

Einfluss mechanischer und elektromagnetischer Wellen auf Pilzmycel von *Psilocybe cubensis*

Mag.rer.nat. Ivan Lucic, Prof. Dr. Karl W. Kratky

Universität Wien, Fakultät für Physik

EINLEITUNG

Die Auswirkung von mechanischen und elektromagnetischen Wellen auf Lebewesen ist ein sehr breites und wenig erforschtes Gebiet. Zusätzlich wird die Arbeit auf dem Gebiet mit einer Reihe von widersprüchlichen Ergebnissen, sich widersprechenden Testserien und offensichtlich kontradiktorischen Effekten erschwert (1, 2, 3, 4). Wenn man außerdem versucht, die Auswirkung von elektromagnetischen Wellen, mit der von mechanischen zu verbinden, wachsen die Schwierigkeiten nicht nur während der Forschungsarbeit, sondern auch in der „scientific community“. Um mit beiden Wellenarten verbindend zu arbeiten, muss man eine Basis, einen gemeinsamen Nenner finden, der sie verbindet.

Bei der Beschreibung beider Wellenarten, kommt man in unserem Welt- und Realitätsverständnis ohne Frequenzbegriff nicht aus. Die Frequenz (Wellenlänge) als gemeinsamen Nenner zu verwenden, als verbindendes Glied zwischen den verschiedenen physikalischen Feldern hat Vor- und Nachteile. Manche Frequenzen zeigen positive (medizinisch-therapeutische Anwendung) (5, 6, 7), manche negative (mögliche Ursache unterschiedlicher pathologischer Syndrome) (8, 9, 10) und manche gar keinen Effekt auf die belebte Materie (1). Ursprünglich ging man davon aus, dass diese unterschiedlichen Auswirkungen von der Feldstärke anhängig sind (11)*. Bald aber stellte sich heraus, dass die schwachen Felder genauso einen Effekt auf belebte Materie haben können (2, 9, 12).

Von dem Standpunkt der evolutionären Erkenntnistheorie gesehen, sind die negativen Effekte auf Lebensformen durch die Einflüsse verursacht, die unsere

* Feldstärke bietet sich ebenfalls als ein gemeinsamer Nenner für die unterschiedlichen Wellenarten an. Die Frequenz wird jedoch vorgezogen, weil sie die gleiche physikalische Basiseinheit Hertz (Hz) (Anzahl der Schwingungen pro Zeiteinheit in unserem Fall Sekunde – s) bei allen Wellenarten aufweist, die dadurch verhältnismäßig vergleichbar sind, während die Feldstärken verschiedener Wellenarten, unterschiedliche physikalische Basiseinheiten nach SI haben.

biomorphogenetische Abschirmung nicht fähig ist effizient zu erkennen und abzuwehren (13).

Obwohl viele der morphogenetischen Systeme der Lebewesen, inklusive Menschen, sich sehr schnell auf veränderte Umweltbedingungen einstellen können (14, 15), werden nach wie vor einige der Umwelteinflüsse neueren Datums und hauptsächlich zivilisatorischen Ursprungs von dieser Abschirmung nicht erkannt oder sie werden doch erfasst aber falsch interpretiert (15). Es scheint ebenfalls, dass die Empfindlichkeit gegenüber diesen Einflüssen nicht nur speziesbedingt ist, sondern, dass es innerhalb einer Art - Gruppen gibt, die sehr unterschiedlich auf gleiche Einflüsse reagieren können (16).

In dieser Untersuchung wurde die Auswirkung der Frequenzen natürlichen Ursprungs nach Hans Cousto (17) auf Lebewesen getestet.

Aus mehreren ökonomischen und fachspezifischen Gründen wurde als Vertreter der Lebewesen ein Pilz namens *Psilocybe cubensis* gewählt. Einige der wichtigsten Gründe dafür sind:

- hohe Empfindlichkeit der Spezies gegenüber den erwähnten Frequenzen,
- einfache und kostengünstige Zuchtmethode,
- reaktiver Nährboden-Mycel-Komplex gegenüber den mechanischen Schwingungen,
- einfache mikrobiologische Arbeitstechniken zur Vermehrung und Kultivierung des Mycels,
- Einfachheit ihres biogenetischen Komplexes, der die Auswertung erleichtert
- und jedoch ausreichende Komplexität aufweist, um die Auswertung hinreichend genau durchführen zu können und
- eine persönliche Zuneigung.

MATERIAL UND METHODE

Der Versuchsaufbau besteht aus zwei Inkubatoren (Brutschränke). In einem Inkubator befand sich das Untersuchungsmaterial (Die Pilze in diesem Brutschrank wurden den zu untersuchenden Frequenzen, ausgesetzt.) und in anderem die Kontrollgruppe (In diesem Brutschrank wurden die Pilze unter gleichen äußeren Bedingungen, z.B. Temperatur und Luftfeuchtigkeit, wie das Untersuchungsmaterial gezogen. Der einzige Unterschied war, dass die Pilzmycele in diesem Brutschrank dem Frequenzeinfluss nicht ausgesetzt wurden.).

Die Mycele wurden in Petri-Schalen kultiviert. Als Nährboden wurde MYA (Malt-Yeast-Agar) verwendet. Für diese Untersuchung wurde in der Zusammenarbeit mit japanischen Wissenschaftlern eine neue Inokulationstechnik (Abb.1) entwickelt (18, 19).

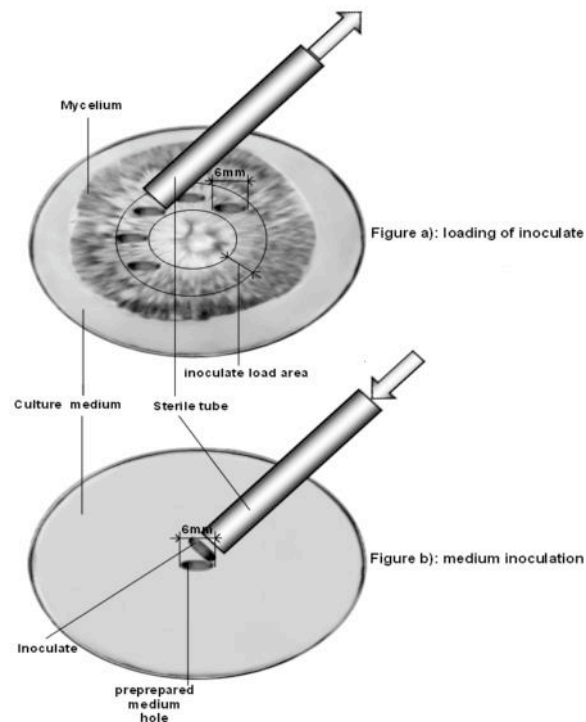


Abb. 1 Ein standardisiertes Inokulationsverfahren wurde im Rahmen dieser Arbeit entwickelt. Es eignet sich für die mikrobiologischen Untersuchungen, bei welchen das Expositionsmaterial mit der Kontrollgruppe verglichen werden soll. Figure a): Beladen des Inokulationsmaterials. Die Fläche der Inokulatsentnahme wird nach der Homogenität des Grundsubstrats gewählt. Figure b): Inokulation des Mediums. Das Inokulationsmaterial wird aus dem sterilen Röhren in das präparierte Loch im Medium herausgepresst.

Die Behandlung der Mycele in einem Brutschrank erfolgt auf drei unterschiedlichen Art und Weisen:

- Über mechanische Wellen und Vibrationen, die durch eine Stimmgabel (Firma Wittner, Deutschland - standard Design) erzeugt werden (Abb.2). Diese Pilze werden kurz: Vibe Mushrooms* genannt, um sie von den anderen, andersartig behandelten Pilzen zu unterscheiden.

* Aus dem Englischen: Vibe – Vibration, Stimmung und Mushroom - Pilz



Abb. 2 Mikrobiologische Versuchsvorrichtung zur Untersuchung des Einflusses von mechanischen Wellen auf Pilzmycele. Auf dem Bild ist die „Vibe-Mushrooms“ Apparatur. Links im Bild - der Inkubator mit Mycelen, rechts – die Resonanzplatte (aus styrol acryl nitrol – SAN) mit Stimmgabeln.

- Über elektromagnetische Wellen, die durch eine gepulste Vollspektrum-Xenonlampe erzeugt wurden (Abb.3). Die Lampe wurde mit einem Verstärker und Frequenzgenerator (Firma A. Wunsch Medizingeräte, Deutschland) verbunden, der die Impulse erzeugte, die auf die fünfte Kommastelle genau einstellbar sind und mit einem in der Therapie verwendeten Spektralfilter, dessen Wellenlänge in Übereinstimmung mit der verwendeten Frequenz steht, versehen. Diese Pilze wurden kurz: Light Mushrooms* genannt.

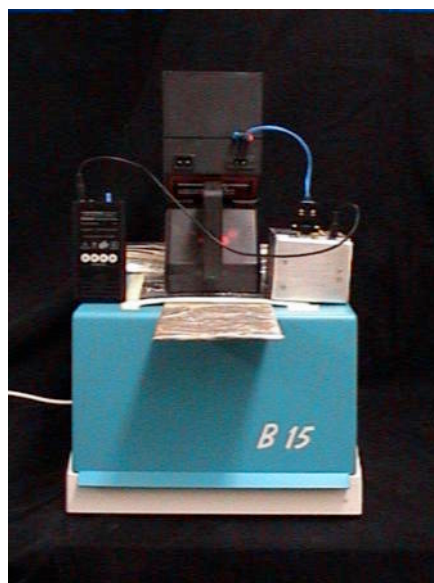


Abb. 3 Mikrobiologische Versuchsvorrichtung zur Untersuchung des Einflusses von elektromagnetischen Wellen auf Pilzmycele. Auf dem Bild ist die „Light-Mushrooms“ Apparatur. Auf dem Inkubator

* Aus dem Englischen: Light – Licht und Mushroom - Pilz

(blau) ist der Frequenzgeber der Firma Wunsch (links), der Verstärker (rechts) und die Xenonlampe (Mitte)

- Über mechanische Wellen, die durch einen Lautsprecher erzeugt wurden (Abb.4). Diese Pilze wurden kurz: Sound Mushrooms** genannt.



