

MICHAEL ROSENBERGER

Schwingungen des Lebens

Mit seiner Leiblichkeit reicht der menschliche Organismus tief in die Geschichte der Evolution des Lebens hinab, die sehr markant von Biorhythmen geprägt ist. In unserer von immer mehr „Eigenzeit“ (H. Nowotny) bestimmten Kultur gewinnt die Achtsamkeit auf die biologischen Vorgaben von Leib und Seele wieder neue Relevanz. Dass damit auch ethische Problemstellungen berührt werden, wird jedoch kaum reflektiert. Der Linzer Moraltheologe, Prof. Dr. Michael Rosenberger, arbeitet demgegenüber die schöpferischen und moraltheologischen Aspekte des Phänomens der Biorhythmen heraus und legt deren implizite Offenheit für Transzendenz frei. (Redaktion)

Biologische Rhythmen und ihre moraltheologische Relevanz¹

„Nie war Schlafen lukrativer“ – so war in der Wochenzeitung „Die Zeit“ im Jahr 2000 ein Artikel von Ulrich Schnabel überschrieben. Unternehmen entdecken den Mittagsschlaf als Leistungsquelle. Lange Zeit war selbst eine kurze Auszeit am Mittag verpönt. Doch nachdem die Idee nunmehr aus den USA kommt, „Power Nap“ heißt und von der World Nap Organization propagiert wird, finden auch hierzulande immer mehr Unternehmen Gefallen an der guten alten Siesta. Arbeitspsychologen und -ökonomInnen berechnen die dadurch verringerte Häufigkeit von Arbeitsunfällen und die deutlich gesteigerte Leistungsfähigkeit im Anschluss an das Nickerchen. Schlafen rechnet sich!

Ist das aber schon alles? Schlafen wir mit anderen Worten nur um der Öko-

nomie willen? Oder, etwas erweitert: Sind die biologischen Rhythmen wie der Schlaf-Wach-Rhythmus am Ende allesamt nur unter Effizienzaspekten zu betrachten? Um solche Fragen soll es im Folgenden gehen. Damit wird ein Thema aufgegriffen, das eigentlich zum Urgestein der Moraltheologie zählt – denken Sie an das Sabbatgebot! –, aber in den letzten Jahrzehnten zunehmend stiefmütterlich behandelt wurde und erst allmählich wieder neu entdeckt wird.

Meine Ausführungen gliedern sich in zwei Schritte: Zunächst sollen die Erkenntnisse der modernen Biologie gewürdigt werden, ehe im zweiten Teil eine philosophisch-theologische Annäherung an das Phänomen erfolgt. Daraus ergeben sich dann abschließend einige moraltheologische Maximen für den Umgang mit biologischen Rhythmen.

¹ Schriftliche Fassung der Bewerbungsvorlesung des Verfassers auf den Lehrstuhl für Moraltheologie der KTU Linz im Mai 2001.

1. Naturwissenschaftliche Grundlagen

1.1 Zur Geschichte der Entdeckung natürlicher Rhythmen²

Schon in der *Antike* war die Existenz biologischer Rhythmen bekannt. Der Dichter Archilochus etwa wusste darum, dass der Mensch inneren Tag-Nacht-Rhythmen unterliegt. Androstenes, der Feldherr Alexanders, beobachtete die rhythmischen Blattbewegungen von Pflanzen. Und das praktische Wissen des antiken Menschen um natürliche Rhythmen war vermutlich nicht unerheblich.

Die explizit wissenschaftliche Erforschung biologischer Rhythmen beginnt freilich erst in der Neuzeit: 1729 entdeckt der französische Astronom Jean Jacques d'Ortous de Mairan, dass die täglichen Blattbewegungen seiner Mimose auch dann weiter schwingen, wenn sich die Pflanze mehrere Tage im Dunkel seiner Schublade befindet. Ein knappes Jahrhundert später, 1814, prägt Jean Jacques Virey für tagesperiodische Phänomene den Begriff der „*horloge vivante*“. Noch einmal ein Jahrhundert weiter entdeckt Karl von Frisch, dass Bienen nur zu bestimmten Tageszeiten Blumen aufsuchen, um Nektar zu sammeln. Etwa zur gleichen Zeit untersuchen die Pflanzenphysiologen Wilhelm Pfeffer und Erwin Bünning die „innere Uhr“ mit naturwissenschaftlichen Methoden: Dabei gelingt ihnen der Nachweis, dass diese endogenen Ursprungs ist, also durch genetische Programme im Organismus in Gang gesetzt wird und „angeboren“ ist.

Von den nach 1945 erfolgten Forschungen können wegen ihrer zunehmenden Zahl nur einige wenige genannt werden: Besonders wichtig sind die Experimente des Physiologen Jürgen Aschoff, die er seit 1960 an Menschen durchführt, welche längere Zeit im Zeitisolationbunker des Max-Planck-Instituts Andechs verbringen und dort abgeschlossen von allem Sonnenlicht sowie ohne jeden Zeitmesser leben. Der Ökologe Colin Pittendrigh untersucht Rhythmen der Fruchtfliege *Drosophila* und gewinnt daraus grundlegende Erkenntnisse. Gustav Kramer und Klaus Hoffmann führen Versuche zum „inneren Kompass“ von Insekten durch und schließen von ihren Ergebnissen auf die Rhythmik dieser Tiere. Seit den 80er Jahren des 20. Jh. ist die „*Chronobiologie*“ zu einer eigenen biologischen Disziplin aufgestiegen. Die Menge der auf diesem Sektor durchgeführten und publizierten Arbeiten explodiert. Dabei geht es inhaltlich insbesondere um die Feststellung bisher unbekannter rhythmischer Phänomene an Lebewesen aller Art und die Erforschung ihrer genetischen Grundlagen. Darüber hinaus kommen aber auch verstärkt die evolutionsbiologische Deutung und – bezogen auf menschliche Rhythmen – (arbeits-) medizinisch, ökonomisch beziehungsweise (sozial-) ethisch ausgerichtete Fragen nach verschiedenen Konsequenzen der Lebensgestaltung in den Blick.

1.2 Grundlegende Erkenntnisse der Chronobiologie

Wie funktioniert die „innere Uhr“ der Lebewesen? Das ist die faszinierende

² Hierzu die Monographie von R.R. Ward 1973. Eine kurze Zusammenfassung zum Beispiel in: Ge. Fleissner/Gü. Fleissner 1998, 59; T. Roenneberg/M. Merrow 1999, 626; T. Roenneberg/M. Merrow 1999a, 11.

