

# Biologische Rhythmen und ihre Bedeutung für die Osteopathie

Torsten Liem, Maximilian Moser

## Zusammenfassung

Rhythmik ist ein universales zeitliches Organisationsprinzip in der Natur. Ein zentraler Taktgeber konnte nicht festgestellt werden, wohl aber eine Koordination durch zentrale Oszillatoren. Das Spektrum und die Charakteristiken biologischer Rhythmen und Zeitgeber werden dargestellt sowie endo- und exogene Rhythmen in ihren Wirkungsweisen diskutiert. Das wechselhafte Zusammenspiel biologischer Rhythmen spielt eine bedeutsame Rolle für Heilungs- und Regenerationsvorgänge im Organismus.

## Schlüsselwörter

Biologische Rhythmen, biologische Oszillationen, exogene Zeitgeber, endo- und exogene Rhythmen, oszillatorische Prozesse, Puls-Atem-Quotienten, Mikrovibration, Alpha-Wellen des EEG, Struktur-Funktions-Beziehung

## Abstract

Rhythm is an universal principle of nature's temporal organization. A central timer could not be established, but a coordination by central oscillators was found. The spectrum and characteristics of the biological rhythms and timers is described and the endogenous and exogenous rhythms are discussed. The dynamic interaction of the biological rhythms play an important role in initiation of healing and regenerative processes of the human body.

## Keywords

Biological rhythm, biological oscillation, exogenous timer, endogenous and exogenous rhythm, oscillatory processes, pulse-respiratory quotient, microvibration, alpha wave (EEG), structure-functional relationship

## Einleitung

Unser gesamtes Leben ist von biologischen Rhythmen geprägt und unser Organismus besitzt nicht nur eine räumliche, sondern auch eine zeitliche Struktur. Neue Erkenntnisse zeigen die große

Bedeutung von biologischen Rhythmen für die Gesundheit und bieten auch Implikationen für Ansätze innerhalb einer osteopathischen Behandlung. Diese gehen weit über die bisher in der Osteopathie ausgeübte manuelle Synchronisation mit – bisher zum Teil spekulativen – rhythmischen Erscheinungen im Organismus hinaus und vertiefen das Verständnis der Einheit des Organismus, der menschlichen Zeitstruktur und ihrer funktionellen Wechselwirkungen. Rhythmik ist ein universales Organisationsprinzip in der Natur. Ein zentraler Taktgeber konnte allerdings nicht festgestellt werden, wohl aber eine Koordination durch zentrale Oszillatoren. Deshalb steht nicht mehr die Frage nach einem zentralen Taktgeber im Vordergrund, sondern die Frage nach der Koordinationsdynamik zwischen eher umweltbezogenen und integrierenden Rhythmen.

## Rhythmik – Grundeigenschaft des Lebens

Rhythmik, Regulation und räumlich-zeitliche Koordination kennzeichnen Grundeigenschaften des Lebens mit dem Ziel der Wiederherstellung von Ordnung und Verhinderung der zu raschen Energieentwertung. Rhythmizität ist ein universales Organisationsprinzip des geno- und phänotypischen Ausdrucks und der Stoffwechselregulation. Sie schließt als Teil der Selbstorganisation des Organismus alle Prozesse vom Beginn der Befruchtung über Wachstum, Homöostase und Anpassungsfunktionen bis zum Tod ein.

## Rhythmik, Struktur und Funktion

Das Modell einer starren Struktur-Funktions-Hierarchie wird erweitert

durch eine dialektische Struktur-Funktions-Beziehung, die durch multiple miteinander in Wechselbeziehung stehende oszillatorische Prozesse charakterisiert ist. Ein Beispiel ist hier der von Jaeger und Goodwin beschriebene interzelluläre Oszillationsvorgang, in dem zellautonome und nicht autonome Vorgänge zusammenwirken und der u.a. in der Lage ist, in der Embryogenese Dynamiken der periodischen Geneigenschaftsmuster zu reproduzieren und morphologisch abzubilden [1].