Abb. 4 Mikrobiologische Versuchsvorrichtung zur Untersuchung des Einflusses von mechanischen Wellen auf Pilzmycele. Auf dem Bild ist die „Sound-Mushrooms“ Apparatur. Links im Bild befindet sich der Inkubator mit Mycelen und einem Stereolautsprecher. Rechts ist die Stereoanlage (Verstärker mit dem CD-Player).

Die verwendeten Frequenzen haben ihren Ursprung im circadianen Rhythmus (24h), der als der hauptchronobiologische Rhythmusgeber der physiologischen Prozesse der Pflanzen, Pilzen, Tiere und Cyanobakterien gilt. Jene Frequenzen wurden aus den Berechnungen von H. Cousto (17) entnommen. Die verwendete Stimmgabel ist auf 194,71 Hz (24. Oktave zur Grundfrequenz von $1,160576e^{-5}$ Hz) gestimmt. Die Xenonlampe pulsierte mit einer Frequenz von 6,08Hz (19. Oktave zur Grundfrequenz von $1,160576e^{-5}$ Hz) und über den Lautsprecher erklang eine Monochord Aufnahme gespielt von H.P. Klein und M. Elstner (F. Behrend Produktion, Deutschland). Die Monochorde waren ebenfalls auf 194,71 Hz gestimmt.

** Aus dem Englischen: Sound – Klang und Mushroom - Pilz

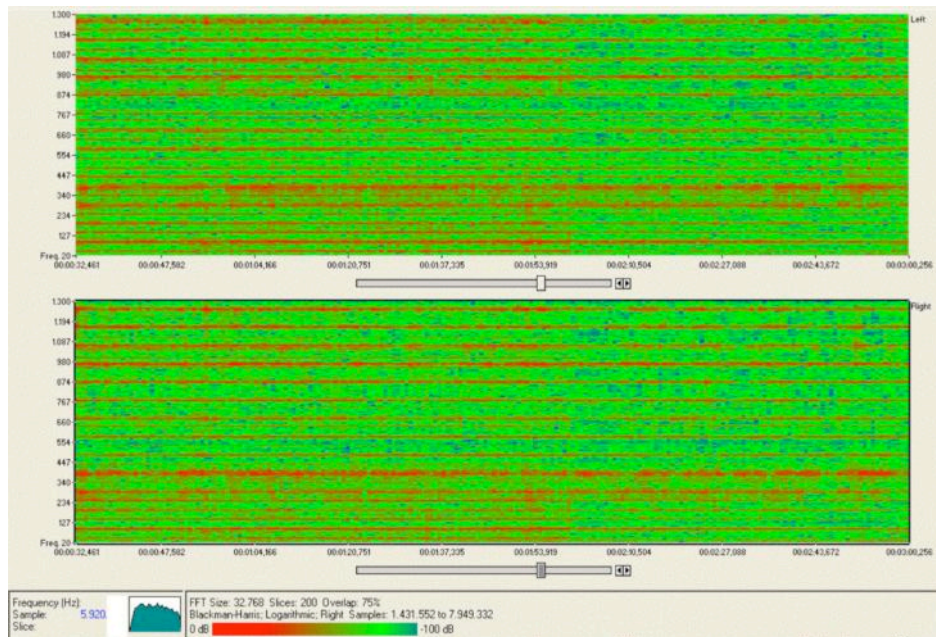


Abb. 5 Fourieranalyse der verwendeten Aufnahmen. Die roten Linien stellen dichte Frequenzspektren dar, die auf die harmonischen Reihen, die auf der Aufnahme vorkommen, hinweisen. Die analysierte Datensequenz besteht aus drei Teilen (jeweils eine Minute am Anfang, in der Mitte und am Ende der verwendeten Aufnahme). Die kontinuierliche Frequenzlinien der Fourieranalyse zeigen die Homogenität des Frequenzspektrums dieser Aufnahme.

Als Evaluationsgrößen wurden folgende drei Auswertungsparameter verwendet:

- Mycelfläche. Wachstum wird bei fast allen Organismen als ein Anzeichen für die innere Homöostase (dynamisches Gleichgewicht) verwendet (20). Jedoch wurde in dieser Untersuchung nicht das wirkliche Wachstum ausgewertet, da es der biologischen Definition nach eine Veränderung biologischer Masse in der Zeit darstellt (21) und wir hier nur eine Momentaufnahme des Mycels in einem Zeitpunkt der Auswertung geben könnten. Es wurde also die Oberfläche des, vom Mycel eroberten, Nährbodens während eines Zeitraumes von zwei Wochen gegeben. Diese Größe hängt dennoch sehr eng mit dem biologisch definierten Wachstum zusammen. Als Aushilfe wurde für diesen Auswertungsparameter der Begriff *Mycelfläche* verwendet.
- Fraktale Dimension. Ursprünglich wurde diese Größe für die Abnahme bzw. Zunahme der Strukturdichte verwendet. Strukturdichte ist in biologischen Systemen eng mit genetischer Variation und Anpassungsfähigkeit von Organismen verbunden und somit auch mit evolutiver Kompetenz. Deswegen wird die fraktale Dimension in der Biologie als Maß der Komplexität einer biologischen Struktur verwendet. Berechnungsweise: Box-Count-Methode.

- Biophotonenemission. In den zwanzigen Jahren des letzten Jahrhunderts hat der russische Wissenschaftler A.G. Gurwitsch entdeckt, dass Zellen bei der Zellteilung eine gewisse Menge an Licht aussenden (22). In der Zwischenzeit beschäftigen sich viele Forschungsgruppen weltweit mit diesem Phänomen, das *spontane Photonenemission des biologischen Samples* genannt wird. Im deutschen Sprachraum hat sich der Begriff: *Biophotonen* eingebürgert. Er wurde vom führenden deutschen Forscher auf diesem Gebiet F.A. Popp eingeführt. Es ist nach wie vor unsicher, welchen Zweck diese Lichtemission für die Organismen hat. Eine der führenden Vermutungen ist, dass sie der Zell-Zell-Kommunikation dient und dass ihr Ursprung in der DNA liegt (23).

Die statistische Auswertung dieser Untersuchung erfolgte mit dem Standardverfahren der einfaktoriellen ANOVA- Analyse. Es wurden Irrtumswahrscheinlichkeitskoeffizienten (p) berechnet.

RESULTATE

Die Experimente, bei welchen die Behandlung der Pilzmycele mit Stimmgabel (Vibe-Mushrooms) und Lautsprecher-Anordnung (Sound-Mushrooms) stattgefunden hat, zeigen bei den zwei Auswertungsparametern: Mycelfläche und fraktale Dimension signifikante Ergebnisse. Die Versuchsreihe, bei welcher die Behandlung der Pilzmycele mit gepulstem Licht erfolgt ist, zeigt bei keinem der ausgewerteten Parameter signifikante Resultate (Tab.1).

Tab. 1 Tabelaarische Darstellung der statistischen Resultate unserer Versuchsserie. Vibe-Mushrooms haben signifikante Ergebnisse bei zwei statistisch auswertbaren Parametern gezeigt. Die Photonenemission konnte hier wegen der geringen Stichprobengröße keine statistisch relevanten Daten liefern. Die Light-Mushrooms haben bei keinem der drei Auswertungsparameter signifikante Unterschiede zwischen dem Expositionsmaterial und der Kontrollgruppe gezeigt. Die Sound Mushrooms haben eine starke Tendenz bei der fraktalen Dimension und ein signifikantes Ergebnis bei der Mycelfläche gezeigt. Die Resultate der Photonenemission haben keine Signifikanz ergeben.

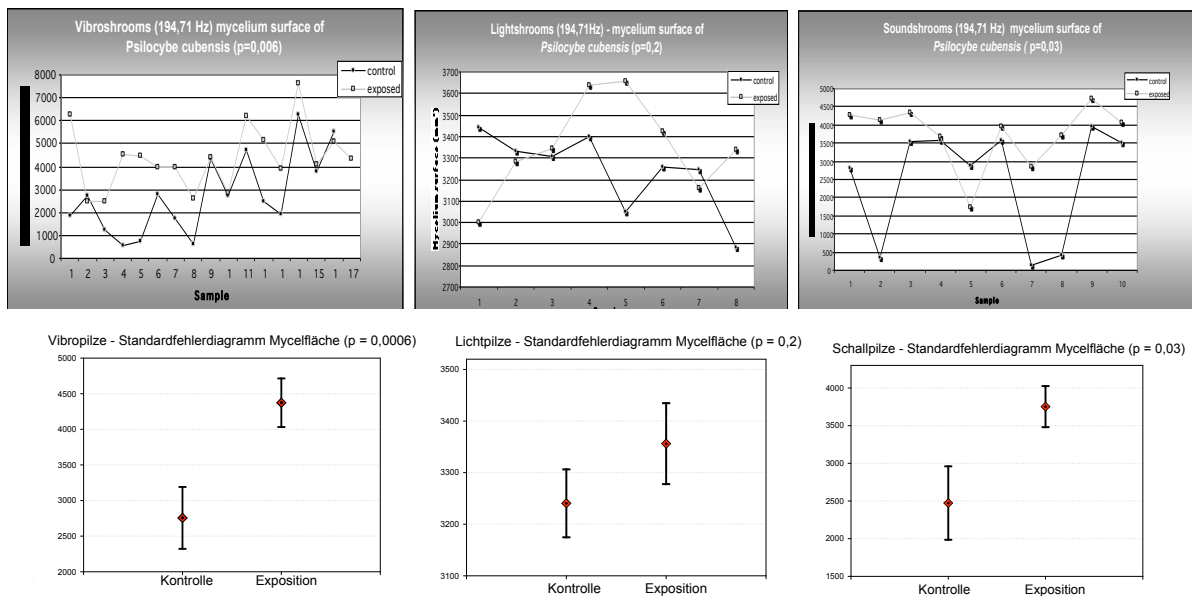
Irrtumswahrscheinlichkeitsfaktor - p	Vibe Mushrooms	Light Mushrooms	Sound Mushrooms
fraktale Dimension - FD (p)	0,02	0,66	0,066
Mycelfläche (p)	0,006	0,28	0,034
Biophotonenemission (p)	(x)	0,86	0,77