Frage, der sich die Chronobiologie widmet. Und obgleich vieles noch unerforscht ist, gibt es doch mittlerweile eine Reihe anerkannter Fakten:

Zunächst ist heute unbestritten, dass der *Ursprung* biologischer Rhythmen endogenetisch, das heißt im genetischen Programm eines Lebewesens verankert ist. In jeder Zelle eines Organismus werden in rhythmischen Wechsel Gene ein- und ausgeschaltet sowie Enzyme aktiviert und deaktiviert. Damit entsteht in den Zellen ein biochemisches Fließgleichgewicht, das wesentliche Abläufe der Zelle steuert. Die Periodenlänge seiner Schwingung wird dabei durch die Zeiten festgelegt, die für den Auf- oder Abbau der jeweiligen Produkte benötigt wird. Man bezeichnet diese genetisch gesteuerten intrazellulären Mechanismen als „Generatoren“ der natürlichen Rhythmen. Ihre Bedeutung kann kaum überschätzt werden: „Das Ausmaß der circadianen³ Kontrolle über alle Vorgänge im Organismus ist so groß, dass zwei Menschen zur gleichen Tageszeit biochemisch ähnlicher sind als mit sich selbst im Abstand von 12 Stunden.“⁴

Zwar werden die natürlichen Rhythmen auf zellulärer Ebene mittels genetisch induzierter biochemischer Prozesse generiert, jedoch werden sie bei Lebewesen mit zentralem Nervensystem zusätzlich untereinander koordiniert. Es gibt einen *zentralen internen Schrittgeber oder Koordinator*. Das ist z.B. bei Vögeln die Zirbeldrüse, bei Säugern der sogenannte „suprachias-

matische Nucleus“ (SCN)⁵: Ein paariger Gehirnkern (Nucleus) über dem Chiasma, der Kreuzung der Sehnerven, der die einzelnen Rhythmen des Körpers aufeinander abstimmt, indem er die Ausschüttung bestimmter Botenstoffe (Neurotransmitter) durch die Zirbeldrüse veranlasst, die ihrerseits den Körperzellen Zeitinformationen übermitteln (so signalisiert etwa der Neurotransmitter Melatonin „Nacht“). Umgekehrt empfängt der SCN über die Nervenbahnen auch Signale aus den Körperzellen und kann so deren Zeitinformationen verarbeiten (so signalisiert zum Beispiel beim Menschen starke Lauftätigkeit „Tag“⁶). Auch wenn die „innere Uhr“ relativ genau läuft und nur eine Abweichung von wenigen Prozent aufweist, würde sich diese doch bereits nach wenigen Perioden zu erheblichen Verschiebungen aufaddieren. Daher bedarf der Organismus *externer Zeitgeber zum Synchronisieren* der inneren Uhr mit den äußeren Zeitrhythmen. Als solche dienen vor allem das Licht, aber auch die Umgebungstemperatur und die zur Verfügung stehende Nährstoffmenge. Für Licht hat selbst der Mensch eigene, stammesgeschichtlich alte Rezeptoren, die nicht mit den Lichtzapfen identisch sind, mit denen er „sieht“. Auch von Natur aus blinde Tiere besitzen in der Regel diese Rezeptoren zur Zeitbestimmung⁷. – Die externe Information wird im SCN nicht unmittelbar verarbeitet, sondern über die Verknüpfung mit anderen Gehirnarealen *gewichtet*.

³ = tagesrhythmischen oder tagesperiodischen, Anm. d. Vf.

⁴ T. Roenneberg/M. Mrosovsky 1999, 628.

⁵ Wird der SCN zum Beispiel bei Mäusen chirurgisch entfernt, geraten die Tiere völlig „aus dem Rhythmus“.

⁶ Daher kann sie ggf. gezielt eingesetzt werden, um den Jetlag zu verringern: Ge. Fleissner/Gü. Fleissner 1998, 65.

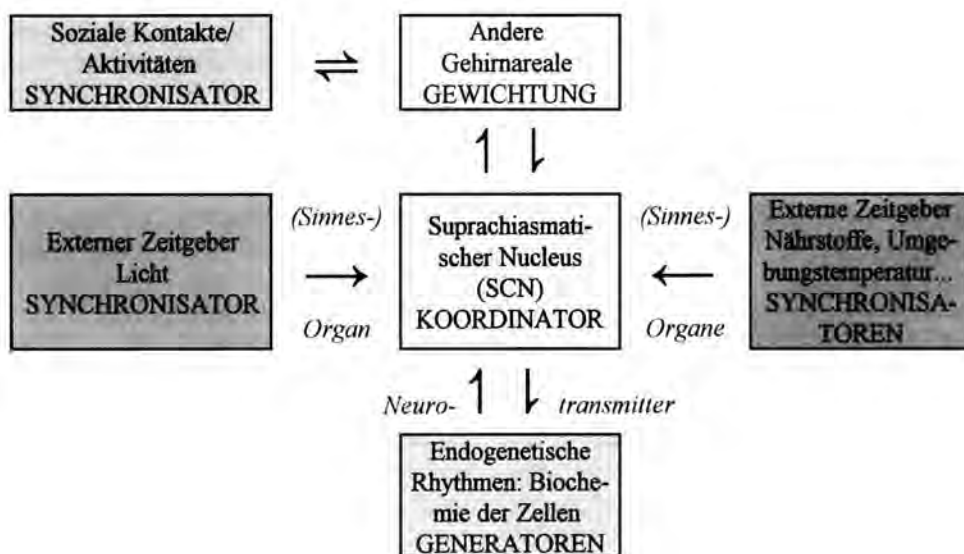
⁷ So gibt es im Nahen Osten eine blinde Wühlmaus, die verkümmerte Augen ohne Linse, Iris und Glaskörper besitzt – zwei weiße Flecken auf dem schwarzen Fell – und doch die synchronisierenden Lichtzapfen aufweist, vgl. T. Roenneberg/M. Mrosovsky 1999, 628.

So spielt zum Beispiel beim Menschen die subjektive Einschätzung der Wichtigkeit des Zeitgebers, also seine „soziale Relevanz“ eine gewisse Rolle.⁸

Die Periode der natürlichen Rhythmen weist eine unterschiedlich große *Elastizität* auf. Diese hängt zum Beispiel von der geographischen Breite ab, in der ein Organismus lebt. Befindet sich sein Lebensraum in Äquatornähe, wird die Elastizität der Rhythmen in der Regel gering ausfallen, da die Tage stets un-

gefähr gleich lang sind und ein jahreszeitlicher Rhythmus kaum wahrnehmbar ist. In größerer Entfernung vom Äquator hingegen ist eine höhere Elastizität der Rhythmen unabdingbar, um sich den tages- und jahreszeitlichen Veränderungen anpassen zu können⁹. Auch vom sozialen Zusammenhalt einer Spezies hängt die Elastizität ab. Innerhalb einer Gruppe ist es notwendig, dass die einzelnen Individuen ihre Rhythmen untereinander abstimmen.