Verständnis und Kenntnis der dynamisch synergistisch agierenden und rhythmisch organisierten regulativen Gleichgewichtsprozesse im Menschen können die diagnostischen und therapeutischen Potenziale in der Praxis der Osteopathie bedeutend erhöhen. Zum Verständnis der organischen Ordnung im Menschen wird im Folgenden ein Überblick über rhythmische Prozesse und die Organisation der Regulation dargestellt.

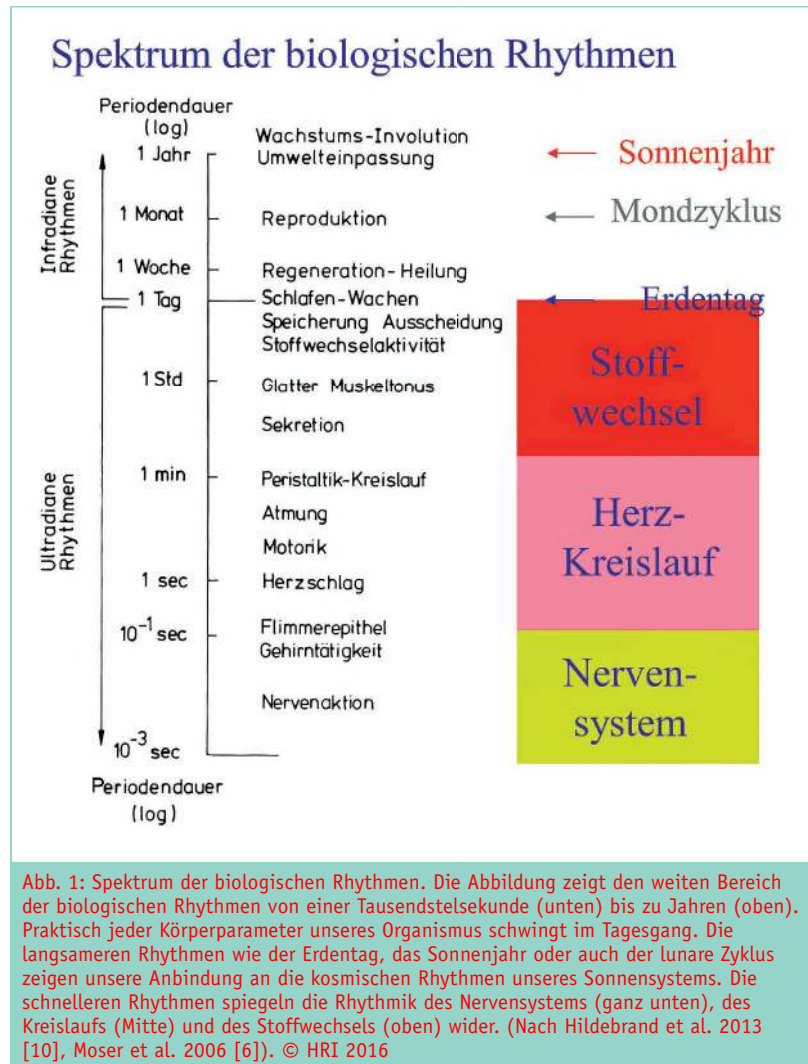
Die phylogenetische wie auch die ontogenetische Entwicklung von Struktur und Funktion kann als ein ähnlicher Prozess wechselseitiger Interaktionen angesehen werden. Rhythmik wirkt ordnungserzeugend. Dabei geht jede Zunahme an zeitlicher und räumlicher Ordnung mit einem Anstieg funktionaler Ordnung einher. Dies trifft auf molekularer, zellulärer und makroorganismischer Ebene ebenso wie auf Populationsebene zu. So ist zum Beispiel die kognitive Ordnung an die Oszillationsdynamik, Koordination und Selbstadaptation des Hirngewebes gebunden.

Im Organismus wirkende Zeitstrukturen kommen durch regulatorische Eigenschaften bestimmter Makromoleküle (Enzyme) zum Ausdruck. Diffusionsprozesse können zur Entwicklung lokaler oder globaler Oszilla-

tionen führen mit der Folge von zeitlicher Strukturbildung.