Mycelfläche

Die vom Mycel eroberte Fläche des Nährmediums der Vibe-Mushrooms zeigte eine sehr hohe Signifikanz von $p = 0,006$. Eine etwas niedrigere aber dennoch eindeutige Signifikanz von $p = 0,03$ zeigte das Experiment mit der Lautsprecher-Anordnung.

Tab. 2 Von Mycelien eroberte Nährbodenfläche (Mycelfläche): *Diagramme – oben:* Vergleich zwischen dem Expositions- (graue Linie) und Kontrollmaterial (schwarze Linie).

p - Irrtumswahrscheinlichkeitsfaktor. *Diagramme – unten:* Vergleich der Standardfehlerwerte im Scatterplotdiagramm mit Fehlerbalken. Links – Kontrollmaterial, rechts – Expositionsmaterial.



Das Experiment, in dem die Pilzmycele mit gepulstem Licht bestrahlt wurden, zeigte keine signifikanten Unterschiede ($p=0,28$) zwischen dem Untersuchungsmaterial und der Kontrollgruppe (Tab.2).

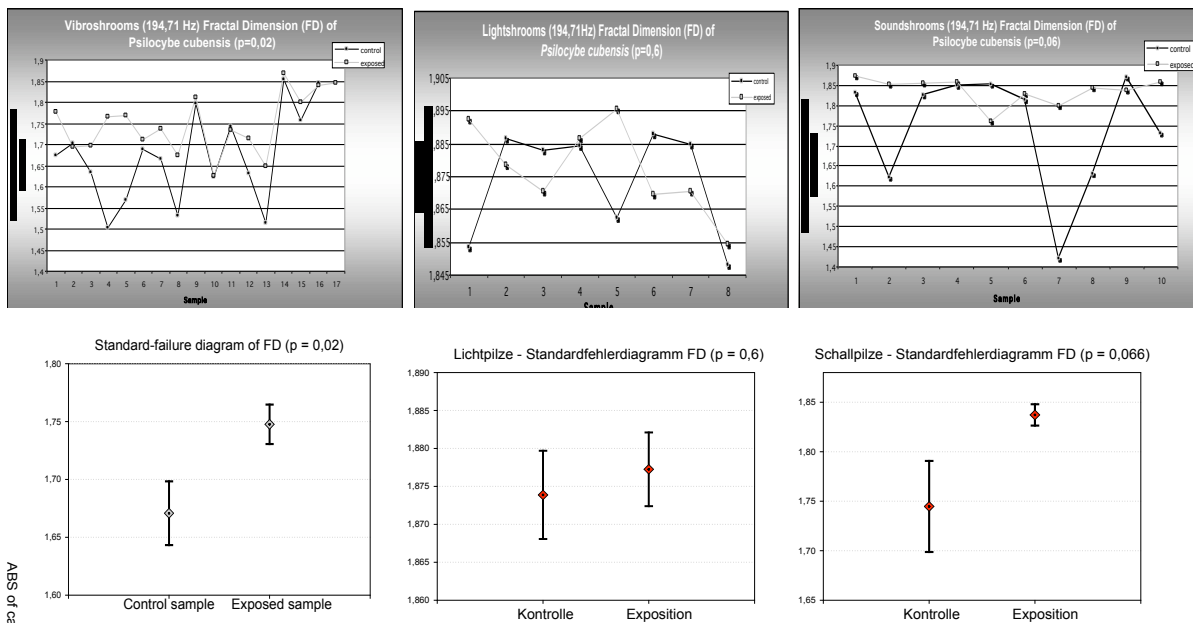
Fraktale Dimension

Die Vibe-Mushrooms zeigten bei diesem Parameter einen signifikanten Unterschied. Die Signifikanz war hier zwar etwas niedriger ($p = 0,02$) als die statistische Signifikanz für die Mycelfläche ($p = 0,006$), aber nach wie vor eindeutig. Die Sound-Mushrooms zeigten bei diesem Parameter einen Irrtumswahrscheinlichkeitsfaktor von $p = 0,066$.

Den naturwissenschaftlichen Standards nach, wird eine Versuchsreihe, die eine Irrtumswahrscheinlichkeit aufweist, die höher ist als 5% ($p>0,05$), nicht mehr als signifikant angesehen. Die statistische Auswertung zeigt im Fall der Sound-Mushrooms eine 6,6 % Irrtumswahrscheinlichkeit ($p=0,066$). Demnach ist dieses Ergebnis nicht signifikant. In Anbetracht der Voruntersuchungen und Ergebnisse für Vibe-

Mushrooms kann man hier jedoch von einer starken Tendenz in Richtung Signifikanz ausgehen.

Tab. 3 Fraktale Dimension. *Diagramme – oben:* Vergleich zwischen dem Expositions- (graue Linie) und Kontrollmaterial (schwarze Linie). p – Irrtumswahrscheinlichkeitsfaktor. *Diagramme – unten:* Vergleich der Standardfehlerwerte im Scatterplotdiagramm mit Fehlerbalken. Links – Kontrollmaterial, rechts – Expositionsmaterial.

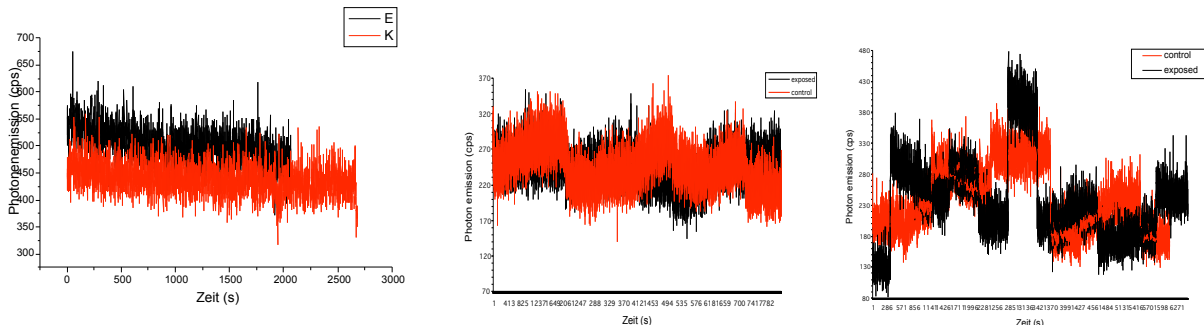


Die Light-Mushrooms zeigten bei der fraktalen Dimension, wie auch bei der Mycelfläche keine signifikanten Unterschiede ($p=0,66$) zwischen dem Untersuchungsmaterial und der Kontrollgruppe (Tab.3).

Biophotonenemission

Keine der Versuchsanordnungen (Sound-Mushrooms, Light-Mushrooms) bei welchen die Biophotonenemission gemessen und statistisch ausgewertet worden ist, zeigte einen signifikanten Unterschied. Die Biophotonenemission wurde auch bei den Vibe-Mushrooms gemessen. Hier war die Stichprobenzahl der Mycelen für eine aussagekräftige statistische Analyse zu gering.

Tab. 4 Spontane Photonenemission (Biophotonenemission): Vergleich zwischen dem Expositions- (schwarz) und Kontrollmaterial (rot). Links – Vibe Mushrooms, Mitte – Light Mushrooms (p=0,86), rechts - Sound Mushrooms (p=0,78)



DISKUSSION

Unsere breit angelegten Vorversuche, so wie die oben angeführten Resultate, zeigen eindeutig, dass die verwendeten mechanischen Wellen einen Einfluss auf zwei der drei verwendeten Parameter haben. Die einfachste Erklärung für dieses Phänomen kann unter dem Begriff der Resonanz zusammengefasst werden. Unter Resonanz versteht man einen Effekt, bei dem die Frequenz* einer Anregung mit der Eigenfrequenz des anzuregenden Systems übereinstimmt (24). Wenn also ein schwingungsfähiges System in der Nähe seiner Eigenfrequenz periodisch angeregt wird, kann sich sein Eigenschwingen um ein Vielfaches erhöhen.

Die erste Frage, die sich hier stellt ist, ob das Pilzmycel ein schwingungsfähiges System ist? Wenn wir das Pilzmycel als einen Nährboden-Mycel-Komplex ansehen, ist er eindeutig schwingungsfähig (25). Die weichen Strukturen des Mycels und des, auf Agarbasis hergestellten, Nährbodens sind sehr empfindlich gegenüber den mechanischen Schwingungen, unabhängig davon, ob diese als rein akustische Wellen oder äußere mechanische Erschütterungen und Vibrationen zu ihnen gelangen (25).

