung diese Bedingung. In unserer gestressten, gemobbten, reizüberfluteten Zeit kann es bis zu 30 Minuten dauern, um das Schlafstadium 1, den Dämmer Schlaf, zu erreichen. Er ist zugleich der erste Schritt auf der Treppe des Non-REM-Schlafs, die beständig in die tieferen Schlafphasen führt.

Nun beginnt sich die Aktivität des Gehirns zu verlangsamen, die Augen rollen hin und her, die Spannung der Muskeln ebbt allmählich ab. Herzschlag und Atmung senken ihre Frequenz, die Körpertemperatur wird gedrosselt. Je tiefer der Schlaf, umso deutlicher werden die Funktionen reduziert. Nach und nach treten die Stadien 2, 3 und 4 ein. Die beiden letzten gelten als Tiefschlafstadien.

Dazwischen eingestreut kommt es zu einem besonderen Phänomen – dem REM-Schlaf.

Ein Schlafzyklus dauert rund 90 Minuten, so dass – je nach gesamter Schlafdauer – pro Nacht etwa vier bis fünf dieser Zyklen durchlaufen werden. Während anfangs noch die Tiefschlafphasen überwiegen, nehmen in der zweiten Nachthälfte die REM-Stadien zu.

Schlafstadien

Vereinfacht lässt sich Schlafen folgendermaßen darstellen:

Einschlafphase: Entspannter Zustand des Wachseins, gewisse Spannung der Muskulatur, schnelle Augenbewegungen.

Schlafstadium 1: Es sollte eigentlich nur wenige Minuten dauern. Auf Grund vielfältiger Belastungen dehnt es sich beim „modernen“ Menschen aber immer weiter aus. Die Muskulatur beginnt sich zu lockern, Arme und Beine werden schwer, die Augen schließen sich. Doch Geräusche aus der Umwelt finden immer noch ihren Weg in unser Gehirn.

Schlafstadium 2: Wenn jemand versucht, den Schlafenden zu wecken, wird das noch relativ leicht möglich sein. Die Augäpfel zeigen ein Wechselspiel zwischen Hin und

Her. Viele Schlafforscher sehen erst in diesem Stadium den eigentlichen Beginn des Schlafes. Auf den EEG-Ableitungen weisen die Wellen des Hirnstrombildes auf ein Schwinden des Bewusstseins hin.

Schlafstadium 3: Jetzt beginnt der Tiefschlaf. Nur sehr laute, schrille, in erster Linie aber ungewohnte Geräusche setzen einen Weckreiz. Die Muskulatur entspannt sich noch mehr, Herzschlag und Atmung werden in der Frequenz reduziert, der Blutdruck regelt nach unten ab. Dennoch kann der Schläfer auf außergewöhnliche Reize eine schnelle Reaktion zeigen.

Schlafstadium 4: Der tiefste Punkt der Schlaf-Treppe ist erreicht, ein Wecken nur schwer möglich. Wenn dies dennoch notwendig ist oder durch Umweltreize ausgelöst wird, findet man sich anfangs nicht zurecht. Die Körperfunktionen sind noch weiter gebremst, das Immunsystem beginnt sich zu regenerieren.

REM-Schlaf: In dieser Phase ähnelt der Schlaf zwar dem Stadium 1, doch ist dies jene Zeit, in der wir am meisten träumen. Zugleich sind die Muskeln absolut entspannt. Eine glückliche Fügung der Natur. Stellen wir uns bloß vor, was alles passieren könnte, wenn wir nicht wie gelähmt diese Traumphase absolvieren, sondern unsere Träume mit Tatkraft ausleben würden...! Herzschlag und Atmung steigen wieder deutlich an. Das besondere Kennzeichen sind aber die schnellen Augenbewegungen. Die Abkürzung REM steht daher für **R**apid **E**ye **M**ovement. Das Gehirn arbeitet jetzt mit Höchstleistung. Wird die Hirnaktivität sowohl während der verschiedenen Schlafstadien als auch im Wachzustand mittels radioaktiver Substanzen bestimmt, so zeigt sich, dass sie in den REM-Stadien am höchsten ist!

Wie viel Schlaf brauchen wir?

Schlaf ist eine höchst individuelle Angelegenheit. Sieben bis acht Stunden gelten als „Normalwert“. Die Geschichte kennt aber auch Persönlichkeiten, die mit extrem wenig Schlaf ausgekommen sind. Napoleon soll schon nach vier Stunden wieder hellwach gewesen sein.

Insgesamt gilt, dass der Mensch in den letzten Jahrzehnten das Schlafen zu verlernen scheint. Im Vergleich der

letzten 100 Jahre schlafen die Menschen der Industrieländer um durchschnittlich zwei Stunden kürzer, in den letzten 15 Jahren schon wieder um eine halbe Stunde weniger. Weil die Unterhaltungsindustrie, weil Diskotheken, Fernsehen und moderne Elektronik uns ganz offensichtlich dazu nötigen, Schlaf zu opfern.

Bester Schlaf vor Mitternacht?

Unsere Vorfahren glaubten es zu wissen, dass der erholsamste Schlaf jener vor Mitternacht sei. Seit Einführung der Messverfahren in den Schlaflabors ist tatsächlich der Nachweis gelungen, dass die Volksmeinung nicht so Unrecht hatte. Es lässt sich zwar nicht behaupten, dass der Schlaf vor Mitternacht etwa gesünder sei, doch beherrschen die Tiefschlafstadien gleich nach dem Zubettgehen das Schlafprofil. Im ersten Zyklus verbringt man bereits bis zu einer halben Stunde im Stadium 4. Da dies im Allgemeinen noch vor Mitternacht geschieht, gönnt sich der Körper damit die größte Erholung. Entscheidend ist, dass in den ersten eineinhalb Stunden des Schlafes die Ruhe auch störungsfrei genossen wird, da nur so wirklich Tiefschlaf „abtauchen“ erreicht wird. In den folgenden Zyklen hat sich der Körper bereits wieder einigermaßen regeneriert, weshalb auch die tiefen Schlafstadien abnehmen.

Phänomen REM-Schlaf

Es ist ein noch immer nicht ganz geklärtes, oft bizarres Geschehen, das sich in den Schlaf drängt: Die REM-Phasen. Als Entdecker dieser Schlafphasen gilt Nathaniel Kleitman, der 1939 erstmals in seinem Buch über die Phase der raschen Augenbewegungen berichtet hat.

Ihm fiel auf, dass Versuchspersonen nach dem Aufwachen aus dem REM-Schlaf oft recht präzise über die Träume berichten konnten. In der Folge wurden die REM-Perioden daher als „Traumschlaf“ bezeichnet, was freilich nicht ganz richtig ist. Wir träumen auch während anderer Schlafstadien, allerdings zum überwiegenden Teil tatsächlich in den REM-Stadien. Mehr als 50 Prozent aller Träume enthalten übrigens Auszüge aus dem Vortag, die sich in optischen und akustischen Fantasieerlebnissen niederschlagen, aber auch völlig abstrakt an unser Gehirn dringen.

Tab. 1: Was tut sich im Schlaf?

Einschlafphase	➤ Muskelentspannung ➤ Schnelle Augenbewegungen
Stadium 1 (2 bis 5 % des Gesamtschlafs)	➤ Muskeln werden lockerer ➤ Schwere Glieder ➤ Sinkende Körpertemperatur ➤ Gleichmäßiger Puls ➤ Ruhige Atmung ➤ Augen schließen sich ➤ Geräusche werden wahrgenommen ➤ Langsame Augenbewegungen
Stadium 2 (45 – 50 %)	➤ Hin- und Herrollen der Augen ➤ Langsames Schwinden des Bewusstseins
Stadium 3 (3 – 8 %)	➤ Muskeln entspannen sich noch mehr ➤ Herzschlagrate sinkt ➤ Blutdruck wird reduziert ➤ Stillstand der Augen
Stadium 4 (10 – 15 %)	➤ Weiteres Sinken der Körpertemperatur ➤ Immunsystem regeneriert sich ➤ Regelmäßige Atmung/Herzfunktion
REM-Stadium (20 – 25 %)	➤ Völlig entspannte Muskeln ➤ Herzschlag und Atmung steigen an ➤ Schnelle Augenbewegungen ➤ Gehirn zeigt Zeichen höchster Aktivität

Seit seiner Entdeckung gilt der REM-Schlaf jedoch als ein Phänomen mit vielen Rätseln. Ein Versuch zur Analyse des noch immer Ungewöhnlichen basiert auf dem Vorherrschen der REM-Phasen in den frühen Lebensjahren, sowohl bei Menschen als auch bei Tieren. Unterschiedliche Forschungsergebnisse deuten darauf hin, dass Säugetiere schon vor der Geburt einen großen Teil in einem REM-ähnlichen Zustand verbringen. Der französische Schlafforscher Michel Jouvet hat deshalb die Theorie aufgestellt, der REM-Schlaf diene der Programmierung von Vorgängen im Gehirn, die zur Entwicklung und Aufrechterhaltung genetisch bedingter Funktionen, wie etwa instinktiver Handlungen, notwendig seien.

Demnach entsteht während der REM-Stadien im Gehirn ein von der Außenwelt unabhängiges Wahrnehmungsmuster - die Träume eben - gepaart mit einem motorischen Muster, das wegen der Hemmung unserer Muskulatur jedoch nicht voll zum Ausbruch kommt. Jouvet nimmt nun an, die solcherart verursachte Aktivität der Nervenzellen würde eine Art Code darstellen, der in den Genen gespeicherte Information aktivieren und/oder abrufen kann. Dies würde in erster Linie einem angeborenen Instinktverhalten entsprechen, das im REM-Schlaf „eingeübt“ und mit Informationen verknüpft wird, die man im Laufe des Lebens erwirbt.

Vorerst können diese Annahmen auch durch umfangreiche Versuche noch nicht wirklich bestätigt werden, sodass weite Strecken des Phänomens REM nach wie vor unklar sind.

Hat unser Hirn ein REM-Zentrum?

Seit Beginn der Schlafforschung fasziniert die Frage: Gibt es in unserem Gehirn vielleicht ein eigenes Zentrum, das den REM-Schlaf steuert? Etwa zwanzig Jahre nach der Entdeckung der REM-Stadien beobachtete man in Versuchsreihen, dass die Ausschaltung bestimmter Gruppen von Nervenzellen im Hirnanteil „Pons“ (Brücke), zum vollkommenen Verschwinden oder zur starken Unterdrückung des REM-Schlafs in den EEG-Ableitungen führte. Daraus wurde der Schluss gezogen: In diesem Hirnareal muss eine Regelzentrale für die REM-Phasen liegen.

Obwohl noch viel diskutiert wird – es gibt tatsächlich Hinweise dafür, dass diese Hypothesen stimmen könnten. Wurden nämlich bei Versuchstieren Zellen im „Pons“ zerstört, hatten die Tiere nur mehr gering ausgeprägte REM-Perioden, statt dessen jedoch starke Muskelanspannungen und ein recht eigenartiges Verhalten: Sie hoben den Kopf, verfolgten offensichtlich gar nicht vorhandene Objekte, die sie auch zu ergreifen versuchten, machten Anstalten zur Flucht oder zeigten Anzeichen von Wut und Angst.

Es schien so, als ob die schlafenden Tiere durch den Wegfall der im REM-Schlaf üblicherweise auftretenden „Muskelbremse“ ihre Träume ausleben konnten. Zumindest dürfte es sich bei diesen Beobachtungen um einen Hinweis darauf handeln, dass auch bei Tieren während der REM-Phasen Träume vorkommen.

Zusätzlich mehren sich Vermutungen, die den REM-Schlaf auf einen chemischen Prozess zurückführen. Die Aus-

schüttung von Neurotransmittern soll dafür verantwortlich sein: Zellen, die Serotonin enthalten, könnten demnach die REM-Perioden auslösen, während die Ausschüttung von Noradrenalin und Acetylcholin den eigentlichen REM-Schlaf aufrechterhält. Amerikanische Gruppen haben herausgefunden, dass sich serotoninhaltige Zellen einerseits und noradrenalin- bzw. acetylcholinhaltige Zellen andererseits beeinflussen und tatsächlich für einen Wechsel zwischen Non-REM- bzw. REM-Schlaf sorgen.

Schlaf: Software unserer „Festplatte“

Lange wurde daran gezweifelt, schließlich ist der Beweis gelungen: Lernen im Schlaf ist möglich. Gelerntes Wissen, das über den Tag in Vergessenheit geraten ist, wird während der Nacht gespeichert – wie man beobachtet hat: vor allem in den REM-Stadien – und steht damit am nächsten Tag wieder zur Verfügung. Die „Software“ Schlaf scheint in mehreren Stufen auf die „Festplatte“ Gehirn zu schreiben.

Experten um Kimberley Fenn von der Universität Chicago überprüften mit einem Sprachcomputer die Fähigkeit von Testpersonen, ähnlich klingende Wörter zu erkennen. Als zusätzliche Hürde hatte man den Computer auf eine undeutliche Sprache programmiert. Je länger die Versuchspersonen trainierten, umso besser verstanden sie die vorgegebenen Wörter und erkannten sie richtig. Allerdings schien das Gelernte schnell wieder in Vergessenheit zu geraten. Vor allem abends, nach etwa zwölf Stunden Pause, wurden die Wörter kaum noch erkannt.

Wenn die getesteten Personen jedoch innerhalb der zwölf Stunden wenigstens kurz geschlafen hatten, wurden wesentlich mehr Begriffe richtig zugeordnet. Auch das fast völlige Vergessen am Abend ließ sich durch einen kurzen Schlaf tagsüber rückgängig machen. Die Probanden waren jedenfalls danach genauso gut im Erkennen der Wörter wie in der direkten Trainingsphase.

Eine Forschergruppe um *Matthew Walker* (Harvard Medical School, Boston) untersuchte, wie Wissen im Gehirn gespeichert wird und wie sich Schlaf auf diese Speicherung auswirkt. Dazu mussten die Getesteten einfache Fingerübungen machen.

Man fand heraus, dass während des Schlafes das zuvor Gelernte im Langzeitgedächtnis gespeichert und verfestigt wird. Die „Festplatte“ bekommt zunächst eine Art zusätz-

lichen Sicherungsschutz. Wird das Wissen später erneut abgefragt, ist es allerdings wieder labil und kann neuerlich in Vergessenheit geraten. Um dauerhaft erhalten zu bleiben, müsse das Wissen nochmals im Langzeitgedächtnis abgelegt werden, berichtet die Forschergruppe.

Schlafmangel löst Katastrophen aus

Als am 26. April 1986 die Bedienmannschaft des Reaktorblocks Nummer 4 in Tschernobyl ein Experiment startete, mit dem man die Stromproduktion überprüfen wollte, standen die Männer bereits seit über 24 Stunden ununterbrochen im Dienst. Der Reaktoroperator Leonid Toptunow war noch unerfahren und gab – viel zu müde, um das richtige zu tun – falsche Anweisungen, als die Reaktorleistung stark abfiel. Er ließ die Brennstäbe, mit denen die atomare Kettenreaktion kontrolliert wird, ausfahren. Die Folge war eine Kettenreaktion schwerster Zwischenfälle, die schließlich in der Atomkatastrophe von Tschernobyl gipfelte.

Ein nach der Ursache ähnlicher, wenngleich in den Auswirkungen harmloserer Zwischenfall hatte sich schon am 28. März 1979 im Atomkraftwerk Three Mile Island in Harrisburg (USA) ereignet. Der Reaktor wurde vollständig zerstört, die gesamte Stadt musste evakuiert werden, gravierende gesundheitliche Folgen blieben zum Glück jedoch aus.

