

Dr. Ulrich G. Randoll

Das Matrix-Konzept

Medizin des 21. Jahrhunderts

Die Grundlagen
der Matrix-Rhythmus-Therapie

1. Auflage



verlag
systemische
medizin

Zuschriften, Verbesserungsvorschläge und Kritik

Verlag Systemische Medizin AG
Müllerstraße 7 – 93444 Bad Kötzing
info@verlag-systemische-medin.de

Wichtiger Hinweis für den Leser

Durch Forschung und klinische Erfahrungen unterliegen die Erkenntnisse in Medizin und Naturwissenschaften einem beständigen Wandel. Der Autor hat sorgfältig geprüft, dass die in diesem Werk getroffenen therapierelevanten Aussagen und Angaben dem derzeitigen Wissensstand entsprechen. Hierdurch wird der Leser dieses Werkes jedoch nicht von der Verpflichtung entbunden, ggf. auch anhand anderer Werke zu diesem Thema zu prüfen, ob die dort getroffenen Aussagen und Angaben von denen in diesem Werk abweichen. Der Leser trifft seine Therapieentscheidung in eigener Verantwortung. Ggf. erwähnte Produktnamen sind geschützte Marken oder eingetragene Markenzeichen der jeweiligen Eigentümer, Unternehmen oder Organisationen, auch wenn sie im Einzelnen nicht ausdrücklich als solche gekennzeichnet wurden.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <<http://dnb.ddb.de>> abrufbar.

Alle Rechte vorbehalten

1. Auflage 2012

© Ulrich G. Randoll, München

Das Werk ist, einschließlich aller seiner Teile, urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der durch das Urheberrechtsgesetz gesetzten Grenzen ist ohne ausdrückliche und schriftliche Zustimmung des Autors unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in digitalen On- und Offlinemedien bzw. -systemen.

Lektorat: Anne Funck, München

Projektmanagement: SZ Publishing Support, München

Grafiken: Carsten Abelbeck, Konzept und Design, München

Herstellung und Satz: SZ Publishing Support, München

Druck und Bindung: Strauss GmbH, Mörlenbach

Umschlaggestaltung: Carsten Abelbeck, Konzept und Design, München

ISBN 978-3-86401-029-3

Aktuelle Informationen finden Sie im Internet unter www.verlag-systemische-medin.de

Einführung in das Thema	ix
Kapitel 1 Die Situation der modernen Medizin	1
1.1 Unbehagen mit der sogenannten Schulmedizin	3
1.2 Ursachen für das wachsende Unbehagen mit der Schulmedizin und die Beliebtheit der Alternativen	7
1.3 Klassisch-naturwissenschaftliche und Komplementärmedizin	13
1.3.1 Der Begriff Komplementärmedizin	13
1.3.2 Die Methode der klassisch-naturwissenschaftlichen Medizin	15
1.3.3 Wissenschaftliche Medizin und Leben	16
1.3.4 Die Evidenz-basierte Medizin	18
1.3.5 Ist die Komplementärmedizin „unwissenschaftlich“?	19
1.4 Fazit	21
Kapitel 2 Paradigmenwechsel in den Naturwissenschaften	27
2.1 Das wissenschaftliche Fundament der Medizin wird brüchig	29
2.2 Ein neues Paradigma entsteht	30
2.3 Nichtdeterministische Vorgänge in der Natur	34
2.3.1 „Formvermögen“ der Materie	34
2.3.2 Morphogenese und Evolution	35
2.3.3 Selbsterschaffung, Selbsterhaltung und Epigenetik	37
2.3.4 Strukturbildung in dynamisch komplexen Systemen	40
2.3.5 System und Synergetik	41
2.3.6 Selbstorganisation im thermodynamischen Nichtgleichgewicht	42
2.3.7 Ordnungsparameter und Phasenübergang	45
2.3.8 Der Zeitpfeil	46
2.3.9 Geschichtlichkeit der Naturprozesse und Chaostheorie	46
2.4 Fazit	48
Kapitel 3 Die Begriffe „Krankheit“ und „Gesundheit“?	53
3.1 Unser modernes Krankheitsverständnis	55
3.2 Stress und die psychosomatische Erweiterung des Krankheitsbildes	58
3.3 Krankheit aus der Sicht einer systemischen Medizintheorie	62
3.4 Und wann wäre man „gesund“?	66
3.4.1 Das Bemühen der WHO um die Definition von Gesundheit	66
3.4.2 Das Konzept der Salutogenese	68
3.4.3 Gesundheit und Glücklichein	70
3.5 Fazit	72
Kapitel 4 Zellbiologische Grundlagen des Lebens	77
4.1 Die lebende Zelle	79
4.1.1 Geschichtliches zur Zelltheorie	83
4.1.2 Veränderungen der Zelltheorie hinsichtlich der Gensteuerung	86
4.2 Das Verhalten der Zelle im Gel-Sol-Spannungsfeld	90
4.2.1 Filament-Strukturen	91
4.2.2 Steuerung der Ionenkonzentration	92
4.2.3 Die Zellaktivität	96
4.3 Die Rolle des Zellterritoriums	103
4.4 Fazit	106