Die zweite Frage ist die Frage des Wachstums als einen Indikator für die innere Homöostase. Die mit mechanischen Wellen behandelten Pilzmycele sind stärker gewachsen als die Mycele der Kontrollgruppe. Ein stärkeres Wachstum muss aber nicht unbedingt auch einen evolutiven Vorteil mit sich bringen und auf eine bessere

* Hierbei geht es um die Mittenfrequenz $f_0 = \sqrt{f_1 \times f_2}$. f_1 ist die untere, und f_2 die obere Grenzfrequenz eines Frequenzbandes.

innere Homöostase hinweisen. Ein zu starkes Wachstum kann unter Umständen das System überlasten und es zum Zusammenbruch führen. Da die behandelten Mycele nach dem Zeitpunkt unserer Auswertung sehr gut weiter wuchsen und die Nährstoffe des Nährbodens ausnutzten, ohne dabei unter ihrem eigenen Wachstumsdruck zu leiden oder in eine Resonanzkatastrophe (wo die Amplitude grenzenlos steigt bis die Systemgrenze erreicht ist und das System zusammenbricht) abzustürzen, kann man davon ausgehen, dass das Mycelsystem die gegebenen Schwingungen auf eine Art aufgenommen hat, die es ihm ermöglicht, die eigene Fitness* zu erhöhen (20, 26).

Um die tatsächliche biologische Fitness

$$\sum_{x=1}^L l_x m_x e^{-rx} = 1$$

- l_x ist die Überlebenswahrscheinlichkeit bis zum Alter x
- m_x ist die durchschnittliche Fruchtbarkeit im Alter x
- L ist die maximale Lebenszeit

zu berechnen, ist es erforderlich die maximale Lebenszeit und die durchschnittliche Fruchtbarkeit der Mycele zu ermitteln (21, 26). Die Überlebenswahrscheinlichkeit (l) ist für alle Mycele (Expositions- und Kontrollgruppe) in konstant gehaltener Umgebung gleich und beeinflusst daher nicht die Berechnung der Fitness. Um die zwei, für die Fitnessberechnung erforderlichen Faktoren (durchschnittliche Fruchtbarkeit und die maximale Lebenszeit) auszuforschen, ist es notwendig:

1. die Pilzmycele so lange wachsen zu lassen bis sie die Nährstoffe des Nährbodens verbraucht haben (um die maximale Lebenszeit zu berechnen).
2. Gleichzeitig wäre es erforderlich, sie fruchten zu lassen, damit aus der Zahl der gewachsenen Fruchtkörper und Sporen die durchschnittliche Fruchtbarkeit ermittelt werden kann.

Die maximale Lebenszeit ist in einer kontrollierten Umgebung, die mit gleicher und ebenermäßiger Verteilung von Nährstoffen gekennzeichnet ist, durch das quantitative Vorhandensein von den Nährstoffen begrenzt. Das heißt, dass Mycele, die schneller wachsen und aus diesem Grunde den beschränkten Nährstoffvorrat schneller verbrauchen in ihrer Lebenszeit begrenzt sein müssen**. Diese Überlegung

* Hier wird an die biologische Fitness gedacht.

** Dieser Fall kann zwar in der freien Natur auch vorkommen, stellt aber normalerweise keine Regel dar.

verringert, im Fall der kontrollierten Umgebung, deutlich die Bedeutung der maximalen Lebenszeit, als einen Parameter, der für die Berechnung der biologischen Fitness bestimmend ist. Die Frage, die sich hier anschließend stellt, ist, ob die biologische Fitness eine ausschlaggebende Bedeutung für die Versuche, die unter der kontrollierten Umgebung stattfinden, hat (39). Zuwachs bzw. Zunahme der organischen Strukturen, die die Hauptkomponenten des Wachstums sind, sind in diesem Fall möglicherweise ausreichender Indikator für eine gute innere Homöostase (39, 40).

Das stoffliche Wachstum der biologischen Strukturen ist an eine Reihe biochemischer Prozesse gebunden. Zunächst es verlangt einen anabolischen Stoffwechsel bei dem die körpereigenen Bestandteile aus anderen Stoffen gebildet werden. Dafür müssen die Teile der DNA in die RNA transkribiert werden. Diese müssen während des Prozesses der Translation in eine Aminosäurekette übersetzt werden, die im Endeffekt ein von vielen Proteinen des Proteoms ausmacht. Für diese anabolische Vorgänge wird Energie verbraucht. Sie wird aus den katabolischen Prozessen des Energiestoffwechsels gewonnen (27). Diese Prozesse bestehen aus der chemischen Überführung (Umsetzung) der energieliefernden Stoffsysteme, aus einem thermodynamischen Ungleichgewicht in einen energieärmeren, stabileren Gleichgewichtszustand. Diese energieliefernden, katabolischen, biochemische Prozesse, die auch in den heterotrophen Pilzen ablaufen (28) sind: Glykolyse (Zuckerzerlegung in der Zellplasma. Sie liefert 2 ATP Moleküle), oxidative Decarboxilierung (Das Bilden von Acetyl-Coenzym A in der Mitochondrienmatrix), Tricarbonsäurezyklus (Ein zyklischer Umbau des 3C-Pyrovats in Mitochondrien. Er liefert 2 ATP Moleküle) und die Endoxidation in der Atmungskette (Diese gezähmte Knallgasreaktion liefert 34 ATP Moleküle) (29).

Das Wachstum bzw. die Zunahme an biologischer Masse im Laufe der Zeit ist neben den oben beschriebenen biochemischen Verläufen zusätzlich an das sinnesphysiologische Auffinden von Nährstoffen wie auch an ihre Aufnahme gebunden (28). Diese Abläufe sind ebenso an viele biochemische und physiologische Prozesse gebunden, die unterschiedlich energieaufwendig sind (27).

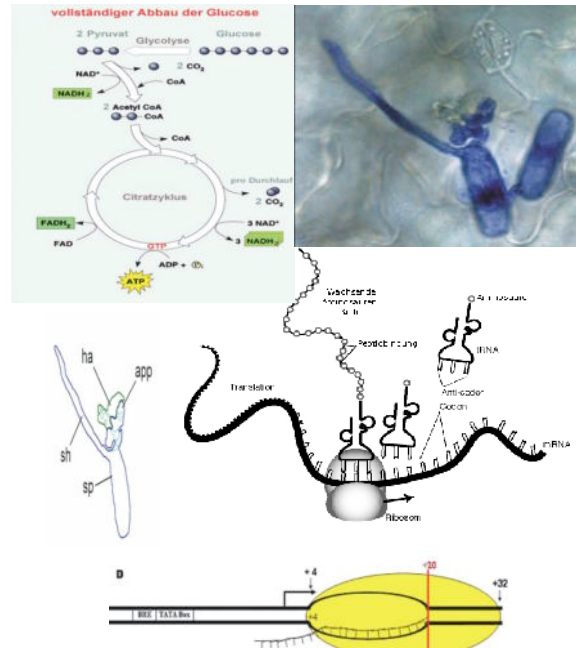


Abb. 5 Darstellung physiologischer und biochemischer Prozesse, die an das Wachstum der Pilzmycel eng gebunden sind wie z.B.: Zellatmung (oben links), Hyphenwachstum bei der Nahrungssuche (oben rechts, Mitte-links: sh-sekundäre Hyphe, app-Appressorium, ha-Haustorium, sp-Papille) Proteinbiosynthese (Mitte) und RNA-Synthese (unten).

Da die behandelten Mycel stärker als die nicht behandelten wuchsen, kann man davon ausgehen, dass das biologische System - Pilzmycel die Schwingungen ausgenutzt hat, um die eigenen biochemischen und physiologischen Vorgänge zu optimieren. Nur auf diese Art und Weise kann ein stärkeres Wachstum ohne Anomalien zustande kommen (42). Eine andere Möglichkeit ein verstärktes Wachstum bei den Lebewesen zu beobachten ist beim Bedarf nach Heilungs- oder Erneuerungsprozessen (41, 42). In diesem Experiment wurden die Mycel keinen Verletzungen oder Ähnlichem ausgesetzt. Daher haben sie keinen Bedarf gehabt die Heilungsprozesse zu aktivieren. Es könnte jedoch rein theoretisch sein, dass die Erneuerungsprozesse durch die akustische Schwingungen und Vibrationen aktiviert oder angeregt wurden. Da die Wirkmechanismen, die hinter den beobachteten und oben beschriebenen Phänomenen nicht bekannt sind, dürfen wir diesen Ansatz nicht aus der Acht lassen.

Unabhängig von den Mechanismen, die hinter den beobachteten Auswirkungen stehen, stellt sich hier eine grundlegende Frage: Wie kann ein Organismus, der keine Organe und Organsysteme für die Aufnahme, Verarbeitung und Verwendung von Schwingungen hat, eine Schwingung nutzen?