Bekannt ist auch, dass am 3. Dezember 1984 im indischen Bhopal 3.800 Menschen sofort getötet und über 12.000 schwer vergiftet wurden, weil eine Zyanidgas-Verbindung aus den Tanks einer Chemiefabrik strömte. Ein – wie man später herausfand – übermüdeten Arbeiter hatte ein Ventil nicht vollständig geschlossen ...

Die Liste lässt sich bedauerlicher Weise fortsetzen: Ob das Stranden des Öl-Supertankers „Exxon Valdez“ vor der Küste Alaskas mit verheerenden Folgen für die Umwelt, ob das Sinken der „Herald of Free Enterprise“ mit Hunderten Toten – immer war Müdigkeit im (tödlichen) Spiel.

Dies gilt bedauerlicherweise auch für Luft- und Bahnverkehr. Das anonyme Berichtssystem der amerikanischen Luftfahrtbehörde registriert pro Jahr bis zu 10.000 Hinweise auf Müdigkeit von Piloten. Und Untersuchungen an schwedischen Lokführern haben ebenfalls Beunruhigendes zutage gebracht. Dort hat man gesehen, dass Lokführer auch im Schlafstadium S2 noch in der Lage sind, die so genannte „Totmann-Einrichtung“ (z. B. ein Pedal, das waagrecht ge-

halten werden muss, da sonst der Zug nach einem Voralarm automatisch stoppt) richtig zu handhaben.

Möglichkeit zur Überwachung: Pupillometrie

Dass die Situation von Schläfrigkeit beim Autofahren und am Arbeitsplatz durchaus dramatisch ist, beweisen zusätzliche Untersuchungen. Krankhafte Atemaussetzer während der Nacht - aber auch viele andere Schlafstörungen - machen Millionen Menschen so schläfrig, dass sie tagsüber immer wieder Verkehrsunfälle verursachen.

Nicht nur jeder vierte tödliche Autounfall wird demnach durch Schläfrigkeit verursacht, auch die Unfälle im Haushalt häufen sich. Mit neuen therapeutischen Methoden, vor allem aber durch eine gezielte Überwachung der müden Autofahrer könnte viel Unheil verhindert werden.

Seit einigen Jahren steht dafür die „Pupillometrie“ zur Verfügung, die – ähnlich wie der „Alkomat“ der Polizei zur Bestimmung des Alkoholisierungsgrads – eben die Übermüdung aufdecken kann

Das Prinzip der Pupillometrie hat einen einfachen physiologischen Hintergrund: Die Pupillen sind niemals starr, sondern verändern sich, unabhängig von Lichteinflüssen, pro

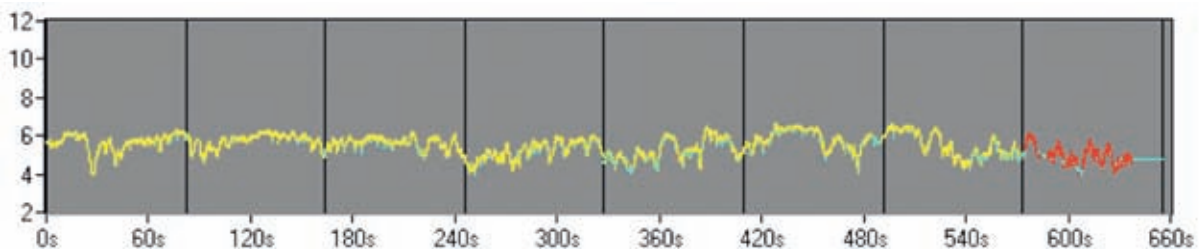
Sekunde im Durchmesser um etwa 0,3 Millimeter. Bei einem schläfrigen Menschen sinkt die Frequenz des Pupillenspiels, während die Amplitude steigt. Die Aufzeichnung der spontanen und unbewussten Bewegung der Pupille im Dunkeln ist somit die einfachste – und inzwischen bewährte – Methode zur objektiven Messung und Beurteilung der Tagesschläfrigkeit.

Eine Videokamera mit Infrarotbeleuchtung beobachtet die Pupille des Untersuchten. Dieser trägt eine für sichtbares Licht dichte, für Infrarotlicht jedoch transparente Brille. Die Messungen werden in Dunkelheit durchgeführt, der Proband hat lediglich die Aufgabe, die schwach sichtbare Infrarotbeleuchtung zu fixieren.

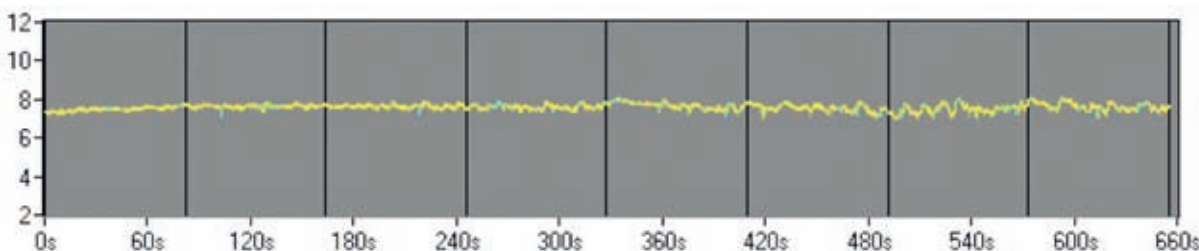
Das spontane Pupillenspiel wird elf Minuten lang aufgezeichnet und daraus der Pupillenunruheindex PUI in Millimetern pro Minute berechnet. Unmittelbar nach einer Messung steht das Ergebnis zur Verfügung. Null bis 6,6 bedeutet wach, bis 9,8: Achtung, hier könnte der Untersuchte bereits müde sein. Darüber hinaus gibt es keine Zweifel mehr: Hände weg vom Lenkrad oder von gefährlichen Tätigkeiten. Jetzt hat der Schlaf die Oberhand.

In zwei großen Studien haben wir gemeinsam mit den zuständigen Behörden in mehreren österreichischen Bundesländern ausgedehnte Untersuchungen durchgeführt, die teilweise erschreckende Ergebnisse gebracht haben.

Bei erhöhter Einschlafneigung treten typische Pupillenbewegungen auf - langsame Schwankungen, so genannte Schläfrigkeitswellen, wie sie im folgenden Beispiel einer müden Person zu sehen sind:



Zum Vergleich das Pupillogramm einer nicht schläfrigen Person:



24 Prozent der PKW-Lenker und 37 Prozent der LKW bzw. Bus-Fahrer waren so müde, dass sie eigentlich nicht mehr hinter dem Steuer hätten sitzen dürfen. Fragwürdiger „Rekordhalter“ war ein LKW-Fahrer der über 50 Stunden bei nur fünf Stunden Pause unterwegs gewesen war.

Schlafstörungen ...

- werden derzeit über 120 verschiedenen Diagnosen zugeordnet
- wurden von der WHO (Weltgesundheitsorganisation) unter die vier großen medizinischen Herausforderungen der nächsten 50 Jahre gereiht
- betreffen über 30 Prozent der österreichischen Bevölkerung. In den USA wird der Anteil der Menschen mit Schlafstörungen bereits auf 75 % (!) geschätzt.
- stellen einen hohen Risikofaktor für Herz/Kreislauf-Erkrankungen dar
- führen zu starker Tagesschläfrigkeit
- erhöhen das Unfallrisiko um 630 Prozent
- steigern das Unfallrisiko bei Fernfahrern um etwa 250 Prozent
- sind für 24 Prozent aller tödlichen Verkehrsunfälle verantwortlich
- verursachen rund ein Drittel aller Verkehrsunfälle
- wirken wie Alkohol im Blut. Wer nur vier Stunden schläft, ist einem Menschen mit 0,5 Promille gleichzusetzen. Eine einzige schlaflose Nacht bewirkt ein Verhalten wie mit 1,0 Promille.
- haben zu Groß-Katastrophen geführt (Tschernobyl, Three Miles Island, Exxon Valdez, Challenger, Herald of Free Enterprise etc.)
- führen pro Jahr (!) zu 10.000 gemeldeten Zwischenfällen allein über dem Luftraum der USA (Aviation Safety Reporting System)
- schränken die Lebensqualität drastisch ein
- verursachen weltweit Einbußen durch Unfälle und Einbußen der Produktivität von jährlich rund 400 Milliarden €.



Univ.-Prof. Dr. Manfred Walzl

Leiter der Schlafmedizin
Landesnervenklinik Graz
Wagner-Jauregg-Platz 18
8053 Graz
Österreich/Austria
Tel.: +43 (0)316 2191-2622
Mail: walzl@aon.at



Schlaf, Schlafstörungen und Enuresis nocturna bei Kindern

Jürgen Zulley, Barbara Schneider

Wie viel Schlaf ist normal?

Viele Eltern befürchten, dass ihre Kinder zuwenig schlafen. Kinder wollen abends häufig nicht ins Bett, sind überdreht und wirken überhaupt nicht müde. Die benötigte Schlafdauer bei Kindern ist sicherlich größer als die von Erwachsenen, verändert sich mit der Entwicklung und ist individuell

sehr unterschiedlich. Neugeborene schlafen 16 bis 18 Stunden, welche sich auf 5 Schlafperioden verteilen. Das bedeutet alle 3-4 Stunden tritt eine Wachphase ein, unabhängig von der Tageszeit. Im Wachen findet in den ersten Lebensmonaten überwiegend die Nahrungsaufnahme statt, wobei der Säugling nicht durch das Hungergefühl wach wird, sondern durch den zugrunde liegenden circadianen Rhyth-

mus. In den ersten 3 bis 6 Lebensmonaten passt sich der Schlaf-Wach Wechsel mehr oder weniger langsam an den 24 Stunden Tag an und es wird vermehrt nachts geschlafen. Die längste zusammenhängende Schlafperiode im ersten Lebenshalbjahr kann bis zu 6 Stunden betragen. Nächtliches Erwachen ist in dieser Altersgruppe normal und steht meist im Zusammenhang mit einer erforderlichen Nahrungsaufnahme. Im ersten Lebensjahr reduziert sich die Schlafdauer auf 14 bis 15 Stunden. Tagsüber finden sich dann meist 2 Schlafepisoden. Am Ende des 1. Lebensjahres schlafen die meisten Kinder nachts durch, mit insgesamt ca. 12 Stunden Schlaf. Ab dem dritten Lebensjahr wird meistens mittags nicht mehr geschlafen, wobei dies keiner festen Regel unterliegt. Manche Kinder benötigen den Mittagsschlaf noch, zwingen sollte man sie nicht.

Ab dem Alter von 6 Jahren schlafen die Kinder ca. 10 Stunden pro Tag. Dies kann sich bis zum Alter von 12 Jahren auf 8,5 Stunden weiter reduzieren. Es gibt aber erhebliche individuelle Unterschiede in der benötigten Schlafdauer und auch im Schlafrhythmus. Manche Kinder schlafen viel, andere Kinder schlafen deutlich weniger und sind unruhiger.

Mit dem Beginn der Pubertät kann die Schlafmenge wieder ansteigen. Hier finden sich auch eine Verlängerung des Nachtschlafs und eine Verschiebung der Hauptschlafphase. Die Kinder bzw. Jugendliche werden dann erst später müde und morgens tendieren sie zu einem späteren Aufstehen. Bedingt ist dies durch eine transiente Verschiebung der biologischen Rhythmik, die bis zum ca. 20. Lebensjahr bestehen kann. Dies kann zu Konflikten und Diskussionen führen, da der Beginn der Schule oder der Arbeitsbeginn bei einer Lehre meist unverändert bleibt und die Jugendlichen in den ersten Schulstunden unausgeschlafen wirken. Das Schlafdefizit, welches sich über die Woche aufbaut, wird meist am Wochenende wieder ausgeglichen [6].

Was ist Schlaf?

Der Schlaf ist gekennzeichnet durch einen zeitlich begrenzten Zustand reduzierter Bewusstseins- und Aktivitätslage. Ein Bewusstsein fehlt entweder oder ist - im Traumgeschehen - verändert. Die motorische Aktivität ist, neben einer allgemeinen Verringerung, gekennzeichnet durch das Fehlen einer zielgerichteten Motorik. Der Organismus reagiert auf Umweltreize im Schlaf nur eingeschränkt.

Der Schlaf ist kein monotoner Zustand, sondern ein ständiger Wechsel zwischen leichtem und tieferem Schlaf. Untergliedert in verschiedene Schlafstadien (Schlafstadium 1 bis 4 und REM) zeigt sich im Schlaf ein regelmäßiger 90 Minuten Rhythmus, der dazu führt, dass wir jede eineinhalb Stunden fast wach werden (vor oder nach dem REM- oder Traumschlaf) und dann wieder in tieferen Schlaf fallen. Diese rhythmische Gliederung ist ein wesentliches Charakteristikum des Schlafes, ein weiteres ist die Verteilung der Schlafphasen.

Im Vergleich zu Erwachsenen haben Säuglinge und Kinder einen höheren Anteil von REM Schlaf. Man geht davon aus, dass dieser hohe Anteil an Traumschlaf für die Ausreifung des Gehirns wichtig ist. Beim Erwachsenen beträgt der REM - Anteil nur noch 25 % und sinkt mit dem Älterwerden weiter ab. Außerdem tritt bei Kindern der Tiefschlaf nicht nur in den ersten Stunden des Nachtschlafes auf, sondern verteilt sich auf alle Schlafzyklen. Erwachsene hingegen schlafen nur im ersten Nachtdrittel tief, der übrige Nachtschlaf wechselt zwischen Traum – und Leichtschlaf [3].

Während des Schlafes kommt es zu wichtigen Erholungsvorgängen. So wird z. B. das Wachstumshormon überwiegend nur während des Schlafes ausgeschüttet und es bewirkt das, was sein Name verspricht: es ist für Wachstum und Regeneration erforderlich. Kinder, die einen chronisch gestörten Schlaf aufweisen, können in ihrem Wachstum und in ihrer Entwicklung verzögert sein. Auch das Immunsystem wird während des Schlafes gestärkt. Gestörter Schlaf führt zu einem geschwächten Immunsystem, welches zu ernsthaften Erkrankungen führen kann. Auch die Verdauung und unser Herz-Kreislaufsystem benötigen die nächtliche Ruhephase. Unsere geistige Leistungsfähigkeit benötigt ausreichenden Schlaf. Erfahrungen und Gelerntes werden im Schlaf im Gedächtnis durch Wiederholung und Überprüfung verankert. Ein gesunder Schlaf ist also die Basis für viele komplexe Prozesse, die nachts ablaufen ohne von uns bemerkt zu werden. Er ist somit die Grundvoraussetzung für Gesundheit, Leistungsfähigkeit und Wohlbefinden.

Ist der Schlaf gestört, führt dies nicht nur zu einer Beeinträchtigung der Befindlichkeit, sondern es kann auch fatale Folgen haben, sowohl unmittelbar als auch langfristig. Hierzu gehören Leistungsminderungen, Unfälle, chronische körperliche und psychische Erkrankungen.