Kapitel 5	Lebensprozesse im Organismus	113
5.1	Wie funktioniert die Zellsteuerung?	115
5.2	Auf der Suche nach steuernden Rhythmen	116
5.2.1	Der Tanz der Zellen	116
5.2.2	Die Entdeckung des Rhythmus und Entwicklung von Diagnosegeräten	118
5.2.3	Die besondere Schwingungssituation im Gehirn	120
5.3	Chronobiologie – Taktstöcke statt Dirigent	123
5.4	Auf der Suche nach dem Grundrhythmus und seinem Taktgeber	127
5.5	Fazit	133
Kapitel 6	Systemische Medizin auf der Basis des Matrix-Konzepts	137
6.1	Das Denken in komplexen Systemen verunsichert die Medizin	139
6.2	Grundlagen der Matrix-Therapie und Matrix-Rhythmus-Therapie	144
6.3	Die Vorgeschichte der Matrix-Rhythmus-Therapie (MaRhyThe®)	150
6.4	Die Matrix-Therapie- und Matrix-Rhythmus-Therapie	157
6.4.1	Das modulare Matrix-Therapie-Konzept	158
6.4.2	Indikationen der Matrix-Rhythmus-Therapie	160
6.4.3	Skelettmuskulatur, das Antriebsorgan des Menschen	160
6.5	Das Funktionsprinzip des Matrixmobils*	164
6.6	Ergebnisse der Matrix-Rhythmus-Therapie	167
	A. Anekdotische Berichte und subjektive Beobachtungen	168
	B. Studien	170
Patienten und Therapeuten berichten		181

arbeitung neuester wissenschaftlicher Erkenntnisse, zum Beispiel aus der Quantenfeldtheorie und der neueren biologischen Forschung.

1.3.2 Die Methode der klassisch-naturwissenschaftlichen Medizin

An den Universitäten und in den meisten Krankenhäusern und Arztpraxen wird Medizin nach den klassischen naturwissenschaftlichen Methoden betrieben. Ihre Logik fußt auf Aristoteles und Descartes, die das, was ist, in zwei unvereinbare Bereiche aufgeteilt haben: in ein „Oben“ und ein „Unten“, das „Sein“ und das „Seiende“, die „natura naturans“ und die „natura naturata“ oder in „Subjekt“ und „Objekt“. Die Grundlagen dieser Methode hat die Mechanik Newtons gelegt. Diese ordnet jedem Geschehen eine eindeutig abgrenzbare Ursache zu, von der es sich nach allgemeinen Gesetzen herleiten lässt. Hierbei werden ein eindeutiger Zustand Vorher und einer Nachher so unterschieden, dass sich unter gleichen gegebenen Bedingungen der gleiche Zustandsübergang wiederholt. Die mechanistische Methode ist demnach an eine reversible Vorstellung von Raum und Zeit gebunden, und sie liefert nur ein Funktionsmodell, das der Wirklichkeit allerdings möglichst entsprechen soll. Der Wert dieser Mechanik als „kritische“ Wissenschaft bestand darin, dass sie sich strikt an einzeln nachweisbare materielle Bestandteile und Prozesse hielt und ohne jeden Rückgriff auf überrationale Zusammenhänge, die meist

aus metaphysischen Vorgaben abgeleitet wurden, auszukommen versprach.

Die Methode geht also (mono)kausal-analytisch vor. Sie isoliert einzelne Phänomene möglichst aus ihrem Zusammenhang, um die Wirkkräfte möglichst rein festzustellen und zu messen. Im Bereich der Medizin heißt das: sie sucht bei krankhaften Erscheinungen nach konkreten Funktionsstörungen, Verletzungen (Läsionen) oder Verformungen, die sich in Organen und Geweben des Körpers anatomisch genau lokalisieren lassen. Man findet sie durch Strukturabweichungen von bekannten Normen, also aufgrund von Messungen im statistischen Vergleich zu den Erscheinungsformen der entsprechenden Strukturen in Körpern, die als gesund gelten. Jede Störung wird als Entgleisung der Struktur erfasst und muss nach dieser Sichtweise einen lokalen, bestimmbaren Sitz haben. So wissenschaftlich diese Vorgehensweise im Bereich der Pathologie und Anatomie wegweisend sein mag, im Bereich lebender Organismen ist sie nicht hinreichend.

Denn wenn man die Entgleisung oder Störung durch die immer genauere Isolierung einzelner Strukturen erfasst, löst man sie aus dem komplexen Zusammenhang des Gewebes, Organs oder Körpers heraus, der letztlich ihre Lebendigkeit garantiert und Leben ermöglicht. Man arbeitet und misst also am toten Objekt, zum Beispiel an gefärbten Zellen, und erhält Modelle, die sich nur bedingt auf lebende Strukturen übertragen lassen.

Einführung in das Thema

Symptome wie Muskel-, Gelenk- und Wirbelsäulenschmerzen sind heute Alltag. Immer mehr Menschen fühlen sich in einem Burn-out gefangen und fragen sich, „was denn das Ganze für einen Sinn haben soll“. Für das Krankheitsbild Rückenschmerzen werden derzeit in Deutschland p. a. circa 50 Milliarden Euro als direkte und indirekte Kosten ausgegeben.