## Das System der biologischen Rhythmen

Biologische Rhythmen setzen, wie jede Schwingung, eine Polarität im Organismus voraus, zwischen deren Polen das Hin und Her der Schwingung stattfinden kann. Diese Grundpolarität findet sich beispielsweise im autonomen Nervensystem in Form der Antagonisten Sympathikus und Parasympathikus (im Weiteren kurz als Vagus bezeichnet), die für Leistungsbereitschaft bzw. Erholungsbereitschaft stehen. Der Tagesrhythmus, als Grundeinheit der biologischen Zeitlichkeit schon bei Hufeland [2] erwähnt, stellt auch tatsächlich ein großes Schwingen zwischen dem sympathisch betonten Tag und der vagal betonten Nacht dar. Im Rahmen dieser Schwingung werden praktisch alle physiologischen und sogar einige anatomische Parameter mit verschieden starker Amplitude verändert. Beispiele für betroffene physiologische Parameter sind die Herzfrequenz, die Körpertemperatur, alle Körperhormone, die Parameter des Immunsystems wie auch die der Verdauung. Praktisch alle Gene werden nach neuen Erkenntnissen tagesrhythmisch exprimiert. Anatomisch verändern sich zum Beispiel die Körpergröße und der Gelenkumfang sowie die Gelenkbeweglichkeit. Jeden Morgen um etwa 6 Uhr sind wir am größten und die Gelenkschwellung ist am stärksten ausgeprägt, was eine gleichzeitige Verringerung der Gelenkbeweglichkeit und eine Zunahme allfälliger Gelenksbeschwerden mit sich bringt. Abends um 20 Uhr sind wir dann am kleinsten. Diese zyklische Größenveränderung ist entgegen der Intuition nicht oder nicht nur auf die Belastung unseres Skeletts durch unser Körpergewicht im Lauf des Tages zurückzuführen, sondern auf die hormo-



nell gesteuerte Quellung des kollagenen Gewebes. Man kann sie auch beobachten, wenn Versuchspersonen im 2-Stunden-Rhythmus jeweils 60 Minuten stehen oder sitzen und 60 Minuten liegen dürfen und dann die Messung über 24 Stunden durchgeführt wird (Abb. 1).

Ein gesundes Zusammenwirken der Organsysteme zeichnet sich durch eine gute Synchronisation mit exogenen Zeitgebern/Umweltfaktoren im langwelligen Bereich aus und eine gute Frequenz- und Phasenkoordination endogener Rhythmen im kurz- und mittelwelligen Bereich. Synchronisationsstörungen können ein Anzeichen bei Krankheiten sein. Umgekehrt können Lebensweisen, die der natürlichen Ordnung in der Beziehung der inne-

ren Rhythmusbiologie mit äußeren Zeitgebern zuwiderlaufen, eine Prädisposition für Krankheiten darstellen, während eine rhythmugerechte Lebensweise die Grundlage für Gesundheit bietet [15].

Die rhythmischen Funktionen der mittel- und langwelligen Bereiche werden aufgrund synchronisierender Einflüsse im Gegensatz zu kurzwelligen Bereichen eher konstant gehalten. Langwellige Rhythmizitäten treten eher als Pendelschwingung auf. Sie stellen komplexe Prozesse dar, die eine Vielzahl von Einzelfunktionen zu einem geordneten Zusammenwirken zusammenfassen. Kurzwellige Rhythmizitäten äußern sich meist in impulshaften Kippschwingungen mit plötzlichen Änderungen (Tab. 1)

Tab. 1: Charakteristik biologischer Rhythmen.