Der Schlaf ist ein empfindlicher Zustand, der gewisser äußerer Bedingungen bedarf, um ungestört vonstatten zu ge-

hen. Hierzu gehören ruhige Umgebungsbedingungen, abgedunkelte Räume, angemessene Liegemöglichkeiten, die den normalen Schlafablauf nicht behindern. Es müssen nächtliche Bewegungen im Schlaf (Umdrehen) ebenso möglich sein, wie eine Absenkung der Körpertemperatur mit nachfolgendem Wiederanstieg. Körperwärme wird über die Haut abgeführt (Transpiration), weshalb wiederum eine Abfuhr der Feuchtigkeit erforderlich ist. Werden die physiologischen Vorgänge behindert, kommt es zu gestörtem Schlaf. In neueren Studien zeigte sich, dass vor allem ein trockenes Klima in der Betthöhle die Qualität des Schlafes deutlich verbessern kann [8].

Schlafstörungen bei Kindern

In den Schlaf zu kommen, kann wie bereits aufgeführt, gerade bei Kindern ein Problem darstellen. Kinder brauchen abends eine Phase, in der sie zur Ruhe kommen, in der nicht mehr wild gespielt wird und in der eindeutige Signale von den Bezugspersonen gesetzt werden, an denen Kinder erkennen können, dass es jetzt in die Nachtruhe geht. Sind die Kinder abends überdreht, so ist dies häufig ein Zeichen von Übermüdung, wobei aber die Kinder nicht zur Verantwortung gezogen werden können, sie können nicht anders. Es ist dann besonders wichtig die Kinder in eine eher monotone Situation zu bringen und die äußeren Reize zu reduzieren. Gewisse Rituale, die sich jeden Abend wiederholen, wie z.B. Vorlesen, können die Selbstregulation unterstützen. Fernsehen kurz vor dem zu Bett gehen hat eher einen negativen Einfluss auf das Schlafverhalten, da besonders Kinder das Gesehene noch nicht ausreichend verarbeiten können. Unruhiger Schlaf und schlechte Träume können die Folge sein. Oft ist es auch wichtig, dass Kinder noch den Kontakt zu den Eltern am Abend haben, dass z. B. das Kinderschlafzimmer nicht weit weg vom Wohnzimmer liegt, dass evtl. auch die Tür aufgelassen wird oder zumindest ein kleines Licht im Flur brennt. Man sollte aber darauf achten, dass die Kinder da einschlafen, wo sie auch weiterschlafen sollen, möglichst also im eigenen Bett. Wacht ein Kind nach einem Schlafzyklus von 90 Minuten kurz auf und befindet sich an einem anderen Ort als zuvor, kann dies Ängste auslösen und zum kompletten Erwachen mit Problemen beim wieder einschlafen führen [2].

Erwacht ein Kind alle 2 Stunden und verlangt nach den Eltern hat es meist ein Problem mit der Selbstregulation und sucht die Hilfe bei den Bezugspersonen. Wird dies zu einer Belastungssituation für die gesamte Familie, da niemand mehr durchschlafen kann, sollte man gezielt Hilfe zur Entlastung anbieten.

Im Schulalter finden sich solche Probleme eher selten. Eigentlich sind dies die effizientesten Schläfer. Gelegentlich können Einschlafprobleme im Zusammenhang mit schulischen oder familiären Belastungen und auch Problemen aus dem Freundeskreis auftreten.

Im Jugendalter treten dann aber wieder verstärkt nicht nur Einschlafstörungen, sondern auch Durchschlafstörungen auf. Die Prävalenz beträgt 10-15%. Dies kann im Zusammenhang mit dem erhöhten Schlafbedürfnis in dieser Zeit stehen, aber auch mit den zunehmenden psychischen bzw. sozialen Konflikten in diesem Alter.

Eine relativ häufige Schlafstörung des Kindes- und Jugendalter stellt das Schlafwandeln dar. Schlafwandeln stellt eine reifungsbedingte, passagere Störung dar, die im Normalfall nicht behandlungsbedürftig ist. Hinzuweisen wäre aber auf das Risiko nächtlicher Verletzungen, da es die „schlafwandlerische Sicherheit“ nicht gibt, im Gegenteil, sie stellt das eigentliche Risiko dar.

Auch Kinder können schnarchen. Bei 7 bis 9% der Schulkinder kann habituelles Schnarchen ohne obstruktive Apnoen, Hypopnoen oder Hypoventilation beobachtet werden. Neuere Untersuchungen zeigen, dass Kinder die schnarchen im Vergleich zu nicht schnarchenden Kindern schlechtere Schulnoten hatten. Das obstruktive Schlafapnoe-Syndrom zeigt zwischen dem zweiten und sechsten Lebensjahr einen Inzidenzspitzen und beschreibt die Verlegung der oberen Atemwege im Schlaf. Hierbei kommt es zu einem Abfall der Sauerstoffsättigung und kann den Schlaf in seiner Qualität beeinträchtigen. Von den Zwei - Fünfjährigen sind ca. 2% davon betroffen. Diese Kinder haben häufig eine erschwerte Nasenatmung, atmen nur durch den Mund und haben gelegentlich eine kloßige Sprache. Neben Gedeihstörungen und Infektanfälligkeit zeigt sich bei vielen eine verstärkte Unruhe, die den Symptomen eines ADHS sehr ähnlich sein können. Neuere Studien [1] belegen, dass bei Kindern mit einer obstruktiven Schlafapnoe signifikant häufiger nächtliches Einnässen auftritt. In einer Untersuchung bei übergewichtigen Kindern zeigte sich, dass 80% der Bettnässer auch an einer obstruktiven Schlafapnoe litten [7].

Enuresis nocturna

Auch das Trockenwerden unterliegt einem Reifungsprozess. So ist es völlig normal, wenn Kinder bis zum 5. Lebensjahr nachts noch einnässen. Von einer Enuresis nocturna spricht man, wenn in mindesten 3 aufeinander folgenden Monaten zwei Mal pro Monat bei unter 7 Jährigen eingenässt wird. Bei älteren Kindern wird eine Häufigkeit von ein Mal pro Monat als auffällig beschrieben. Eine organische Ursache muss zuvor ausgeschlossen werden.

Die Enuresis nocturna kann in verschiedene Gruppen eingeteilt werden. Wenn die längste trockene Periode kürzer als 6 Monate war, spricht man von einer primären Form. War das Kind schon einmal länger als 6 Monate trocken und nässt jetzt nachts wieder ein, wird dies als sekundäre Enuresis bezeichnet. Bezüglich somatischer oder genetischer Faktoren unterscheiden sich diese beiden Formen nicht. Ein Rückfall bei den sekundären Formen kann durch belastende Lebensumstände ausgelöst werden. Auch ein Zusammenhang mit psychischen Störungen ist bei der sekundären Enuresis nocturna deutlich häufiger zu finden.

Eine monosymptomatisch Enuresis nocturna liegt vor, wenn das Kind tagsüber unauffällig ist, nicht-monosymptomatisch bezeichnet die Fälle, in denen tagsüber zusätzlich Miktionsauffälligkeiten bestehen.

Die Häufigkeit im Alter von 5 – 12 Jahren wird auf 1 – 15% geschätzt. Als Ursache wird eine multifaktorielle Genese angenommen: nächtliche Polyurie, Detrusorhyperaktivität, fehlende Inhibition des Miktionsreflexes und erschwerte Erweckbarkeit werden genannt. Genetische Faktoren scheinen eine wichtige Rolle bei der Entstehung der Enuresis nocturna zu spielen. Epidemiologische Studien und Zwillingsstudien, aber auch molekulargenetische Ergebnisse konnten dies zeigen [5].

Der Schlaf betroffener Kinder ist im Wesentlichen unauffällig. Das Einnässen kann in jedem Schlafstadium auftreten, meist jedoch im ersten Schlafdrittel. Dieser Schlaf ist gekennzeichnet durch vermehrten Delta-Schlaf (Tiefschlaf), indem die Weckschwelle am höchsten ist. Dies kann den Zeitraum des Einnässens erklären, wobei jedoch Kinder mit Enuresis nocturna zusätzlich eine erschwerte Weckbarkeit aufweisen

Aus psychologischer Sicht ist darauf hinzuweisen, dass durch falschen Umgang mit der Enuresis nocturna sekundäre Probleme entstehen können. Das Thema wird häufig

tabuisiert, welches sowohl für die Eltern aber vor allem für die Kinder ein gravierendes Stresspotential darstellt. Bevor eine gezielte Therapie begonnen wird sollte eine Beratung der Eltern und des Kindes erfolgen. Hierbei ist es wichtig die Familie zu entlasten, Schuldgefühle zu nehmen und positive Verstärker aufzuzeigen. Das Führen eines „Sonne-Wolken-Kalenders“, Aufbau der Motivation trocken zu werden und ggf. ein Belohnungssystem bei trockenen Nächten kann schon vieles bewirken.

Die Therapie der ersten Wahl ist die apparative Verhaltenstherapie mittels Klingelhose bzw.-matte. Hierbei geht es nicht darum, die Kinder rechtzeitig aufzuwecken, sondern um die Bahnung eines Lernprozesses. Es handelt sich um ein operantes Verfahren, bei dem durch enge zeitliche Verknüpfung von Wecksignal und nachfolgenden Abläufen gelernt wird mit der nächtlichen Situation umzugehen. Häufig wird diese Methode mit verhaltenstherapeutischen Maßnahmen verknüpft. Ca 79% der Kinder profitieren von dieser Methode und können entweder ungestört und trocken durchschlafen oder es kommt durch die gefüllte Blase allein zu einer ausreichenden Weckreaktion mit anschließendem Toilettengang. Als Mittel der zweiten Wahl zählt die Pharmakotherapie, falls die Verhaltenstherapie keinen Erfolg bringt und die familiäre Belastung sehr hoch ist.

Bei schwer behandelbaren Fällen kann es zu einer psychischen Belastungssituation kommen, welche oftmals durch die Eltern und Umwelt noch erheblich verstärkt werden können [4]. Dies wirkt sich wiederum negativ auf den Schlaf aus.

Aus diesem Kreislauf ist es schwer wieder herauszufinden. Zum einen muss angenommen werden, dass sich bei den Kindern eine Erwartungsangst aufbaut, die sowohl das Einschlafen als auch die Schlafqualität beeinträchtigen kann. Ebenfalls ist die Wahrnehmung des Einnässens (nasse Windel, Hose oder Bettzeug) in den kurzen physiologischen Wachphasen ein negativer Stressor, der zum vollständigen Erwachen führen kann. Auch hier zeigen sich vermehrt Störungen bei der Fortsetzung des Schlafes. Ein dritter schlafstörender Einfluss ist durch die erhöhte Luftfeuchtigkeit durch das Einnässen in der Betthöhle gegeben. Bei Untersuchungen bei Erwachsenen konnten Hinweise auf die negative Auswirkung einer erhöhten Luftfeuchtigkeit auf die Schlafqualität gefunden werden [8].

Ein gestörter Nachtschlaf bewirkt aber eine Verschlechterung der gesamten Situation. Um diese Negativschleife zu durchbrechen können Hilfsmittel, die das Bettklima und die

umgebende Wäsche in Fällen von therapieresistenter Enuresis nocturna möglichst trocken halten, hilfreich sein. Der Ansatz hierzu ist, sowohl die Stressbelastung der Betroffenen zu reduzieren, als auch den störenden Einfluss der nächtlichen Wahrnehmung des Einnässens zu verhindern und das Betthöhlenklima zu verbessern. Man kann annehmen, dass bei Kindern mit schwer behandelbarer Enuresis nocturna durch solche zusätzlichen Hilfsmittel die Schlafqualität verbessert werden kann, was wiederum wichtig für die psychische Stabilität und die Entwicklung der Kinder ist. Genauere Untersuchungen zu diesen Zusammenhängen, vor allem mit objektiven Meßmethoden, fehlen bei Kindern bislang noch und sollten vor dem Hintergrund der Verbesserung der Schlafqualität angestoßen werden.

Wesentliches für die Praxis

Gerade für Kinder und Jugendliche ist erholsamer Schlaf Grundvoraussetzung für Gesundheit, Leistungsfähigkeit und Wohlbefinden. Das Schlafverhalten von Kindern und Jugendlichen kann individuell sehr unterschiedlich sein. Jugendliche benötigen wieder mehr Schlaf. Schlafstörungen stehen oft im Zusammenhang mit Belastungen aus dem Umfeld. Auch Kinder können Schlafapnoen auftreten. Bei der Enuresis nocturna ist auf die zusätzliche psychische Belastung zu achten, die durch entsprechende Maßnahmen reduziert werden kann.

Literatur

- [1] Barone JG, Hanson C, DaJusta DG, Gioia K, England SJ, et al. (2009): Nocturnal Enuresis and Overweight are associated with obstructive sleep apnea. *Pediatrics*, 124: e53-e59
- [2] Dt. Ges. f. Kinder- und Jugendpsychiatrie und Psychotherapie (2007) (Hrsg.): Leitlinien zur Diagnostik und Therapie von psychischen Störungen im Säuglings-, Kindes- und Jugendalter. Deutscher Ärzte Verlag, 3. überarbeitete Auflage
- [3] Fricke-Oerkermann L, Fölich J, Lehmkuhl G, Wiater A (2007) Schlafstörungen. Hogrefe, Göttingen
- [4] Gozman S, Keskin S, Akil I (2008) Enuresis nocturna and sleep quality. *Pediatr. Nephrol* 23 (8): 1293-6
- [5] Khatib DE, Gontard VA (2009) Enuresis nocturna und Schlaf. In: Kompendium Schlafmedizin. (Hrsg. Schulz H). Ecomed Verlag, Landsberg: XII-4.7, 1-14
- [6] Rabenschlag U. (1998) Kinder reisen durch die Nacht. Herder, Freiburg
- [7] Schäfer T (2004) Pädiatrische Erkrankungen. In: Kompendium Schlafmedizin. (Hrsg. Schulz H). Ecomed Verlag, Landsberg: X
- [8] Zulley J, Popp R, Ettenhuber K, Schwarz J, Geisler P (2009) Auswirkungen passiver Änderungen des Bettklimas auf den Schlaf. In Vorbereitung.
- [9] Zulley J., Schneider B., Schlaf, Schlafstörungen und Enuresis nocturna bei Kindern, *Kinderärztliche Praxis* 2010, Sonderheft Bettnässen, Seite 14 - 17



Prof. Dr. Jürgen Zulley

Universitäts- und Bezirksklinikum
Universitätsstr. 84
93053 Regensburg
Tel. 0941 941 1500
Fax 0941 941 1505
juergen.zulley@medbo.de

Schlafstörungen – das Risiko für Mitarbeiter und Unternehmer

Stabilisierte Magnetfelder als Ausweg?

Manfred Walzl*, Walter Medinger**

Zusammenfassung:

Einleitung: Es bestehen keine Zweifel mehr, dass technisch ausgelöste Störzonen in den natürlichen Magnetfeldern (z. B. durch TV-Geräte, Handys, Radiowecker etc.) eine potentielle Gesundheitsgefahr darstellen. Darauf weist u. a. eine umfangreiche Studie der WHO hin. Seit 2008 fordert deshalb auch die deutsche Gesellschaft für Prävention (GPpV) eine Reduktion der technischen Störzonen. Als eine geeignete Methode, um diese Störfelder zu unterdrücken, gilt „AlphaPrevent“ (Bicotec GmbH, Österreich).

Ziel der Pilotstudie: Im Rahmen unserer retrospektiven Untersuchung wurde nun versucht, die Auswirkungen von „AlphaPrevent“ auf die einzelnen Schlafphasen zu ermitteln.

Probanden und Methode: An der Beobachtung nahmen 106 Personen teil, die – einer 1:1-Ration folgend – in zwei Gruppen randomisiert wurden. Einschlusskriterium waren nicht-organische Schlafstörungen, die über einen Zeitraum von mindestens einem Jahr bestanden haben und ein Alter zwischen 25 und 70 Jahren.