In diesem Buch werden vielschichtig ineinandergreifende wissenschaftliche Entwicklungen und aktuelle gesellschaftliche Perspektiven dargestellt. Meine eigenen Forschungsergebnisse der Zelle und ihrer Umgebung bestätigen den vielgepriesenen Paradigmenwandel. Der Wissensschatz der praktischen Medizin und ihre Patienten profitieren heute schon davon.

Viele Erkenntnisse, die mich während meiner Ausbildung – und bis heute – inspiriert haben, werden in sechs Kapiteln aus verschiedenen Perspektiven dargestellt. Sie stellen den gesellschaftspolitischen und wissenschaftlichen Rahmen dar, in welchem der derzeit größte wirtschaftliche Wachstumsmarkt, der Gesundheitsmarkt stattfindet. Für mich persönlich zeigt das Buch eine Synthese aus vielen Einsichten, die in den Kapiteln 1 bis 5 beschrieben sind, und aus denen ich die

Matrix-Rhythmus-Therapie entwickeln konnte. Diese wird im sechsten Kapitel ausführlich dargestellt, einschließlich einer Reihe praktisch-klinischer Therapiebeispiele.

Leben äußert sich in Lebensprozessen. Zeitlebens stehen dabei die Informations-, Formations- und Formprozesse miteinander in Wechselwirkung. Evolutionsbedingt existieren Austauschprozesse nicht nur innerhalb eines lebenden Systems, sondern auch mit seiner Umwelt beziehungsweise Mitwelt. An dieser Schnittstelle zwischen körperlicher Innenwelt und umgebender Mitwelt finden permanente Kommunikations- und Kooperationsprozesse statt.

Informationsprozesse können sich als Reiz- und Reizanpassungsprozesse innerhalb gewisser Lebensbedingungen neu formieren. Werden deren Grenzen jedoch überschritten, so entsteht eine Situation, die mit dem Leben der Zellen und letztlich dem Leben des Menschen nicht mehr vereinbar ist. Lebensprozesse sind also, wollen sie verlässlich bleiben, auf parallel ablaufende quasi-stabile, evolutiv vorgegebene Rahmenprozesse angewiesen. All diese Prozesse sind grundsätzlich als Netzwerk miteinander verwoben.

Bedeutung für den Menschen:

Die im Menschen ablaufenden Prozesse sind ebenso in diesem Wechselspiel als Reaktionen auf Umweltreize und Signale zu verstehen. Informations-, Formations- und Formprozesse des Menschen sind als „Produkte“ in Wechselwirkung mit seinem jeweiligen Lebensraum entstanden. Seine Existenz ist beispielsweise auf die

Schwerkraft, die Luftgasverhältnisse, einen bestimmten Temperaturbereich angewiesen. Ignoriert er diese Parameter, nimmt er zwangsläufig Schaden und wird krank.

Durch sein Bewusstsein und seine Beobachtung gelingt es dem Menschen, einzelne Wechselwirkungen aus der Gesamt-

komplexität isoliert zu fokussieren. Experimentell werden diese heute mit modernsten Methoden der Physik und Chemie analysiert und als wissenschaftliche Momentanmesswerte erfasst. Das Dilemma einer wissenschaftlichen Perspektive dieser Art zeigt sich jedoch darin, dass wissenschaftliche Erkenntnis als Teilwahrheit, oft je nach Blickwinkel oder Interessenslage, der Gesamtrealität übergestülpt, und nach und nach zum Dogma erhoben wird. Über die Ausbildung in diesem Denken resultiert kollektives Fehlverhalten. Der situationsabhängigen Beobachtung des Einzelfalls und seiner biologischen Selbstorganisation – eine essenzielle Grundeigenschaft lebender biologischer und auch gesellschaftlicher Systeme – wird immer weniger Spielraum gelassen, gerade im Gesundheitssystem.

Philosophische Weltvorstellungen verschmelzen mit naturwissenschaftlichen Modellvorstellungen und ihren wissenschaftlichen Ergebnissen in einer „zusehends Menschen gemachten Welt“, in der er sich im Mittelpunkt, als Dirigent der Schöpfung sieht – der „Homo Faber“ nach Max Frisch. Würden dabei Resultate nicht als endgültige Wahrheit, sondern als Annäherungen an die Wahrheit aufgefasst, dann können neue Erkenntnisse automatisch als Kontrollregulativ wirken und den Erkenntnisprozess lebendig halten. Beispielsweise haben Erkenntnisse aus der Quantenphysik, dass Materie und Schwingung aus zwei unterschiedlichen Aspekten derselben Einheit bestehen, viele Modellvorstellungen in der Physik verändert.

In vorliegendem Buch wird gezeigt, wie sich auch medizinische Modellvorstellungen verändern: Heute werden in einer reizüberfluteten Gesellschaft Anpassungen an Lebensgewohnheiten gefordert, denen Prozesse auf zellbiologischer Regelungsebene in der Kürze der Zeit nicht

mehr nachkommen können. Daraus resultieren makroskopisch sichtbare und spürbare Prozessentgleisungen. Sie sind das, was in der systemischen Medizin als Symptom beziehungsweise Krankheit bezeichnet wird.