Zusammenspiel verschiedener Faktoren in der Expression von Rhythmen



Die verschiedenen endogenetischen Rhythmen teilt man entsprechend ihrer Periodenlänge in *unterschiedliche Kategorien* ein: Dem entsprechend nennt man sie *circa-*, *ultra-* (kürzere Periode) und *infra-* (längere Periode) -*dian*

(tagesperiodisch), -*lunar* (mondperiodisch), -*annual* (jahresperiodisch), -*tidal* (gezeitenperiodisch). Ohne im Detail auf Beispiele einzugehen, lässt sich leicht erkennen, wie vielfältig die natürlichen Rhythmen sind, die das Le-

⁸ J. Zulley 1993, Schlafen und Wachen. Ein Grundrhythmus des menschlichen Lebens, in: M. Held/ K. A. Geißler (Hg.) 1993, 53–61, hier 56. So spielen im Alter soziale Bindungen oft nicht mehr die zentrale Rolle, was zu einem weniger intensiven Erleben externer Zeitgeber führen kann.

⁹ Ein Vergleich äquatornaher Skorpione mit äquatorfern lebenden Käfern zeigte eine deutlich höhere Flexibilität der Rhythmen letzterer, vgl. Ge. Fleissner/Gü. Fleissner 1998, 61–63.

ben von Mensch, Tier und Pflanze bestimmen.

2. Rhythmen im Kontext theologischer Schöpfungslehre

Im ersten Teil dieser Abhandlung wurde eine Fülle empirischer Daten und Einsichten aus der Chronobiologie zusammengetragen. Wie können diese nun ethisch und theologisch fruchtbar gemacht werden? In welcher Perspektive lassen sie sich hermeneutisch auslegen und in einen größeren Horizont stellen? Um diese Frage zu beantworten, möchte ich zunächst dem bisher einzigen größeren Forschungsprojekt in dieser Richtung nachgehen. Anschließend werde ich die so gewonnenen Erkenntnisse durch eigene Überlegungen ergänzen und vertiefen.

2.1 Das Tutzingener Zeit-Projekt: *Rhythmen als Rahmenbedingungen*

Seit bald zehn Jahren arbeitet die Evangelische Akademie Tutzing zusammen mit WissenschaftlerInnen aus ganz Europa an einem Projekt, dessen Ziel die Erforschung und Bewertung des menschlichen Umgangs mit Zeit ist, wobei auch die Frage der biologischen Rhythmen verhandelt wird.

Die beiden Initiatoren des Projekts, Martin Held und Karlheinz Geißler, unterscheiden dabei zunächst in Anlehnung an Ludwig Klages zwischen Rhythmus und Takt¹⁰. Rhythmen sind lebendig und flexibel, sie gliedern die Zeit, indem sie Ähnliches qualitativ ordnen, indem sie beginnen und abschließen. So tragen sie dazu bei, dass je Neues entsteht. Der Takt hingegen ist

starr und mechanisch, er zerteilt Zeit, indem er das Gleiche rein quantitativ bemisst. Ein Takt schaltet Prozesse ein und aus und verkörpert so die ewige Wiederkehr des Gleichen.

Mit dieser Unterscheidung entfaltet Martin Held eine Sicht der geschichtlichen Entwicklung der letzten tausend Jahre¹¹: Während in der Vormoderne das Leben von Natur-Rhythmen dominiert gewesen sei, sei es seit dem 13. Jh. mit der Erfindung der mechanischen Uhr zunehmend zu einer Abstrahierung des Zeitverständnisses von der natürlichen Rhythmik und damit einhergehend zur Vertaktung des Lebens gekommen. Die Uhrzeit sei bis in die Moderne hinein immer mehr zum beherrschenden Faktor des täglichen Lebens geworden und habe in der Folge die stete Beschleunigung sowie die wachsende Kontrolle der Zeiten ermöglicht. Im Projekt der Moderne sehen Held und Geißler den Gipfel der Ent-Rhythmisierung erreicht. Dem gegenüber sei in der Postmoderne selbst in der Industrie ein Wechsel zu beobachten: Es komme zu einer Enttaktung zugunsten von individuell gestalteten, oft sehr beliebigen Eigenzeiten (Stichwort: weg vom Fließband hin zu Gruppenarbeit). Nach Einschätzung der beiden Autoren sei aber auch dies nur eine Übergangsperiode hin zu einer noch namenlosen Phase, in der sich eine ökosoziale Einbindung der Individualzeiten in ein Gesamtkonzept nachhaltiger Entwicklung vollziehe. In diesem Konzept würden die Eigenzeiten des Individuums innerhalb des Rahmens seiner Systemzeiten verstanden, und in diesen wiederum sind nach Held und

¹⁰ Vgl. K. A. Geißler, Das pulsierende Leben. Ein Plädoyer für die Orientierung am Rhythmus, in: M. Held/K. A. Geißler (Hg.) 1995, 9–18.

¹¹ Vgl. M. Held 1995, Rhythmen und Eigenzeiten als angemessene Zeitmaße. Perspektiven einer ökosozialen Zeitpolitik, in: M. Held/K. Geißler (Hg.) 1995, 169–191.

Geißler die natürlichen Rhythmen integriert¹². Eigenzeiten wären dann ihrer postmodernen Beliebtheit enthoben und würden die begrenzten Variabilitäten der Systemzeiten widerspiegeln. Sie würden rhythmisiert.

Martin Held entwickelt daraus Umriss für eine „Zeitpolitik“. Letztlich läuft sein Entwurf darauf hinaus, die Ergebnisse der Chronowissenschaften in politische Konzepte zu integrieren und die naturalen Vorgaben in ihrer ökonomischen, ökologischen wie sozialen Dimension zu berücksichtigen: Individuen müssten die Gesundheitsfolgen eines zeitlich beliebigen Lebensstils stärker bedenken; die Wirtschaft müsste die realen Folgekosten antirhythmischer Arbeitszeitregelungen errechnen und die Politik die ökosozialen Folgen ihrer Normen am Leitbild der Nachhaltigkeit messen.

Will man den Ansatz des Tutzinger Projektes zusammenfassen, so lässt sich sagen: Rhythmen werden hier als *Rahmenbedingungen menschlichen Handelns* wahrgenommen, die nicht beliebig veränderbar, sondern wie ein Gummiband nur begrenzt dehnbar sind. Werden sie missachtet, so führt dies mittel- bis langfristig zu kontraproduktiven Folgen. Aber ist dies alles? Dann hätten wir es streng genommen mit reinen Klugheitsregeln zu tun. Die eigentlich

ethische Frage käme überhaupt nicht in den Blick. Der Verdacht liegt nahe, dass das handlungsrelevante Potenzial biologischer Rhythmen damit noch nicht erschöpft ist.

