

Welchem Elektro-Magnetfeldtherapie-System darf man vertrauen?

Abstrakt

Die Ergebnisse magnetfeldtherapeutischer Anwendungen werden in zahlreichen, meist von medizinischer Seite erstellten Übersichtsarbeiten häufig als widersprüchlich und dementsprechend als wenig nützlich eingestuft. Bei genaueren Betrachtung erweisen sich derartige Bewertungen jedoch selbst als untauglich insofern als diese, statt der aus wissenschaftlicher Sicht unumgänglichen Berücksichtigung der hinsichtlich des Zeit-Intensitätsverlaufs meist sehr speziellen geformten Stimulationen, die Stimulationen lediglich durch Angaben zur Frequenz und Intensität beschreiben (Pieber K, Schuhfried O, Fialka-Moser V (2007), Quittan M, Schuhfried O, Wiesinger GF, Fialka-Moser V (2000), Wilbacher I (2009)). Bei fachkompetenter Betrachtung würden sich vermutlich viele der vorgetragenen Widersprüche vermutlich von selbst auflösen. Angesichts des allgemein in medizinische Aussagen gesetzten hohen Vertrauens ist dies ein wenig erfreulicher und verwirrender Zustand. Er stellt den potenziell interessierten Anwender vor die Frage „Welches System ist für mich geeignet und wem darf ich vertrauen?“. Basierend sowohl auf den zugrundeliegenden physikalisch und physiologischen Wirkmechanismen als auch auf einer kritischen Analyse gängiger wissenschaftlicher Bewertungen, soll die folgende Abhandlung hierzu klärend beitragen.

Gesundheit als Funktionszustand komplex vernetzter molekularer Interaktionen

Gesundheit ist ein Zustand des körperlichen, seelischen, sozialen und somit auch des psychischen und geistigen Wohlbefindens. Gemäß der englischen Wortbedeutung „well-being“ handelt es sich um einen über Anamnese, Laborparameter, genetisch oder anderweitig definierte Marker objektiv beschreibbaren Zustand. Er ist unter anderem gekennzeichnet durch eine altersgerechte körperliche und geistige Leistungsfähigkeit.

Physikalisch-chemisch gesehen, basiert Gesundheit auf im Organismus zeitlich und räumlich hoch selektiv und sensitiv vernetzten Regulationsprozessen. Sie regulieren unter anderem die Umsetzung der in organischen Stoffen ruhenden Energie nach von der Natur vorgegebenen Gesetzmäßigkeiten in Strukturen, Arbeit und Wärme. Der durch Signalstoffe, über Adhäsionsmoleküle und das genetische Material vermittelten Bildung und Aktivierung von Proteinen kommt hierbei eine besondere Rolle zu. Die Gesundheit reflektiert somit den momentanen Zustand einer naturgegebenen - sich mit der Evolution ständig fortentwickelnden - vornehmlich auf Lebenserhalt ausgerichteten Anpassung an innere und äußere Gegebenheiten.

Lebens-, Arbeits- und Umweltbedingungen - insbesondere falsche Ernährung, mangelnde Bewegung und sozialer Stress - können diese Regulationen jedoch überfordern und so zu häufig durch Vorboten wie Unwohlsein, Schmerz, Angst und Depression angekündigten, nachhaltigen gesundheitlichen Störungen führen.

Es ist das einheitliche Ziel therapeutischer Maßnahmen solche Störungen möglichst umfassend und schonend zu kompensieren. Sei es der Einsatz von Medikamenten, physikalisch-therapeutischen, psychologischen oder sonstiger Maßnahmen, sie zielen alle ab auf die Unterstützung und Stärkung der Selbsterhaltungsmechanismen.

Symptom-orientierte Interventionen sind problematisch

Aus naheliegenden praktischen und methodischen Gründen orientieren sich therapeutische Maßnahmen, trotz ausgereifter Diagnostik, jedoch meist an den durch solche Überlastungen induzierten Symptomen, nicht aber an deren eigentlichen Ursachen. Sie erfolgen häufig also erst innerhalb der Sequenz von möglicherweise durch zusätzliche - oft kostenintensive - Folgestörungen verdeckte und verschleppte, auch durch Multimedikation zusätzlich geförderte Krankheitsentwicklungen.

Demgegenüber von Vorteil wären also Maßnahmen, die solche Störungen möglichst ursachennah, schonungsvoll und breit gestreut bereits in deren Anfangsstadien kompensieren oder - im Sinne einer Prävention - deren Aufkommen gar nicht erst zulassen.

Das Konzept der (modernen) Elektro-Magnetfeldtherapie und der Begriff „elektromagnetische Wirkstoffeigenschaften“

Die Prävention gehört zu den vordergründigen Zielen der modernen Elektro-Magnetfeldtherapie, einer physikalischen Therapie, die durch nichtinvasive Applikation pulsierender Elektro-Magnetischer Felder (PEMF) auf die Erhaltung der körperlichen Regulationsprozesse ausgerichtet ist. Komplementär zu jeder weiteren Art von therapeutischen Maßnahmen zielt sie ab auf eine breitest mögliche Unterstützung der diesen Selbsterhaltungsmechanismen zugrunde liegenden molekularen Interaktionen.

Um die zugrundeliegenden Mechanismen zu verstehen müssen wir uns gedanklich auf die Ebene der gleichzeitig in unvorstellbarer Größenordnung gleichzeitig in unserem Körper ablaufenden physikalisch-chemischen Interaktionen zwischen kleinsten Bausteinen in unserem Körper, den Elektronen, Atomen, Molekülen und Ionen, im Folgenden vereinfachend auf die molekulare Ebene begeben. Das Zustandekommen dieser Interaktionen bedarf der Zufuhr von einer für jede Art der beteiligten Bausteine speziellen Energie, der Aktivierungsenergie. Sie ist vergleichbar der vorbereitenden körperlichen Arbeit für Schlittenfahrten, also der Arbeit um die jeweiligen Schlitten zunächst auf den Berg zu schieben. Die nach einer erfolgreichen Aktivierung freiwerdende Energie (Reaktionsenergie) bleibt davon unberührt. Im Beispiel unseres Schlittens entscheidet darüber die Steilheit und Länge der Abfahrt. Die elektromagnetisch zugeführten Energiemengen übernehmen also lediglich Steuerungsfunktionen.

Im Falle molekularer Interaktionen ist die Form dieser Energie elektromagnetischer Natur (Gray et Riedel 2011). Ihre Übertragung verändert Elektronenkonfigurationen und damit die Reaktionsbereitschaft der jeweils an den Interaktionen teilnehmenden molekularen Bausteinen. Je nach Art der Bauteile erfordert deren Aktivierung ein entsprechend breit angepasstes Spektrum an unterschiedliche Energiemengen.

Damit ergibt sich das so einfach wie logische biologische Wirkkonzept: Je breiter das Band der applizierten Feldenergien, umso breiter die Chancen der Anregung und damit die biologische Wirkung. Durch die so erhöhten Reaktionswahrscheinlichkeiten könnte eine geeignete - durch ihren Zeit-Intensitätsverlauf gekennzeichnete - Form der elektromagnetischen Stimulation ein Zuviel oder Zuwenig an Stoffkonzentrationen ausgleichend, sogar zur Reduktion von Arzneimittelgaben beitragen (Fig. 1).

(Fig. 1)

Dass externe elektromagnetische Felder tatsächlich zu physiologischen Wirkungen führen ist unbestritten: Abhängig von deren jeweiligen zeitlichen Intensitätsänderungen führen beispielsweise elektromagnetische Felder im Infrarot-Bereich zur Wahrnehmung von Wärme, im höherfrequenten Bereich des sichtbaren Lichts zur Farberkennung, bei noch höheren Änderungen im UV-Bereich zur Beeinflussung chemischer Bindungen (Sonnenbrand, UV-Sterilisation) und schließlich bei extrem hohen zeitlichen Veränderungen - man spricht hier von Strahlungen - in Bereichen der Röntgen-, Radioaktiv (Gamma)- und kosmischen Strahlung zur ionisierenden Zerstörung molekularer Bindungen. Grob aber nicht allgemeingültig formuliert: Je höher deren Frequenz¹ umso effizienter, aber auch risikoreicher ist deren biologische Wirkung. Nichtsdestoweniger bewirken im schmalen Frequenzbereich des sichtbaren Lichts von 500-800 nm selbst geringste Frequenzunterschiede signifikant unterschiedliche Farbempfindungen (Fig. 2).