Zunehmende technisierte Weltvorstellungen und eine daraus resultierende „Turbomedizin“ prägen Arzt- und Patientenvorstellungen, die gleiches Tempo auch therapeutisch fordern. Die Symptome (das heißt entgleiste Prozesse) sollen auf Knopfdruck oder „Mausklick“ verschwinden. Hier werden Regenerations- und Heilungsprozesse überfordert, aber auch ihr Wesen übersehen. Symptombildung entsteht durch Missmanagement von zellbiologischer Regelung, Bewusstsein und Wahrnehmung körpereigener Prozesse sowie deren Wechselwirkungen untereinander. Die fehlende oder nichtverstandene Bedienungsanleitung des Körpers führt zu reduzierter Vitalität, Leistungsfähigkeit und Ausstrahlung.

Sie können die Buchkapitel in der Reihenfolge ihrer Wahl lesen. Jedes ist in sich abgeschlossen.

Kapitel 1 beleuchtet kontroverse, teils widersprüchliche Situationen in der modernen Medizin. Einerseits häufen sich Arztbesuche, andererseits wurden noch nie so viele verordnete Medikamente nicht eingenommen. Bei zunehmender Technisierung fordert der Patient vom Arzt trotzdem den „Freund auf Zeit“, mit dem er kommunizieren kann und der in der Lage ist, Mitgefühl zu zeigen. Auch die wissenschaftlichen Grundlagen der Medizin einschließlich der Reputation ihrer Institutionen sind mehr denn je in Diskussion.

Kapitel 2 analysiert die Leitwissenschaften der Medizin, die Physik, Biologie und Chemie, welche bereits Anfang des letzten Jahrhunderts bekanntlich einen Paradigmenwechsel vollzogen haben. In

Konsequenz für die Medizin kooperieren bisher analytisch gewonnene Einzelfaktoren systemisch. Dabei ergänzen Begriffe wie Selbstorganisation und diskontinuierliche Prozessbetrachtungen die bisher eher statisch ausgerichteten Ansichten und verändern gewohnte Handlungskonzepte. Unter historischer Bezugnahme wird aufgezeigt, wie der erkenntnistheoretische Wandel zu dem Paradigmenwandel in der Medizin geführt hat.

Kapitel 3 behandelt die Konzeptmodelle zum gegenwärtigen Stand des Themas Krankheit und Gesundheit. Ausgehend von einer statischen Blickrichtung zu Beginn des letzten Jahrhunderts hat die Medizin erfolgreich eine umfassende systemische Sichtweise entwickeln können. Mit Hilfe des technischen Fortschritts können ständige Wandlungen in Echtzeit erfasst werden und Konsequenzen für die Therapie abgeleitet werden. Dies veranlasste selbst die Weltgesundheitsorganisation, den Gesundheitsbegriff zu erweitern. Dadurch wurden naturwissenschaftliche und geisteswissenschaftliche Zusammenhänge wiederhergestellt.

Kapitel 4 beschreibt die naturwissenschaftlichen Grundlagen im Wandel der Zeit als wichtige Basis für das zellbiologische Verständnis. Dieses beginnt im Wesentlichen bei der Zellulärpathologie Rudolf Virchows. Er hat unter anderem, Zellen in Abhängigkeit von den Zellterritorien (extrazelluläre Matrix) untersucht. Neuerdings stellten Zellforscher wieder fest, dass die Genetik zur Steuerung der Zelle nicht ausreicht, sondern durch die Epigenetik ergänzt werden muss.

Statische Modellvorstellungen über Zellmembranen ändern sich. Überlebenswichtig sind Dynamische Gel-Sol-Phasenübergänge sowohl innerhalb als auch außerhalb der Zelle. Sie sind notwendig zur Aufrechterhaltung normaler Zell-

funktion und unterliegen Einflüssen aller Art, insbesondere Stressoren. Die elektrische Ladungsdichte bestimmt nicht nur die Entropie, sondern wirkt auch auf grundlegende Zellfunktionen ein. Bereits lebende Zellen bestehen gleichsam als Symphonie unterschiedlichster Prozesse, die sich rhythmisch äußern. Das Quantenfeld verbindet alles. Teilchen und Welle sind dabei zwei verschiedene Betrachtungsweisen des gleichen schöpferischen Vorgangs. Kohärent strukturierte Wellen formieren sich von Moment zu Moment als quasi stabile Strukturen aus einem Meer von Möglichkeiten. Diesen dynamischen Zustand gilt es aufrechtzuerhalten, um gesund zu bleiben.

Kapitel 5 beschreibt die verschiedenen körperinternen (zum Beispiel Herz-Hirnrhythmik) als auch -externen Rhythmusgeber (zum Beispiel Mondzyklus, Tag/Nachtrhythmus), die die rund 70 Billionen Zellen des Körpers und ihre Prozesse ordnen und takten. Das gleicht der Harmonie eines Tanzes. Abweichungen dieses synchronen Geschehens führen zu Belastungen und münden ab einer gewissen Größe im Organismus in Symptombildungen.