Eine Antwort auf diese Frage bietet die Energie einer Schwingung. Energie der Schwingung an einem gegebenen Punkt im Raum wird über die Feldstärke gegeben (30). Sie ist eine Größe, die zur Beschreibung der Felder notwendig ist. Hohe Feldstärken einer akustischen Welle können durch ihre erhebliche Energie nicht nur das menschliche Gehör schädigen, sondern auch die grundlegenden biochemischen Prozesse im Organismus beeinflussen (31, 43). Die Grenzwerte der Verordnung Lärm und Vibrationen des Arbeitnehmerschutzgesetzes wurden in dieser Arbeit nicht maßgeblich überschritten (31)*. Die Richtlinien dieses Gesetzes sind jedoch für die Anwendung im humanen und nicht für den mykologischen Bereich gemacht worden. Es kann also sein und es ist sehr wahrscheinlich, dass die Grenzwerte für Pilze anders sind, als die für Menschen, vor allem weil Pilze im Allgemeinen verschiedene Organsysteme und im Besonderen ein unterschiedliches Integument als Säugetiere aufweisen, das als Hauptschutz gegen aber auch als Hauptverbindung für äußere Einflüsse dient. Die grundlegenden biochemischen Prozesse, die in eine Zelle ablaufen, sind in beiden Bereichen der heterotrophen Organismen allerdings gleich (29, 46), und somit ist die Wahrscheinlichkeit, dass diese durch niedrige Feldenergie der verwendeten Wellen beeinflusst werden, relativ gering.

Falls die biochemischen Verläufe in einem Organismus durch die Feldstärke der mechanischen Wellen beeinflusst sind, gibt es eine Reihe von Anzeichen, die darauf hinweisen (32). Im Bereich der Formgebung sind das verschiedene Wachstumsanomalien, Gewebewucherungen oder irreguläre Hyphenentwicklungen bei Pilzen (46, 47, 48). Diese Indikationen wurden in unserer Untersuchung jedoch nicht beobachtet und somit ist die Wahrscheinlichkeit, dass die biochemischen Abläufe der Pilze störend beeinflusst worden sind, äußerst gering. Das Ausbleiben von den Indikatoren, die darauf hinweisen, lässt uns die Aussage über die Wahrscheinlichkeit machen. Diese wurde daher nicht berechnet. Eine Wirkung der mechanischen Wellen auf die Pilze hat es dennoch gegeben. Es ist daher nicht auszuschließen, dass die Feldstärke als eine der Komponenten der EM-Wellen eine Auswirkung auf die Pilzmycele hatte, nur hat sich diese nicht in der Beeinflussung der biochemischen Vorgänge geäußert. Eine andersartige Auswirkung der Feldstärke und ihren Wirkmechanismen wurde jedoch bis heute nicht postuliert. Um die in unserem Experiment beobachtete Veränderung erklären zu können, sind wir gezwungen einen anderen Wirkmecha-

* Mittelwerte der Schallstärke von verwendeten Aufnahmen waren für Sound-Mushrooms 84,9 dB.

nismus der Feldstärke bzw. einen anderen Faktor zu suchen, der alleine oder im Zusammenspiel mehrerer Faktoren die beobachtete Auswirkung hervorrufen könnte.

Eine mechanische Schwingung in der Luft kann vereinfacht über ihre Frequenz und Feldstärke beschrieben werden* (33). Die Frequenz kann neben oder mit der Feldstärke ein der Faktoren sein, die das veränderte Wachstum und Komplexität des Mycel-Nährboden-Systems verursacht haben. Sie ist ein Informationsträger, der mit anderen Feldgrößen kombiniert, die Gesamtinformation der Schwingung ergibt.

Nach der Informationstheorie von Claude Elwood Shannon besteht zwischen Entropie und Informationsgehalt ein nichtmonotoner Zusammenhang. Wenn ein Signal, das eine Information überträgt, 100% vorhersagbar ist, ist seine Entropie gleich Null. Der Wert eines solchen Signals für einen Organismus ist genauso gering wie der eines Rauschsignals bei dem die Entropie gegen unendlich strebt. Bei der Übertragung bekannter Signale hängt also der potenzielle Nutzwert nur von der Entropie ab (34). Dieser Ansatz setzt voraus, dass die Informationsempfangssysteme der Organismen (z.B. Sinnesorgane und kognitive Informationsverarbeitungsmodule) andauernd gleiche Verarbeitungsmodi haben (gleiche Menge der Informationsannahme, gleiche Verarbeitungsgeschwindigkeit etc.).

In unserem Fall übertragen wir ein Signal, das als Periode die siderische Tageslänge** hat. Eine irdische Tageslänge ist eine Information, die jedem Lebewesen auf unserem Planeten auf eine oder andere Weise bekannt ist. Bei den Mikroorganismen spielt die Tageslänge eine andere Rolle als bei den Primaten oder Wiesenblumen, jedoch ist diese Information bedeutend. Viele periodische Vorgänge sind an sie fundamental gebunden (35, 44). Sie ist nach wie vor von ausschlaggebender Bedeutung obwohl sie über Jahrtausende unverändert blieb, wodurch sie einem Organismus zur Gänze bekannt und demzufolge (der Informationstheorie nach) „uninteressant“ sein sollte. Die Information der Tageslänge wurde in unserem Experiment in einem verfremdeten Sinn über die Frequenz weitergegeben $1/T = f$. Hier findet in unserem Beispiel möglicherweise die erste Veränderung der Entropie statt. Wir wandeln, so zu sagen, ein Signal in sein Spiegelbild um. Aus der Periode wird Frequenz. Weitere Veränderungen der Grundinformation der Tageslänge und somit mögliche Veränderungen der Entropie finden über das Prinzip des Oktavierens (Multiplizierens mit 2) der minimalen Grundfrequenz von $1,160576...e^{-5}$ Hz statt. Den musik-theoretischen

* Ein Schallfeld lässt sich beschreiben durch: Schalldruck, Schallschnelle, Schallauslenkung, Schnellepotential und Schallfluss. Frequenz und Feldstärke (Schalldruck) sind nur zwei davon.

** Ein mittlerer siderischer Tag (tropischer- oder Äquinoktien Tag) beträgt 86164,0905382...s

und vibro-akustischen Überlegungen nach, kann man den Informationsgehalt einer Schwingung über mehrere Größenordnungen über das Prinzip der Oktavierung übertragen (49, 50).

An dieser Stelle ist eine sinnvolle Frage angebracht: Wann ist der Informationsgehalt der oktavierten Grundfrequenz für einen Organismus nicht mehr erkennbar; bzw. wann und ob überhaupt eine Frequenz durch die Multiplikation ihren Informationsgehalt verliert und sich in ein Rauschen verwandelt? Antwort auf diese Frage wird zusätzlich durch die Tatsache erschwert, dass der mögliche Verlust der Information in Bezug auf ein Lebewesen sein soll, welches diese (wie in unserem Experiment) aufnimmt, obwohl es keinerlei spezialisierten Organe für diesen Zweck hat. Die Art und Weise der Auswirkung von anfänglicher Information einer Schwingung kann sich ebenfalls über die verschiedenen Oktavenstufen auch wandeln. So könnte eine zweifach oktavierte Grundfrequenz eine andere Auswirkung als eine zehnfach oktavierte Grundfrequenz haben.

Um diese Fragen und theoretischen Überlegungen auf den Grund zu gehen, müsste man eine große Versuchsreihe mit allen, in dieser Untersuchung übersprungenen, 24** Oktavstufen testen. Um diese groß angelegte Experimentalanordnung dem naturwissenschaftlichen Protokoll gemäß zu gestalten, würde man ein standardisiertes System von Organismen und Auswertungsparametern benötigen, das den Experimentatoren ermöglichen würde, die erwarteten gegenüber den erhaltenen Veränderungen an Organismen zu vergleichen, und ihre Abweichungen über alle Oktavenstufen festzuhalten. Solche Versuchsreihen sind in der Organisation, Finanzierung und Durchführung sehr aufwendig und übersteigen unsere momentanen Forschungskapazitäten.

Die von uns durchgeführte Untersuchung hat an einem Organismus drei allgemeine Auswertungsparameter begleitet und somit den ersten Schritt für eine objektive, groß angelegte Forschungsstudie gesetzt. Die Ergebnisse diese Studie weisen darauf hin, dass der untersuchte Organismus die verwendete Schwingung als einen wachstums- und komplexitätsfördernden Reiz erkannt und verwertet hat, ohne dabei in seinem cytogenetischem Aufbau - Nerven, nervenähnliche Konglomerate oder Sinnesorgane mit welchen er die Schwingungen aufnehmen und verarbeiten hätte können, zu haben (28). Hier wurde also mit einem gewissermaßen sensiblen Organismus gearbei-

** Die von uns verwendete Frequenz von 194,71Hz ist die 24. Oktave zur Grundfrequenz von $1,16057628 \dots e^{-5}$ Hz

tet, der das nicht hätte sein dürfen und dennoch ist. Die logische Frage, die sich nach der Beobachtung des erhaltenen, interessanten Effekts stellt, ist nach wie vor, wie dieser Organismus die Frequenzen aufnimmt, wie er sie verarbeitet, nutzt und warum?

Die Frage „wie“ setzt sich mit Wirkmechanismus auseinander, die Frage „warum“ setzt im breitesten Sinne sogar einen freien Entscheidungswillen des untersuchten Organismus voraus. Muss der Pilz seiner funktionellen und strukturellen biochemischen Aufbau nach die Schwingung aufnehmen und verwerten oder kann er sich für die Verarbeitung einer und Nicht-verarbeitung anderer Schwingung entscheiden? Obwohl dieser Gedanke des freien Willens eines Pilzes im heutigen wissenschaftlichen Kontext einen ketzerischen Anklang hat, ist im gesamten Zusammenhang dieser Untersuchung eine solche, rein heuristisch-theoretische Überlegung gar nicht abwegig. Denn, wenn ein Organismus, der keine Organe für die Aufnahme und Verarbeitung der gegebenen Schwingungen besitzt, doch auf diese eine Reaktion zeigt, kann er möglicherweise auch einen Willen besitzen.

Hier, in dieser Arbeit wird ein Versuch gemacht die oben angeführten Fragen zu erleuchten, zunächst aus einem naturwissenschaftlichen.