Langwellige Rhythmen	Mittelwellige Rhythmen	Kurzweilige Rhythmen
Tage bis Jahre	Minuten bis Stunden	Millisekunden bis Sekunden
Betreffen Gesamtorganismus	Betreffen ganze Organe	Betreffen Zellen und Gewebe
Stoffwechsel (z.B. Wach-/Schlafzyklus)	Rhythmisches Transport- und Verteilungssystem (Atmung, Kreislauf)	Informationssystem (Nervensystem)
Pendelschwingung		Impulshafte Schwingungsformen (z.B. Kippschwingungen)
Bei Belastung: frequenzstabil, amplitudenvariabel	Bei Belastung: begrenzt frequenz- und amplitudenvariabel*	Bei Belastung: frequenzvariabel, amplitudenstabil
Hochmolekulare Eiweiße		Ionen (Na <sup>+</sup> , K <sup>+</sup> , Cl <sup>-</sup> )

\* Je höher die Frequenzen im ultradianen Bereich (Millisekunden bis Stunden), desto stärker ist der Rhythmus in der Regel modulierungsfähig. (Nach Hildebrandt et al. 2013 [10])

## Zeitgeber

„Zeitgeber“ sind physikalische oder soziale Reize, die vom menschlichen Organismus genutzt werden, um sich auf äußere Rhythmen einzustellen. Bereits Aschoff [3] hat erkannt, dass der wichtigste Zeitgeber das Licht ist, insbesondere, wie wir heute wissen, der Blauanteil des Tageslichts [6]. Jeden Morgen ab etwa 4 Uhr stellt sich der menschliche Organismus auf den Tagesbeginn ein und erwartet den Sonnenaufgang. Erscheint dann das Himmelslicht des beginnenden Tages, so triggert es eine ganze Kaskade physiologischer Veränderungen.

Lange Zeit vermutete man, dass die Sehzellen des Auges, Zapfen und Stäbchen, diesen Reiz an den restlichen Organismus vermitteln. Es war eine kleine Sensation, als man um das Jahr 2000 neue Sehzellen entdeckte, zusätzlich zu Zapfen und Stäbchen. Tatsächlich fand man nicht nur neue Sehzellen, sondern auch einen neuen Sehfärbstoff: In den Ganglienzellen der oberflächlichen Netzhaut konnte Melanopsin identifiziert werden, ein bei urtümlichen Lebewesen schon zuvor nachgewiesener lichtempfindlicher Farbstoff, entwicklungs geschichtlich viel älter als die Rhodopsine der Zapfen und Stäbchen. Diese neu entdeckten „zirkadianen Sehzellen“ (in alten Lehrbüchern noch als Ganglienzellen, ohne

eigene Sehfunktion, beschrieben) ergänzen die bisher bekannten Sehzellen und führen mit ihren ableitenden Nervenaxonen nicht wie Zapfen und Stäbchen in die Sehrinde des okzipitalen Kortex, sondern direkt zum Nucleus suprachiasmaticus und weiter zur Zirbeldrüse (Epiphyse).

Bereits vor Entdeckung der zirkadianen Sehzellen war bekannt, dass eine Zerstörung des Nucleus suprachiasmaticus, zum Beispiel durch Krebs, zu starken zirkadianen und zu Schlafstörungen führt [6]. Der Nucleus suprachiasmaticus kann daher als Koordinator des Tagesgangs gesehen werden, wobei jede Zelle unseres Körpers außerdem ihren eigenen Tagesgang besitzt, der von eigenen Genen gesteuert wird. Auch diesbezüglich gibt es Neuigkeiten aus der Molekularbiologie: Man geht heute davon aus, dass es praktisch *kein* Gen gibt, das *nicht* zirkadian gesteuert ist. Schwingung also überall im Organismus, koordiniert von den Zeitgebern, von Nucleus suprachiasmaticus und von der Wechselwirkung der inneren Organe.

Parallel zur Entdeckung der zirkadianen Sehzellen erkannte man in anderen medizinischen Wissensgebieten, dass die explizit zirkadianen Gene, wie PER2 und 3 oder CLOCK, von großer Bedeutung für die Erhaltung von Jugendlichkeit wie auch für den Schutz vor Krebserkrankung sind [5]. So wie-

sen epidemiologische Studien und Metaanalysen nach, dass Nacht- und Schichtarbeiterinnen um etwa 50% erhöhte Brustkrebsraten zeigen, Nacht- und Schichtarbeiter um 50–400% erhöhte Prostatakrebsraten [6]. Studien an Versuchstieren zeigten, dass die molekularbiologische Löschung eines einzigen (von acht bisher bekannten) der den Tagesrhythmus steuernden Gene (PER2) die betroffenen Tiere dramatisch schneller altern und sterben lässt als die Vergleichsgruppe von genetisch identischen Ratten mit intakten Rhythmusgenen [4, 5]. Die am Versuchsende noch lebenden Tiere hatten, im Gegensatz zu den genetisch intakten Tieren, bereits zu 100% Krebs.