2.2 Biologische Deutung: Rhythmen als Indikatoren inhärenter Zwecke

Was dem Tutzinger Projekt fehlt, ist eine reflektierte und ausdrücklich gemachte ethisch-philosophische Hermeneutik. Zwar erliegen die AutorInnen der Versuchung des naturalistischen Fehlschlusses nicht. Aber wie sich zwischen naturalen Fakten und ethischen beziehungsweise politischen Imperativen ein Zusammenhang herstellen lässt, das bleibt völlig im Dunkeln. Um hier einen Schritt weiter zu kommen, ist zu bedenken, dass die empirischen Daten nicht nur Gesetzmäßigkeiten der Produktivität und Kontraproduktivität von Verhaltensweisen angeben, sondern darüber hinaus auch *biologische Funktionen* indizieren¹³. Aus ihnen erschließen sich mit anderen Worten schon auf der Ebene biologischer Betrachtung Zwecke, um derentwillen sich die Rhythmen im Laufe der Evolution herausgebildet haben. Diese Zwecke nun können auf der philosophischen Ebene als inhärente teleonome Tendenzen gedeutet werden. Sie wei-

¹² Vgl. M. Held/K.A. Geißler (Hg.) 1995, 193–208. Die Begriffe Eigenzeit und Systemzeit übernehmen Held und Geißler dabei dem Ansatz von Klaus Kümmerer (K. Kümmerer, Rhythmen der Natur. Die Bedeutung von Eigenzeiten und Systemzeiten. Perspektiven einer Ökologie der Zeit, in: M. Held/K.A. Geißler (Hg.) 1995, 97–118, hier: 102–107). Kümmerer versteht unter der inhärenten Systemzeit die dem System eigene Zeitskala. Diese umfasst bei Lebewesen zum Beispiel das Zeitmaß bis zur Eigenreproduktion (Generationszeit), die Reaktionszeit auf Störungen etc. Systemzeiten hängen dabei jeweils von der Abgrenzung eines Systems ab, unterliegen also menschlicher Deutung. Sie erschließen das System je auf eine zuvor definierte Weise – für jedes System gibt es daher mehrere Systemzeiten. – Zeitskalen unterhalb der Systemebene heißen Eigenzeiten: Es handelt sich um Zeitmaße, die einem Teil des Systems eignen. Dieses muss sich im Rahmen seiner Elastizität an die ihn bestimmenden Systemzeiten halten. Beide, Eigen- wie Systemzeiten, sind folglich natural vorgegeben und lassen sich als elastische Rhythmen beschreiben. Dabei ist zu beachten: Je größer ein System ist, um so komplexer sind seine Eigenschaften und um so länger ist seine Systemzeit. In komplexen Systemen bedarf es daher einer um so längeren Zeit, um auftretende Störungen zu kompensieren (vgl. ebd., 114).

¹³ Vgl. W. Engelmann, in: M. Held/K.A. Geißler (Hg.) 1995, 50–52.

sen über sich selbst hinaus auf größere Sinnzusammenhänge.

Welche Funktionen von Rhythmen lassen sich also aus der Fülle der Daten herausfiltern?

a) Viele Rhythmen dienen unmittelbar der *Lastbegrenzung und Entlastung* von Lebewesen. Sie entstehen, weil der Organismus nicht unbegrenzt belastbar ist, sondern Zeiten der Regeneration braucht: Die Dauer starker Belastung, die ein Individuum verkraften kann, ist deutlich begrenzt. Gerade weil Lebewesen ihre Belastbarkeit rhythmisch strukturieren, sind sie aber momentan um so leistungsfähiger. Ihre kurzfristigen Spitzenleistungen lassen sich mittels elastischer Rhythmen deutlich steigern.

Andere Rhythmen dienen der Zeitpunktbestimmung oder Zeitraummessung mit folgenden Zielen:

b) *Anpassung an „voraussagbare“, berechenbare Umwelt-rhythmen* (die physiologische Einstellung der Zugvögel auf ihre Reise, die jahreszeitlich unterschiedliche Empfängnisbereitschaft von Frauen in Naturvölkern)¹⁴.

c) *Präzise Raumorientierung* (die Sonne kann zum Beispiel von Bienen nur deswegen als Kompass eingesetzt werden, weil über die innere Uhr der Sonnenlauf mit einberechnet wird)¹⁵.

d) *Synchronisation* innerhalb einer Population oder über die Artgrenzen hinweg zwischen zusammenlebenden Individuen (so stimmen sich zum Beispiel die Aktivitätszeiten von Gibbonaffen, aber auch von BewohnerInnen eines Urwalddorfes im Laufe eines

Tages ohne jede Absprache oder Uhrzeit immer mehr aufeinander ab¹⁶).

Schließlich gibt es Rhythmen, die innerhalb des jeweiligen Lebensraums einen „strategischen“ Vorteil im Konkurrenzkampf der Arten erschließen:

e) Die *Vermeidung des Opferwerdens* (bei sehr langen Rhythmen scheiden Tiere als Beute von Räubern praktisch aus: zum Beispiel bestimmte Zikadenarten mit einem Schlupfzyklus von 13 oder 17 Jahren; die Larven leben sehr lang, die erwachsenen Tiere hingegen nur sehr kurz, so dass diese keine attraktive Beute für Feinde darstellen, auf deren Fang zu spezialisieren sich lohnen würde; ebenso verringern die synchronisierten Motilitätsrhythmen der Mäuse das Risiko, von einem Räuber gefangen und gefressen zu werden).

f) Die *Erschließung neuer Chronotope*: Die Dynamik der Evolution zielt nicht nur auf eine wachsende Anpassung der Lebewesen an Biotope, sondern auch an Chronotope. Zeitrhythmen definieren unter bestimmten Umständen auch Lebensräume¹⁷: So können tagaktive Arten mit nachtaktiven Arten ein und denselben Lebensraum teilen, weil sich ihre Aktivitätszyklen nicht überschneiden. Säugetiere waren in der Evolution zunächst ausschließlich nachtaktive Wesen. Mittels Warmblütigkeit konnten sie in dem längst dicht besiedelten Biotop „Land“ das zuvor unbesetzte Chronotop „Nacht“ erobern. Hier konnten sie sich relativ unbehelligt von wechselwarmen Reptilien entfalten, da diese nachts kalt und bewegungs-lahm sind¹⁸. Diversifizierte

¹⁴ Vgl. E. Bümming 1977³, 112–115.

¹⁵ Ebd. 118–123.

¹⁶ Vgl. A. Meier-Koll 1995, 9–39.

¹⁷ Vgl. T. Roenneberg, in: M. Held/K.A. Geißler (Hg.) 1993, 41f.

¹⁸ Die evolutive Entwicklung der Vögel hingegen fand in der umgekehrten Reihenfolge statt: Zuerst kam die Anpassung an das noch freie Biotop „Luft“, ehe sich später auch nachtaktive Vögel entwickelten und das unbesetzte Chronotop nutzten. Siehe hierzu das Schema von T. Roenneberg, in: M. Held/K.A. Geißler (Hg.) 1993, 41.