Der Mensch ist nicht unabhängig von Rhythmen und soll mit diesen in Harmonie leben. Rhythmen sind tatsächlich wesentliche strukturbildende Informationen. Diese Erkenntnisse beruhen auf Fakten, die in der Natur für jeden leicht beobachtbar sind und sich therapeutisch nutzen lassen. Dieses natürliche Ordnungsprinzip nutzte ich, um die Matrix-Rhythmus-Therapie zu entwickeln.

Kapitel 6 fasst die erkenntnistheoretischen Fakten zusammen, die direkt zur Matrix-Rhythmus-Therapie führen. Es beschreibt die therapeutische Vorgehensweise ausführlich für den Praktiker. Patientenberichte aus unterschiedlichen Indikationsfeldern runden meine Darstellung ab.

5 Lebensprozesse im Organismus

Verschiedene körperinterne (zum Beispiel Herz-Hirnrhythmik) als auch -externe Rhythmusgeber (zum Beispiel Mondzyklus, Tag/Nachtrhythmus) ordnen und takten die rund 70 Billionen Zellen des Körpers und ihre Prozesse. Das gleicht der Harmonie eines Tanzes. Abweichungen dieses synchronen Geschehens führen zu Belastungen und münden ab einer gewissen Größe im Organismus in Symptombildungen. Der Mensch ist nicht unabhängig von Rhythmen und soll mit diesen in Harmonie leben. Rhythmen sind tatsächlich wesentliche strukturbildende Informationen. Diese Erkenntnisse beruhen auf Fakten, die in der Natur für jeden leicht beobachtbar sind und sich therapeutisch nutzen lassen. Dieses natürliche Ordnungsprinzip nutzte ich, um die Matrix-Rhythmus-Therapie zu entwickeln.

5.1 Wie funktioniert die Zellsteuerung?

Zellen müssen, um ihre Aufgaben angemessen erfüllen zu können, sowohl in ihren Subsystemen miteinander wie auch mit den Anforderungen des hierarchisch aufgebauten Gesamtsystems in Wechselwirkung treten. Das ist notwendig, damit die Organfunktionen im Körper aufrechterhalten werden können.

Biologen gehen davon aus, dass in jeder Sekunde etwa 30 Milliarden biochemische Reaktionen im menschlichen Körper stattfinden. Auf diese Weise kann der Organismus zum Beispiel Bewegungen ausführen oder einfach „nur“ lebendig bleiben.

Zur Durchführung dieser Aufgaben steht eine nahezu unüberschaubare Fülle von Ionen und Molekülen bereit (siehe Kapitel 4). Ständig werden in der Forschung neue Biomoleküle und Botenstoffe entdeckt, die für die eine oder andere Regelung verantwortlich gemacht werden, und es werden Genabschnitte gefunden, die deren Herstellung steuern. Doch wie lässt sich der scheinbar chaotische, jedenfalls kaum übersehbar umfangreiche Austausch zwischen Millionen betroffener Zellen so regeln, dass sie gemeinsam zielgerichtete, zusammenhängende und lebenswichtige Funktionen ausüben?

Die Steuerung dieser Funktionen wird noch komplexer, wenn man erschwerte Bedingungen mitberücksichtigt, wie zum Beispiel bei plötzlich auftretenden Verletzungen, welche die Regulation des Körpers dramatisch stören. Offensichtlich gelingt es dem Körper in der Regel selbst bei Schock, die lebenswichtigen Funktionen aufrechtzuerhalten und die Regulation wieder in den Griff zu bekommen. Wie er dabei vorgeht, sieht man beispielsweise beim Hitzschlag: Der Betroffene fällt meist bewusstlos zu Boden und seine gesamten Körpermuskeln beginnen unwillkürlich zu zittern. Praktisch reflektorisch werden so Blutdruck und Kreislauf stabilisiert. Bei diesem Vorgang wird das Blut aus den Beinen und Armen zu den lebenswichtigsten Organen ins Körperinnere sowie in das Gehirn transportiert.

Es ist auch bekannt, dass viele tausend Mal pro Tag in unseren Körperzellen an irgendeiner Stelle ein Chromosom – jene Struktur, die Erbinformationen enthält und die Bildung von Proteinen steuert – bricht oder entartet. Verursacher können Stoffwechselprozesse, energiereiche Teilchen der Höhen- oder Röntgenstrahlung oder auch radioaktiv strahlende Substanzen sein. Bei gesunden Menschen erkennt und repariert der Körper den Schaden innerhalb von 36 Stunden.¹

5.2 Auf der Suche nach steuernden Rhythmen

Wie kann es zu solchen spontanen Reparaturen kommen, wie sind sie zu erklären? Hierauf lassen sich Antworten nur finden, wenn man die Steuerungsverfahren im Zusammenspiel der Zellen versteht. Aber wer oder was steuert diese Vorgänge auf zellbiologischer Ebene? Wie ist sie vorstellbar, wenn die Steuerung der komplexen Zellvorgänge von einer Zentrale aus kaum in Frage kommen kann (siehe Kapitel 4.1.2)? In dem bisher Dargelegten fanden sich bereits Ansätze für eine passende Antwort, wenn von „Aktivitätswellen“, „Rhythmen“ oder „gleichförmigen Zeitintervallen“ die Rede war. In der Tat scheinen unter anderem rhythmisch pulsierende Vorgänge für eine Koordinierung der vielfältigen Regelungsprozesse

und damit für deren Steuerung verantwortlich zu sein.