(Fig. 2)

Verglichen mit der Charakterisierung von Wirkstoffeigenschaften von Arzneimitteln durch physikalische und chemische Eigenschaften lassen sich „elektro-magnetische Wirkstoff“-Eigenschaften (Fig. 4), also die zeitlichen Intensitätsverläufe der jeweils applizierten elektromagnetischen Pulse nach bekannten Formalismen zur mathematischen Simulation von mathematischen Funktionsverläufen über hinsichtlich Frequenz und Amplitude geeignet überlagerte Sinus- und Kosinus-Komponenten beschreiben (siehe Handbücher der Mathematik: Fourier-Analyse). Je breiter das Spektrum, also je größer die Anzahl von Sinus und Cos-Komponenten umso grösser die Anregungswahrscheinlichkeit und damit umso breiter auch die zu erwartende biologische Wirkung (Fig. 5).

(Fig. 3)

Statische und zeitlich veränderliche Magnetische Felder

Statische Magnetfelder haben ihren Ursprung in gleichförmig bewegten Ladungen, wie z.B. in Permanentmagneten oder Gleichstrom durchflossenen Leitern. Sie äußern sich durch Kraftwirkungen auf Magnete, magnetisierbare Körper und bewegte Ladungsträger.

Veränderliche magnetische Felder entstehen als Folge zeitlicher Änderungen von Ladungsbewegungen und damit als Folge der von diesen Ladungen herrührenden elektrischen Feldänderungen.

Unabhängig davon induziert aber auch jede Änderung eines magnetisches Feldes ein elektrisches Feld (Gesetze von Faraday). Im gegenseitigen Wechsel entfernen sie sich als elektromagnetische Felder (oder Wellen bzw. bei sehr hohen Wechselraten als Strahlen) mit Lichtgeschwindigkeit vom Ort ihres Entstehens.

Im Gegensatz zu elektromagnetischen Feldern durchdringen permanente Magnetfelder organisches Material weitgehend ungestört – und übertragen dementsprechend nur geringe Energie. Es ist noch offen, inwieweit sich die durch elektromagnetische Wechselfelder induzierten Wirkungen auf die elektrischen und/oder die magnetischen Feldanteile aufteilen lassen (Meschede 2015).

So könnte die biologische Wirkung aus dem Zusammenwirken der das organische Gewebe weitgehend ungedämpft durchdringenden - zunächst als eine Art Träger fungierenden magnetischen Komponente - und der bei ihrer zeitlichen Veränderung induzierten elektrischen Komponente zustande kommen. In diesem Sinne versteht sich auch die Definition des hier verwendeten hinsichtlich ihres Zeit-Intensitätsverlauf speziell geformter elektromagnetischer Pulse beruhenden Begriffs „Elektro-Magnetfeldtherapie“.

Sie ist als Erweiterung der sich vorwiegend auf Berichte aus dem Altertum stützenden - zunächst auf die vereinheitlichte Wirkung von Permanentmagneten beschränkte - volkstümlich definierte und teils auch weiterhin benannte „Magnetfeldtherapie“ zu sehen.

1 Im Bereich der Elektro-Magnetfeldtherapie sind Angaben lediglich zur Frequenz und Intensität jedoch unzureichend. Entsprechend der obigen physikalisch-chemischen Grundmechanismen lassen sich die angestrebten Ziele nur mit geeignet abgestimmtem Zeit-Intensitätsverläufen (Pulsformationen) der applizierten elektro-magnetischen Felder erreichen.

Elektro-Magnetfeldtherapie: Ausführungs- und Anwendungsformen

Die ganz- oder teil körperliche Applikation magnetischer und elektromagnetischer Felder hat sich wegen ihrer einfachen, patientenfreundlichen, nichtinvasiv und schmerzfreien, insbesondere alters- und symptomunabhängigen Anwendungsform als „Magnetfeldtherapie“ inzwischen einen festen Standplatz im Gesundheitswesen gesichert (Vallbona 1999). Ungeachtet der vorausgehend beschriebenen Differenzierung zwischen statischen und veränderlichen, also elektromagnetischen Feldern wird sie zur Erhaltung und Wiederherstellung von Leistungsfähigkeit, Wohlempfinden, Lebensqualität und Lebensfreude in allen Lebensabschnitten eingesetzt, sowohl in der privaten Heimanwendung, im Sport als auch in der medizinischen und klinischen Praxis (Saliev et al. 2018).

Gemeint ist hierbei die körperliche Beaufschlagung mit im Zeit- und Intensitätsverlauf unveränderlichen (statischen) oder niederfrequenten, also langsam veränderlichen, elektromagnetischen Feldern (Fig. 3). Weil letztere oft in gepulster Form (mit Pulswiederholungsraten im Bereich von 1 bis ca. 1000 Hz) appliziert werden spricht man hier auch von pulsierenden elektromagnetischen Feldern (PEMF, Pulsed Electro Magnetic Fields).

Herkömmliche, auch heute noch in der Therapie eingesetzte Systeme arbeiten häufig mit sinus-, bogen-, sägezahn-, oder trapezförmig gepulsten (magnetischen) Feldintensitäten von bis zu mehreren Milli-Tesla und Wiederholungsraten von 0,001 bis etwa 1000 Hz. Die häufige Verwendung von 50 oder 60 Hz sollte allerdings nicht als Hinweis für deren besondere Wirksamkeit interpretiert werden. Diese Frequenzen und Formen verdanken ihre Beliebtheit vielmehr ihrer bevorzugten Verwendung in elektrotechnischen Labors aufgrund ihrer leichten technischen Umsetzbarkeit (Markov 2007).

Je nach Zweckbestimmung kommen die Geräte entweder als Wellness-2 oder als Medizin- Produkte zum Einsatz. Der Unterschied beruht auf gesetzlicher Regelung (§ 3 Medizinprodukte Gesetz, MPG, siehe auch Abschnitt: Relative Kontraindikationen bei elektromagnetischen Befeldungen).

Elektrosmog, ein umgangssprachlicher Ausdruck für die stark umstrittenen täglichen Belastungen des Menschen und der Umwelt durch sämtliche, technisch erzeugte (künstliche) elektrische, magnetische also auch hochfrequente und ionisierende elektromagnetische Felder, derzeit insbesondere im Mikrowellen- (speziell G5) oder Terahertz- (Personenscanner) Bereich, sind nicht Gegenstand der vorliegenden Abhandlung.

Ebenfalls nicht einbezogen wird die Stimulation mit starken Magnetfeldern, wie sie mit durchflossenen Spulen von bis zu 1500 Ampere erzeugt werden (McClintock SM et al. 2018). Beispielsweise führen kurzzeitige transkranielle Stimulationen mit hohen magnetischen Flussdichten (200 bis 600 μ s, bis zu 3 Tesla) über tangential am Schädel angelegte Magnetspulen zu elektrischen Potentialänderungen und damit zur Auslösung von Aktionspotentialen in der schädelnahen Hirnrinde.

Je nach Hersteller des Magnetfeldgenerators kommen statische oder über unterschiedliche Intensitäts-Zeitverläufe gesteuerte pulsierende (elektromagnetische) Felder zur Anwendung (Saliev et al. 2018). Statische Magnetfelder (Permanentmagnete) gibt es u.a. in Form von Pflastern, Einlegesohlen, Armbändern. Elektromagnetische Felder werden in wenigen Fällen werden über in verschiedene Applikator-Formen eingearbeitete bewegte Permanentmagneten, meistens jedoch über mit über zeitlich veränderlichen Stromstärken gespeiste Flachspulen appliziert.