Rhythmen ermöglichen also eine intensivere Nutzung von Lebensräumen. Mindestens sechs biologische Funktionen von Rhythmen können aufgewiesen werden, weitere ließen sich womöglich ergänzen. Rhythmen zählen damit zu den zentralen Entwicklungsprinzipien des Lebendigen. Sie stellen einen faszinierenden Weg der Lebensentfaltung dar und sind für diese alles andere als ein Hindernis. Gleichzeitig indizieren sie Potenziale und Tendenzen des Evolutionsprozesses. Dies soll die leitende Perspektive sein, wenn es im Folgenden um eine philosophisch-theologische Deutung biologischer Rhythmen geht.

2.3 Ethische Weiterführung: Rhythmen als Sinn-Indikatoren

Hier möchte ich mit meinen eigenen Überlegungen ansetzen und in prozess-ethischer Transformation des klassischen Naturrechtsdenkens folgende These aufstellen¹⁹: Aus der Feststellung von biologischen Zwecken lassen sich – in freier und kreativer Interpretation – Sinnrichtungen ablesen, die über diese partikularen Zwecke hinaus weisen. Rhythmen indizieren teleonome Tendenzen, in ihnen zeigt sich ein Hinweis auf Sinn-Ziele, die erschlossen und in ein umfassendes Leitbild gelingenden Lebens eingebracht werden können. Vorausgesetzt ist hierbei freilich der Glaube (!) daran, dass die Entwicklung der Welt überhaupt so etwas wie Sinnhaftigkeit enthält.

Wohlgemerkt: „Natur“ wird hier weder substanzialistisch gedacht noch metaphysisch auf ein „Wesen“ des Men-

schen hin überhöht. Sie wird vielmehr im Blick auf ihre kreative Existenz, ihr schöpferisches Potenzial hin wahrgenommen²⁰. Dieses Potenzial bezeichnet und erschließt sinnvolle Möglichkeiten der Entwicklung. Dabei sind einander widerstrebende Momente nicht aus, sondern vielmehr eingeschlossen. Ihre Integration in ein umfassendes Konzept sinnerfüllten Lebens wird sie nicht eliminieren, sondern im besten Hegelschen Sinn aufheben.

An Hand von vier Aspekten sei dies konkretisiert:

a) Manche Rhythmen, so sahen wir, zielen auf Lastbegrenzung und Entlastung: Sie dienen dazu, dass sich an Phasen der Anspannung Phasen der Entspannung und Regeneration anschließen. Intensive Belastungen werden zeitlich begrenzt, etwa durch den Schlaf-Wach-Zyklus. Damit ergibt sich eine für den jeweiligen Organismus charakteristische Maximalgeschwindigkeit für bestimmte Tätigkeiten. Mehr und schneller geht es nicht. – Die Beachtung solcher Rhythmen – ob es die eigenen oder die von anderen Individuen sind – ist in dieser Perspektive zunächst ein Gebot der Klugheit: Es ist z.B. langfristig ökonomisch vorteilhaft, wenn der Arbeitgeber seinen Beschäftigten Ruhepausen und Urlaubstage gönnt, denn so erhält und fördert er ihre Leistungsfähigkeit. Darüber hinaus indiziert der biologische Zweck „Lastbegrenzung“ in prozessphilosophischer Deutung aber auch, dass ein Lebewesen nicht allein zum Arbeiten da ist. Für jedes Geschöpf gibt es einen Überschuss an Lebenszeit, der nicht restlos verzweckt und ausgenutzt ist,

¹⁹ Ich orientiere mich dabei besonders an M. Schramm 1994, 17–93.

²⁰ Eine so verstandene Schöpfungshermeneutik markiert dann einen Mittelweg zwischen klassischem Naturrechtsdenken, das die Vernunft als reines Ableseorgan versteht, und radikalem Konstruktivismus, für den eine objektive Wirklichkeit überhaupt nicht existiert und Natur eine pure Konstruktion des Menschen ist.

sondern – so würden zumindest TheologInnen sagen – geschenkt. Rhythmen eröffnen *Freiräume jenseits allen Nutzenkalküls*, sie gewähren einen Zeitüberschuss. Aus dem homo faber wird so (auch) der homo ludens.

b) Manche Rhythmen zielen auf eine bessere Anpassung an die Umwelt und ihre zyklischen Abläufe sowie auf das bessere Zurechtfinden in Raum und Zeit. Biologisch betrachtet ist dies rein funktional zu verstehen. In einen größeren Sinnzusammenhang gestellt ermöglicht diese Dynamik zumindest den mit einem Gehirn begabten Lebewesen auch ein besseres *Heimischwerden in ihrem Lebensraum*²¹. Dies gilt in besonderer Weise für den Menschen. Wiederkehrende Umweltrhythmen ermöglichen ihm die emotionale Verortung von Zeitpunkten im Tages-, Wochen- und Jahresablauf (etwa des Geburts-, Hochzeits- oder Todestages sowie der kollektiven Festtage). Rhythmen dienen so zu einer *intensivieren Zeitwahrnehmung*, weil sie die bewusste und wiederholende Wahrnehmung von Zeitpunkten und Ereignissen ermöglichen.

c) Manche Rhythmen zielen auf die Synchronisation der Individuen einer Population um der Gemeinschaft willen: Viele Lebewesen, und die Gattung homo sapiens gehört zweifellos dazu, sind biologisch auf Gemeinschaft angewiesen. Biologisch gilt dies wiederum nur bezogen auf Zwecke: Um zu überleben, ist der Mensch auf Kooperation angewiesen. Philosophisch hat man daraus aber zu allen Zeiten die Deutung entwickelt, dass menschliche Gemeinschaft mehr als nur Zweckgemeinschaft ist; dass der Mensch seine *Identität aus den Beziehungen zu ande-*

ren entwickelt und definiert; dass er „Person“, das heißt relatio subsistens ist. Natural vorgegebene und kulturell überformte Rhythmen konstituieren und strukturieren also Beziehungen. Die Bedeutung des wöchentlichen, für alle verbindlichen Ruhetags hat hier einen ihrer wesentlichen Gründe.

d) Manche Rhythmen ermöglichen oder begünstigen das Teilen der Lebensräume: Die Erschließung neuer Chronotope und Strategien zur Vermeidung des Opferwerdens haben in der Evolution zur Aufhebung dilemmatischer Konkurrenzverhältnisse geführt und eine Vergrößerung der Artenvielfalt ermöglicht. Philosophisch lässt sich diese biologische Beobachtung weiter entfalten: Unter Beachtung der Lebensrhythmen kann der Mensch anderen Lebewesen Raum geben, ohne dass er selbst zu kurz kommt. Rhythmen erschließen *Möglichkeiten harmonischen Zusammenlebens* von Mensch und Tier.