Diese neuen Erkenntnisse über die Jugend bewahrende und vor Krebs schützende Wirkung von intakten Tagesrhythmen, publiziert in einem Sonderheft der renommierten Zeitschrift *Cancer Causes Control* [6], führten im Jahr 2007 zu einer Stellungnahme der WHO (IARC, International Agency for Research on Cancer), in der Nacht- und Schichtarbeit, wenn sie biologische Rhythmen stört, als *wahrscheinlich krebserregend* klassifiziert wurde.

## Endo- und exogene Rhythmen

Lange Zeit wurde in neurohormonellen zentralnervösen Strukturen, wie zum Beispiel dem Pinealorgan (Epiphyse) oder dem Hypothalamus, der Sitz eines zentralen Rhythmusgebers vermutet. Diese Darstellung wird der vernetzten und systemischen Wirkweise des Organismus jedoch nicht gerecht. Zentrale Oszillatoren haben eine koordinierende Wirkung, die Rhythmen werden jedoch in jeder Zelle erzeugt und stimmen sich in den Organen aufeinander ab. Der Organismus passt sich an Umweltrhythmen an, indem er sich mit diesen synchronisiert. Zum Beispiel führt eine Modifikation der Hell-Dunkel-Periodizität zu ausgeprägten Schwingungsveränderungen in der Melatoninausschüttung des Pinealorgans. Einige Tage nach der Änderung



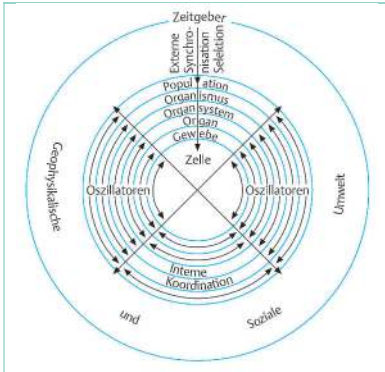


Abb. 2: Zeitgeber. (Aus [16], mit freundlicher Genehmigung des Haug Verlags)

der Hell-Dunkel-Periodizität sind jedoch auch eigenständige Schwingungen vieler anderer Funktionen registrierbar. Daraus schließt Sinz auf eine dynamische Funktionsordnung, die durch Mechanismen nichtlinearer Koordination vermittelt wird ([7], S. 75). In den Vordergrund gelangt so die Frage nach der Koordinationsdynamik zwischen eher umweltbezogenen und integrierenden Rhythmen. Diese ist keine Aktiv-passiv-Beziehung, sondern eine Koordination selbsterregter zellulärer Rhythmen (gewebe-, organ- oder organsystemsynchronisiert). Trotz verschiedener Bedeutung der Rhythmen, je nach Größenordnung der Frequenz, kann sie jedoch auch aus der Wechselwirkung zwischen organismischen und Umweltperiodizitäten abgeleitet werden ([7], S. 114).

Geophysikalische, ökologische und soziale Umweltperiodizitäten synchronisieren die biologischen Rhythmen zellulärer Genese. Daneben existiert auch eine endogene Synchronisation und Koordination vielfacher zellulärer, gewebiger, organischer, organismischer und interorganismischer Oszillatoren. Zwischen diesen Systemen besteht eine Tendenz zur Frequenzsynchronisation (Abb. 2 und 3).

