

Schlafstörungen – das Risiko für Mitarbeiter und Unternehmer

Stabilisierte Magnetfelder als Ausweg?

Manfred Walz*, 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 (GPeV) 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 unbekanntem 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	± 100 µT
Auflösung	0,1 µT
Messwertabweichung	max. ± 0,5 % des Messwerts bei 40 µT
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 benützte 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 Medizinproduktegesetzes und kein Arzneimittel im Sinne nationaler Arzneimittelgesetzes.

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

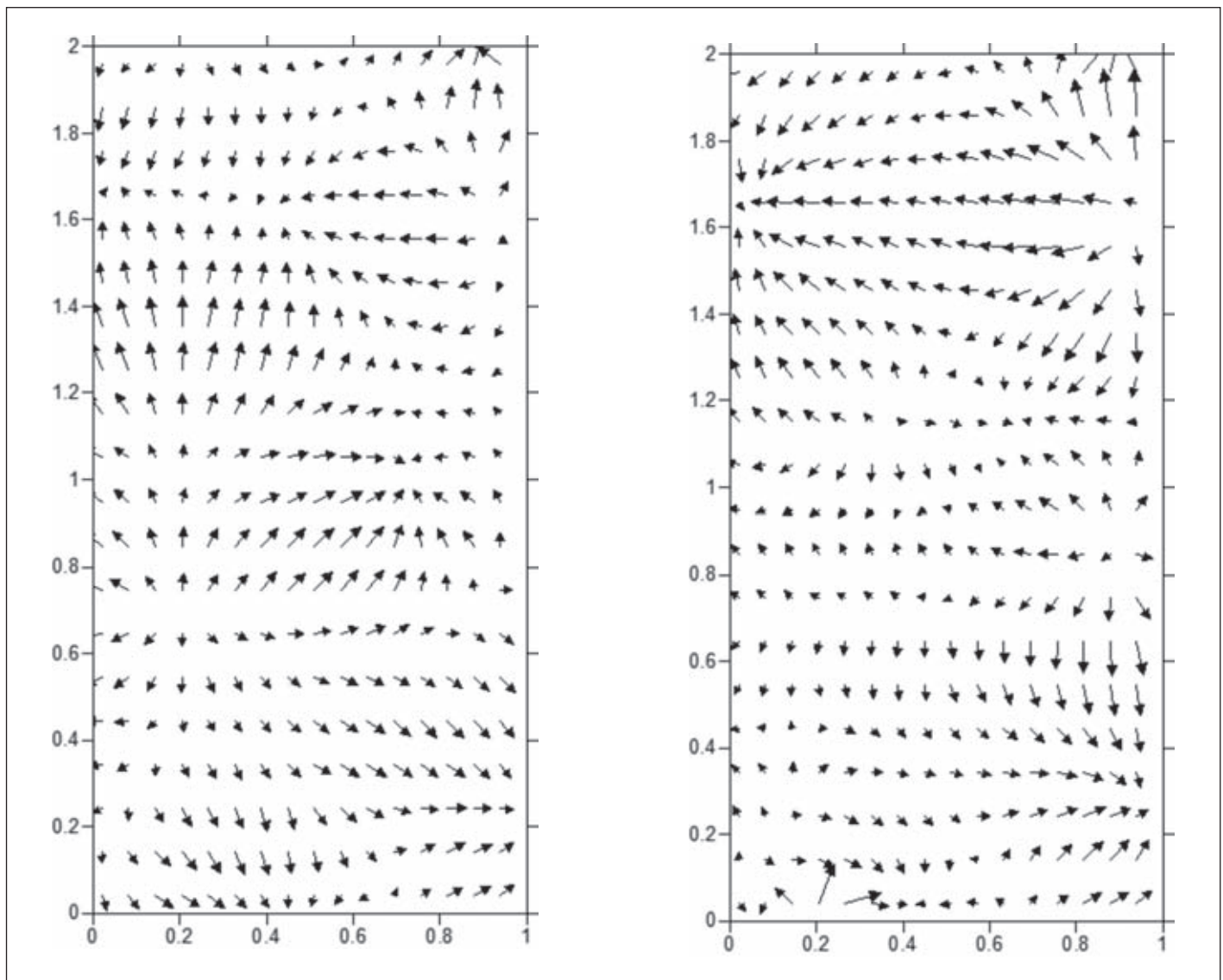


Abb. 2 a und b: Gradientenstruktur des Versuchsbettes am Schlafplatz 1 (links) und des Referenzbettes am Schlafplatz 2 (rechts). Achsenbeschriftungen in m. Die Pfeile geben die Richtung der stärksten Änderung der Messgröße (vertikalen magnetischen Flussdichte) an, ihre Länge den Betrag dieser Änderung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