Ergebnisse: In der Verum-Gruppe war, verglichen mit der Kontrollgruppe, eine deutlich bessere Schlafqualität zu beobachten. Die Wachzeit lag bei Anwendung von „AlphaPrevent“ um 24,5 % unter jener der Kontrollgruppe, das Schlafstadium 1 (Dämmer Schlaf) war um 14,8 % und das Schlafstadium 2 um 13 % niedriger. Gleichzeitig zeigte sich der Tiefschlaf positiv verändert: Das Stadium 3 war um 12,2 %, das Stadium 4 um 19,5 % besser. Die Tiefschlafphasen S3 und S4 waren in Summe somit um 17,3 % höher als in der Kontrollgruppe. Ähnliches zeigte sich auch beim REM-Schlaf, der in der Verum-Gruppe 14,7 % über der Kontrollgruppe lag.

Konklusion: Die Ergebnisse der präliminären Untersuchung beweisen die Wirkung einer Prävention von technisch ausgelösten Störfeldern auf das Schlafverhalten. Klar feststellbar war jedenfalls der statistisch signifikante günstige Unterschied zwischen Verum- und Kontrollgruppe, woraus sich eine eindeutige Verbesserung der Schlafqualität ableiten lässt.

Schlüsselwörter: Schläfrigkeit, Arbeitsplatz, Magnetfelder, Störzonen, AlphaPrevent

1. Einleitung

Der Schlaf beherrscht unser Leben wie kaum eine andere Funktion: Nahezu 3.000 der 8.760 Stunden eines Jahres, also rund 24 Jahre im Durchschnitt eines Menschenlebens, wer-

den im Schlaf verbracht. Gerade deshalb scheint es alarmierend, wenn in Europa bis zu 38 Prozent der Bevölkerung über Schlafstörungen aus unterschiedlichsten Ursachen berichten. Immer häufiger ist davon auch die Arbeitswelt betroffen. Klagen über Schläfrigkeit am Arbeitsplatz mit Konzentrations- und Aufmerksamkeitsmängeln sind die Folge [8,14,23,25].

Genauso wie Hunger oder Durst sind Schläfrigkeit und Schlaf ein unabdingbares physiologisches Erfordernis. Das

Schlafbedürfnis ist Resultat einer chronobiologischen Steuerung des Organismus, die im Laufe von 24 Stunden zwei Mal ein Maximum an Schläfrigkeit bewirkt: Einmal um die Mitte der „normalen“ Schlafperiode, das zweite Mal ziemlich genau zwölf Stunden später – zwischen 13.00 und 15.00 Uhr. Ein Faktum, auf das in der Arbeitswelt zunehmend Bedacht genommen werden muss [1,3,6,8,9,16,20,22,26].

In der Tat schläft der Mensch von heute wesentlich weniger als noch in früheren Zeiten (8,19,21) – womit es zu einer erheblichen Anhäufung von „Schlafschulden“ mit nachfolgender Tagesschläfrigkeit kommt. So schlief der Durchschnittsamerikaner im 19. Jahrhundert rund zehn Stunden, heute sind es nur noch sieben Stunden; ein Drittel der US-Amerikaner schläft sogar weniger als sechs Stunden [25].

Aus Deutschland und Österreich liegen ähnliche Erhebungen vor [9,25].

Schläfrigkeit ist einfach zu definieren: Sie bedeutet nichts anderes als die „akute Neigung zu schlafen“. Medizinisch ist die Schläfrigkeit dabei von Müdigkeit zu trennen, die definitionsgemäß einen „regulären Ablauf der Arbeit verhindert“. Müdigkeit kann sowohl das Resultat physischer Belastungen – beispielsweise schwerer Arbeit – sein, ebenso aber auch Ausdruck stereotyper Handlungen, wie das permanente Betrachten eines Monitorbildes. Eine Person kann demgemäß müde werden ohne deshalb schläfrig zu sein. Doch jene Faktoren, die zur Müdigkeit führen, tragen die Wahrscheinlichkeit für eine Schläfrigkeit in sich. So konnte nachweisen werden, dass schwere Mahlzeiten, überheizte Räume, stereotype Tätigkeiten oder langweilige Literatur genauso zum Auftreten von Schläfrigkeit führen können wie Langstreckenfahrten [10,11,27,28].

Die Auswirkungen von Müdigkeit und Schläfrigkeit sind indessen nahezu identisch. Beide Faktoren lassen die Wahrnehmungsfähigkeit deutlich sinken, dagegen steigt die Reaktionszeit an; Merkfähigkeit, psychomotorische Koordination, Entscheidungsfähigkeit und das Verarbeiten von Informationen sind erheblich vermindert [4,12,13,18,21,28,29].

Für die Arbeitnehmer bedeutet dies einen kontinuierlichen Rückgang der Aufmerksamkeit, der schließlich zu einer Anhäufung von Fehlern führt. Im schlimmsten Fall schläft der Mitarbeiter ein.

Neuere Untersuchungen haben darüber hinaus Zusammenhänge zwischen dem Verhalten mit Schlafdefiziten bzw. bei Alkoholkonsum evaluiert. Versuchspersonen, die

17 Stunden durchgehend wach waren, hatten die gleichen Resultate in einer psychomotorischen Testskala wie Personen mit einer Blutalkohol-Konzentration (BAK) von 0,5 Promille. Ein 24-stündiger Schlafentzug ist einem BAK von 1,0 Promille gleichzusetzen [27,28].

Schläfrigkeit am Arbeitsplatz ist außerdem ein Faktor, der erhebliche Kosten verursacht. Weltweit schätzt man die Verluste auf etwa 400 Milliarden € ein. Diese Summe errechnet sich aus Fehlern, Produktivitätsverminderung und erhöhter Unfallrate [6,14,27].

Mittlerweile sind der Forschung rund 120 Einzeldiagnosen an Schlafstörungen bekannt. Schon aus diesem Grund kann es naturgemäß kein Allheilmittel gegen den gestörten Schlaf geben.

Mit der vorliegenden Beobachtung soll jedoch aufgezeigt werden, dass es in bestimmten Bereichen und mit noch relativ unbekannten Methoden möglich ist, eine Verbesserung der Schlafqualität, die folglich zu einer Minderung der Tagesschläfrigkeit führt, zu erreichen.

Es bestehen nämlich keine Zweifel mehr, dass technisch ausgelöste Störzonen in den natürlichen Magnetfeldern (z. B. durch TV-Geräte, Handys, Radiowecker etc.) eine potentielle Gesundheitsgefahr und negative Beeinflussung des Nachtschlafes darstellen. Die magnetobiologische Forschung hat umfassende Belege für einen engen Zusammenhang zwischen dem zeitlichen Verlauf biologischer Prozesse und zeitlichen Schwankungen des Magnetfeldes gesammelt. Ebenso ist die biologische Bedeutung von räumlichen Gradienten der magnetischen Flussdichte erwiesen [7].

Im Besonderen konnte gezeigt werden, dass die Aktionspotentiale von Neuronen nicht so sehr durch die Stärke von Magnetfeldern, sondern vielmehr durch deren Gradienten blockiert werden (2). Das Verhalten biologischer Systeme als Quantensysteme und der Quantencharakter des magnetischen Flusses bieten eine Möglichkeit, ohne magnetische Kraftwirkung die Gradienten magnetischer Felder und die daraus resultierenden biologischen Wirkungen zu beeinflussen [5].

Bisherige Untersuchungen haben gezeigt, dass Magnetfelder einen Einfluss auf die Schlafqualität haben können. So wurde beobachtet, dass schon die Ausrichtung der Betten in Nord-Süd-Achse zu einer positiven Änderung der Tiefschlafphasen führen kann [25].

Im Rahmen unserer Beobachtungen wurde nun versucht, die Auswirkungen stabilisierter Magnetfelder mittels

Tab. 1: Technische Daten des verwendeten Teslameters

	Präzisions-Teslameter 05/40
Messbereich	$\pm 100 \mu\text{T}$
Auflösung	$0,1 \mu\text{T}$
Messwertabweichung	max. $\pm 0,5 \%$ des Messwerts bei $40 \mu\text{T}$
Bandbreite	0 bis 18 Hz
Sensorsystem	Fluxgate, richtungssensitiv

„AlphaPrevent“ auf die einzelnen Schlafphasen - und damit auf die Schlafqualität - zu ermitteln.

2. Probanden und Methode

An der Präliminären Untersuchung nahmen 106 Probanden der Schlafmedizin an der LSF Graz teil. Einschlusskriterium waren nicht-organische Schlafstörungen, die über einen Zeitraum von mindestens einem Jahr bestanden haben sowie ein Alter zwischen 25 und 70 Jahren.

Gruppe 1 umfasste 29 Männer und 24 Frauen mit einem Durchschnittsalter von $52,8 \pm 7,3$ Jahren und benutzte im Schlaflabor ein Bett, das mit „AlphaPrevent“ ausgestattet war. Gruppe 2 wurde der Kontrolle zugeordnet und bestand aus 31 Männern und 22 Frauen mit einem Durchschnittsalter von $49,3 \pm 8,8$ Jahren.

Sämtliche Probanden verbrachten jeweils eine Nacht im Schlaflabor und waren nicht darüber informiert, ob sie der Verum- oder der Kontrollgruppe zugeordnet waren. Die erhobenen Daten wurden von Ärzten beurteilt, die ebenfalls nicht über die Gruppenzugehörigkeit informiert waren.

Im Schlaflabor wurden zwei Schlafplätze ausgewählt und das Magnetfeld der Betten in einer Rastermessung mittels eines Teslameters und einer Messplane von 1×2 m in Abständen von 10 cm vermessen. Die wichtigsten Daten des verwendeten Präzisions-Teslameters 05/40 sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

Die Bandbreite des Teslameters umfasst außer dem statischen Bereich, der den Hauptanteil des geomagnetischen Feldes ausmacht, auch den Sub-ELF (extremely low frequency)-Bereich bis 3 Hz und den unteren Teil des ELF-Bereichs bis 18 Hz. Die Messung erfasste die Summe aus den Anteilen des Erdmagnetfeldes und den technisch bedingten Magnetfeldanteilen. Damit wurde ein Frequenzbereich abgedeckt, in dem wichtige Frequenzbänder der Gehirnwellen (bis in den unteren β -Bereich) liegen.

Messgröße war die vertikale Komponente der magnetischen Flussdichte in Mikrottesla (μT). Da durch die Messungen nicht nur örtliche Abweichungen der Stärke, sondern auch Änderungen der Richtung des Magnetfeldes aufgezeigt werden sollten, wurde der Messvorgang auf die Erfassung des Magnetfeldes in einer Dimension senkrecht zu der auf der Bettfläche ausgespannten Messebene beschränkt [19].

Beide Standorte der Schlafplätze waren technisch identisch ausgestattet. Um Standort-Effekte an den Schlafplätzen auszuschließen, wurden das Verum-Bett und das Kontrollbett zur Mitte der Studie am jeweils anderen Standort platziert.

Der Wirkträger

AlphaPrevent (Abb. 1) ist ein wenige Quadratzentimeter großer Wirkträger aus intelligentem Kunststoff. Er dient



Abb. 1: AlphaPrevent, der Wirkträger

zur technischen Reduktion von Störzonen im statischen und niedrigfrequenten Magnetfeld (räumliche Gradienten im Messspektrum 0 bis 18 Hz, FKM/FGD). Der Wirkstoff ist keine Abschirmung und reduziert die Strahlungsstärken (SAR-Wert) nicht; er beeinträchtigt keine technischen Funktionen der Geräte und wird gemäß der europäischen CE Vorgaben produziert.

Die technische Wirkung wurde 2009 durch ein Gutachten der österreichischen Staatlichen Versuchsanstalt „tgm“ im Rahmen von Prüfmessungen bestätigt.

Das Produkt ist kein Heilmittel im Sinne nationaler Heilmittel- und Medizinproduktegesetze und kein Arzneimittel im Sinne nationaler Arzneimittelgesetze.

3. Ergebnisse

3.1. Magnetfeld-Messung

Vor Beginn der Beobachtung wurde das Magnetfeld der Betten an den Schlafplätzen 1 und 2 vermessen. Die Ergebnisse zeigen

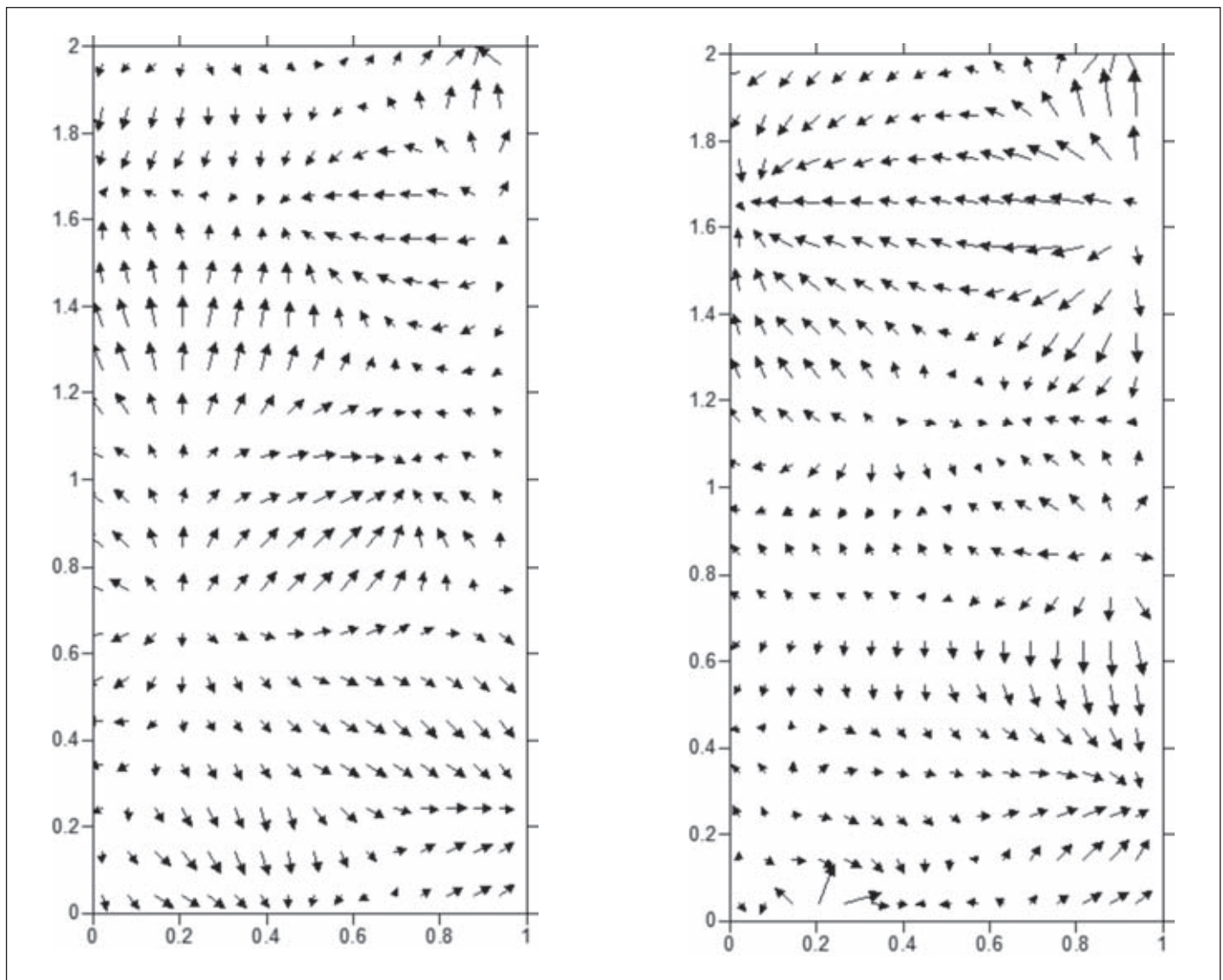


Abb. 2 a und b: Gradientenstruktur des Versuchsbettes am Schlafplatz 1 (links) und des Referenzbettes am Schlafplatz 2 (rechts). Achsenbeschriftungen in m. Die Pfeile geben die Richtung der stärksten Änderung der Messgröße (vertikalen magnetischen Flussdichte) an, ihre Länge den Betrag dieser Änderung in relativen Einheiten. Der Vergleich der beiden Diagramme zeigt, dass zwischen beiden Betten zu Studienbeginn keine Unterschiede bestanden haben.