2.4 Biblische Verifikation und Weiterführung

Für die Theologie bleibt die Bibel eine maßgebliche Quelle der Reflexion und Inspiration. Ohne dass sie materiale Suffizienz für die Behandlung ethischer Fragen beanspruchen könnte, kommt ihr doch eine herausragende Rolle zu. Deshalb sei an dieser Stelle, vorab zur systematischen theologischen Reflexion, nach den Aussagen der Bibel über Rhythmen gefragt. Dabei ist der *Kontext* dieser Aussagen im Blick zu behalten: Aus der Sicht der Bibel erscheint es selbstverständlich, dass die Zeitrhythmisierung nicht menschengemacht ist, sondern von Gott vorgegeben und Teil

²¹ Dies geschieht dann nicht nur über die eigenen endogenetischen Rhythmen, sondern auch über die kognitiv erfassten Umweltrhythmen!

seines Schöpferhandelns. Die Tatsache, dass in der priesterschriftlichen Schöpfungserzählung Gen 1,1–2.4a die Rhythmen am ersten (Tag-Nacht), vierten (Jahr und Monat) und siebten Tag (Woche) erschaffen werden, also am Beginn, in der Mitte und am Ende des Schöpfungswerkes stehen, zeigt ihre zentrale Bedeutung im alttestamentlichen Schöpfungsverständnis²². Der grundlegende *Sinn* der Rhythmen liegt in der Deutung der Bibel darin, dass sie konstituierender Faktor einer Ordnung sind, welche die lebensvernichtenden Chaosmächte bändigt, der Schöpfung Struktur und Raum gibt und Leben erst ermöglicht (zum Beispiel in Gen 1 symbolisiert durch die Bändigung der Urflut). Diese Auffassung ist von den Vorstellungen moderner Biologie nicht weit entfernt.

Es ist nun erstaunlich, dass alle vier eben philosophisch erhobenen Sinnrichtungen biologischer Rhythmen auch in der Bibel eine Rolle spielen:

Zu b) Dass Rhythmen einer intensiveren Zeitwahrnehmung dienen und für die *emotionale Beheimatung* eines Menschen fruchtbar gemacht werden können, ist ein für die Religion Israels so grundlegender Gedanke, dass er kaum weiter ausgeführt werden muss. Der gesamte *Festkalender*, in dem zyklisch wiederkehrende Termine mit der Erinnerung an geschichtliche Ereignisse des Heilshandelns JHWHs verknüpft sind, beruht letztlich auf dieser Annahme.

Zu d) Der Gedanke, dass die Rhythmen ein *Teilen der Lebensräume* ermöglichen, findet sich zum Beispiel in Ps 104,20–23. Dort wird erzählt, wie bestimmte Tiere die Nacht nutzen, andere wie der Mensch den Tag. So finden alle

Raum zur Entfaltung. Der Psalm stellt diese Beobachtung in den Kontext einer Gesamtdeutung der Schöpfungswirklichkeit: Es ist die Vision, dass Menschen und Tiere im umfassenden *Schöpfungsfrieden* harmonisch und ohne Konflikte zusammen leben. Damit wird auch hier ein natürlicher Vorgang in einen größeren Sinnhorizont gestellt, der als Leitbild für das ethische Verhalten des Menschen dient: Der Mensch soll alles ihm Mögliche tun, um ein friedliches Zusammenleben der Geschöpfe zu fördern und jedem von ihnen Raum zu geben.

Zu a) und c) Die beiden anderen Gedanken, dass Rhythmen zur *Entlastung der Individuen* und zum *Aufbau von Gemeinschaft* dienen, finden ihren stärksten biblischen Ausdruck im *Sabbatgebot*: Insbesondere für die sozial Schwachen, das heißt Frauen, Kinder, SklavInnen, aber auch für die Arbeitstiere bietet der regelmäßig wiederkehrende Ruhetag einen wichtigen Schutz vor völliger ökonomischer Ausbeutung, damit sie „zu Atem kommen“ können (Ex 23,12). Ausdrücklich wird in der deuteronomischen Interpretation an die eigene Sklavenzeit in Ägypten erinnert (Dtn 5,12–15). Die Priesterschrift weitet mit dem Bezug auf die Erschaffung der Welt den Horizont sogar noch aus (Ex 20,8–11): Die ganze Schöpfung soll die Möglichkeit haben, zur Ruhe zu kommen und einfach da zu sein²³. Der Sabbat war für Israel aber zugleich ein enorm *gemeinschaftsbildender* Faktor. Er verkörperte mindestens seit dem Exil das JHWH-Fest schlechthin und wurde zum „identity marker“ der JHWH-Gläubigen. Freilich grenzte er Israel zugleich von Ba-

²² Vgl. K. Grünwaldt 1999.

²³ Dabei ist die Sabbatruhe für P gleichsam ein „Naturgesetz“, das Israel in der Wüste entdeckt (Ex 16). Vgl. dazu den Beitrag von C. Dolinen in diesem Heft.

bylon ab, da die dort alle Zeitbestimmungen dominierenden 29 1/2 Tage des Mondrhythmus sich nur selten mit den 4x7 Tagen des israelitischen Wochenrhythmus decken²⁴.

Am Beispiel des Sabbats wird gleichzeitig deutlich, dass die kulturelle Interpretation natürlicher Rhythmen eine gewisse Freiheit einschließt. Der Sieben-Tage-Rhythmus verkörpert eine freie Deutung des Mondrhythmus, nicht seine sklavisch genaue Übertragung im Maßstab 1:1. Locker an der Vierteilung des Mondmonats orientiert, lässt er diese doch um der einfacheren Gliederung der Zeit willen hinter sich.

Schließlich wird am Beispiel des Sabbatgebots sichtbar, dass sich in theologischer Tiefensicht eine fünfte Bedeutung der Rhythmen eröffnet, nämlich die kultisch-religiöse. Die Priesterschrift parallelisiert bewusst Schöpfung und Erlösung: So wie der Exodus in der Präsenz Gottes im Offenbarungszelt kulminiert, so ist die Krönung des Schöpfungswerks der Sabbat, an dem alle Geschöpfe die *Gegenwart Gottes* in besonderer Weise *erfahren* dürfen²⁵. Der Sabbat ist für P eindeutig ein Kulttag. Rhythmen weisen also einen Transzendenzbezug auf. Alle religiösen Feste haben rhythmischen Charakter, und kein bedeutender natürlicher Rhythmus ist ohne kulturell-religiöse Überhöhung geblieben. Das zeigt, wie eng der Bezug von Rhythmus und Transzendenz ist.

„Der Gott der Bibel ist das Andere des Funktionalismus“ – so lautete die siebte These eines Symposions von Deutscher Bischofskonferenz und Evangelischer Kirche in Deutschland am 16.11.2000. Gottes Schöpfung ist so angelegt, dass sie sich nicht in biolo-

gischer Funktionalität erschöpft, sondern zugleich offen ist für ein Mehr, auf ein Größeres hin. Diese Offenheit auf Transzendenz, die gerade auch Rhythmen eignet, ist nun in einem letzten Punkt näher zu reflektieren.