Die dabei zur Anwendung kommenden Feldstärken liegen - angepasst an die jeweils gültigen Grenzwerte (NISV, 26. BImSchV, DIN VDE 0100-710, International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection 1998) - üblicherweise im Bereich von bis zu 1000 MikroTesla. Zum Vergleich, das statische Erdfeld in Europa liegt ca. 50 MikroTesla.

Ungeachtet des gleichartigen physikalischen Hintergrunds werden die Geräte vielfach mit unterschiedlichsten Namensgebungen angeboten: Magnetfeldresonanz-, Frequenz-, Gefäß-, Quanten-, Pulsierende Signal-Therapie etc. (siehe auch Abschnitt: Publikationen und Autorenschaft).

Obwohl die nichtinvasiv genutzte magnetische bzw. elektromagnetische Behandlungsform wie jede andere medizinische Maßnahme körpereigene Erhaltungsregulationen unterstützt, wird diese der Alternativ- bzw. der Komplementärmedizin zugeordnet, einer Sammelbezeichnung für Behandlungsmethoden, die sich als alternative Ergänzung zu wissenschaftlich begründeten Methoden der (Schul-) Medizin verstehen (Köbberling 2017).

2 Wellness oft auch well-being lässt sich durch einen nur fünf Fragen umfassenden Fragebogen zum Wohlbefinden, dem WHO-Five Well-Being Index, definieren.

Biologische Wirkungen elektro-magnetischer Felder

Die Menge an Publikationen zur biologischen Wirkung statischer und niederfrequent pulsierender elektro-magnetischer Felder ist umfangreich und weiter stark im Wachsen. Neben den Referenzen in dieser Abhandlung sei hier auf das umfangreiche meist Peer Reviewed³ Material in der National

³ Ein Peer-Review ist ein Verfahren zur Qualitätssicherung einer wissenschaftlichen Arbeit durch unabhängige Gutachter aus dem gleichen Fachgebiet. Die Autoren der begutachteten Arbeit müssen dabei etwaige Kritik ernst nehmen und entdeckte Fehler korrigieren oder darlegen, weshalb die Kommentare der Gutachter unzutreffend sind, bevor die Studie publiziert werden kann. Nachteil, abgesehen von Fake Journals: Bei grenzüberschreitender Wissenschaftsthematik (z.B. Naturwissenschaften-Medizin) mangelt es oft an der notwendigen fachübergreifenden Kompetenz der meist medizinischen Gutachter und wegen des großen auf Library of Medicine https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/?db=PubMed&orig_db=PubMed&term=pmf+therapy, der Internet-Informationenplattform EMF-Portal der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen und des Bundesamts für Strahlenschutz <https://www.emf-portal.org/de>, <https://www.bfs.de>, des Bundesinstituts für Arzneimittel und Medizinprodukte (BfArM) <https://www.dimdi.de/dynamic/de/das-dimdi/>, der Cochrane Bibliothek <https://www.cochranelibrary.com/cdsr/reviews/topics>, (Cochrane 1972, Cecchi 2020), aber auch auf die zahlreichen Patentanmeldungen verwiesen <https://patents.google.com/>.

Hier sei aber eigens erwähnt, dass die besonders von medizinischer Seite angefragten Studienergebnisse, wegen der darin bestehenden Ausschlusskriterien (Alter, Gender, Krankheiten, Medikation, etc.) nur in wenigen Fällen konform sind mit den individuellen Gegebenheiten. Es wäre also ratsam eine häufig gegebene „Nutzung auf Probe“ anzustreben.

(Fig. 4)

Einige Beispiele zu magnetfeldtherapeutischen Anwendungen

(National Library of Medicine)

Eine kleine stichprobenartige Auswahl von peer reviewed Publikationen geben einen Hinweis auf ein breites Spektrum magnetfeldtherapeutischer Wirkungen:

- Reduktion polyneuropathologischer Schmerzzustände als Folge von oxidativem Stress nach Chemotherapie, Knie Osteoarthritis und Verletzungen (Mert 2017), (Gabrys 2004), (Hedén and Pilla 2008), (Khooshideh et al. 2017), (Battisti et al. 2004), (Rokyta et al. 2012), (Ryang et al. 2014), im Widerspruch dazu (Menini et al. 2016) und (Beaulieu et al 2016)
- Stärkung körpereigener Abwehrmechanismen mit verbesserter Immunität und Protektion gegen chemische Stressfaktoren (Wojcik-Piotrowicz al. 2017), (Guerrero and Ricevuti 2016)
- Protektion gegen chemische Stressfaktoren insbesondere der Reduktion chemisch (durch das Teratogen Cyclophosphamid) induzierter Missbildungen in der Ontogenese von warmblütigen Wirbeltierembryonen am Model von Hühnereiern (Jelínek et al. 2002)
- Verbesserung orthopädischer Krankheitsbilder, insbesondere im Rehabilitationswesen mit Reduktion lumbargisch initiiertes, chronischer Rücken- und Bewegungsschmerzen und deren Folgeerscheinungen: Schlaflosigkeit, Angst Depression (Klasen et al. 2006), (Bernatzky et al. 2007) • Beschleunigte, auch diabetisch bedingte Wund- (Callaghan et al. 2008, Patruno et al. 2018) und Knochenheilung, Rückenschmerzen (Assiotis et al. 2012), (Furlan et al. 2010), (Krath al. 2017) (Ryaby 1998), (Schmidt-Rohlfing et al. 2011), (Pieber et al. 2007), dazu im Widerspruch ein Cochrane Report von Griffin et al (2011)
- Einfluss auf die Schlafqualität unwahrscheinlich nach Hong et al. (2001) oder sogar störend bei Dauerbefeldung nach Bagheri et al. (2019) deren Aussagen gesetztes Vertrauens folglich auch mit negativen Auswirkungen für die Krankenversicherten (s. auch Abschnitt: Magnetfeldtherapie: Ja, aber welches System? Einige Entscheidungshilfen).
- Verbesserung des Wohlbefindens und der Lebensqualität, insbesondere in der Geriatrie und Palliativmedizin, Multiple Sklerose (Bistolfi 2007), (Guerrero and Ricevuti 2016)
- Leistungssteigerung im Spitzensport durch verzögertes Auftreten von Muskelkater, Reduktion von Erschöpfungszuständen, Bildung energiereicher Verbindungen, insbesondere von Adenosintriphosphat (ATP) und Bis-2,3-Phosphoglycerat (BPG) in humanen Erythrozyten Spodaryk K (2001, 2002), Spodaryk and Kafka (2004)
- Verbesserung der Haemoglobin-Sauerstoff Affinität bei gesunden Erwachsenen (Kafka WA 2003), (Kafka and Spodaryk 2003)
- Erhöhung von Zell-Replikations- und Proliferationsraten und Beeinflussung der Aktivität von Proteinen in definierter Stammzellen des humanen Knochenmarks als Ansatz zur Behandlung von Knochenleiden, z. B. Osteoporose und Frakturen (Kafka et al. 2005)
- Bildung in Form differentieller (up- und down-regulierter) Genexpression von Proteinen definierter Stammzellen humaner Knochen- und Knorpelzellen als Ansatz zur Behandlung von Knochenleiden (Walther et al. 2007)

- Beeinflussung der Aktivität unterschiedlicher Wachstumsfaktoren epidermaler Wachstumsfaktor (EGF), insulinähnlicher Wachstumsfaktor 2 (IGF-2), Fibroblasten-Wachstumsfaktor (FGF), Nerven-Wachstumsfaktor (NGF), transformierender Wachstumsfaktor Beta (TGF- β) und den Knochen- Morphogenese-Proteinen 2 und 4 (BMP-2, BMP-4) (Ruoff 2008), Sylvester et al. (2005)
- Reduzierte Medikation – Krebs (Moiseeva and Kunin 2018), (Vadalà et al. 2016), (Ruiz-Gómez et al. 2002), (Cheng et al. 2017)
- Funktionszustand der Mikrozirkulation und verbesserte Anpassung an die von sich ändernden Stoffwechselbedürfnissen abhängige Strömung von Blutzellen, Blutplasma und Signalstoffen in den kleinsten Blutgefäßen sowie der Aktivierung des Stoffaustauschs Klopp (2008). Trotz Nutzung identischer Stimulations-Systeme mit zum Teil gleichen Analysesystemen konnten weder Schuhfried et al. (2005) noch Gschwandtner et al (2008) derartige Befunde bestätigen.