Wir wissen, dass die chronobiologischen Rhythmen einen großen Einfluss auf Interaktionen zwischen Individuen, Organsystemen, Organen und Zellen ausüben (35, 44). Als hauptchronobiologischer Rhythmusgeber gilt auf der Erde die Tageslänge von 24h (siehe Anhang xx – diskutieren die unterschiedlichen 24h). Diese Periode ist im Laufe der Evolutionszeiten unverändert geblieben und die Lebewesen haben sich an sie bzw. an die von ihr getragene Information angepasst. Sie steuert direkt oder indirekt den Wach-Schlafrhythmus, die Organtätigkeit, Körpertemperatur, Zellzyklus, Regulationskreise der Gene usw. (35, 36). Die Organismen „kennen“ sie und können bewusst, meistens jedoch unbewusst (zum Beispiel auf der physiologischen Ebene) mit der Information der Tageslänge umgehen (44, Abb. 6).

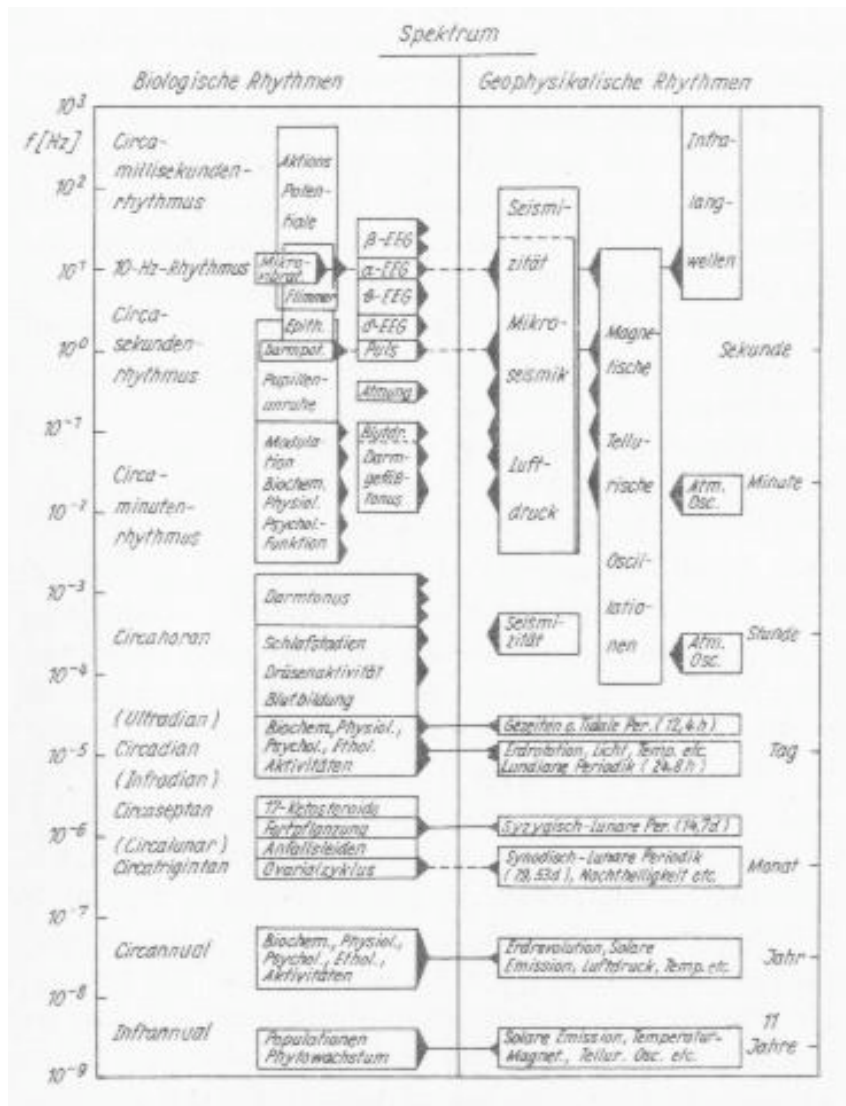


Abb. 6 Nach Sinz (44) sind in dieser Abbildung: „Korrespondierende Vorzugsfrequenzen biologischer und geophysikalischer Oszillatoren als Ergebnis evolutionärer Anpassung organischer Zeitstrukturen an Umweltperiodizitäten“ gegeben.

Ein bildhaftes Beispiel für den Umgang von Lebewesen mit der, ihnen evolutiv bekannten, Information, die nicht nur in Form biologischer und geophysikalischer Oszillatoren gegeben werden kann sondern auch in Form anderen physikalischen Parameter, im Fall einer radikalen Verfremdung liefert uns R. Riedl in seiner evolutiven Erkenntnistheorie (37). Die kleinen, bodenlebenden Organismen wie z.B. Amöben, Fadenwürmer, Milben, Springschwänze, Asseln, kleine Käfer usw. reagieren auf Oberflächenhitze und Trockenheit mit Rückzug in tiefere Bodenschichten, wo genug Feuchtigkeit vorhanden ist und eine angemessene Temperatur herrscht. Diese Überlebensstrategie ist über sehr lange Zeiträume getestet worden und hat sich als erfolgreich bestätigt.

Wenn man die oben beschriebene Situation verfremdet und die Dürre nachahmt in dem man ein Stück Boden in einen Trichter hinein gibt, unter welchem sich ein Gefäß mit Alkohol befindet und diesen Trichter von oben mit einer Lampe austrocknet, werden wir beobachten wie die gesamte Bodenfauna ein Massenselbstmord ausführt (Abb.7). Die Organismen wissen nicht, dass anstatt der rettenden Kühle und Feuchte der tiefen Erdschichten eine tödliche Falle auf sie lauert. Sie können das gar nicht wissen, da in der ihnen bekannten Natur eine solche Situation nicht vorkommt

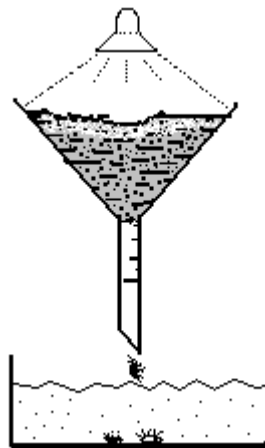


Abb. 7 Das Trichterbeispiel nach R. Riedl: Ein Trichter gefüllt mit Boden samt Bodenfauna wird unter einer Wärmequelle gestellt. Die voranschreitende Trockenheit der Bodenoberschichten zwingt mobile Lebewesen sich in die tieferen Bodenschichten zu verkriechen. Dass anstatt der rettenden Feuchtigkeit eine tödliche Schale mit Ethanol auf sie wartet, können die Organismen nicht wissen, denn im Laufe der Evolution kommt eine vergleichbare Situation nicht vor.

Dieses Beispiel können wir von zwei Seiten her betrachten. Aus einem Blickwinkel betrachtend, berichtet das Beispiel über das Reiz-Reaktionsverhalten der Lebewesen. Wenn man einem biologischen System eine Information verstärkt hinzufügt (wie z.B. Oberflächenhitze) reagiert das System auf die ihm angelernete Weise (sich in die Tiefe vergraben).

Ein anderer Blickwinkel liefert uns die Einsicht in die Informationsverbreitung. Wenn man ein künstliches System schafft, in unserem Fall ein Ökosystem, das einem natürlichem in allen uns nachvollziehbaren Parametern entspricht, reagieren die Teile des Systems, die über keinen Gesamtüberblick verfügen, in unserem Fall die Bodenfauna, nach gelernten und geprüften Regeln des natürlichen Originalsystems, in unserem Fall ein natürliches lockeres Bodenökosystem. Sie können die Mimikry nicht erkennen, weil im nachgebildeten Miniökosystem die Informationen im gleichen Mo-

aus verbreitet werden wie in den natürlichen Systemen. Die Trockenheit ist real und kann den Organismen Schaden zufügen, unter Umständen sogar töten. Dennoch ist die Aussage über die, im bekannten Modus getragenen, Information und die Folgerung, die die Organismen aus dem erprobten Verhalten ableiten, grundsätzlich falsch. Eine bekannte Informationsart (Bodenfeuchte) und erprobtes Verhalten (Vergraben) können unter gegebenen Konstellationen Schaden verursachen. Wenn also die Informationen, die den Organismen evolutiv nicht bekannt sind, auf eine, dem Organismus bekannte Art und Weise verbreitet werden, kann er auf diese nicht entsprechend reagieren bzw. er reagiert auf sie falsch (Ausnahmen sind vernachlässigbar).

Die anfängliche, nicht oktavierte Frequenz von $1,160576 \dots e^{-5}$ Hz (siehe Kapitel: Material und Methode) kann als Träger der, ihr zu Grunde liegenden, Information der Tageslänge, angesehen werden. Diese Frequenz wurde 24 Mal oktaviert um die, in dieser Arbeit verwendete Frequenz von 194,71 Hz zu erhalten. Über die Oktavierungen verändert sich die Tonhöhe der mechanischen Schwingungen. Jene könnte daher als Dehnung (hinunter Oktavieren) oder Verdichtung (hinauf Oktavieren) der Information angesehen werden. Die gleiche Information wird hierbei langsamer oder schneller abgespielt. Durch diese Art der Verarbeitung von, in dem Fall, mechanischen Schwingungen kann man oft eine bessere Einsicht in den Informationsgehalt der Schwingung erhalten. Wenn man z.B. eine Naturkulisse-Aufnahme langsamer abspielt, kann man die einzelnen Tiere, die ihre Lock- oder Warngesänge von sich geben besser auseinander halten und analysieren, oder bei einer Orchesteraufnahme kann man durch das langsame Abspielen den Einsatz einzelner Instrumente leichter und genauer erfassen. Bei der Beschleunigung einer Audioaufnahme verliert man die Möglichkeit das Detail der Aufzeichnung zu erfassen aber die Menge an erhaltener Information erhöht sich proportional zu dem Grad der Beschleunigung. Diese Besonderheit wird nach wie vor beim digital/elektronischen Datentransfer verwendet.