5.2.1 Der Tanz der Zellen

Tatsächlich findet man bei allen bisher untersuchten Lebewesen – angefangen vom einfachsten Einzeller bis zum menschlichen Körper – rhythmisch schwingende Vorgänge. Bis 1986 hatte man geglaubt, dass dies wenigstens für die primitivsten Zellen, die Prokaryoten (Einzeller ohne Zellkern), nicht zuträfe, bis man auch bei ihnen rhythmisches Verhalten sowohl bei ihrem Stoffwechsel als auch bei ihrer Zellteilung feststellte.² Periodenlängen in lebenden Systemen reichen von Millisekunden bis zu Jahren und Jahrzehnten.

Zeitzyklen	Beispiele
Millisekunden-Rhythmus	Nervenimpulse
Sekunden-Rhythmus	Mikrovibration, Herzschlag, Atmung, Blutdruck
Minuten-Rhythmus	Periphere Durchblutung, Darmgefäß-Tonus
Ultradian-Rhythmus (Takt von einer bis zu mehreren Stunden)	Ablauf der Schlafstadien, die 90-minütige Aufmerksamkeit-Nachdenk-Spanne (Basic Rest/Activity Cycle), Blutbildung
Zirkadian-Rhythmus (24-Stunden-Rhythmus)	Schlaf-Wach-Rhythmus, Zellteilung, Hormonspiegel, Körpertemperatur
Infradian-Rhythmus (mehrere Tage)	Regelzyklus der Frau, Anfallsleiden
Circannual-Rhythmus (Jahresrhythmen)	Jahreszeitlich bedingte biochemische, physiologische, psychologische Aktivitätsunterschiede

Tabelle 5.1:
Frei nach Eduard Tripp, *Chronobiologie und Chronomedizin*

Beim Menschen weisen schon beim ersten Blick zahlreiche organische Abläufe eine rhythmische Natur auf. Am auffälligsten sind unsere Atmung und unser Herzschlag. Rhythmische Zeitmuster findet man aber auch bei der Hormonausschüttung, beim Stoffwechselaustausch einzelner Zellen, bei der Aktivität der Nerven, bei der Übertragung von Informationen auf Nerven-, Muskel- und andere Zellen. Selbst die durchschnittliche Körpertemperatur und sogar die geistige Leistungsfähigkeit schwanken in scheinbar gleichbleibenden Perioden. Was pendelt diese Rhythmen in das vielfältige Regelungsgeschehen des Körpers ein? Diese Frage wird umso drängender gestellt, als bei Menschen immer mehr Rhythmusstörungen mit Folgeerkrankungen wie zum Beispiel Schlafstörungen bei Fibromyalgie- und Burn-out-Syndrom beobachtet werden.³

Bei einem Computer koordiniert der Prozessor auf der Basisfrequenz des Grundoszillators die verschiedenen Schaltvorgänge und bestimmt so die Verarbeitungsgeschwindigkeit des Computers. Dadurch wird verhindert, dass die Schaltvorgänge im Durcheinander enden und der Computer nicht mehr funktioniert (durch Überlastung blockieren). Einen vergleichbaren Taktgeber analog dem Grundoszillator suchte ich im höher entwickelten und komplexen Organismus. Die Idee war, dass sich einzelne Regulationsprozesse an einen solchen Taktgeber anlehnen und sich an ihm orientieren.

Im menschlichen Körper fällt als erstes rhythmisches Geschehen die Atmung auf.

Das Ein- und Ausatmen geschieht regelmäßig, doch die Perioden können sich je nach körperlicher Anstrengung oder psychischer Befindlichkeit, etwa wenn einem vor Schreck „der Atem stockt“, ändern. Wir können sogar willentlich den Atem eine kurze Zeit lang anhalten, müssen das Versäumte allerdings sogleich umso hastiger nachholen. Normalerweise atmen wir aber in einem der jeweiligen Belastung angemessenen, relativ gleich bleibenden Rhythmus. Ein ausgewachsener Mensch atmet täglich mehr oder weniger bewusst etwa siebenmal pro Minute circa 500 ml Luft ein und aus. Die Atmung regelt als einziger – auch willentlich – beeinflussbarer Rhythmus die lebenswichtige Sauerstoffzufuhr in den Körper und entfernt gasförmige Abbauprodukte, vor allem Kohlendioxid. Atmet ein Körper zu wenig, kommt er in „Schieflage“ und lagert automatisch Moleküle mit sauren Valenzen ein mit all ihren Folgeerscheinungen (Schmerzen, chronische Degeneration, unspezifische Entzündung).