Bezogen auf die unterschiedlichen Arten der durch die elektro-magnetischen Felder induzierten Wirkungen, insbesondere die simultanen Up- und Down- Regulationen in der Genexpression, kann, trotz der obigen Einschränkungen zur Individualität der Reizparameter im Allgemeinen davon ausgegangen werden, dass die elektro-magnetischen Signale unterschiedliche molekulare Prozesse aktivieren. Selbst wenn sich einige der Befunde erst als Folge funktioneller Überlappungen von primär unterschiedlich aktivierten molekularen Mechanismen einstellen und des Weiteren noch offen ist, inwieweit sich die dabei induzierten biologischen Wirkungen den spektralen Komponenten der applizierten Stimulationssignale zuordnen lassen, liefern die vorliegenden Befunde eine Bestätigung dafür, dass die Breite der biologisch induzierbaren Wirkungen im Sinne des hier vorgestellten Konzepts mit der spektralen Breite der Stimulationssignale einhergeht.

Relative Kontraindikationen

Die Inbetriebnahme von magnetfeldtherapeutischen Vorrichtungen, insbesondere bei deren Einstufung als Medizinprodukte, setzt sowohl einen sicheren Einsatz (z.B. die Konformität zur Gerätetechnik, CE-, GSE-, ISO-Standards, elektromagnetische Verträglichkeit, Einhaltung von

Grenzwerten (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection 1998), als auch einen Wirksamkeitsnachweis voraus (z.B. im Rahmen einer der nachfolgenden beschriebenen Studienprotokolle gemäß Richtlinie 93/42 EWG Anhang II Vollständiges Qualitätssicherheitssystem).

Ihr Einsatz unterliegt ferner bestimmten Ein- und Ausschluss Kriterien. So sollten Personen mit elektronischen Implantaten (Herzschrittmacher, Cochleaimplantate, Chips, etc.) nur nach fachkompetenter ärztlicher Prüfung behandelt werden.

Zur Vermeidung von Abstoßungsreaktionen nach frischen Fremdkörpertransplantationen erscheint es weiterhin ratsam, eine elektro-magnetische Behandlung erst nach medizinisch diagnostizierter Normalisierung der immunologischen Abwehrreaktionen zu beginnen.

Wärmeentwicklungen durch Induzierte Ströme in metallischen Implantaten (sie wirken als Antennen), sowie durch im Wechselfeld ausgelöste Um-Magnetisierungen sind jedoch nicht zu befürchten (Implantate bestehen aus nicht magnetisierbarem Material).

Gegebenenfalls sollte aber dennoch die individuelle elektro-magnetische Verträglichkeit zwischen elektronischen Implantaten und dem jeweiligen Behandlungssystem überprüft werden.

Grundsätzlich sollte die Magnetfeldtherapie keinesfalls eine fachgerechte ärztliche Behandlung ersetzen. Eine ärztliche Beratung zur Magnetfeldtherapie sollte aber nur von in diesem Bereich fachübergreifend kompetenten medizinischen Fachkreisen eingeholt werden (vgl. Text Fig. 4 und Fig. 5).

Magnetfeldtherapie: Ja, aber welches System? Einige Entscheidungshilfen

Wegen der eingangs erwähnten systemspezifisch unterschiedlichen Stimulationseigenschaften lässt sich aus den Befunden keine allgemeine therapeutische Anwendbarkeit ableiten. Daher ist selbst bei individuell streng eingegrenzten Therapiewünschen eine gründliche und kritische Auseinandersetzung mit den jeweils zu Verfügung gestellten Unterlagen erforderlich. Bei der Komplexität des zugrunde liegenden physiologisch-physikalischen Hintergrunds und der Vielzahl der derzeit auf dem Markt erhältlichen Behandlungssysteme darf allerdings davon ausgegangen werden, dass auf diesem Gebiet nicht einschlägig bewanderte Interessenten - selbst Angehörige medizinischer Fachkreise - hierbei überfordert sein dürften.

(Fig. 5)

Als eine wertfreie, neutrale Hilfe bei der Entscheidung für das eine oder andere System bietet sich die Prüfung auf Erfüllung folgender Kriterien an:

Technische Angaben: Sind die Angaben zur Gerätetechnik - insbesondere zum zeitlichen Intensitätsverlauf - beschrieben und ausreichend quantifiziert? Herkömmliche, und heute noch in der Therapie eingesetzte Systeme arbeiten häufig mit zeitlich gepulsten sinus-, bogen-, sägezahn-, oder trapezförmig verlaufenden (magnetischen) Feldintensitäten von bis zu mehreren Millitesla und Wiederholungsraten von 0,001 bis 1000 Hz. Die bislang häufigste Verwendung von 50 oder 60 Hz sollte allerdings nicht als Hinweis für deren besondere Wirksamkeit interpretiert werden. Diese Frequenzen und Formen verdanken ihre Beliebtheit vielmehr ihrer bevorzugten Verwendung in elektrotechnischen Labors aufgrund ihrer leichten technischen Umsetzbarkeit. Moderne Entwicklungen basieren auf der Applikation komplex zusammengesetzter Signalformen mit - gegenüber den herkömmlichen Systemen - einer um eine vielfache breitere spektrale Zusammensetzung (Fig. 5).

Sicherheitsstandard: Sind die Sicherheitsverordnungen, wie z.B. die Konformität zur Gerätetechnik (CE-, GSE-, ISO-Standards usw.) angegeben und dokumentiert?

Wirknachweise und Werbeaussagen: Beruhen die behaupteten Wirkungen tatsächlich auf Untersuchungen mit dem ausgewählten Behandlungssystem oder, wie häufig und irreführend geäußert, auf mit völlig anderen Stimulationsformen erzielten Befunden?

Bedienungsanleitung, Hotlines: Sind die Inhalte von Bedienungsanleitungen, Anwenderhinweisen, Schulungen, Hotlines usw. wissenschaftlich belegt? Dies betrifft vornehmlich die Angaben zur Dauer, Häufigkeit und Intensitätseinstellung bei der Behandlung medizinisch eindeutig definierter Indikationen. Oft wird hier unter Vorgabe wissenschaftlich belegter Fakten auf so genannte Erfahrungswerte Bezug genommen. Abgesehen davon, dass Erfahrungswerte grundsätzlich keiner wissenschaftlichen Überprüfung gleichzusetzen sind (siehe unten), sind derartige Angaben aber auch schon deshalb untauglich und letztlich widersinnig, als den Nutzern durch Empfehlung bereits von vornherein jede andere Wahl von Einstellungen abgenommen wurde. Es ist somit keinesfalls auszuschließen, dass andere als die jeweils vorgeschlagenen Einstellungen nicht doch zu besseren Therapieergebnissen geführt hätten. - Wenn auch in solchen Fällen eher eine Entscheidung gegen dieses System zu treffen wäre, sei immerhin festgehalten, dass hier nicht die Tauglichkeit des Systems kritisiert werden sollte, sondern die Beratung durch vielfach selbsternannte, mit wissenschaftlicher Denkweise wenig vertraute und/oder vom Hersteller für die Verbreitung von Wunschvorstellungen bezahlte „Experten“.

Wissenschaftliche Dokumentation: Wurden die vorgestellten Untersuchungen nach wissenschaftlichen Standards („Studien“) durchgeführt, aus denen insbesondere eindeutig hervorgeht, dass die beobachteten und bewerteten Wirkungen ausschließlich auf den jeweils applizierten Reiz zurückzuführen sind? Im Einzelnen geht es hier um die Prüfung des Untersuchungsprotokolls auf möglichst verblindete, multizentrisch durchgeführte Untersuchungen an einer hinreichend großen, randomisiert auf Kontrolle, Placebo- und Verum-Gruppen verteilten Population von Probanden und der vergleichend und quantifiziert durch (im Bereich von 0,5 oder besser 0,01 liegenden) Signifikanzwerte dargestellten Resultate. Eine besondere Rolle kommt hier der genauen Beschreibung der Reizform zu. Fehlt diese, oder ist sie – wie leider bei den meisten – nur durch Angaben zur Pulshäufigkeit und Intensität beschrieben, dann ist sie für eine Bewertung ungeeignet. So genannte Case Reports (Fallbeschreibungen) erfüllen - ähnlich wie die oben erwähnten Erfahrungswerte - nicht die Bedingungen wissenschaftlicher Eindeutigkeit. Sie dienen allenfalls als mögliche Arbeitshypothesen für weitere Untersuchungsplanungen.