2.5 Theologisch-systematische Vertiefung: Rhythmen als bevorzugter Ort der Geschöpflichkeitserfahrung

Albert Stüttgen stellt (1988) in einer kleinen Monographie die Frage nach der metaphysischen Bedeutung der Rhythmen. In einer vom neuzeitlichen Fortschrittsdenken geprägten Welt, in der das Hauptaugenmerk auf dem vom Menschen Gemachten bzw. Machbaren liege, seien Rhythmen Fremdkörper. Sie seien etwas dem Menschen Vorgegebenes, außerhalb des von ihm gemachten Fortschritts Liegendes: Denn auf Rhythmen müsse sich der Mensch einlassen. In Anlehnung an Heraklit interpretiert Stüttgen den Rhythmus als etwas, das ein Gefühl des Getragen-seins vermitteln kann. Das Sich-Einlassen auf einen Rhythmus ermöglicht dem Menschen, aus sich selbst heraus zu gehen, sich selbst zu vergessen und frei zu werden. Theologisch gesprochen: Rhythmen sind bevorzugte Orte der Geschöpflichkeitserfahrung und damit der Gottesbegegnung.

Dies gilt auch dort, wo Rhythmen kulturell geprägt und geformt werden, etwa in Musik und Tanz. Ihre Rhythmik, so Stüttgen, kann nur dann Faszination auf den Menschen ausüben und ihn wirklich betreffen, wenn sie in seiner natürlichen Verfasstheit Anklang findet und dieser in irgendeiner Weise entspricht. Nur deshalb ermögliche Musik dem Menschen das Sich-Fallen-

²⁴ Vgl. Welt und Umwelt der Bibel 3/2000.

²⁵ B. Janowski 1990, Tempel und Schöpfung: JBTh 5, 37–69.

lassen und Sich-Selbst-Vergessen. Nur deshalb auch sei Musik der Religion so nahe.

Rhythmen, auch Umweltrhythmen und endogenetische Rhythmen, enthalten eine enorme Dynamik hin zur Erfahrung von Transzendenz. Wo der moderne, vom Machbarkeitsdenken beherrschte homo faber sich einfach in sie

fallen lassen, sich ihnen anheim geben kann, da erfährt er, dass Herkunftigkeit und Abhängigkeit von einem Größeren nicht bedrohlich sein müssen, sondern auch als Beheimatung und Aufgehobensein erfahren werden können. Die Sonn- und Feiertage gewinnen in diesem Zusammenhang ebenso Bedeutung wie freie Zeiten im Tagesablauf.

Rhythmen im Kontext theologischer Schöpfungslehre

Biologische Zwecke	Philosophische Sinn-Deutungen	Biblische Haftpunkte	Theologische Tiefendimension
Entlastung, Lastbegrenzung	Freiräume zum Leben; homo ludens	Sabbat, damit alle „zu Atem kommen“ (Ex 23,12)	Transparenz für die Gegenwart Gottes, da grundlegende Orte der Kreatürlichkeits-erfahrung
Anpassung an Umweltrhythmen	Gefühl der Beheimatung in Raum und Zeit; intensivere, weil wiederholende (Zeit-)Wahrnehmung	Festkalender	
Orientierung in Raum und Zeit			
Synchronisation mit anderen Individuen	Gemeinschaft als Selbstzweck jenseits reiner Zweckgemeinschaft; Identität aus Beziehungen	Sabbat als identity marker der JHWH-Gläubigen	
Vermeidung des Opferwerdens	Harmonisches Zusammenleben der Lebewesen	Vision des messianischen Schöpfungsfriedens (Ps 104, 20-23!)	
Erschließung von Chronotopen			
Rahmenbedingungen Grenzen der Klugheit	Konstitutive Faktoren einer Leben ermöglichenden Ordnung Indikatoren von Sinn-Werten		Öffnungen auf Transzendenz hin

3. Zusammenfassung

Auf drei Ebenen siedelt sich also die moraltheologische Relevanz biologischer Rhythmen an:

1) Rhythmen sind *Rahmenbedingungen* für menschliches Handeln: Sie verkörpern (bei aller Elastizität) Grenzen, jenseits derer Handeln kontraproduktiv wird.

ihre Beachtung ist daher ein Gebot der Klugheit und des ökonomischen Umgangs mit begrenzten Ressourcen.

2) Rhythmen sind *Indikatoren für größere Sinnzusammenhänge*: Die Sinnwerte, auf die sie bei philosophischer Be-

trachtung verweisen, dürfen nicht bedenkenlos geopfert werden, sondern sind im Falle notwendiger Güterabwägungen in normative Entscheidungsvorgänge einzubeziehen. Der Mensch ist mehr als nur homo faber. Tugendethisch gilt es, die Menschen für die genannten Sinnwerte zu sensibilisieren und ihnen zu verdeutlichen, dass ein durch Rhythmen strukturiertes Leben den Menschen mehr zu sich selbst kommen lässt.

3) Rhythmen vermitteln eine *Offenheit für Transzendenz*. Sie bieten gerade in der Moderne einen unverzichtbaren Ort der Gotteserfahrung. Theologische Ethik muss danach fragen, wie diese Offenheit durch Normen geschützt und über attraktive Leitbilder in geeigneter Weise heutigen Menschen vermittelt werden kann.

Auf dem schon erwähnten Symposium von Deutscher Bischofskonferenz und Evangelischer Kirche in Deutschland wurde in einer These in Anklang an Mk 8,35 als „Sabbat-Paradox“ formuliert: „Zeit hergeben heißt Zukunft gewinnen“. Diese Formel könnte gleichsam als Grundgesetz natürlicher und kultureller Rhythmen bezeichnet werden. Wo der Mensch sich an Rhythmen orientiert, erkennt er an, dass sein Leben nicht immer auf Hochtouren lau-

fen kann. Aber er hat womöglich auch verstanden, dass der scheinbare Verzicht auf maximale „action“, auf ständige „events“ und höchste Leistung ein Gewinn an Qualität sein kann. Rhythmen sind „über-nützlich“, wie Thomas Mann sagt: Sie weisen weit über biologische Funktionen hinaus und öffnen dem Menschen Räume echter Freiheit und Humanität.

„Ich weiß, wo ich Zeit sparen könnte: Ich könnte schneller schlafen!“ – so illustriert eine zeitgenössische Karikatur treffend, wohin eine rein ökonomische Betrachtung des Schlaf-Wach-Rhythmus führen kann. Wenn Power-Napping nur unter Effizienzgesichtspunkten gesehen wird, bleibt der Mensch in der Falle des homo oeconomicus gefangen. Dem gegenüber nehmen sich die Worte des Psalms 127 aus wie Anstöße aus einer anderen Welt (in der Übersetzung von Arnold Stadler):

„Wenn nicht der Herr das Haus baut, ist alles umsonst gebaut.