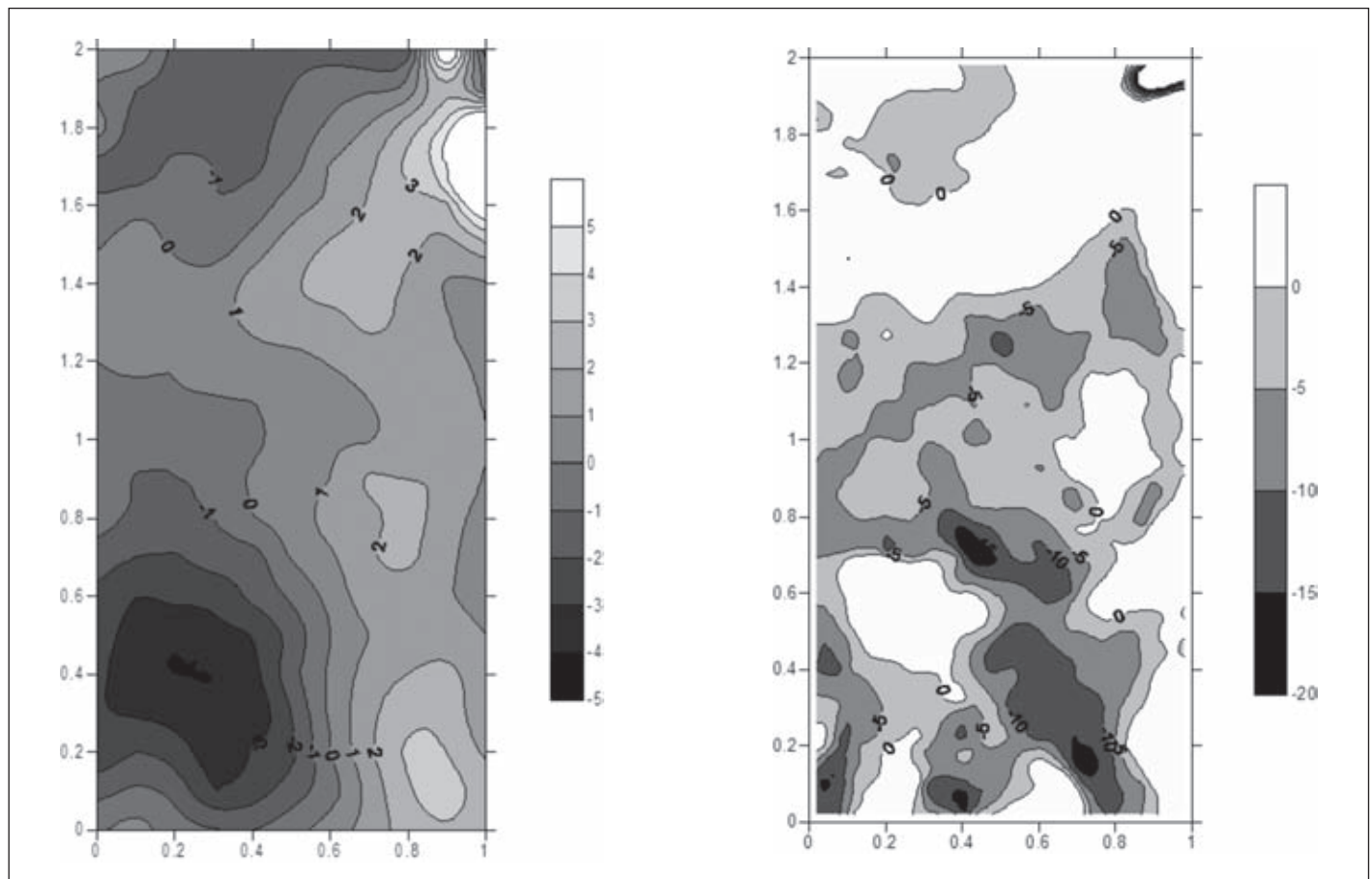


Abb. 3: Strukturierte Veränderung des Magnetfeldes im Versuchsbett (Schlafplatz 1). Dargestellt ist die Differenz von Messwerten in Mikrotesla (μT). Achsenbeschriftungen in m.

Abb. 4: Abnahme des Betrages des Messwertgradienten im Versuchsbett (Schlafplatz 1). Werte in $\mu\text{T}/\text{m}$, Achsenbeschriftungen in m. Somit werden die Veränderungen am Studienende deutlich.

ten auf Grund der übereinstimmenden Bettenkonstruktion an beiden Schlafplätzen ähnliche Gradientenstrukturen (Abb. 2 a und b).

Unmittelbar nach der Erstmessung wurde das Bett am Schlafplatz 1 mit Magnetfeld ausgleichenden „AlphaPrevent Sleepwell“-Wirkträgern ausgestattet. Diese für Schlafplätze bestimmten Folien sind nach Herstellerangaben in der Lage, gradientenbedingte Störungen im statischen und extrem niederfrequenten Magnetfeld zu reduzieren. Das zum Vergleich dienende Bett am Schlafplatz 2 blieb unverändert.

Nach einem Monat wurde die Vermessung des Bettes am Schlafplatz 1 wiederholt. Die Messung ergab zwar eine mit der Erstmessung genau übereinstimmende Gradientenstruktur des Bettes. Die nähere Auswertung zeigte indessen, dass sich in der Messebene der Betrag der Gradienten der

Messgröße (er lag zwischen $0,35$ und $75 \mu\text{T}/\text{m}$) überwiegend verringert hatte.

Die maximale Abnahme der Gradienten der Messgröße betrug ca. $15 \mu\text{T}/\text{m}$. Zudem ergab der Vergleich der Messwerte mit den ursprünglich gemessenen, dass eine strukturierte Veränderung der vertikalen magnetischen Flussdichte stattgefunden hatte. Diese Effekte sind in den Abbildungen 3 und 4 dargestellt.

3.2. Schlafstruktur

In der Verum-Gruppe war, verglichen mit der Kontrollgruppe, eine deutlich bessere Schlafqualität zu beobachten (Abb. 5).

Die Wachzeit lag bei Anwendung von „AlphaPrevent“ um $24,5 \%$ unter jener der Kontrollgruppe, das Schlafstadi-

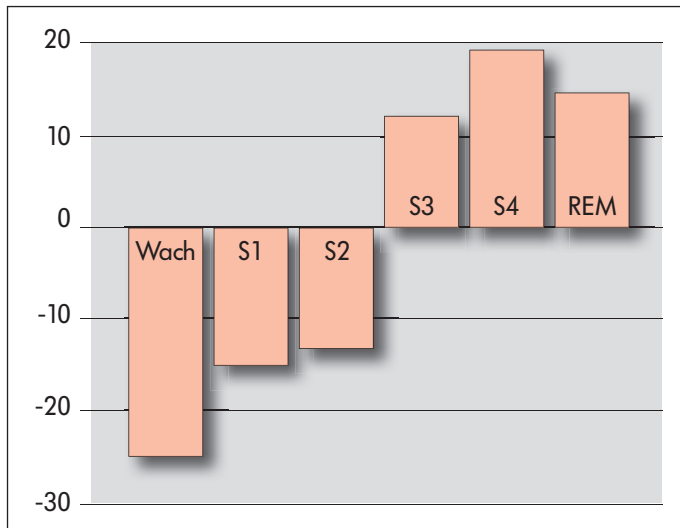


Abb. 5: Vergleich der Schlafstruktur Verum/Kontrollgruppe in Prozent. Die Abbildung zeigt die deutliche Verbesserung des Schlafprofils in der Verum- gegenüber der Kontrollgruppe in Prozent: Wachstadium, sowie die „flachen“ Schlafstadien S1 und S2 haben bei Benützung des Wirkträgers abgenommen, während die Tiefschlafphasen S3 und S4 sowie die REM-Stadien signifikant angestiegen sind. Insgesamt resultierte daraus ein erholsamerer Schlaf.

um 1 (Dämmer Schlaf) war um 14,8 % und das Schlafstadium 2 um 13 % niedriger.

Gleichzeitig zeigte sich der Tiefschlaf in der Verumgruppe positiv verändert: Das Stadium 3 war um 12,2 %, das Stadium 4 um 19,5 % besser.

Die Tiefschlafphasen S3 und S4 waren in Summe somit um 17,3 % höher als in der Kontrollgruppe.

Ähnliches zeigte sich auch beim REM-Schlaf, der in der Verum-Gruppe 14,7 % über der Kontrollgruppe lag.

Subjektiv fühlten sich die Probanden der Verum-Gruppe ausgeschlafener und frischer.

Statistische Verfahren

Für die statistische Analyse wurden der Wilcoxon und der Mann Whitney U-Test verwendet. Die Häufigkeitsvergleiche erfolgten mit dem Chi-Quadrat-Test. Als Signifikanzniveau wurde $p < 0,05$ gewählt.

Sämtliche Werte zeigten einen statistisch signifikanten Unterschied zugunsten der Verum-Gruppe von $p < 0,05$, im Fall des REM-Schlafes von $p < 0,03$.

Die Ergebnisse jeder technischen Messung der magnetischen Flussdichte wurden mit dem Datenanalyseprogramm

Surfer Version 8 (Golden Software) ausgewertet. Die erhaltenen Messwerte wurden interpoliert und ergaben eine topographische Karte des Magnetfeldes. Die Gradienten der Messwerte wurden als Pfeildiagramme dargestellt (Abb. 2 a und b sowie 3 a und b).

4. Diskussion

In den letzten Jahren nimmt die Zahl jener wissenschaftlichen Untersuchungen zu, die sich mit Schläfrigkeit als Ursache von Zwischenfällen an Arbeitsplätzen und Unfällen auseinander setzen. Die Methoden zur Beurteilung der Zusammenhänge sind durchaus unterschiedlich. Zumeist wird jedoch Einsicht in die Fehler- bzw. Polizeiprotokolle genommen, die – zumindest teilweise – eine Rekonstruktion des Zwischenfalls und Unfallhergangs erlauben. Diese Untersuchungen haben zwar den Vorteil, eine relativ große Zahl an Ursachen und Unfällen analysieren zu können, andererseits besteht kein Zweifel, dass viele Fälle nicht berücksichtigt werden, weil Schläfrigkeit erst gar nicht als Ursache im entsprechenden Bericht aufscheint [26,27,28].

Ein völliger neuer Ansatz besteht nun darin, das Problem nicht erst im Nachhinein, sondern schon vor Eintritt eines negativen Ereignisses zu erfassen.

Diese Prävention im Bereich Schlaf ist von besonderer Bedeutung, da wirtschaftliche Entwicklungen, etwa E-Commerce, die Einführung von „Delivery-on-Demand“, der Trend zur so genannten 24/7-Gesellschaft (24 Stunden pro Tag / 7 Tage die Woche) und die Globalisierung der Märkte zu größerer Verkehrsdichte, vermehrter Arbeitsbelastung oder zu anderen Formen von Schichtarbeit führen (14,27).

Abgesehen vom großen Ausmaß an menschlichem Leid bringen Konzentrationsmängel und Aufmerksamkeitsstörungen am Arbeitsplatz, aber auch schläfrigkeitsbedingte Verkehrsunfälle, einen gewaltigen finanziellen Schaden mit sich. Gerade diese schläfrigkeitsbedingten Unfälle sind besonders schwer und daher auch mit hohen Kosten verbunden. Je nach Art und Methodik der Berechnung wird der jährliche Schaden aller Verkehrsunfälle in Deutschland und Österreich auf insgesamt 22 bis 40 Milliarden Euro geschätzt. Betrachtet man nur die schläfrigkeitsverursachten Unfälle auf Autobahnen, so sprechen Schätzungen von etwa 150 bis 200 Millionen Euro pro Jahr [4,9,10,14,16,21,26,27,28].

Wissenschaftlich ist längst bewiesen, dass nicht nur der viel zitierte „Sekundenschlaf“, sondern auch die vorausge-

hende Verringerung der Leistungsfähigkeit das Risiko von Zwischenfällen und Unfällen teilweise massiv erhöht. Dies stellt sich in Fahrfehlern ebenso dar, wie etwa im Übersehen von Verkehrsschildern, Schwierigkeiten beim Spurhalten oder falschen Reaktionen in Situationen am Arbeitsplatz, die ein rasches und sicheres Handeln erfordern [27].

Grundlage für die vorliegende Studie waren daher zumindest vier Überlegungen [14,18,20,25]:

- 1) Wir schlafen immer kürzer. In den letzten 100 Jahren um durchschnittlich rund 2,5 Stunden pro Nacht, woraus ein chronischer Schlafmangel mit den bekannten Folgen resultiert
- 2) Schläfrigkeit ist damit ein zunehmendes Problem und ein extremes Gefahren-moment im Berufsleben
- 3) Monotonie kann Schläfrigkeit – vor allem bei vorangegangenen Schlafmangel - deutlich erhöhen
- 4) Schläfrigkeit hemmt die körpereigenen Möglichkeiten, sich an Arbeitsprozesse physisch wie psychisch anpassen zu können.

Es ist jedenfalls ganz klar zu unterstreichen, dass Schläfrigkeit am Arbeitsplatz genauso gefährlich ist, wie das Steuern eines Fahrzeuges unter Alkoholeinfluss. Diesbezüglich existieren klare Hinweise, dass z. B. die Industrie-Katastrophen von Tschernobyl (Reaktorunfall) oder Bhopal (Austreten von Giftgas) oder das Strandung der Exxon Valdez (Supertanker) eindeutig durch schläfrige Mannschaften verursacht worden sind [25].

Zahlreiche Fakten unterstreichen daher die Nützlichkeit des regelrechten Schlafes [1,3,6,8,9,11,13,14,15,16,20,21,22,23,24,29]:

- So geben 40 Prozent aller Erwachsenen an, dass sie auf Grund von Tagesschläfrigkeit erhebliche Probleme haben, die Qualität ihrer Arbeit permanent auf hohem Niveau zu halten.
- 68 Prozent klagen über zunehmende Konzentrationsschwierigkeiten, wenn die Schläfrigkeit v. a. am Nachmittag eintritt
- Schläfrigkeit am Steuer ist die Ursache für schätzungsweise 120.000 Unfälle pro Jahr allein im Bereich der Europäischen Union.

Es steht daher außer Diskussion, dass im Bereich der Arbeitswelt den Ursachen von Schlafstörungen, dem Trend zum verkürzten Schlaf und den Umweltbedingungen, den Schlaf

negativ beeinflussen, mehr Augenmerk geschenkt werden muss.