Falls die obigen Bedingungen, insbesondere die genaue Beschreibung der elektromagnetisch Form der Stimulation erfüllt sind kann auf eine detaillierte Prüfung von Untersuchungsparametern und Ergebnissen verzichtet werden (siehe Fußnote 2 zu Abschnitt „Einige Beispiele zu magnetfeldtherapeutischen Anwendungen“). Im Bereich der Magnetfeldtherapie erfüllen viele der selbst in Peer-Reviewed Fachorganen publizierten Arbeiten leider nicht diese Anforderungen (s. Text Fig 4 und Fig.5).

Publikationsorte, insbesondere Publikationen in der Tagespresse, im Eigenverlag erstellte Broschüren und Bücher, selbst mit ISBN-Nummer, sind zur Überprüfung der Wissenschaftlichkeit weniger bis nicht geeignet. Stehen jedoch nur derartige Publikationen zur Verfügung, sollte ersatzweise durch Intuition geprüft werden, ob die gewählten Untersuchungsmethoden die beschriebenen Wirksamkeiten überhaupt zulassen. So könnten die oben erwähnten Einflüsse auf den Funktionszustand der Mikrozirkulation angesichts der im Mikrometerbereich durchgeführten Untersuchungen beispielsweise die Frage nach der Zuverlässigkeit der entsprechenden „Vorher-Nachher“-Dokumentationen insofern aufwerfen, als die tatsächliche Wiederfindung in diesen Dimensionen besonderer technischer Vorkehrungen bedarf.

Dies gilt umso mehr, wenn wie beschrieben, die Nachbeobachtungen erst nach mehreren Tagen oder gar Wochen erfolgten, innerhalb derer üblicherweise mit histologisch-morphologischen Veränderungen zwar zu rechnen ist, diese jedoch in den Bildern der Nachbeobachtungen nicht erkennbar sind.

Zusatzgeräte bzw. -applikationen: In den Angebotssortimenten vieler Hersteller finden sich immer häufiger Zusatzgeräte, mit deren Hilfe sich unter Beiziehung anderweitig ermittelter Referenzwerte angeblich individuell optimal ab- gestimmte Reizbedingungen unmittelbar „vor Ort“ ermitteln lassen. Häufig handelt es hierbei etwa um in Finger- oder Ohrenklipps eingebaute Sensorsysteme, mit denen sich über die Messung von beispielsweise Widerständen oder Lichtabsorptionen gewisse physiologische Parameter (Hautfeuchte, Pulsabstand, usw.) erfassen lassen. Ein derartiges Vorhaben setzt voraus, dass solche „Referenzwerte“ einen wissenschaftlich abgesicherten, von der elektro-magnetischen Behandlung abhängigen, insbesondere einen für die zu behandelnde Person zutreffenden gesundheitlichen Zustand reflektieren. Hinzu kommt, dass die Vor-Ort-Messwerterhebungen, anders als häufig bei Geräte-Demonstrationen z.B. auf Messen oder dergleichen, unter ebensolchen, standardisierten Untersuchungsbedingungen durchgeführt werden müssen. Ohne strenge Einhaltung dieser Vorgaben sind solche Aussagen grundsätzlich als wertlos und unseriös einzustufen. Offensichtlich soll damit der Interessent von einer üblicherweise sensorisch nicht wahrnehmbaren Wirkung eines applizierten elektro-magnetischen Feldes überzeugt werden.

Ansonsten gelten auch hier die im Abschnitt „Bedienungsanleitung“ getroffenen Bemerkungen:

Preisverleihungen, Siegerurkunden, Patentierungen oder eine Zertifizierung als Medizinprodukt ersetzen keine wissenschaftlichen Wirknachweise. Patente zeugen von technischen Innovationen, Urkunden, Preisverleihungen, Medaillen u.a. Auszeichnungen sind nicht selten käuflich und werden auch oft ohne Prüfung auf therapeutisch sinnvolle Verwendung verliehen. Die Zertifizierung bestätigt vornehmlich die technische Erfüllung medizinischer Sicherheitsstandards. - Wie die Praxis immer wieder zeigt, dienen derartige Zertifikate vielmehr der Werbung um den Interessenten bzw. dazu, den potenziellen Käufer von der Wirksamkeit eines Produktes zu überzeugen.

Schlussfolgerung und Ausblick

Zusammenfassend zeigt sich, dass das von Seiten der Hersteller vielfach proklamierte Interesse zur Förderung medizinisch wissenschaftlicher Erkenntnisse häufig nur als ein dem Marketing dienendes Argument anzusehen ist, um die zur Wirksamkeit der Produkte vorgelegten Dokumente seriöser erscheinen zu lassen.

Es bleibt zu hoffen, dass sich künftig von Hersteller und Vertreibern unabhängige wissenschaftliche Institutionen stärker als bisher auf kompetent fachübergreifender Basis mit den gesundheitlichen Wirkungen elektro-magnetischer Felder befassen. Der dafür notwendige wissenschaftliche und technische Hintergrund ist gegeben, Bhavsar 2020), (Cecchi 2020), (Kafka 2007), (Panda 2019).

Mit diesen Vorgaben und gerade weil die nicht-invasive Anwendung eine für den Arzt einfache und den Patienten angenehme und praktisch nebenwirkungsfreie Therapieoption darstellt, kann die moderne Elektro-Magnetfeldtherapie als prospektiver neuer Ansatz gelten, der effizient und kostensenkend zur Verbesserung des allgemeinen Wohlbefindens und Gesundheitswesens beiträgt, sowohl in der privaten Heimanwendung als auch in der medizinischen Praxis.

Literatur

Assiotis A, Sachinis NP, Chalidis BE (2012) Pulsed electromagnetic fields for the treatment of tibial delayed unions and nonunions. A prospective clinical study and review of the literature. *J Orthop Surg Res.* 2012;7:24. Published 2012 Jun 8. doi:10.1186/1749-799X-7-24

Bagheri Hosseinabadi M, Khanjani N, Ebrahimi MH, Haji B, Abdolahfard M (2019). The effect of chronic exposure to extremely low-frequency electromagnetic fields on sleep quality, stress, depression, and anxiety. *Electromagn Biol Med.* 2019;38(1):96-101. doi:10.1080/15368378.2018.1545665
Battisti E, Piazza E, Rigato M, et al. (2004) Efficacy and safety of a musically modulated electromagnetic field (TAMMEF) in patients affected by knee osteoarthritis. *Clin Exp Rheumatol.* 2004;22(5):568-572

Bernatzky G, Kullich W, Aglas F, Ausserwinkler M, Likar R, Pipam W, H. Schwann H, Kafka WA (2007) Auswirkungen von speziell gepulsten elektro-magnetischen Feldern auf Schlafqualität und chronischen Kreuzschmerz des Stütz- und Bewegungsapparates (low back pain): Eine doppelblinde randomisierte Duo Center Studie (Der Schmerz, in press)

Bhavsar MB, Han Z, DeCoster T, Leppik L, Costa Oliveira KM, Barker JH (2020) Electrical stimulation-based bone fracture treatment, if it works so well why do not more surgeons use it? *Eur J Trauma Emerg Surg.* 2020;46(2):245-264. doi:10.1007/s00068-019-01127-z

Bodewein L, Schmiedchen K, Dechent D, et al. (2019) Systematic review on the biological effects of electric, magnetic and electromagnetic fields in the intermediate frequency range (300 Hz to 1 MHz). *Environ Res.* 2019;171:247-259. doi:10.1016/j.envres.2019.01.015