Wenn nicht der Herr die Stadt bewacht, ist alles umsonst bewacht.

Umsonst, dass ihr aufsteht in aller Herrgottsfrühe und Feierabend macht kurz vor dem Einschlafen, und noch schnell ein hartes Brot hinabschlingt, denn: *den Seinen gibt's der Herr im Schlaf.*“

Literatur:

- W. Achtner/S. Kunz/T. Walter, Dimensionen der Zeit. Die Zeitstrukturen Gottes, der Welt und des Menschen. Darmstadt 1998, 13–27.
 J. Aschoff/R. Wever, Spontanrhythmik des Menschen bei Ausschluß aller Zeitgeber, in: *Naturwissenschaft* 49 (1962), 337–342.
 A. Aveni, *Rhythmen des Lebens*, Stuttgart 1991.
 E. Bünning, *Die physiologische Uhr. Circadiane Rhythmik und Biochronometrie*, Berlin u.a. 1977.
 F. Cramer, *Der Zeitbaum. Grundlegung einer allgemeinen Zeittheorie*, Frankfurt am Main/Leipzig 1996.
 F. Cramer, *Symphonie des Lebendigen. Versuch einer allgemeinen Resonanztheorie*, Frankfurt am Main/Leipzig 1998.
 K. Decker, Biologische Uhren. Zeit in biologischen Systemen, in: H.M. Baumgartner (Hg.), *Zeitbegriffe und Zeiterfahrung*, Freiburg i. B./München 1994, 45–74.
 W. Deppert, Wer schlägt den Takt? Öffentlichkeit und Leben zwischen Gleichschritt und individueller Rhythmik, in: *First Bamberg Philosophical Mastercourse* (June 28–30). Abstracts of the public lectures, Bamberg 1993, 75f.

- P. Dilg/G. Keil/D.-R. Moser (Hg.), Rhythmus und Saisonalität. Kongressakten des 5. Symposiums des Mediävistenverbandes in Göttingen 1993, Sigmaringen 1995.
- L.N. Edmunds, Cellular and molecular bases of biological clocks, New York 1988.
- W. Engelmann/W. Klemke, Biorhythmen, Heidelberg 1983.
- Ge. Fleissner/Gü. Fleissner, Neuronale Grundlagen biologischer Uhren, in: Forschung Frankfurt 16 (1998), 56–67.
- J. T. Fraser, Die Zeit: Vertraut und fremd, Basel u.a. 1988.
- E. Grimmel, Kreislauf und Kreislaufstörungen der Erde, Reinbeck 1993.
- K. Grünwaldt, Über die Rhythmisierung der Zeit im Alten Testament, in: BiKi 54 (1999) 170–177.
- E. Haen/J. Zulley (Hg.), Chronomedizin, Regensburg 1994.
- M. Held/K. A. Geißler (Hg.), Ökologie der Zeit. Vom Finden der rechten Zeitmaße, Stuttgart 1993.
- M. Held/K. A. Geißler (Hg.), Von Rhythmen und Eigenzeiten. Perspektiven einer Ökologie der Zeit, Stuttgart 1995.
- G. Hildebrandt, Zeiterleben und Zeitorganismus des Menschen, in: G. Kniebe (Hg.), Was ist Zeit? Die Welt zwischen Wesen und Erscheinung, Stuttgart 1993, 78–111.
- G. Hildebrandt/M. Moser/M. Lehofer, Chronobiologie und Chronomedizin, Stuttgart 1998.
- L. Klages, Vom Wesen des Rhythmus, Kamen 1923.
- F. Klaff, Die schöpferische Pause, Wien 1952.
- B. Knab, Schlafstörungen, Stuttgart 1989.
- P. Knauth/E. Kiesswetter/J. Rutenfranz, Rhythmen im Leben, in: F. Stoll (Hg.), Arbeit und Beruf 2, Weinheim/Basel 1983.
- F. Kössler, Zirkadiane Rhythmik und Schichtarbeit, in: ErgoMed 22 (1998), 126–131.
- A. Meier-Koll, Chronobiologie. Zeitstrukturen des Lebens, München 1995.
- M. Menzel, Menschliche Tag-Nacht-Rhythmik und Schichtarbeit, Basel/Stuttgart 1962.
- R. Moog, Chronobiologische Grundlagen der Schichtarbeit – Aktuelle Entwicklungen, in: Arbeitsmedizin – Sozialmedizin – Umweltmedizin 32 (1997), 15–22.
- J. D. Palmer, An introduction to biological rhythms, New York/San Francisco/London 1976.
- F. Reheis, Die Kreativität der Langsamkeit. Neuer Wohlstand durch Entschleunigung, Darmstadt 1998.
- L. Rensing, Biologische Rhythmen und Regulation, Stuttgart 1973.
- T. Roenneberg/M. Merrow, Die innere Uhr, in: Aus Politik und Zeitgeschichte, B 31/99 (1999a), 11–17.
- T. Roenneberg/M. Merrow, Die biologische Uhr. Ergebnisse der Chronobiologie, in: Forschung und Lehre 6 (1999), 626–629.
- D.S. Saunders, An introduction to biological rhythms, Glasgow/London 1977.
- J. Scheppach, Sex um 8 – und was Sie sonst noch über innere Uhren wissen sollten, München 1996.
- M. Schramm, Der Geldwert der Schöpfung. Theologie – Ökologie – Ökonomie, Paderborn 1994.
- H. Schulz (Hg.), Altern und Schlaf, Bern 1997.
- H. Spieß, Zeit zu säen – Zeit zu ernten. Pflanzenbau und Pflanzenzucht unter chronobiologischem Gesichtspunkt, in: Politische Ökologie 13 Sonderheft 8 (1995), 44–51.
- A. Stüttgen, Heimkehr zum Rhythmus. Der Abschied vom Machbarkeitswahn, München 1988.
- R. R. Ward, Die biologischen Uhren, Hamburg 1973.
- R. Wever, The Circadian System of Man, New York 1979.
- A. T. Winfree, Biologische Uhren. Zeitstrukturen des Lebendigen, Heidelberg 1988.
- A. T. Winfree, The Geometry of Biological Time, New York 2000.
- M. W. Young, Wie die innere Uhr tickt, in: Spektrum der Wissenschaft 23 (2000), 74–80.
- E. Zerubavel, Hidden Rhythms. Schedules and Calendars in Social Life, Chicago/London 1981.
- J. Zulley, Schlafen und Wachen als biologischer Rhythmus, Regensburg 1993.
- J. Zulley/B. Knab, Unsere innere Uhr. Natürliche Rhythmen nutzen und der Non-Stop-Belastung entgegen, Freiburg i.B. u.a. 2000.