Der Mensch wird bewusstlos, wenn das Gehirn circa 20 Sekunden lang nicht mit Sauerstoff versorgt wird. Die Atmung wurde in früheren Kulturen für so wichtig gehalten, dass das Wort für Atmung oft die Bedeutung von Leben, Seele und Geist mit einschloss. In vielen Kulturen versucht man auch – besonders in den fernöstlichen –, über die Regulierung des Atemrhythmus therapeutisch Einfluss auf das Verhalten des Körpers und des Bewusstseins zu nehmen, und erzielt damit wohl durch die euphorisierende beziehungsweise entspannende Wirkung beachtliche Erfolge.⁴

Die Atembewegung ist über die Stoffkreisläufe des Körpers eng mit der Herzfunktion verbunden. Das Herz eines Menschen steht still, wenn er etwa vier Minuten nicht geatmet hat.⁵ Auf den Pumprhythmus unseres Herzens haben wir deutlich weniger Einfluss als auf den des Atmens; deshalb ist die stetige Regelung des Herzens auch besonders wichtig. Der normale Funktionsablauf des Herzens ist schon oberflächlich betrachtet komplexer als jener beim stetigen Ein- und Ausatmen: Beim gesunden Herz ziehen sich während einer Aktionsperiode zunächst die Muskeln der beiden Vorhöfe zusammen und pumpen Blut in die beiden Herzkammern. Unmittelbar danach ziehen sich die Muskelfasern der Kammern zusammen. Das Blut wird dadurch aus der linken Herzkammer in die Hauptschlagadern zum Körper und aus der rechten Herzkammer zur Lunge gedrückt. Ventilklappen zwischen Vorhöfen und Kammern sowie hinter den Kammern verhindern, dass das Blut bei der Kontraktion des Herzmuskels in die falsche Richtung strömt.

Auf die Tätigkeit des Herzmuskels haben wir willkürlich keinen Einfluss. Allerdings kann es durch besondere Anstrengungen oder besondere Meditationsübungen in einem begrenzten Umfang zu bedingten Veränderungen der Geschwindigkeit des Herzschlags kommen. Übersteigen solche Einflüsse eine gewisse Toleranzschwelle, so treten gesundheitliche Komplikationen auf.

Ob das Herz zu langsam, zu schnell oder unregelmäßig schlägt, erkennt man am Pulsschlag. Entscheidend ist, in wie weit die einzelnen Zellen des Herzorgans rhythmisch kooperieren. Anhand praktischer Beobachtungen und Erfahrungen wurde so zum Beispiel in der Chinesischen und Ayurveda-Medizin die Pulsdiagnostik entwickelt. Man hat dort verschiedene Pulsqualitäten, nämlich „Pitta“, „Kapha“ und „Vata“, mit jeweils unterschiedlichen Symptomkomplexen und Krankheitsbildern in Verbindung gebracht.⁶

Hatte die Medizin bisher fast nur auf die Struktur des Gewebes und auf die im Körper ablaufenden Prozesse geachtet, so regte die Gefährlichkeit bestimmter Herzrhythmusstörungen sie dazu an, nun auch nach der Regelung dieser Rhythmen zu suchen.

5.2.2 Die Entdeckung des Rhythmus und Entwicklung von Diagnosegeräten

Mit der Entwicklung entsprechender Methoden und technischer Geräte gelangten Rhythmik und Information als Basis der Prozesssteuerungen stärker ins medizinische Bewusstsein.

Um 1906 entwickelte der holländische Arzt Willem Einthoven ein sensibles Galvanometer, mit dem sich elektrische Signale der Herzsteuerung auf der Haut des Menschen feststellen ließen. Er bekam dafür 1924 den Nobelpreis.⁷ Inzwischen wurde der Elektrokardiograf zum Aufzeichnen der Herzströme wesentlich ver-

bessert. Jeder Herzschlag beginnt mit einem elektrischen Impuls von einigen Millivolt, der durch den Herzmuskel strömt.

Die elektrischen Herzimpulse sind im Körper die stärksten, auf die man bisher gestoßen ist. Sie durchströmen den gesamten Körper und können unterschiedlich stark in jedem beliebigen Körpergewebe, selbst noch am großen Zeh wahrgenommen werden.

Die Impulse eines Herzschlags haben einen typischen Verlauf. Sie lassen sich als Elektrokardiogramm aufzeichnen. Änderungen des typischen Verlaufs weisen den Kardiologen auf Herzrhythmusstörungen hin.

Wenn ein Strom in der Form von Elektronen oder Ionen fließt, sollte nach der Entdeckung Hans Christian Oersteds im Jahr 1820 auch ein Magnetfeld entstehen. Allerdings konnte man erst 1963 ein solches für das Herz feststellen.⁸

Verfeinerte Geräte vermessen das pulsierende Magnetfeld des aktiven Herzens nicht nur im Körper, sondern in aufwändig abgeschirmten Räumen auch in seiner Umgebung.⁹ Mit dem so weiterentwickelten Magnetokardiografen lassen sich nicht nur der körpereigene Steuerungsimpuls des Herzens genauer darstellen,¹⁰ es lassen sich auch mögliche Einwirkungen des pulsierenden Erdmagnetfelds auf den Herzrhythmus oder der Einfluss anderer elektromagnetischer Felder im Lebensumfeld einzelner Menschen erfassen (Elektrosensibilität). Biologisch wirksame

Störfrequenzen aus technologisch erzeugten elektromagnetischen Feldern finden in letzter Zeit unter dem Stichwort „Elektrosmog“ immer stärkere Beachtung (siehe Abb. 4.12).