Beaulieu K, Beland P, Pinard M, et al (2016) Effect of pulsed electromagnetic field therapy on experimental pain: A double-blind, randomized study in healthy young adults. *Electromagn Biol Med.* 2016;35(3):237-244. doi:10.3109/15368378.2015.1075409

Bistolfi (2007) Extremely low-frequency pulsed magnetic fields and multiple sclerosis: effects on neurotransmission alone or also on immunomodulation? Building a working hypothesis. *Neuroradiol J.* 2007;20(6):676-693. doi:10.1177/197140090702000612

Callaghan MJ, Chang EI, Seiser N, et al. (2008) Pulsed electromagnetic fields accelerate normal and diabetic wound healing by increasing endogenous FGF-2 release. *Plast Reconstr Surg.* 2008;121(1):130-141. doi:10.1097/01.prs.0000293761.27219.84;

Cecchi F (2020) Are non-invasive brain stimulation techniques effective in the treatment of chronic pain? - A Cochrane Review Summary with commentary. *J Rehabil Med.* 2020;52(4):jrm00039. Published 2020 Apr 14. doi:10.2340/16501977-2663

Cheng Y, Qu Z, Fu X, Jiang Q, Fei J (2017) Hydroxytyrosol contributes to cell proliferation and inhibits apoptosis in pulsed electromagnetic fields treated human umbilical vein endothelial cells in vitro. *Mol Med Rep.* 2017;16(6):8826-8832. doi:10.3892/mmr.2017.7701

Cochrane A (1972) Effectiveness and Efficiency: Random Reflections on Health Services. Nuffield Provincial Hospitals Trust ISBN-13: 978-0900574177; siehe auch: <https://www.cochranelibrary.com/cdsr/reviews/topics>

Deutsches Ärzteblatt (2014) Nutzen der Magnetfeldtherapie laut Igel-Monitor „unklar“ Eckert N (2029) Wissenschaftliche Publikationen. So erkennt man Raubjournale. In: Deutsches Ärzteblatt. Band 116, Heft 49, 6. Dezember 2019, S. B 1900 f

Fiedler H (2019) Chaperone. *Lexikon der Medizinischen Laboratoriumsdiagnostik.* 2019, S. 558. Springer Verlag. doi.org/10.1007/978-3-662-48986-4_708 Furlan AD, Yazdi F, Tsertsvadze A, et al. (2010) Complementary and alternative therapies for back pain II. *Evid Rep Technol Assess (Full Rep).* 2010;(194):1-764.

Gabrys (2004) Pulsierende Magnetfeldtherapie bei zytostatisch bedingter Polyneuropathie. *Deutsche Zeitschrift für Onkologie* 36: 154–156

Gray HB, Riedel H (2011) de Gruyter Lehrbuch: Elektronen und chemische Bindung, ISBN 3110035022

Griffin XL, Costa ML, Parsons N, Smith N (2011) Electromagnetic field stimulation for treating delayed union or non-union of long bone fractures in adults. *Cochrane Database Syst Rev.* 2011;(4):CD008471. Published 2011 Apr 13. doi:10.1002/14651858.CD008471.pub2

Gschwandtner, Mahdi Al-Awami, Markus Haumer, Snezana Maric, Wolfgang Mlekusch, Andrea Willfort, Herbert Ehringer and Erich Minar (2008) Effect of Electromagnetic Fields (Bemer 3000®) on Microcirculation in Ulcers and Adjacent Skin je Department of Medical Angiology Vienna General Hospital, Medical University of Vienna, Austria

Guerriero F, Ricevuti G (2016) Extremely low frequency electromagnetic fields stimulation modulates autoimmunity and immune responses: a possible immuno-modulatory therapeutic effect in neurodegenerative diseases. *Neural Regen Res.* 2016;11(12):1888-1895. doi:10.4103/1673-5374.195277

Hedén P, Pilla AA (2008) Effects of pulsed electromagnetic fields on postoperative pain: a double-blind randomized pilot study in breast augmentation patients. *Aesthetic Plast Surg.* 2008;32(4):660-666. doi:10.1007/s00266-008-9169-z

Hong SC, Kurokawa Y, Kabuto M, Ohtsuka R 2001) Chronic exposure to ELF magnetic fields during night sleep with electric sheet: effects on diurnal melatonin rhythms in men. *Bioelectromagnetics.* 2001;22(2):138-143. doi:10.1002/1521-186x(200102)22:2<138:aid-bem1017>3.0.co;2-g

International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (1998) Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz), Health Physics 74 (4): 494-522; 1998)

Jelínek R, Bláha J, Dbalý Jaroslav (2002) The electromagnetic BEMER 3000 signal modifies response to teratogens. In: Kafka WA (ed) 3rd Int. World Congress Bio-Electro-Magnetic Energy Regulation, Bad-Windsheim, Germany, Emphyspace 3

Kafka WA (2007/2009) Device for magnetic field therapy Application EP2050481B1

Kafka WA, Ohloff G, Schneider D, Vareschi (1973) Olfactory discrimination of two enantiomers of 4-methyl hexanoic acid by the Migratory Locust and the Honeybee. J comp Physiol 87:277-284

Kafka WA, Spodaryk K (2003) Effects of extremely weak BEMER 3000 type pulsed electromagnetic fields on red blood metabolism and hemoglobin oxygen affinity. Fizoterapia 11 (3): 24-31]

Kafka WA, Preißinger M (2002) Verbesserte Wundheilung durch gekoppelte, BEMER 3000 typisch gepulste, Elektromagnetfeld- und LED-Licht-Therapie am Beispiel vergleichender Untersuchungen an standardisierten Wunden nach Ovariectomie bei Katzen (felidae). In: Edwin Ganster (Hrsg) Österreichische Gesellschaft der Tierärzte (ÖGT) Kleintiertage-Dermatologie 2.-3. März 2002, Salzburg Congress]

Kafka WA, Schütze N, Walther M (2005) Einsatz extrem niederfrequent (BEMER typisch) gepulster schwacher elektromagnetischer Felder im Bereich der Orthopädie (Application of extreme low frequent (BEMER type) pulsed electromagnetic fields in orthopedics). Orthopädische Praxis 41 (1) Khooshideh M, Latifi Rostami SS, Sheikh M, Ghorbani Yekta B, Shahriari A (2017) Pulsed Electromagnetic Fields for Postsurgical Pain Management in Women Undergoing Cesarean Section: A Randomized, Double-Blind, Placebo-controlled Trial. Clin J Pain. 2017;33(2):142-147. doi:10.1097/AJP.0000000000000376

Klasen BW, Brüggert J, Hasenbring M (2006) Der Beitrag kognitiver Schmerzverarbeitung zur Depressivität bei Rückenschmerzpatienten. Eine pfadanalytische Untersuchung an Patienten aus der primärärztlichen Versorgung. Der Schmerz. Springer, Berlin Heidelberg, S 1432–2129

Klopp R (2008) Mikrozirkulation - Im Fokus der Forschung Mediquant Verlag AG in Schlissa 19b FL Triesen ISBN 978-3-033-01464-0 (wegen möglicher Interessenskollision etc. siehe hierzu <https://www.psimam.science/de/index.php/Bemer>.)