Aus vorangegangenen Studien hat sich gezeigt, dass künstliche elektromagnetische Felder die durch TV-Geräte, Handys etc. aber auch durch die metallene Bettkonstruktion an sich in den Schlafzimmern erzeugt werden, einen negativen Einfluss auf das Schlafprofil haben können. Mit anderen Worten: Man schläft zu kurz und schlechter [25].

Sinn unserer Beobachtungen war daher, zu beobachten, ob durch eine Stabilisierung des Magnetfeldes eine Besserung im Schlafverhalten zu erzielen ist. Dadurch, so die Überlegung, sollte es möglich sein, Tagesschläfrigkeit bzw. Aufmerksamkeits- und Konzentrationsstörungen am nächsten Tag zu minimieren.

Die durch physikalische Messungen im Magnetfeld ermittelten Veränderungen bedeuten zunächst, dass ohne feststellbare äußere Energiezufuhr vertikale Magnetfeldgradienten eines untersuchten Bettes mittels des Wirkträgers „Alpha Prevent“ verringert wurden, mit den weiteren hier dargestellten Auswirkungen auf das Schlafverhalten von Probanden.

Magnetische Erscheinungen beruhen auf dem Spin der Elementarteilchen, gewöhnlich auf dem Spin des Elektrons. Das magnetische Moment einzelner, ungepaarter Elektronen in freien Radikalen liegt dem Effekt der Elektronenspinresonanz zugrunde, während der Spin von Kernteilchen über den Effekt der Kernmagnetischen Resonanz (Nuclear Magnetic Resonance = NMR) in der Kernspin-Tomographie weite medizinische Anwendung findet.

Magnetische Effekte sind Quantenphänomene. Jede makroskopisch feststellbare Magnetwirkung beruht auf der Kohärenz einzelner Spins, in der Regel von Elektronen. Kohärenz ist in der Physik als Phasenübereinstimmung von Schwingungen definiert und bildet einen zentralen Begriff für quantenphysikalisch bestimmte Systeme, z.B. Supraleiter, bei höheren Temperaturen superleitende Systeme (dazu zählen auch biologische Systeme) sowie Quantenflüssigkeiten (Helium II, kohärentes Wasser).

Im Falle von Elektronenspins definieren die beiden Spinzustände „up“ und „down“ gegenphasiges Verhalten. Nach dem Pauli-Prinzip besitzen zwei Elektronen in sonst gleichem Quantenzustand notwendigerweise entgegengesetzte Spins, sie sind mit anderen Worten hinsichtlich der Wellenfunktion phasenkonjugiert. Kohärentes Verhalten von Elektronenpaaren besitzt demnach den Effekt einer gegenseitigen Aufhebung der Magnetfelder, das ist das Wesen des

Diamagnetismus. Kohärente Verstärkung des Magnetismus einzelner Elektronen (Paramagnetismus) durch gleichartige Ausrichtung ergibt den Ferromagnetismus.

Bei der Entwicklung magnetfeldausgleichender Materialien, wie dem hier eingesetzten, hat man sich einen Effekt kohärenter Systeme, die phasenkonjugierte adaptive Resonanz (phase conjugate adaptive resonance, PCAR) zunutze gemacht [17]. Die Technik der Phasenkonjugation ist aus der nichtlinearen Optik bekannt. Ihr Wesen besteht darin, dass eine rücklaufende Welle nicht durch Reflexion erzeugt wird (und deshalb in der Regel nicht mehr zum Ausgangspunkt zurückkehrt), sondern dass eine exakt auf dem gleichen Pfad zurücklaufende, aber phasenumgekehrte Welle die ursprüngliche überlagert. PCAR zählt unter anderem zum „quantenholographischen“ Instrumentarium des Magnetic Resonance Imaging (MRI).

Das bewirkt im vorliegenden Fall, dass das zum kohärenten Verhalten von Elektronenspins konditionierte Material auf magnetische Störungen in seiner Umgebung mit einem diamagnetischen Effekt (der das Resultat einer Phasenkonjugation darstellt) reagiert und dadurch in der Lage ist, diese Störungen auszugleichen.

Es handelt sich dabei um einen reinen Kohärenz-, also Ordnungseffekt, der an sich keine äußere Energiequelle benötigt und bei dem die Gesamtenergie des Systems, speziell die Summe der magnetischen Energie, konstant bleibt. Die magnetische Feldenergie wird lediglich anders organisiert. Als kohärente Systeme treten das stabilisierte Magnetfeld am Schlafplatz und die Gehirnwellen des Schläfers in Wechselwirkung.

Im Rahmen dieses komplexen Geschehens war uns jedenfalls der Nachweis möglich, dass stabilisierte Magnetfelder im direkten Vergleich mit einer Kontrollgruppe tatsächlich zu einer statistisch signifikanten Verbesserung des Schlafprofils geführt haben. Die Ergebnisse der präliminären Untersuchung beweisen jedenfalls die Wirkung einer Prävention von technisch ausgelösten Störfeldern auf das Schlafverhalten.

Selbstverständlich sind weitere Studien im Zusammenhang mit den erwarteten günstigen Folgewirkungen der gebesserten Schlafqualität, z. B. Verbesserung der Reaktionsfähigkeit, der Aufmerksamkeit und Konzentration oder der Reduktion von Tagesschläfrigkeit erforderlich.

Diesbezüglich befindet sich z. B. aktuell ein Studien-design für den Einsatz von „Alpha Prevent“ an Computerarbeitsplätzen in Ausarbeitung.

Literatur

1. *Bonnet MH, Arandl DL (2005)* Sleep latency testing as a time course measure of state arousal. *J Sleep Res* 14: 387-392.
2. *Cavopol A, Wamil A, Hocom R und Mc Lean M (1995)*: Measurement and analysis of static magnetic fields that block action potentials in cultured neurons. *Bioelectromagnetics* 16: 197-206.
3. *Carskadon MA (1990)*: Adolescence sleepiness: increased risk in a high-risk population. *Alcohol, Drugs and Driving*, 5 (4): and 6 (1): 317-328.
4. *Davidhizar R, Poole V, Giger JN (1996)* Power nap rejuvenates body, mind. *Pa Nurse* 51: 6-7.
5. *Del Giudice E, Doglia S, Milani M, Smith C W und Vitiello G (1989)*: Magnetic Flux Quantization and Josephson Behaviour in Living Systems. *Physica Scripta* 40: 786-791.
6. *Dement WC, Mitler MM (1993)*: It's time to wake up to the importance of sleep disorders. *JAMA*, 269 (12): 1548-1550.
7. *Dubrov A (2003)*: Unknown Factors in Chronobiology. *Frontier Perspectives* 12: 19-29.
8. *Ehrenschein W (1977)* Circadiane Rhythmen, Zeitgeber und Verhalten. *Arbeitsmed, Sozialmed, Präventivmed* 12:13-16.
9. *Faust V, Holer G (1992)* Der gestörte Schlaf. Universitätsverlag Ulm GmbH, Ulm, Deutschland, ISBN: 392740244-3; 1992.
10. *Frey R, Decker K, Reinfried L, Klosch G, Saletu B, Anderer P, Semlitsch HV, Seidler D, Laggner AN (2002)* Effect of rest on physicians' performance in an emergency department, objectified by electroencephalographic analyses and psychometric tests. *Crit Care Med* 30: 2322-2329.
11. *Guilleminault C et al. (2000)* Narcolepsy. In: Kryger M et al. (eds.): *Principles and Practice of Sleep Medicine*, 3rd edition: 676-686, WB Saunders Company, Philadelphia.
12. *Hasyashi M, Motoyoshi N, Hori T (2005)* Recuperative power of a short daytime nap with or without stage 2 sleep. *Sleep* 28: 829-836.
13. *Johnson MW (1992)*: Reliability and factor analysis of the Epworth Sleepiness Scale. *Sleep*: 15 (4): 376-381.
14. *Leger D (1995)*: The cost of sleepiness: a response to comments. *Sleep*, 18 (4): 281-284.
15. *Luo Z, Honda K, Inoue S (2001)* Spatio-temporal EEG power spectral patterns during a short daytime nap. *Psychiatric Clin Neurosci* 55: 193-195.
16. *Mahowald MW (2000)*: Eyes wide shut. The dangers of sleepy driving. *Minn Med*, 83 (8): 225-230; 2000.
17. *Marcus P, Dubois D, Mitchell E, Schempp W (2001)*: Self-Reference, the Dimensionality and Scale of Quantum Mechanical Effects, Critical Phenomena and Qualia. *Fifth International*

- Conference on Computing Anticipatory Systems (CASYS'01), Liège, Belgium, August 13-18.
18. *Martikainen K, Urponen H, Partinen M, Hasan J, Vuori I (1992):* Daytime sleepiness: a risk factor in community life. *Acta Neurol Scand*, 86: 337-341.
 19. *Medinger W (2005):* Significance of weak static and ELF magnetic fields and their gradients with respect to electromagnetic biocompatibility. – A new method for precise localization of techno- and geogenic stress zones. *Berichte Nr. 02, IIREC, Graz* (mit Kurzfassung in deutscher Sprache).
 20. *Motohashi Y, Takano T (1993)* Effects of 24-hour shift work with nighttime napping on circadian rhythm characteristics in ambulance personnel. *Chronobiol Int* 10: 461-470.
 21. *Palagini L, Gemignani A, Feinberg I, Guazzelli M, Campbell JG (2004)* Mental activity after early afternoon nap awakenings in healthy subjects. *Brain Res Bull* 63: 361-368.
 22. *Roth T, Roehrs TA, Carsadon MA, Dement WC (1994):* Daytime sleepiness and alertness. In: Kryger MH, Toth T, Dement WC (eds.): *Principles and Practice of Sleep Medicine*, 2nd ed., W.B. Saunders Comp., Philadelphia, PA.
 23. *Schaeffl F et al. (2004)* Inter-individual variability in the dynamics of natural accommodation in humans: relation to age and refractive errors. *J Physiol Lond* 461: 301-320.
 24. *Sturm A, Clarenbach P (1997)* Checkliste Schlafstörungen. Thieme-Verlag, Stuttgart-NewYork, ISBN: 3-13-107431-0; 1997.
 25. *Walzl M (2005)* Schlaf gut!, Verlagshaus der Ärzte, Wien, pp: 90-92, ISBN: 3-901488-08-1.
 26. *Walzl M (2007)* Die Auswirkungen eines 20-minütigen Mittagschlafs auf Müdigkeit, Konzentration und Aufmerksamkeit. *Zbl Arbeitsmed* 57:135-139.
 27. *Walzl M, Hagen R, Prummer K (2007)* Pupillometrische Untersuchungen auf Schläfrigkeit bei Berufskraftfahrern. *Zbl Arbeitsmed* 57:349-364.
 28. *Walzl M (2008)* Schläfrig am Steuer? Pupillometrische Untersuchungen an PKW-Lenkern. *Zbl Arbeitsmed* 68:130-141.
 29. *Werth E, Dijk DJ, Achermann P, Borbély AA (1996)* Dynamics of the sleep EEG after an early evening nap: experimental data and simulations. *Am J Physiol*, 271: R501-R510.



***) Univ.-Prof. Dr. Manfred Walzl**

Leiter der Schlafmedizin
Landesnervenklinik Graz
Wagner-Jauregg-Platz 18
8053 Graz
Österreich/Austria
Tel.: +43 (0)316 2191-2622
Mail: walzl@aon.at



****) Mag. Dr. rer. nat Walter H. Medinger**

Wissenschaftlicher Leiter
IIREC International Institute for Research on
Electromagnetic Compatibility Ringstraße 64
3500 Krems an der Donau
Österreich/Austria
Mail: w.medinger@iirec.at



Das geomagnetische Feld

als biologischer Regulator und dessen Sensibilität gegenüber elektromagnetischen Frequenzen

Karl Hecht

Die Regulation biologischer Systeme vollzieht sich auf der Grundlage von Regelkreisen zyklisch (Synonyme: rhythmisch, periodisch, schwingend, wellenartig).

Je höher ein biologisches System entwickelt ist, desto mehr vermaschte Regelkreise besitzt es. Der Mammaliaorganismus, einschließlich der menschliche, verfügt über ein bisher sicher nachgewiesenes Frequenzspektrum von 10^{-12} – 10^8 Sekunden, das auf allen Regulationsebenen (subzellulärer bis organischer) nachzuweisen sind.

Besondere Bedeutung kommt den Potentialänderungen und deren Weiterleitungen an den Membranen von Sinnes-, Nerven- und Muskelzellen, die als Grundelemente erregbarer Systeme funktionieren, zu. Die Zellen der erregbaren Systeme können selbsterregte Rhythmen (Eigenrhythmen) erzeugen. Deren Parameter sind durch Licht, Temperatur,

Bioelektrizität, ionales Milieu, pH-Wert, elektromagnetische Felder sowie durch endogene und exogene Wirkstoffe zu beeinflussen.

Die rhythmischen Funktionseigenschaften erregbarer Systeme dienen der Übermittlung von Informationen. Das Zusammenwirken der Rhythmen mehrerer Zellen erregbarer Systeme vermag z. B. die räumliche Position eines Stimulus auf den Rezeptor zu reflektieren. Die Kodierung einer Information geschieht mit Veränderungen der Rhythmusseigenschaften Frequenz, Intervalldauer oder Phasenbeziehung zwischen mehreren Rhythmen erregbarer Systeme. Interaktionen von Zellen erregbarer Systeme können z. B. durch Amplitudenmodulation der resultierenden Rhythmen, z. B. die des EEGs (Elektroenzephalogramms), sowie durch gegenseitige oder einseitige Mitzieheffekte der Frequenz (Kopplung,



Synchronisation) erfolgen. Hierbei spielen bioelektrische, biomagnetische und biochemische Mechanismen eine Rolle [Rensing 1973; Lehninger 1970].

Die Vielfältigkeit der periodischen Funktionsformen in Frequenz und Amplitude soll an dem Alpha- und Beta-Wellenband des EEG verdeutlicht werden. Die Ausschnitte aus einer EEG-Registrierung von vier verschiedenen gesunden Versuchspersonen (von oben nach unten) legen dies eindeutig dar. Alpha-Wellen haben Frequenzen von 8-13 Hz, Beta-Wellen haben mehr als 13 Hz, Theta-Wellen von 4-8 Hz und Delta-Wellen unter 4 Hz.

Beta-Wellen charakterisieren gesteigerte Aufmerksamkeit, Stress, Erregung. Alpha-Wellen reflektieren relaxierte Wachzustände. Theta-Wellen widerspiegeln Übergangszustände von Wach- zum Schlafzustand, z. B. Meditation, Hypnose. Delta-Wellen sind charakteristisch für den Tiefschlaf. Das gilt für Gesunde.

Randoll et al. [1995, 1994a und b; Randoll und Henning 2001a und b] konnten auch nachweisen, dass in der extrazellulären Matrix eine rhythmische Taktung stattfindet, die sich als Eigenrhythmus im Bereich 8-12 Hz abspielt.

Die extrazelluläre ist Matrix ein eigenständiges Organ des menschlichen Körpers, das die Grundregulation gewährleistet, die Grundlage aller unspezifischen Reaktionen und Regulationen darstellt und einer rhythmischen Ordnung unterliegt [Pischinger 1989; Rimpler 1987; Heine 1989].