Eine externe Synchronisationstendenz im 10-Hz-Bereiche wurde mehrfach festgestellt. In diesem Bereich findet eine Häufung biologischer Oszillationen (Mikrovibration,  $\alpha$ -Wellen des EEG, Pupillenunruhe, Flimmerepithelzilien- und Augenzitterbewegungen, Aktionspotenziale) und geophysikalischer Periodizi-

täten statt (seismische Unruhe, Variation des Erdmagnetfelds, Infralangwellen). Auffallend sind auch deutliche Analogien im zeitlichen und Amplitudenverhalten von minutenperiodischen Pulsationen des Erdmagnetfelds und der Zirkaminutenrhythmen von Organismen. Allerdings konnte bisher noch kein kausaler Zusammenhang eruiert werden, auch wenn immer mehr Hinweise auf biologische Magnetsensoren in der Tierwelt entdeckt werden. Über unterschiedliche sensorische Strukturen im Organismus sollen zeitliche Schwankungen in der Umwelt simultan registriert werden. Anochin vermutet, dass bei der Entstehung von Leben zeitliche Abfolgen der äußeren Welt als Makrozeit sich in Form schnel-

ler chemischer Prozesse als Mikrozeit in den Strukturen und der Organisation der Organismen wiederfinden [8]. Diese inneren zeitlichen Strukturierungsmuster ermöglichen dem Organismus – mittels der Erstellung von Wahrscheinlichkeitsprognosen über die Außenwelt – ein zielgerichtetes Verhalten.

Bei Menschen scheint die Psyche, mittels biotischer Uhren bzw. oszillatorischer Prozesse, Wahrscheinlichkeitsprognosen des Bedarfs der eigenen inneren Welt und den Bedingungen der äußeren Welt anfertigen zu können und so eine erfolgreiche Regulation des Energiebedarfs des Organismus ermöglichen [9]. Diese könnten „als vorausseilende Widerspiegelung“ Hypothesen über die Welt ermöglichen

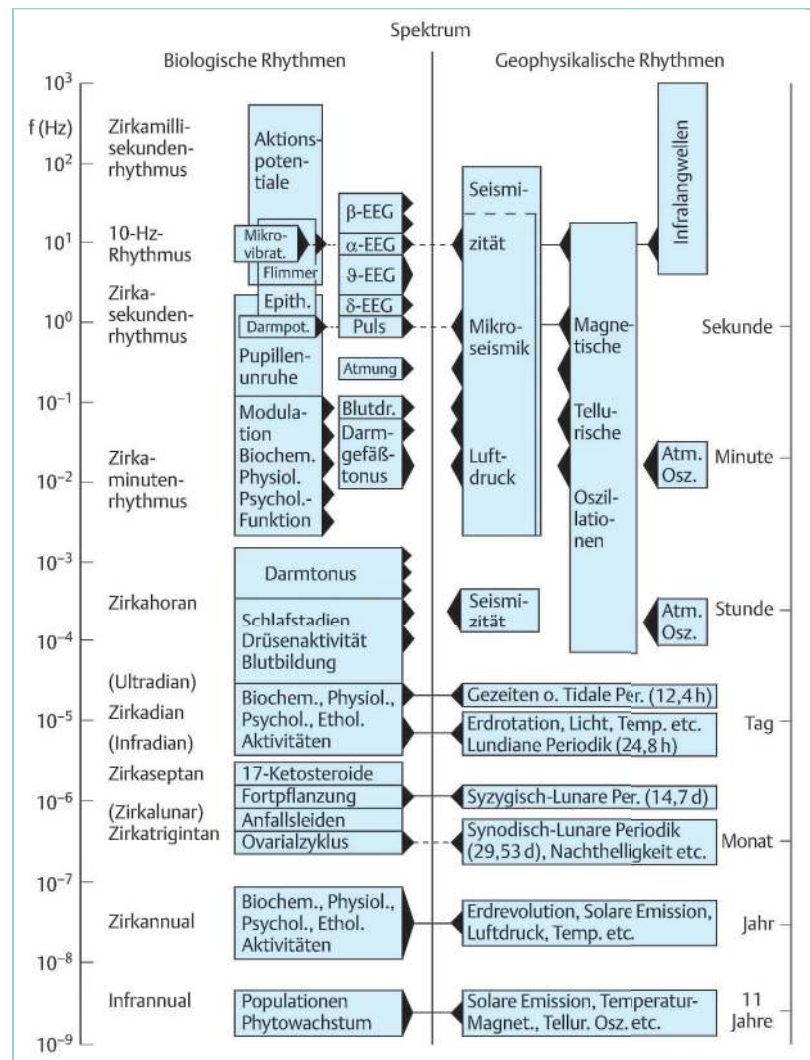


Abb. 3: Spektrum biologischer und geophysikalischer Rhythmen. (Aus [16], mit freundlicher Genehmigung des Haug Verlags)

und zur Steuerung des Verhaltens dienen.