Köbberling J (2017). Der Begriff der Wissenschaft in der Medizin. Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften (AWMF). Krath A, Klüter T, Stukenberg M, et al. (2017) Electromagnetic transduction therapy in non-specific low back pain: A prospective randomised controlled trial. J Orthop. 2017;14(3):410-415. Published 2017 Jun 29. doi:10.1016/j.jor.2017.06.016 Markov MS. Magnetic field therapy (2007) A review. Electromagn Biol Med. 2007;26(1):1-23. doi:10.1080/15368370600925342

- McClintock SM, Reti IM, Carpenter LL, et al. (2018) Consensus Recommendations for the Clinical Application of Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation (rTMS) in the Treatment of Depression. *J Clin Psychiatry*. 2018;79(1):16cs10905. doi:10.4088/JCP.16cs10905
- Menini M, Bevilacqua M, Setti P, Tealdo T, Pesce P, Pera P (2016) Effects of pulsed electromagnetic fields on swelling and pain after implant surgery: a double-blind, randomized study. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2016;45(3):346-353. doi:10.1016/j.ijom.2015.10.011
- Mert FT (2017) Pulsed magnetic field treatment as antineuropathic pain therapy. *Rev Neurosci*. 2017;28(7):751-758. doi:10.1515/revneuro-2017-0003
- Meschede D (2015) Gerthsen Physik, Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg ISBN 978-3-662-45977-5
- Moiseeva NS, Kunin AA (2018) Clinical and laboratory evaluation of microstructural changes in the physical, mechanical, and chemical properties of dental filling materials under the influence of an electromagnetic field. *EPMA J*. 2018;9(1):47-58. Published 2018 Feb 21. doi:10.1007/s13167-018-0126-x
- Panda S (2019) The peer review process: Yesterday, today, and tomorrow. *Indian J Dermatol Venereol Leprol* 2019;85:239-45
- Patruno A, Ferrone A, Costantini E, et al. (2018) Extremely low-frequency electromagnetic fields accelerate wound healing modulating MMP-9 and inflammatory cytokines. *Cell Prolif*. 2018;51(2):e12432. doi:10.1111/cpr.12432
- Pieber K, Schuhfried O, Fialka-Moser V (2007) Magnetfeldtherapie-Ergebnisse hinsichtlich evidence-based medicine [Pulsed electromagnetic fields (PEMF)--results in evidence-based medicine]. *Wien Med Wochenschr*. 2007;157(1-2):34-36. doi:10.1007/s10354-006-0369-3
- Pittler MH et al (2007) Static magnets for reducing pain: systematic review and meta-analysis of randomized trials. In: *Can Med Assoc J*. 177, 2007, S. 736-742.
- Quittan M, Schuhfried O, Wiesinger GF, Fialka-Moser V (2000) Klinische Wirksamkeiten der Magnetfeldtherapie – eine Literaturübersicht. *Acta Medica Austriaca* 3: 61-68 Rokyta R, Fricová J. Neurostimulation methods in the treatment of chronic pain. *Physiol Res*. 2012;61 Suppl 2:S23-S31
- Ruiz-Gómez MJ, de la Peña L, Prieto-Barcia MI, Pastor JM, Gil L, Martínez-Morillo M (2002) Influence of 1 and 25 Hz, 1.5 mT magnetic fields on antitumor drug potency in a human adenocarcinoma cell line. *Bioelectromagnetics*. 2002;23(8):578-585. doi:10.1002/bem.10054
- Ruoff G (2008) Effekte elektromagnetischer Felder auf Expressionsmuster von Wachstumsfaktoren. Ein Review Schweiz. *Zschr. GanzheitsMedizin* 2008;20(6):347-353

Ryaby JT (1998) Clinical effects of electromagnetic and electric fields on fracture healing. *Clin Orthop Relat Res.*;(355 Suppl):S205-S215. doi:10.1097/00003086-199810001-00021

Ryang We S, Koog YH, Jeong KI, Wi H (2014) Effects of pulsed electromagnetic field on knee osteoarthritis: a systematic review Brown A. Double-blind under review. *Nat Nanotechnol.* 2014;9(11):871-872. doi:10.1038/nnano.2014.265. *Rheumatology (Oxford).* 2013;52(5):815-824. doi:10.1093/rheumatology/kes063

Saliev T, Begimbetova D, Masoud AR, Matkarimov B (2018) Biological effects of non-ionizing electromagnetic fields: Two sides of a coin. *Prog Biophys Mol Biol.* 2019;141:25-36. doi:10.1016/j.pbiomolbio.2018.07.009

Schmidt-Rohlfing B, Silny J, Gavenis K, Heussen N (2011) Elektromagnetische Felder, elektrischer Strom und Knochenheilung: was ist gesichert? [Electromagnetic fields, electric current and bone healing - what is the evidence?]. *Z Orthop Unfall.* 2011;149(3):265-270. doi:10.1055/s-0030-1250518

Schuhfried O, Vacariu G, Rochowanski H, Serek M, Fialka-Moser V (2005) The effects of low-dosed and high-dosed low-frequency electromagnetic fields on microcirculation and skin temperature in healthy subjects. *Int J Sports Med.* 2005;26(10):886-890. doi:10.1055/s-2005-837451

Spodaryk K (2001) Red blood metabolism and haemoglobin oxygen affinity: effect of electromagnetic field on healthy adults. In: Kafka WA (ed) 2nd Int World Congress Bio-ElectroMagnetic-Energy-Regulation. *Emp-hyspace 2:* 15–19

Spodaryk K (2002) The effect of extremely weak electromagnetic field treatments upon signs and symptoms of delayed onset of muscle soreness: A placebo controlled clinical double-blind study. *Medicina Sportiva* 6: 19–25

Spodaryk K and Kafka WA (2004) the influence of extremely weak pulsed electromagnetic field typed BEMER 3000 on ratings of perceived exertion at ventilatory threshold. In: Marincek C, Burger H (eds) *Rehabilitation Sciences in the New Millennium Challenge for Multidisciplinary Research.* 8th Congress of EFRR, Ljubljana. *Medimont International Proceedings*, pp 279–283
 Sylvester PW, Shah SJ, Haynie DT, Briski KP (2005) Effects of ultra-wideband electromagnetic pulses on pre-neoplastic mammary epithelial cell proliferation. *Cell Prolif.* 2005;38(3):153-163. doi:10.1111/j.1365-2184.2005.00340

Vadalà M, Morales-Medina JC, Vallelunga A, Palmieri B, Laurino C, Iannitti T (2016) Mechanisms and therapeutic effectiveness of pulsed electromagnetic field therapy in oncology. *Cancer Med.* 2016;5(11):3128-3139. doi:10.1002/cam4.861 (cancer)

Vallbona C, Richards T (1999) Evolution of magnetic therapy from alternative to traditional medicine. *Phys Med Rehabil Clin N Am.* 1999;10(3):729-754

Walther M, Meyer F, Kafka WA, Schütze N (2007) Effects of weak, low frequency pulsed electromagnetic fields (BEMER type) on gene expression of human mesenchymal stem cells and chondrocytes: an in vitro study. *Electromagnetic Biology and Medicine*, Manuscript ID: 257936

Wilbacher I (2009) Pulsed Electromagnetic Energy. Für den Inhalt verantwortlich: Hauptverband der österreichischen Sozialversicherungsträger, A-1031 Wien, E-mail: ewg@hvb.sozvers.at

Wojcik-Piotrowicz K, Kaszuba-Zwoinska J, Rokita E, Nowak B, Thor P. Changes in U937 cell viability induced by stress factors - possible role of calmodulin. J Physiol Pharmacol. 2017;68(4):629-636

Fig. 1-5

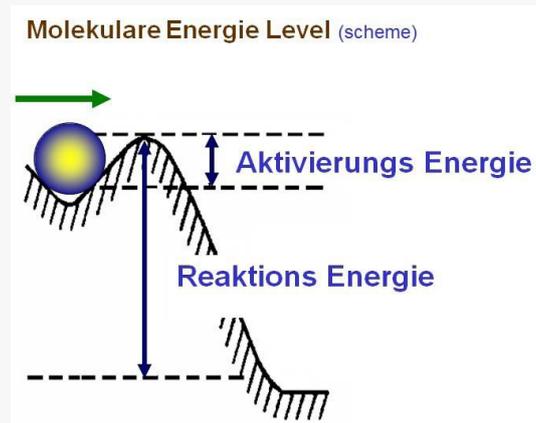


Fig. 1 Aktivierungsenergie und Reaktionsablauf physikalisch-chemischer Interaktionen.

Jeder physikalisch-chemischen Interaktion gehen Aktivierungen voraus. Sie werden eingeleitet durch Änderungen der Elektronenkonfiguration und bedürfen der Zufuhr von elektromagnetischer Energie (Aktivierungsenergie). Die bei der Interaktion freigesetzte Energie; (Reaktionsenergie) ist davon unabhängig. Die elektromagnetische Feldwirkung wirkt hier also nur steuernd.