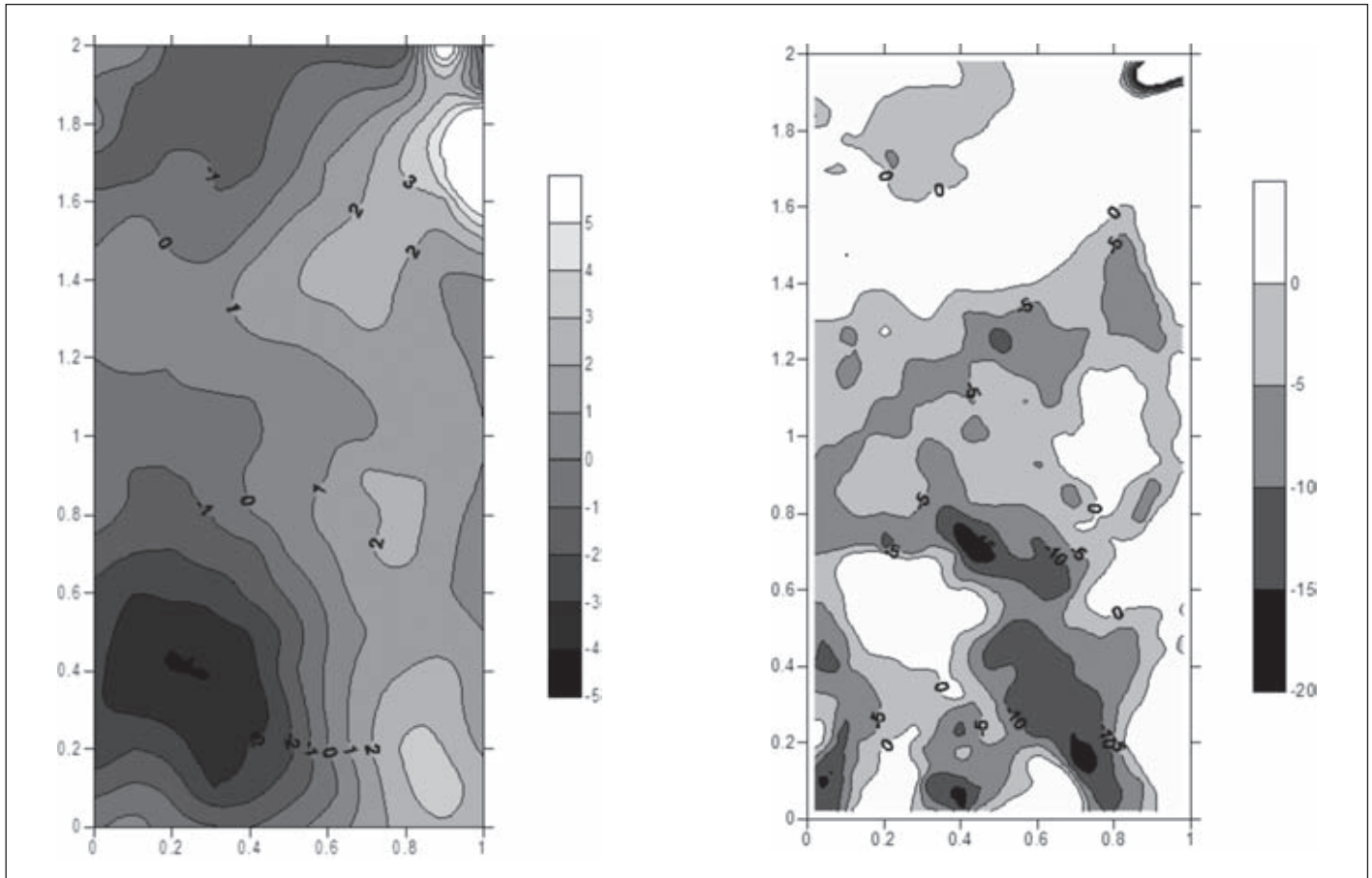


Abb. 3: Strukturierte Veränderung des Magnetfeldes im Versuchsbett (Schlafplatz 1). Dargestellt ist die Differenz von Messwerten in Mikrotesla (μT). Achsenbeschriftungen in m.

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-

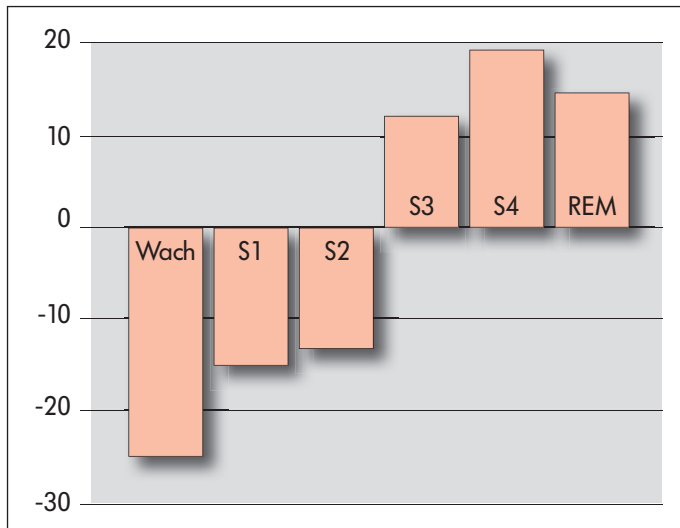


Abb. 5: Vergleich der Schlafstruktur Verum/Kontrollgruppe in Prozent. Die Abbildung zeigt die deutliche Verbesserung des Schlafprofils in der Verum- gegenüber der Kontrollgruppe in Prozent: Wachstadium, sowie die „flachen“ Schlafstadien S1 und S2 haben bei Benützung des Wirkträgers abgenommen, während 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 auseinandersetzen. 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 Gefahrenmoment im Berufsleben
- 3) Monotonie kann Schläfrigkeit – vor allem bei vorangegangenem 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 Konzentrationschwierigkeiten, 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“ and „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, Hocomb 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. *Ehrenstein 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. *Schaeffel 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