In der vorliegenden Arbeit hat man eine Oberoktave zur Grundfrequenz verwendet. Diese oktavierte Frequenz mit welcher Mycele beschallt worden sind, könnte, den vorhergehenden Überlegungen nach, eine Verdichtung der ursprünglichen Information darstellen und dadurch möglicherweise ihren Gehalt hervorheben.

Ein bildhaftes Beispiel für die Dehnung des Informationsgehaltes einer Frequenz bietet der Grillenvergleich. Zurzeit gibt es am Markt elektronische Geräte, die im menschlichen Hörbereich sehr naturgetreu die Grillengesänge nachahmen. Wenn man die Lockrufe der elektronischen mit denen der lebenden Grillen vergleicht, klingen diese gleich und man kann sie (falls die Batterien frisch sind) voneinander kaum unterscheiden. Wenn man aber eine Aufnahme von beiden anfertigt und diese etwas langsamer (einige Oktaven tiefer) abspielt, ist der Unterschied eindeutig. Das elektronische Signal ist als eine Reihe von unüberhörbaren elektronischen Tönen und das Grillengesang als eine Reihe von Gesangsstrophen, Phasen usw. wahrnehmbar (38).

Dieser kleine Trick zeigt uns anschaulich wie sich der Zugang zu ein und derselben Information genauso wie ihre Wahrnehmung durch Oktavierung verändern können. Die beiden Aufnahmen haben nach wie vor denselben Informationsgehalt, der uns allerdings unterschiedlich präsentiert worden ist und dadurch auch anderes wahrgenommen. Über die veränderte Wahrnehmung, verändert sich auch der kognitive Verarbeitungsmechanismus (45), wodurch unser Gesamtverständnis gegenüber den Aufnahmen und in ihnen erhaltener Information anders wird.

Ähnlich könnte man sich das Prinzip der Informationsübertragung in der vorliegenden Arbeit vorstellen. Die Information wird über Oktavierung in einen Bereich transportiert (z.B. uns hörbaren Bereich), in welchem Organismen diese Information leichter verarbeiten können. Lebewesen (in unserem Fall Pilzmycelen) wird eine, ihnen evolutiv bekannte, Information (hauptchronobiologischer Rhythmusgeber - Tageslänge) verstärkt hinzugefügt. Ein Organismus als Gesamtsystem kann diese Information erkennen und auf sie auf eine erprobte Weise reagieren – in unserem Fall wächst das Mycel schneller und komplexer. Man kann sagen, dass die Frequenz der Anregung mit der Eigenfrequenz des anzuregenden Systems übereinstimmt. Zumindest mit den Teilen des Systems, die das Wachstum und Komplexität der Mycelstrukturen überwachen und steuern.

Offen bleibt die Frage nach den Strukturen, die für diese Veränderung verantwortlich wären. Bei der Behandlung dieser Frage wird eine große Enge dieser Untersuchung offen gelegt. Es handelt sich um die Erklärung der beobachteten Effekte, die folgende Überlegung zusätzlich erschwert.

Die verwendete Schwingung hat eine Frequenz von 194,71 Hz. Sie verbreitet sich in unserem konkreten Fall in der 25°C bis 30°C warmen Luft. Die Ausbreitungsge-

schwindigkeit der Schallwellen beträgt in dem Fall von ca. 346,3 m/s (bei 25 °C) bis 349,2 m/s (bei 30°C). Die daraus folgende Wellenlänge wäre im Bereich von 1,779 m bis 1,793 m. Der Resonanztheorie nach wird ein schwingungsfähiges System in der Nähe seiner Eigenfrequenz periodisch angeregt, damit sich sein Eigenschwingen, um ein vielfaches erhöhen kann (siehe Seite 10). Diese Grundvoraussetzung für die physikalische Resonanz ist in unseren Experimenten nicht gegeben. Hier schwingen die Pilzmycele in eine Petrischale, die einen Durchmesser von 8 cm hat und die Mycelstränge selber haben einen Durchmesser von ca. 0,1mm bis höchstens 2mm. Verglichen mit der Wellenlänge von 1,779m bis 1,793m ist die Resonanzdifferenz eindeutig, ausgenommen das Mitschwingen der Pilzstrukturen findet im unteren Bereich der Harmonische statt.

Offen bleibt noch die Frage ob das schnelle Wachstum einen kompetativen Vorteil, gegenüber anderen Mycelen, Bakterien oder anderen Organismen, die um die gleiche Nahrungsquelle konkurrieren, hat. Anfangs ist das gewiss der Fall. Die Eroberung neuer Nahrungsnischen verlangt von Organismen einen steilen Anstieg der Wachstumskurve. Die Frage, ob das Mycel trotz zugefügter Information in Form von mechanischen Schwingungen sein Wachstum unter den schlechten Nahrungsbedingungen auch zügeln kann, bleibt unbeantwortet. Hinweise dafür haben wir in unserer Untersuchung bereits erhalten (siehe Diskussionsanfang), nun ist ihre statistische Auswertung und Absicherung noch offen.

FAZIT

In oben geführter Diskussion wird der festgestellte Einfluss von untersuchten Frequenzen auf Pilzmycele über das Phänomen der *Resonanz* erörtert. Weitere Vergleiche und Erklärungsebenen bieten Quantenelektrodynamik und die Stringtheorie. Diese jedoch hier zu behandeln, würde die Rahmen dieser Arbeit sprengen.

Der offenen Frage des kompetativen Vorteils, von dem, aus den Untersuchungsergebnissen ermittelten, schnelleren Wachstum, folgt die Frage der spezies- und schwingungsspezifischen Reaktion. Unseren Voruntersuchungen nach könnte sein, dass der festgestellte Einfluss speziespezifisch aber auch schwingungsspezifisch bzw. frequenzabhängig ist. Um sich diesen Fragestellungen fachgemäß annähern zu können, sind groß angelegte Versuchsreihen mit verschiedenen Arten und Frequenzen notwendig. Entsprechende Untersuchungen mit elektromagnetischen Feldern statt mit mechanischen Schwingungen wurden im Austrian Research Center Sei-

bersdorf GmbH bereits durchgeführt. Die Daten dieser Versuchsreihen stehen noch zur Veröffentlichung an.

Eine weitere Frage, die nach wie vor offen bleibt, ist die nach dem Wirkmechanismus der verwendeten Schwingungen. Um auch diese Frage hinreichend gut beantworten zu können, sind verschiedene biochemische und molekulargenetische Verfahren anzuwenden. Die Suche nach dem Wirkmechanismus war jedoch keine Zielsetzung dieser Untersuchung. Der Schwerpunkt dieser Untersuchung war die Frage, ob es eine Auswirkung von verwendeten Frequenzen auf belebte Materie gibt und wenn es diese gibt, wie sie aussieht und nicht wie sie zustande kommt. Auch aus diesem Grund wurden die allgemeinen Auswertungsparameter verwendet, die viele biochemischen und physiologischen Vorgänge in sich vereinen. Nach dem korrekten Ansatz der empirischen Studie wurde also untersucht, um noch einen letzten Vergleich anzustellen, was im Fernseher gezeigt wird, und nicht wie das Bild zustande kommt. Diese und weitere Ergebnisse auf dem Gebiet der Frequenzauswirkung eröffnen ein breites Spektrum an möglichen kommerziellen wie auch nicht-kommerziellen Anwendungen. Ausgedehnte Forschung in diesem Feld erscheint demnach sinnvoll.

Litteratur:

- 1 Hamnerius Y. (1992): *Overview of 22epidemiological findings, physiological effects, and proposed mechanisms of biological interaction with low-level electric and magnetic fields.* In: *Interaction mechanisms of low-level electromagnetic fields in living systems: 3-13.* Oxford University Press.
- 10 Sadick N.S., Weiss R.A., Shea C.R., Nagel H., Nicholson J. & Prieto V.G. (2000): *Long-term Photoepilation Using a Broad-spectrum Intense Pulsed Light Source.* In: *Arch Dermatol* 136, 1336-1340.
- 11 NCRP Report No. 86 (1986): *Biological Effects and Exposure Criteria for Radiofrequency Electromagnetic Fields - Recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements, published by NCRP.*
- 12 Stansfeld S.A. & Matheson M.P. (2003): *Noise pollution: non-auditory effects on health.* In: *Br Med Bull.* 68:243-57.
- 13 Riedl R. (1981): *Biologie der Erkenntnis. Die Stammesgeschichtlichen Grundlagen der Vernunft.* Paul Parey Verlag
- 14 Michel Loreau M. (2002): *Evolutionary Processes in Ecosystems. The Earth system, Vol. 2, biological and ecological dimensions of global environmental change, pp 292–297.* In:

- Encyclopedia of Global Environmental Change* edited by Mooney H.A. & Canadell J.G.
ISBN 0-471-97796-9
- 15 Frisancho A.R. (1995): *Human Adaptation and Accommodation*. University of Michigan Press. ISBN 04-720-95110
 - 16 N. Leitgeb, J. Schröttner (2003): *Electrosensibility and Electromagnetic Hypersensitivity*. In: *Bioelectromagnetics* 24
 - 17 Cousto H. (1984): *Die kosmische Oktave, der Weg zum universellen Einklang*. Synthesis-Verlag, ISBN 3-922026-24-9
 - 18 Matsura S. & Miyazima S. (1994): *Colony Morphology of the Fungus Aspergillus Oryzae*. In: *Fractals in biology and medicine* 274-282. Edited by T.F. Nonnenmacher et al. Birkhäuser Verlag, Basel. ISBN 3-7643-2989-0
 - 19 Lucic I. & Kratky K. W. (2004): *Fractal dimension as a tool for detection of morphological changes caused by impact of mechanical waves on mushroom mycelium*. In: *Austrian Journal of Mycology* No.13, 101-107.
 - 2 S.kr. Palit (1998): *Biological effects of electromagnetic waves – an overview*. In: *Proceedings of the 2nd Conference on Bioelectromagnetism*
 - 20 Mitton J.B. & Grant M.C. (1984): *Associations Among Protein Heterozygosity, Growth Rate, and Developmental Homeostasis*. In: *Annual Review of Ecology and Systematics* Vol. 15, pp. 479-499
 - 21 Herder Lexikon nach 106 AutorInnen, 4 Fachberater, 7 GrafikerInnen und 4 RedakteurInnen 1994: *Lexikon der Biologie*. Spektrum akademischer Verlag.
 - 22 Popp F.A. (1993): *Die Botschaft der Nahrung*. Fischer Verlag.
 - 23 Popp F.A., Li K.H. & Gu Q. (1992): *Recent advances in biophoton research and its applications*. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.
 - 24 Meschede Dieter (2004): *Gerthsen Physik (Die ganze Physik zum 21. Jahrhundert)*. 22. Auflage. Springer Verlag, Berlin Heidelberg, New York. ISBN 3-540-02622-3
 - 25 Timanin E., Eremin E. & Didenkulov I. (2006): *Vibrational viscoelastometry of biological soft tissues*. In: *Proceedings of Thirteenth International Congress on Sound and Vibration (ICSV13; Vienna, Austria)*, Timanin E., Eremin E. & Didenkulov I. (2006): *Vibrational viscoelastometry of biological soft tissues*. In: *Proceedings of Thirteenth International Congress on Sound and Vibration (ICSV13; Vienna, Austria)*
 - 26 Calow P. (1982): *Homeostasis and Fitness*. In: *American Naturalist*, Vol. 120, No. 3, Sep., pp. 416-419
 - 27 Kinzel H. (1977): *Grundlagen der Stoffwechselphysiologie (eine Einführung in die Energetik und Kinetik der Lebensvorgänge)*. Ulmer Verlag, Stuttgart ISBN 3-8001-2442-4
 - 28 Weber H. & Arnold G. (1993): *Allgemeine Mykologie*. Fischer Verlag, Jena. ISBN 3-334-60391-1
 - 29 Kinzel H. (1989) : *Stoffwechsel der Zelle (die zentralen Vorgänge des Stoffwechsels mit ihren physikalisch-chemischen Grundlagen)*. Ulmer Verlag, Stuttgart ISBN 3-8001-2574-9
 - 3 Abel S.M. (1990): *The extra-auditory effects of noise and annoyance: an overview of research*. In: *J. Otolaryngol. Apr, 19 Suppl 1:1-13*.
 - 30 Raith Wilhelm (1999): *Bergmann, Schaefer/ Lehrbuch der Experimentalphysik Band 2: Elektromagnetismus*. 8 neubearbeitete Auflage. Walter de Gruyter, Berlin, New York. ISBN 3-11-016097-8
 - 31 Bundesgesetzblatt II Nr. 22/2006: *Verordnung Lärm und Vibrationen(Expositionsgrenzwert)*. Gesetzesnummer: 20004576, Dokumentnummer: OR40075155, Art. 1 § 3, Fundstelle: BGBl. II Nr. 22/2006, Index: 60/02 Arbeitnehmerschutz.
 - 32 World Health Organisation (WHO) (1999): *Guidelines for community noise*. WHO (SDE, PHE, OEH). Edited by Berglund B., Lindvall T., Schwela D.H.

- 33 Gobrecht H. & Gobrecht J.H. (1990): *Lehrbuch der Experimentalphysik (Mechanik, Akustik, Wärme)* ISBN 3-11-012391-6
- 34 Shannon C.E. (2000): *Ein - Aus (ausgewählte Schriften zur Kommunikations- und Nachrichtentheorie)*. Brinkmann und Bose, Berlin. ISBN 3-922660-68-1
- 35 Hildebrandt G. (1998): *Chronobiologie und Chronomedizin: Kurzgefaßtes Lehr- und Arbeitsbuch*. Hippokrates Verlag GmbH. ISBN 3-7773-1302-5
- 36 Cardone L., Hirayama J., Giordano F., Tamaru T., Palvimo J.J. & Sassone-Corsi P. (2005): *Circadian Clock Control by SUMOylation of BMAL1*. In: *Science*, Vol. 309. No. 5739, pp. 1390 – 1394. DOI: 10.1126/science.1110689
- 37 Riedl R. (1992): *Wahrheit und Wahrscheinlichkeit. Biologische Grundlagen des Für-Wahr-Nehmens*. Paul Parey Verlag. ISBN 3-489-53934-6
- 38 Lucic I. (2000): *Vergleich des akustischen Gesangsaufbaus von Lockrufen der elektronischen und lebenden Feldgrillen (Gryllus campestris)*. Unveröffentlichte tierphysiologische Experimente, Universität Wien.
- 39 Shugart L. & Theodorakis C. (1998): *New trends in biological monitoring: application of biomarkers to genetic ecotoxicology*. Springer Verlag, NL, In: *Biotherapy*, Vol 11, Nr 2-3, (119-127) ISSN 0921-299X (Print) 1573-8280 (Online)
- 4 White J.M. (2001): *Music as intervention: a notable endeavor to improve patient outcomes*. In: *Nurs Clin North Am*. Mar, 36(1):83-92.
- 40 Newton M. R., Kinkel L. L. & Leonard K. J. (1997): *Competition and Density-Dependent Fitness in a Plant Parasitic Fungus*. In: *Ecology*, Vol 78, Nr 6, (1774-1784) DOI:10.2307/2266100
- 41 Massague J., Blain S.W. & Lo R. S.(2000): *TGFβ Signaling in growth control, cancer and heritable disorders*. In: *Cell review*, Cell Press, Vol 103, (295-309)
- 42 Tornberg K., Bååth E. & Stefan O. (2003): *Fungal growth and effects of different wood decomposing fungi on the indigenous bacterial community of polluted and unpolluted soils*. In: *Biology and fertility soils*, Vol 37, Nr 3. (190-197), Springer Verlag Berlin/Heidelberg, ISSN 0178-2762 (Print) 1432-0789 (Online)
- 43 Burov V.A., Dmitrieva N.P. & Rudenko O.V. (2002): *Nonlinear Ultrasound: Breakdown of Microscopic Biological Structures and Nonthermal Impact on a Malignant Tumor*. Springer Science+Business Media: MAIK Nauka/Interperiodica Issue: Volume 383, Nr 1-6 (101-104), ISSN: 1607-6729 (Print) 1608-3091 (Online)
- 44 Sinz R. (1978): *Zeitstrukturen und organismische Regulation: Chronophysiologische und psychophysiologische Untersuchungen zur dynamischen multioszillatorischen Funktionsordnung des Organismus*. Akademie Verlag Berlin Nr.762 405 6(6402), LSV 1395
- 45 Andersen H., Barker P. & Chen X. (2006): *The cognitive structure of scientific revolutions*. In: Kuhn T.: *Science Philosophy 20th century, Cognition*. (S. 181-194) Cambridge Univ. Press, ISBN 978-0-85575-4
- 46 Müller E. & Loeffler W. (1992): *Mykologie: Grundriß für Naturwissenschaftler und Mediziner*. Thieme-Verlag, Stuttgart, New York. ISBN 3-13-436805-6
- 47 Druri M. & Żakowska Z. (2004): *Untersuchung von Bestandteilen der Zuckerrübenmelasse, die auf Aspergillus niger bei der Citronensäureproduktion toxisch wirken*. In: *Acta Biotechnologica* DOI: 10.1002/abio.370070317
- 48 Gowda N. R. (1924): *Nitrification and the nitrifying organisms*. In: *Journal of Bacteriology* 1924
- 49 Wallin N.L., Merker B. & Brown S. (2000): *The Origins of music*. The MIT Press. ISBN 0262232065
- 5 Thuile C. (1998): *Das große Buch der Magnetfeldtherapie*. Österr. Ärztesgesellschaft für Energiemedizin. NEOMEDICA GmbH.
- 50 Kayser H. (1937): *Vom Klang der Welt*. Max Niehans Verlag, Zürich/Leipzig.

- 6 Myskja A. & Lindbaek M. (2000): *Examples of the use of music in clinical medicine*. In: *Tidsskr Nor Laegeforen*. Apr, 10;120(10):1186-90.
- 7 Sterenborg H. J. C. M. & van Gemert M J C (1996): *Photodynamic therapy with pulsed light sources: a theoretical analysis*. In: *Phys. Med. Biol.* 41, 835-849 doi:10.1088/0031-9155/41/5/002
- 8 Passchier-Vermeer W. & Passchier W.F. (2000): *Noise exposure and public health*. In: *Environ Health Perspect*. Mar, 108 Suppl 1:123-31.
- 9 Ahlbom A., Green A., Kheifets L., Savitz D. & Swerdlow A. (2004): *Epidemiology of Health Effects of Radiofrequency Exposure*. ICNIRP (International Commission for Non-Ionizing Radiation Protection) Standing Committee on Epidemiology. In: *Environ Health Perspect*. December, 112(17): 1741–1754.