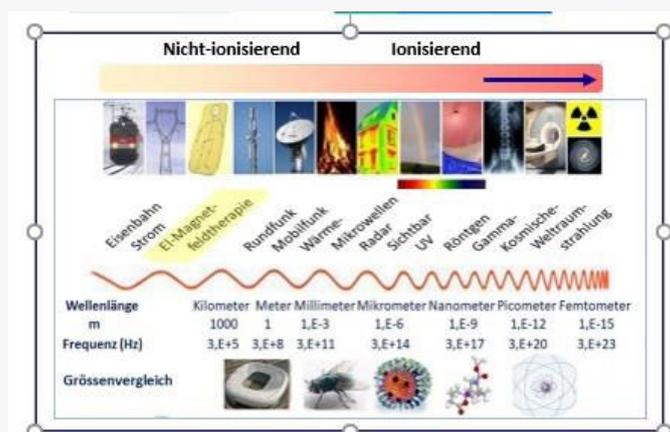


Fig. 2: Elektro-magnetisches Spektrum Biologische Wirkung und Anwendung (siehe Text).

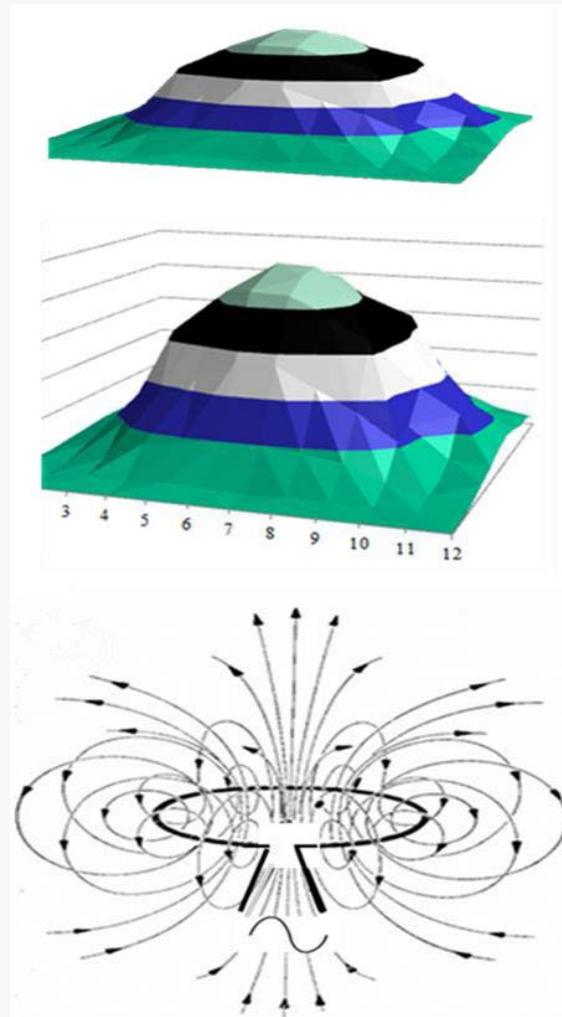


Fig. 3: 3-D Feldverteilung (magnetische Flussdichte) um eine ringförmige Luftspule.

Die Feldintensität ist stark abhängig vom Abstand zur Spulenoberfläche. Im schematischen Beispiel jeweils im senkrechten Abstand von 0 und 15cm. Feld-Applikatoren enthalten üblicherweise mehrere, geeignet verdrahtete Spulen.

Pharmazie:

Physikalisch-chemische Eigenschaften des **Arzneimittels**

Wirkstoff:



Magnetfeldtherapie:

Zeit-Intensitätsverteilung des applizierten elektro-magnetischen Feldes

„**Elektro-Magnetikament**“, Laborjargon

Signal:

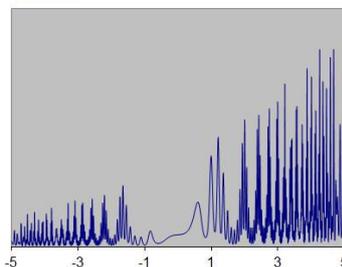


Fig. 4: Die Zeit-Intensitätsverläufe (Signalformen) elektromagnetischer Stimulationen sind ihrem Wesen nach den Wirkstoffen von Arzneimitteln gleichzusetzen.

Dementsprechend lassen sich die mit unterschiedlichen Stimationsformen induzierten biologischen Wirkungen nicht aufeinander übertragen (siehe auch Fig. 5).

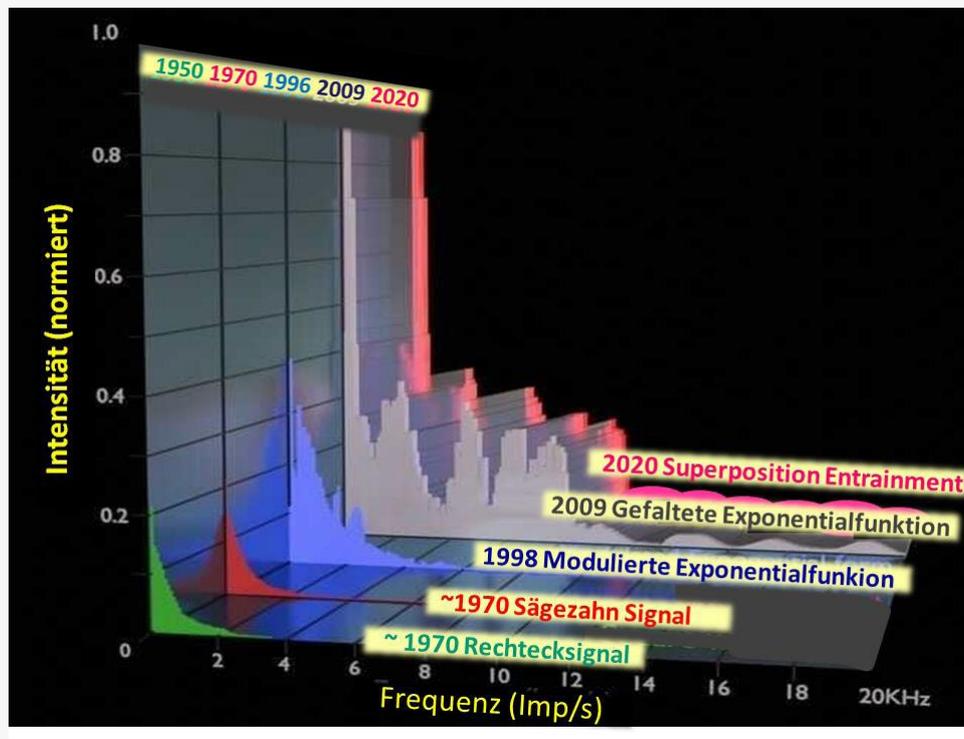


Fig. 5: Spektrale Zusammensetzung und Wirkbreite.

Gemessen an Anzahl und Grösse der in einem Stimulationssignal enthaltenden Komponenten zeigen die Fourier-Analysen die deutliche Überlegenheit der gefalteten Exponentialform (Kafka 2007/2009) und deren Superposition womit, nach einer neueren Patentschrift (Centropix 2020) eine Anregung höherer, auch zeitgesteuerter Körperfunktionen (z.B. Entrainment) erreicht wird. Die Darstellung verdeutlicht insbesondere, dass Beschreibungen zur biologischen Wirkung elektromagnetischer Felder lediglich durch Angaben zur Frequenz und Intensität - selbst in vielen Peer-Reviews zu finden - völlig unzureichend sind. Sie zeugen nicht nur von mangelnder Fachkompetenz, sondern sind möglicherweise sogar die Ursache für vielfach vorgetragene, aber eigentlich nicht vorhandene Widersprüchlichkeiten magnetfeldtherapeutischer Befunde (Siehe Abschnitte: Das Konzept der (modernen) Elektro-Magnetfeldtherapie: „elektro-magnetischer Wirkstoff“ und Wissenschaftliche Dokumentation.