## Zusammenspiel der Körperrhythmen

Eine wesentliche systemische Eigenschaft der biologischen Rhythmen ist ihr wechselseitiges Zusammenspiel, das sich insbesondere in Ruhephasen beobachten lässt. Im Verlauf von 24 Stunden kann bei einer Gruppe von Versuchspersonen beobachtet werden, dass das Verhältnis des Pulsschlags zur Atmung zum Beispiel einen Wert zwischen 2:1 und 7:1 annimmt. Versuchspersonen mit hohem Puls-Atem-Quotienten senken diesen in der Nacht ab, während diejenigen mit niedrigem Puls-Atem-Quotienten ihn in der Nacht anheben. Schlaf hat also einen bemerkenswerten Normalisierungseffekt, der tendenziell auf einen Puls-Atem-Quotienten von 4:1 zielt. Am Morgen trennen sich die Gruppen wieder voneinander und jede Versuchsperson kehrt dorthin zurück, woher sie am Vortag gekommen ist. Im Verlauf von Tag und Nacht pendeln wir also zwischen einem individuellen und einem universellen Verhältnis von Herzschlag zu Atmung (Hildebrandt et al. 2013). Weitere Untersuchungen haben gezeigt, dass Heilungs- und Regenerationsvorgänge, wie zum Beispiel Kuren oder Re-

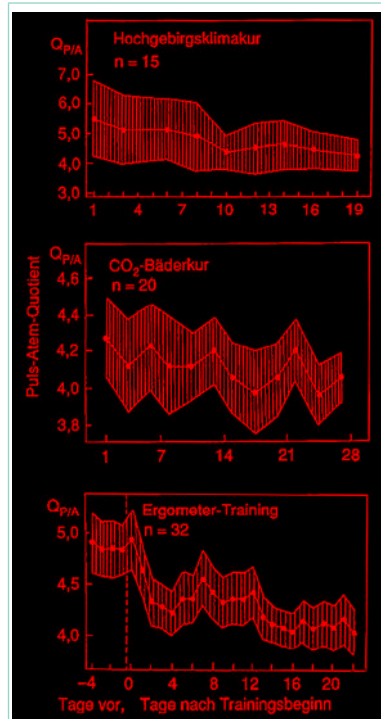


Abb. 4: Veränderung der Puls-Atem-Quotienten einer Gruppe von Patienten im Verlauf verschiedener Kuren. Man erkennt, dass unabhängig von der Art der Kur eine Annäherung an ein ganzzahliges Verhältnis von 4 Pulsschlägen pro Atemzug angestrebt wird. (Nach Hildebrandt et al. 2013 [10])

habilitation, diese Normalisierungstendenz systematisch verstärken und eine besonders ökonomische Arbeitsweise des Organismus herstellen (Abb. 4). Auch in der Osteopathiebehandlung ist mit solchen Effekten zu rechnen und sie

könnten auch systematisch zu Dokumentation des Erfolgs genutzt werden. Aus den Forschungen von Hildebrandt und Mitarbeitern wissen wir, dass Ruhigschlafphasen nicht nur Korrelationen zwischen Herzschlag und Atmung verstärken, sondern auch weitere Rhythmen in die Koordination miteinbeziehen werden. So koordinieren sich die Frequenzen von Blutdruck und peripherer Durchblutungsrhythmik mit denen von Pulsschlag und Atmung. Dabei wird jeweils ein Verhältnis von 4:1 – das ist musikalisch eine Doppeltoktave – zwischen den aufeinanderfolgenden Rhythmen angestrebt [11]. Während unsere Organe also am Tag durcheinander musizieren, singen sie in der Nacht im Chor. Dieser Gleichklang der Nacht ist mit großer Wahrscheinlichkeit für Wohlbefinden und Gesundheit von entscheidender Bedeutung. Störungen durch Nacht- und Schichtarbeit führen zu schwerwiegenden Gesundheitsproblemen – von Stoffwechselstörungen [12] über Herzerkrankungen [13, 14] bis zur beträchtlichen Erhöhung der Krebssterblichkeitsrate [6, 15]. Therapeutisches Ziel jeder naturnahen Behandlung sollte daher auch sein, Rhythmen und Koordinationen wiederherzustellen, was mit den heutigen Messmethoden auch dokumentierbar ist, zum Beispiel durch die zirkadiane Messung der Herzrhythmusflexibilität [15].