Der Mensch ist daher ein elektromagnetisches Wesen. Die Bioelektrizität des Menschen können wir messen. Sie ist Grundlage zahlreicher diagnostischer Verfahren, z. B. EEG

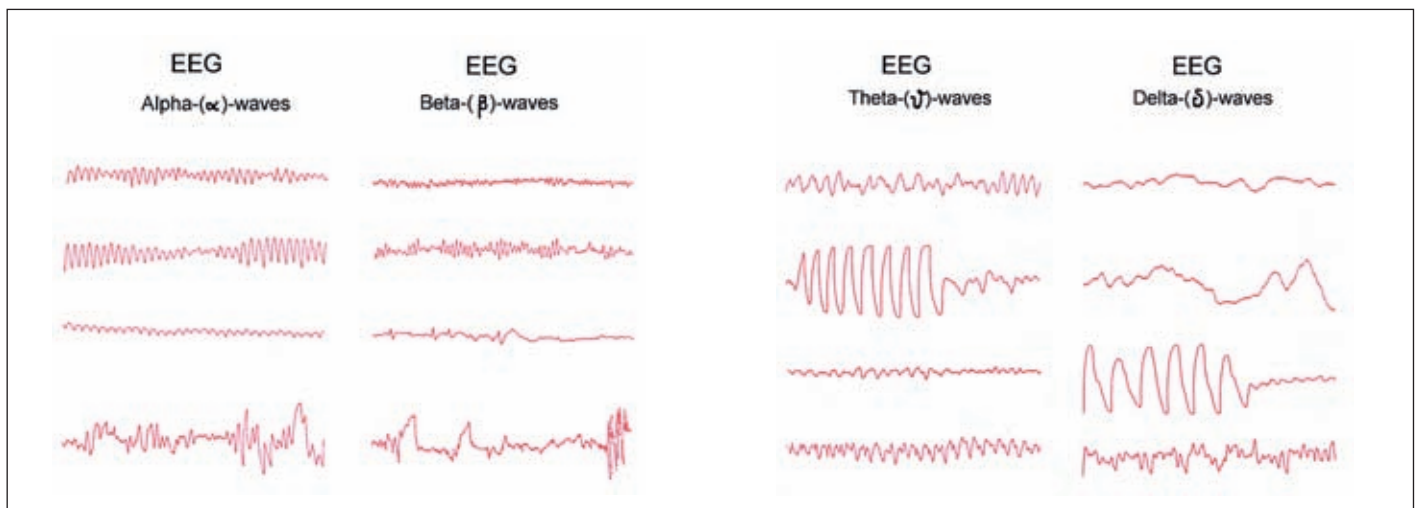


Abb. 1: EEG-Wellen

Gesund geschlafen!

Wussten Sie, dass Elektromog
und Erdstrahlen die häufigsten
Gründe für Schlafstörungen sind?

Das Tiefschlafband
schaltet solche Einflüsse ab.

Jetzt kaufen und ausprobieren!
Bei Unzufriedenheit: Geld zurück!



SWISS HARMONY
In Resonanz mit der Schöpfung

Swiss Harmony Inh. Richard Neubersch
Alte Bernstrasse 3 • 2558 Aegerten • Tel: 032 372 77 66

(Hirnströme), EKG (Herzströme), EMG (Muskelströme), EDA (Hautströme). In gleicher Weise ist es möglich, die Magnetfelder des Gehirns (MEG) und des Herzens (MKG) zu messen [Weiss 1991].

1952 wurde von dem Physiker Otto Schumann die nach ihm benannte Frequenz entdeckt [Schumann und König 1954]. Sie wird als Grundfrequenz unseres Lebensraums, der sich von der Erdkugel bis zur Magnetosphäre in ca. 100 km über der Erde erstreckt, angesehen. Diese Grundfrequenz eines ganzen Spektrums von natürlichen Resonanzfrequenzen, beträgt genau 7,83 Hertz. Sie liegt also im Bereich der EEG-Alpha-Wellen der Menschen. Die EEG-Wellen können in einem Bereich von 1-40 Hz beim Menschen in Erscheinung treten. Auch die Frequenzen des geomagnetischen Felds können sich über diesen Bereich erstrecken.

Es gilt als bewiesen [Wever und Persinger 1974; Wever 1971; Aschoff und Wever 1962; Aschoff 1960, 1959, 1955, 1954], dass der circadiane Rhythmus die Endogenität von Menschen und Tieren in der Evolution durch den Einfluss des Licht-Dunkelwechsels, d. h. durch Erdumdrehung, geprägt hat und dass auch das Magnetfeld der Erde, welches ebenfalls einen circadianen Rhythmus ausweist, über die Epiphyse (Zir-

beldrüse) und über das Gehirn an dieser Prägung beteiligt ist [Baker 1988; Marino 1988; Becker und Marino 1962].

In der Evolution erfolgte eine Endogenisierung der Geomagnetfeldfrequenzen beim Menschen und somit entstand eine „Symbiose“ zwischen geomagnetischem Feld und den Lebewesen auf unserer Erde. Die Epiphyse ist bekanntlich der Produzent des natürlichen Schlafhormons Melatonin, welches beim Dunkelwerden auch mit der Hilfe von Frequenzen des geomagnetischen Felds aktiviert wird. Beim Hellwerden wird es wieder deaktiviert.

Dass das geomagnetische Feld, d. h. die Magnetosphäre für Menschen, Tiere und Pflanzen lebensnotwendig ist, wurde spätestens nach den ersten kosmischen Flügen von der russischen Weltraummedizin entdeckt. Beim Zweiten kosmischen Flug von German Titow, der im Gegensatz zu Juri Gagarins erstem Flug (108 Minuten) 24 Stunden dauerte, traten erhebliche Befindensstörungen mit Erbrechen auf. Da die Raumfahrzeuge in über 300 km Entfernung von der Erde flogen, waren die Besatzungen ohne Schutz der Magnetosphäre. Entsprechende technische Maßnahmen an den Raumfahrzeugen behoben diese Beschwerden [interne mündliche Information IMBP Moskau an Hecht]. Von großer Bedeutung sind dies-

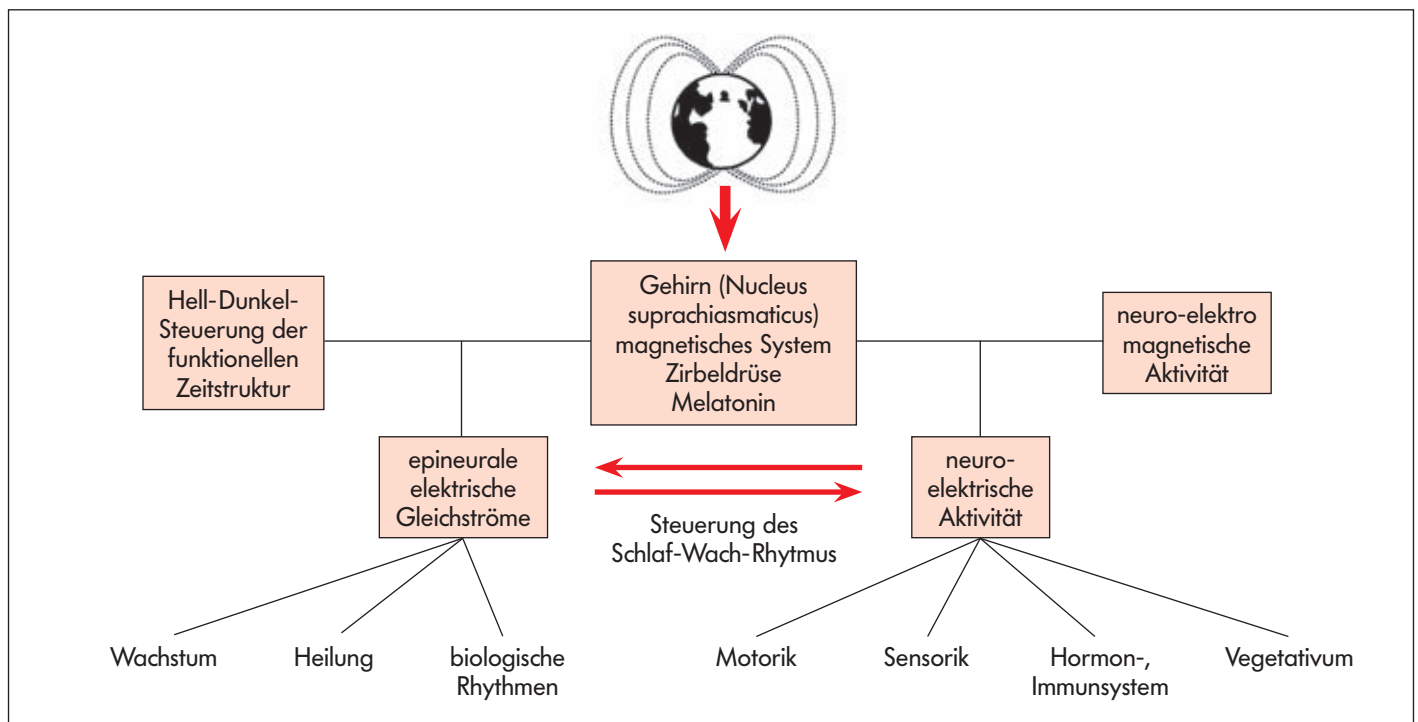


Abb. 2: Schematische Darstellung der Beziehungen zwischen Magnetfeld der Erde und den Funktionen des Zentralnervensystems und epineuralen Gleichstromsteuerungssystems bei der Steuerung des Schlaf-Wach-Rhythmus [nach Robert Becker 1994]

bezüglich die Untersuchungen von Prof. Rütger Wever im magnetfeldgeschirmten Bunker von Andechs bei München [Wever 1971, 1969 a und b, 1966, 1967, 1968a und b].

Nach einem Monat Untersuchungszeit zeigten die Personen in den abgeschirmten Räumen einen 25 h- bis 26 h-Rhythmus sowie die Desynchronisation der tagesrhythmischen Parameter. Auch die Abweichung der Parameter der einzelnen Personen hatte erhebliche Differenzen. Personen, die in nicht elektromagnetisch abgeschirmten Räumen einen Monat lebten, behielten ihren 24 h-Rhythmus bei. Wenn die Personen der abgeschirmten Gruppe wieder unter normalen Verhältnissen lebten, stellten sich die 24 h-Periodik und alle Synchronisationsvorgänge wieder ein. Dasselbe erreichte Wever auch, wenn er mit einem 10 Hz gepulsten Magnetfeld auf die Personen der abgeschirmten Gruppe Einfluss nahm.

Wever konnte unter speziellen Untersuchungsbedingungen nachweisen, dass die natürlichen geomagnetischen Felder die gleiche Wirkung auf die circadiane Periodik von Körperfunktionen haben wie ein künstliches elektrisches 10-Hz-Feld. Wenn diese aber fehlen, tritt eine endogene Desynchronisation auf. Wever betonte in diesem Zusammenhang, „dass die 10-Hz-Frequenz nicht die einzige Komponente der natürlichen Magnetfelder ist, die auf den Menschen wirkt; sie ist aber ein starker Hinweis dafür, dass die 10-Hz-Strahlung eine wesentliche Komponente dieser Felder wenigstens für die Wirkung auf die circadiane Periodik ist.

Die Schumannfrequenz (7,83 Hz) und die von Rütger Wever beobachtete 10-Hz-Frequenzen liegen beide in dem Alphawellenbereich des EEG, welches beim Menschen den relaxierten Wachzustand reflektiert.

Auch Presman [1970] berichtet über Zusammenhänge des Tagesrhythmus verschiedener physiologischer Funktionen des Menschen mit der geomagnetischen Frequenzen. Diese Untersuchungen von Wever [1968] und Presman [1970] wurden von verschiedenen Wissenschaftlern in verschiedenen Ländern weitergeführt (z. B. [Ludwig 2002, 1974; König 1974; de Large und Marr 1974; Persinger et al. 1974; Adey und Bawin 1977]). Sie bestätigten die Ergebnisse von Presman und Wever und erkannten, dass äußere Einflüsse, besonders elektromagnetische Mikrowellenstrahlung, die Symbiose zwischen Mensch und geomagnetischem Feld stören und infolge dessen pathogene Prozesse auslösen können.

Den Untersuchungen von Rütger Wever [1976, 1974a und c, 1971 a und b, 1970, 1969 a und b, 1968 a und b, 1967, 1966] von Wever und Persinger [1974] von Persinger

et al. [1974] sowie Presman [1970, 1968] ist also zu entnehmen, dass zur Steuerung der „Inneren Uhr“ (circadiane Periodik) des Menschen unbedingt die circa-10 Hz-Pulsation des Magnetfelds der Erde erforderlich ist. Fehlen diese oder werden diese durch exogene Faktoren gestört, dann wird das System der circadianen Rhythmik instabil und es tritt eine Desynchronose mit Symptomen auf, wie wir die vom Jetlag-Syndrom kennen. Hier sind Zusammenhänge mit den Ergebnissen der russischen Wissenschaftler zu sehen, die das Mikrowellensyndrom in ihren Langezeituntersuchungen unter Einfluss von Mikrowellenstrahlungen (EMF) tausendfach nachweisen konnten (Grenzwert $\leq 10 \mu\text{W}/\text{cm}^2$). In dessen chronischer Symptomatik wurde stets auch der Zerfall des Alparhythmus (8-10 Hz) und nicht selten das Auftreten von Deltawellen im Tages-EEG beobachtet [Medwedew 1973; Sadtschikowa et al. 1972; Pawlowa und Drogitschina 1968; Presman 1968; Drogitschina 1960 u. a.]. (Siehe Übersicht bei Hecht und Balzer 1997; Hecht 2011)

Längere und wiederholte Einwirkungen von schwachen Magnetfeldern kumulieren und erhöhen die Elektrosensibilität

Presman [1968] fasst seine Ergebnisse wie folgt zusammen. Die Untersuchungen an vielen Menschengruppen, die arbeitsbedingt einem chronischen Einfluss einer schwachen Feldstärke ausgesetzt waren ($< 10 \mu\text{W}/\text{cm}^2$) zeigten mit individuell großen Unterschieden, Veränderungen der hirnelektrischen Prozesse im Sinne einer Hemmung der zentralnervalen Prozesse. Hierbei werden bei langer Einwirkungsdauer und Wiederholungen **kumulative Wirkungen** beobachtet. Über kumulative Wirkungen von nichtionisierenden Strahlungen berichten auch Gordon [1966], Marha et al. [1968/1971], Süsskind [1959], Praußnitz und Süsskind [1961].

In den Tierexperimenten wurde auch im EEG das Auftreten von Tagesdeltawellen neben Zerfall des Alparhythmus beobachtet. Die größte Sensibilität gegenüber EMF hatten die Funktionen der Hirnrinde und des Zwischenhirns. Das sind jene Prozesse, die die vegetativen, hormonellen und immunologischen Prozesse steuern und auch in den funktionellen Stress-Regelkreis Hypothalamus-Hypophyse-Nebenniere eingreifen und somit auch den Schlaf stören.

Es gilt heute als erwiesen [u. a. Becker 1994; Persinger et al. 1974; Presman 1970; Wever 1968], dass die in der Evolution herausgebildete Symbiose zwischen den lebenden Organismen und den natürlichen Feldern der Magnetosphäre der Erde durch Magnetstürme der Sonne [Halberg et al. 2000;

Cornelissen et al. 2000; Cornelissen und Halberg 1994] in gleicher Weise wie durch die vielfältige, technisch hochfrequente Strahlung [Hecht 2011; Hecht und Balzer 1997; Warnke 2009 u. a.] gestört werden kann. Infolge dessen wird Stress bzw. Desynchronose ausgelöst [Wever 1968], woraus sich die Entwicklung der Symptomatik des Mikrowellensyndroms und der Elektrosensibilität ergibt, welche ähnliche Symptome wie das Jetlag-Syndrom und das Schichtfehlanpassungssyndrom zeigen [Moore-Ede 1993].