Dieser Artikel basiert auf dem Kapitel „Biologische Rhythmen und ihre Bedeutung für die Osteopathie“ in Liem T (2013) *Morphodynamik in der Osteopathie*, Haug (Stuttgart), und dem Kapitel „Chronobiology in Osteopathy“ von Moser M und Liem T in Liem T, Van den Heede P (voraussichtl. Anfang 2016) *Osteopathic Energetics*, Handspring.

### Korrespondenzadressen:

Torsten Liem  
Osteopathie Schule Deutschland  
Mexikoring 19  
22297 Hamburg

Univ. Prof. Dr. Maximilian Moser  
Medizinische Universität Graz  
Institut für Physiologie  
Harrachgasse 21  
A-8010 Graz  
max.moser@medunigraz.at

## Literatur

- [1] Jaeger J, Goodwin BC. Cellular oscillators in animal segmentation. *Silico Biol* 2002;2(2):111–123
- [2] Hufeland CW. Makrobiotik – oder Die Kunst, das menschliche Leben zu verlängern. A. F. Macklot, Stuttgart 1799
- [3] Aschoff J. Circadian Rhythms in Man. *Science* 1965;148(3676):1427–1432
- [4] Lee CC. Tumor suppression by the mammalian Period genes. *Cancer Causes Control* 2006;17(4):525–530
- [5] Fu L, Lee CC. The circadian clock: pacemaker and tumour suppressor. *Nat Rev Cancer* 2003;3(5):350–361
- [6] Moser M, Schaumberger K, Stevens RG (eds.). Special Section on Cancer and Rhythm. *Cancer Causes Control* 2006;17(4):483–621
- [7] Sinz R. Zeitstrukturen und organismische Regulation. Akademie Verlag, Berlin 1978
- [8] Anochin PK. Beiträge zur allgemeinen Theorie des funktionellen Systems. Fischer, Jena 1978
- [9] Jantzen W. Transempirische Räume – Sinn und Bedeutung in Lebenszusammenhängen. In: Fischbeck H-J (Hrsg.) *Leben in Gefahr? Von der Erkenntnis des Lebens zu einer neuen Ethik des Lebendigen*. Neukirchener Verlag, Neukirchen Vluyn 1999, S. 123–144
- [10] Hildebrandt G, Moser M, Lehofer M. Chronobiologie und Chronomedizin. Weiz: Gesundheitssystem; 2013
- [11] Raschke F. Chronobiological viewpoints of respiratory regulation. *Wien Med Wochenschr* 1995;145(17–18):435–439
- [12] Holmback U, Forslund A, Lowden A, Forslund J, Akerstedt T, Lennernas M, Hambræus L, Stridsberg M. Endocrine responses to nocturnal eating – possible implications for night work. *Eur J Nutr* 2003;42(2):75–83
- [13] Knutsson A. Health disorders of shift workers. *Occup Med (Lond)* 2003;53(2):103–108
- [14] Karlsson BH, Knutsson AK, Lindahl BO, Alfredsson LS. Metabolic disturbances in male workers with rotating three-shift work. Results of the WOLF study. *Int Arch Occup Environ Health* 2003;76(6):424–430
- [15] Moser M, Fruehwirth M, Kenner T. The symphony of life – importance, interaction and visualization of biological rhythms. *IEEE Eng Med Biol Mag* 2008;27(1):29–37
- [16] Liem T. *Morphodynamik in der Osteopathie*, 2. Aufl. Haug in MVS, Stuttgart, 2013