Die wesentlichsten Symptome des Mikrowellensyndroms sind dauerhafte Schlafstörungen, Tagesmüdigkeit, Erschöpfungszustände, Kopfschmerzen verschiedener Art, Tinnitus, Hypersensibilität gegen Umweltreize, Tremor, Muskelschmerzen, Atembeschwerden, Verminderung der geistigen Leistungsfähigkeit [Hecht und Balzer 1997]. Diese zunächst als Funkwellenkrankheit bezeichnete Symptomatik wurde 1932 zum ersten Mal von dem deutschen Arzt Dr. Schliephake [1932] beschrieben. Er fand diese bei Arbeitern, die in der Nähe von Sendetürmen des damals sich entwickelnden Rundfunks tätig waren. Schlafstörungen, Tagesmüdigkeit, Nervenerschöpfung und unerträgliche Kopfschmerzen stellte er bei diesen Arbeitern fest.

Ich beobachtete diese Symptomatik zum ersten Mal 1984 bei einem Schlafgestörten, der im Zentrum von Berlin in der Nähe von verschiedenen Sendeanlagen wohnte, über gravierende, unerträgliche Schlafstörungen klagte und sich in dem von mir geleiteten Schlaflabor der Berliner Charité vorstellte. Als er in unser mit einer geerdeten Abschirmung versehenes Schlaflabor kam, schlief er trotz ca. 20 Elektroden und entsprechender Verkabelung sehr gut. Der Wechsel nach Hause hatte wieder die intensiven Schlafstörungen zur Folge. Die Rückkehr ins Schlaflabor beseitigte diese wieder. Da der Patient Ingenieur von Beruf war, erdete er zu Hause sein Metallbett und konnte infolgedessen besser schlafen.

In den weiteren Jahren beobachtete ich derartige Elektromog induzierte Schlafstörungen häufiger. Nicht immer konnte eine Erdung realisiert werden. Nicht selten waren Wohnungswechsel erforderlich.

Infolge der Zunehmenden Verschmutzung der Umwelt durch Elektromog empfehle ich Holzbetten zu verwenden und auch Erdungen der Schlafstätten anzustreben.

Literatur

- Adey, W. R.; S. M. Bawin (1977): Brain interactions with weak electric and magnetic fields. *Neurosciences Res. Prog. Bull.* 15/1, S. 1-129
- Aschoff, J. (1954): Zeitgeber der tierischen Tagesperiodik. *Naturwiss.* 41, S. 49-56
- Aschoff, J. (1955): Zeitgeber der 24-Stunden-Periodik. *Acta Scand.* 306-309, S. 50-52
- Aschoff, J. (1959): Zeitliche Strukturen biologischer Vorgänge. *Nova Acta Leopoldiana* 21, S. 147
- Aschoff, J. (1960): Exogenous and endogenous components in circadian rhythms. *Cold Spring Harbour Symp. Quant. Biology* 25, S. 11-28
- Aschoff, J., R. Wever (1962): Spontanrhythmik des Menschen bei Ausschluss aller Zeitgeber. *Naturwissenschaften* 49, 337-342T
- Baker, R. R. (1988): Human magnetoreception for navigation. In: M. E. O'Conner; R. H. Loveleg (ed.): *Electromagnetic Fields and Neurobehavioral Funktion*. Alan R. Lis, New York
- Becker, R. O. (1994): Heilkraft und Gefahren der Elektrizität. Scherz Verlag - Neue Wissenschaft, Bern, München, Wien (Übersetzung aus dem Englischen)
- Becker, R. O.; A. A. Marino (1962): *Electromagnetism and Life*. State University of New York Press, Albany New York
- Cornelissen, G.; F. Halberg; L. Gheonjian; T. Paatashvili; P. Faraone; Y. Watanabe; K. Otsuka; R. B. Sothorn; T. Breus; R. Baevsky; M. Engebretson; W. Schröder (2000): Schjwabe's ca. 10,5- and hale's ca. 21-year cycles in human pathology and physiology. In: W. Schröder (ed.): *Long- and Short-Term Variability in Sun's History and Global Change*. Science Edition, Bremen, S. 79-88
- Cornelissen, G.; F. Halberg (1994): Introduction to Chronobiology-Medtronic Chronobiology Seminar #7, April, S. 52 ff (Library of Congress Catalog Card #94-060580, <http://revilla.mac.lie.uva.es/chrono>).
- Drogitschina, E. A. (1960): Zum klinischen Verlauf der chronischen Wirkung von SHF auf den Organismus des Menschen. *Trudy Instituta gigieny truda i profsaboletwanij AMN SSR*, S. 23 (Berichte des Instituts für Arbeitshygiene und Berufskrankheiten der Akademie der Medizinischen Wissenschaften der Sowjetunion, Moskau) (russisch)
- Gordon, Z. V. (1966): Probleme der Industrial-Hygiene und die biologischen Effekte der elektromagnetischen superhohen Frequenzfelder. *Medizina*, Moskau (russisch)
- Halberg, F.; G. Cornelissen; K. Otsuka; Y. Watanabe; G. S. Katinas; N. Burjoka; A. Delyukov; Y. Gorgo; Z. Zhao; A. Weydahl; R. B. Sothorn; J. Siegelova; B. Fiser; J. Dusck; E. V. Syutkina; F. Perfetto; R. Tarquini; R. B. Singh; B. Rhees; D. Lofstrom; P. Lofstrom; P. W. C. Johnson; O. Schwartzkopff; *International BIOCOS Study Group* (2000): Cross-spectrally coherent ca. 10,5- and 21-year biological and physical cycles, magnetic storms and myocardial infarctions.

- Hecht, K.; H.-U. Balzer (1997): Biologische Wirkungen elektromagnetischer Felder im Frequenzbereich 0 bis 3 GHz auf den Menschen. Auftrag des Bundesinstituts für Telekommunikation. Auftrag Nr. 4231/630402. Inhaltliche Zusammenfassung einer Studie der russischsprachigen Literatur von 1960 - 1996
- Hecht, K. (2011): Langzeitwirkungen von Elektromog-Ursache von unspezifischen Regulationsstörungen (multimorbide klinische Befunde). Schriftenreihe Kompetenzinitiative zum Schutz von Mensch, Umwelt und Demokratie, Heft 6 (in Druck)
- Heine, H. (1989): Aufbau und Funktion der Grundsubstanz. In: A. Pischinger (Hrsg.): Das System der Grundregulation. Haug Verlag, Heidelberg, S. 13-87
- König, H. L. (1974): ELF and VLF signal properties: Physical characteristics. In: M. A. Persinger (ed): ELF and VLF Electromagnetic Field Effects. Plenum Press, New York, London, S. 9-34
- de Large, J.; H. H. Marr (1974): Operant methods assessing the effects of ELF electromagnetic fields. In: M. A. Persinger (ed): ELF and VLF Electromagnetic Field Effects. Plenum Press, New York, London, S. 145-176
- Lehninger, A. L. (1970): In: L. Rensing (1973): Biologische Rhythmen und Regulation. Gustav Fischer Verlag, Jena
- Ludwig, H. W. (1974): Electric and magnet field strength in the open and in shielded rooms in the ULF- to LF-zone. In: M. A. Persinger (ed): ELF and VLF Electromagnetic Field Effects. Plenum Press, New York, London, S. 35-80
- Ludwig, W. (2002): Körper, Seele, Geist im Lichte der modernen Naturwissenschaften. Interview zu den biophysikalischen Grundlagen eines neuen Medizinverständnisses. Aus der Festschrift Dr. rer. nat. W. Ludwig zum 75. Geburtstag. Bioinformative Medizin. Ein Lesebuch aus der Praxis für die Praxis. AMB GmbH, D-97941 Tauberbischofsheim
- Marha, K.; J. Musil; H. Tuha (1968/1971): Electromagnetic Fields and the Life Environment. San Francisco Press, San Francisco, 1968 Prag (tschechisch), 1971 San Francisco (englisch)
- Marino, A. A. (1988): Modern Bioelectricity. Marcel Dekker, New York
- Medwedew, W. P. (1973): Erkrankungen des Herz-Kreislaufsystems bei Personen, die in der Vergangenheit EMF im SHF-Bereich unterlagen. Gigiena truda i professionalnye sabolewanija 3, S. 6 (russisch)
- Moore-Ede, M. (1993): Die Nonstopgesellschaft. Risikofaktoren und Grenzen menschlicher Leistungsfähigkeit in der 24-Stunden-Welt. W. Heyne, München
- Pawlowska, I. W.; E. A. Drogitschina u. a. (1968): Biochemische Veränderungen bei Langzeitwirkung von SHF-EMF. Gigiena truda i biologicheskoe dejstwie elektromagnitnyh wion radiotschastot, S. 124 (russisch)
- Persinger, M. A.; G. F. Lafrenière; K. P. Ossenkopf (1974): Behavioural physiological and histological changes in rats exposed during various developmental stages to ELF magnetic fields. In: M. A. Persinger (ed): ELF and VLF Electromagnetic Field Effects. Plenum Press, New York, London, S. 177-226
- Pischinger, A. (1990): Das System der Grundregulation. 1. Aufl. (1975) und 8. Aufl. (1990), Haug Verlag, Heidelberg
- Prausnitz, S.; C. Süsskind (1962): Effects of chronic microwave irradiation on mice. IRE Transactions on Bio-Medical Electronics, Vol. BME-9, No. 2, April
- Presman, A. S. (1968): Elektromagnetfelder und lebendige Natur. Nauka, Moskau (russisch)
- Presman, A. S. (1970): Electromagnetic Fields and Life. Plenum Press, New York, S. 141-55
- Randoll, U. G.; K. Olbrich et al. (1994a): Ultrastrukturtomographische Beobachtung von Lebensprozessen in Abhängigkeit von schwachen elektromagnetischen Feldern. Telekom, U.R.S.I.-Landesausschuss u. ITG-Fachausschuss. Tagungsband Kleinheubach
- Randoll, U. G.; R. Dehmlow; G. Regling; K. Olbrich (1994b): Ultrastructure tomographical observations of life processes as dependent on weak electromagnetic fields. Dtsch. Zschr. Onkol. 26,1, S. 12-14
- Randoll, U. G.; F. F. Hennig (1995): Hochauflösende Vitalmikroskopie und deren Bedeutung für die Zelldiagnostik. Internationales wehrtechnisches Symposium 1995 - Elektromagnetische Verträglichkeit. Bundesakademie für Wehrverwaltung und Wehrtechnik, Mannheim, 04.-06.10.1995, Tagungsband
- Randoll, U. G.; F. F. Hennig (2001a): A new approach for the treatment of low back pain: Matrixrhythm-therapy. Osteologie, Bd. 10, suppl. 1, S. 66
- Randoll, U. G.; F. F. Hennig (2001b): Preoperative und postoperative matrix-rhythm-therapy to optimize hip surgery. Osteologie Bd. 10, Suppl. 1, S. 149
- Rensing, L. (1973): Biologische Rhythmen und Regulation. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena, S. 217-229
- Rimpler, M. (1987): Der Extrazellulärraum – eine unterschätzte Größe. Ein neuer Ansatz der Zellpathologie. Therapie Woche 37, S. 37-40
- Sadschikowa, M. N.; W. G. Oslpowa; S. N. Durnewa (1972): Hirn- und periphere Blutzirkulation bei der Funkwellenkrankheit während geographischer Untersuchungen. Gigiena truda i profsablewanija 9, S. 12 (russisch)
- Schliephake, E. (1932): Arbeitsgebiete auf dem Kurzwellengebiet. Deutsche Medizinische Wochenschrift 32, S. 1235-1240
- Schumann, W. O.; H. König (1954): Naturwissenschaften 41, S. 183
- Süsskind, C. (ed) (1959): Proceedings of the Third Annual Tri-Service Conference on Biological Effects of Microwave Radiating Equipments. August 25-27, University of California

Warnke, U. (2009): Ein initialer Mechanismus zu Schädigungseffekten durch Magnetfelder bei gleichzeitig einwirkender Hochfrequenz des Mobil- und Kommunikationsfunks. *Umwelt, Medizin, Gesellschaft* 22/3, S. 219-238

Weiss, H. (1991): *Umwelt und Magnetismus*. Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin

Wever, R. (1966): Das Schwingungsgesetz der biologischen Tagesperiodik. *Umschau H.* 14, S. 462-469

Wever, R. (1967): Über die Beeinflussung der zirkadianen Periodik des Menschen durch schwache elektromagnetische Felder. *Z. vergl. Physiol.* 56, S. 111-128

Wever, R. (1968a): Einfluss schwacher elektromagnetischer Felder auf die circadiane Periodik des Menschen. *Naturwissenschaften* 55, S. 29-32

Wever, R. (1968b): Gesetzmäßigkeiten der circadianen Periodik des Menschen, geprüft an der Wirkung eines schwachen elektrischen Wechselfeldes. *Pfluegers Arch.* 302, S. 97-112

Wever, R. (1969a): Autonome circadiane Periodik des Menschen unter dem Einfluss verschiedener Beleuchtungsbedingungen. *Pfluegers Arch.* 306, S. 71-91

Wever, R. (1969b): Untersuchungen zur circadianen Periodik des Menschen mit besonderer Berücksichtigung des Einflusses schwacher elektrischer Wechselfelder. Bundesminist. Wiss. Forsch., Forschungsber. W 69-31

Wever, R. (1970): The effects of electric fields on circadian rhythms in men. *Life Sci. Space Res.* 8, S. 171-187

Wever, R. (1971a): Die circadiane Periodik des Menschen als Indikator für die biologische Wirkung elektromagnetischer Felder. *Z. Physik. Med.* 2, S. 439-471

Wever, R. (1971b): Influence of electric fields on some parameters of circadian rhythms in man. In: M. Menaker (ed): *Biochronometry*. Washington D.C. Nat. Acad. Scienc., S. 117-132

Wever, R. (1974a): Different aspects of the studies of human circadian rhythms under the influence of weak electric fields. In: L. E. Scheving; F. Halberg; J. E. Pauly (eds): *Chronobiology*. Igaku Shoin Ltd., Tokyo, S. 694-699

Wever, R. (1974b): Der Einfluss des Lichts auf die circadiane Periodik des Menschen. II. Zeitgeber-Einfluss. *Z. Physik. Med.* 3, S. 137-150

Wever, R. (1974c): ELF-effects on human circadian rhythms. In: M. A. Persinger (ed): *ELF and VLF Electromagnetic Field Effects*. Plenum Press, New York, London, S. 101-144

Wever, R. (1974d): Influence of light on human circadian rhythms. *Nordic Council Arct. Med. Res. Rep.* 10, S. 33-47

Wever, R.; M. A. Persinger (1974): *ELF and VLF Electromagnetic Field Effects*. Plenum-Press, New York

Wever, R. (1976): Effects of weak 10 Hz fields on separated vegetative rhythms involved in the human circadian multi-oscillator system. *Arch. Met. Geoph. Biokl. Ser.B* 24, S. 123-124

Karl Hecht

Dr. med. Dr. med. habil. Professor für Neurophysiologie und emeritierter Professor für experimentelle und klinische pathologische Physiologie der Humboldt-Universität (Charité) zu Berlin

Stress-, Schlaf- Chrono-, Umwelt-, Weltraummedizin

Büxensteinallee 25, 12527 Berlin,

Telefon 0049/30/674 89 325,

Telefax: 0049/30/674 89 323