1907, kurz nach der Entdeckung der „Herzelektrizität“, wurde auch der elektrische Taktgeber entdeckt, der für die Regelmäßigkeit in den Abläufen der Herzaktivität sorgt. Der im Sinusknoten des Herzens erzeugte Depolarisationsimpuls fließt zunächst über die Arbeitsmuskulatur der Vorhöfe zum so genannten Atrioventrikularknoten (AV-Knoten) weiter, der ebenfalls aus Herzmuskelzellen mit einer speziellen Depolarisationsfähigkeit besteht. Er synchronisiert die übrigen Herzmuskelzellen des Organs. Steven Strogatz, Professor für theoretische und angewandte Mechanik an der Cornell-Universität, konnte mit seiner Theorie der Synchronisation pulsgekoppelter Oszillatoren zeigen, dass gerade die große Zahl der als Oszillatoren arbeitenden Zellen im Sinusknoten unter den speziellen Bedingungen, die dort gegeben sind, zur Stabilität des Rhythmus beiträgt. Das heißt aber, auch hier gibt nicht eine Zelle den Takt an, sondern ein Taktgeber, in den sich alle Beteiligten – wie Musiker in einem Kammerorchester – einfinden. Das Zusammenspiel der Zellen ergibt sich, ohne dass es eines speziellen Dirigenten bedarf, aus ihrer Aktivität selbst.¹¹

Eine weitere Analyseverfahren für die „Zellrhythmik“ ist das Electric Cell-Substrate Impedance Sensing oder kurz ECIS. Es dient zur Untersuchung lebender Zellen in vitro, das heißt außerhalb eines le-

benden Organismus unter kontrollierten Laborbedingungen. Dabei werden entnommene Körperzellen auf dem Boden einer Petrischale, an welchem eine Goldfilm-Elektrode angebracht ist, weiter gezüchtet. Wenn sie durch Vermehrung eine Zellschicht über der Elektrode gebildet haben, misst man über die Zeit hin den Wechselstromwiderstand (die Impedanz) bei einer oder mehreren Frequenzen. Die gemessene Impedanz der zellbedeckten Elektrode wird durch den Zustand der Zelle beeinflusst; ändert sich dieser, wirkt sich das auf ihren elektrischen Widerstand aus, das heißt den elektrischen Stromfluss um beziehungsweise durch die Zelle. Da der Zustand der Zellen sehr empfindlich auf Veränderungen im Stoffwechsel oder auf chemische, biologische oder physikalische Einflüsse reagiert, eignet sich das ECIS-Verfahren für viele zellbiologische Untersuchungen, zum Beispiel auch, wenn Reaktionen der Zellen auf von außen eingebrachte rhythmische Schwingungen untersucht werden sollen.¹²

5.2.3 Die besondere Schwingungssituation im Gehirn

Um 1929 stellte der Neurologe Hans Berger am Schädel ebenfalls elektrische Signale fest, die sich allerdings wesentlich schwächer als die Signale des Herzens bemerkbar machten. Es gelang ihm, diese Signale aus sonstigen Körperströmen herauszufiltern und auf die Gehirntätigkeit zurückzuführen. Damit wurde er zum Erfinder des Elektroenzephalogramms.¹³ Die Entdeckung wurde in Deutschland

zunächst kaum beachtet und erst später über England und die USA hierzulande wieder eingeführt. Das Elektroenzephalogramm ist heute eines der Standardinstrumente für die neurologische Diagnostik.

Auch im Gehirn erlaubt die plötzliche De- und anschließende Repolarisierung mittels Ionen und anderer Ladungsträger den Nervenzellen, ihre Signale abzufeuern, ehe sie über die Nervenbahnen oder Botenstoffe zum Beispiel Muskelzellen veranlassen, sich zusammenzuziehen und Arbeit zu verrichten.

Die technische Entwicklung ermöglichte es in den 1970er Jahren, nun auch die biomagnetischen Felder des menschlichen Gehirns aufzuzeichnen. Die Analyse dieser Felder gibt in der Regel mehr Aufschluss über die Vorgänge im Gehirn als die elektrischen Signale. Diese werden auf der Haut wahrgenommen und durch den Einfluss der Gehirnflüssigkeit und anderer Gewebepartien getrübt und verfälscht.

Beim Vergleich der Magneto-Enzephalogramme verschiedener Berufsgruppen – deren Tätigkeit mit besonderen Anforderungen verbunden ist, wie zum Beispiel bei Violinisten und anderen Musikern –, ließen sich anhand von lokalen Bereichen mit besonders ausgeprägten Gehirnströmen besondere Aktivitätsareale im Gehirn ausmachen.¹⁴ Inzwischen können typische Magneto-Enzephalogramme für nahezu alle neuronal gesteuerten Bewegungen des Körpers erstellt werden.¹⁵

Eine noch bessere Einsicht in die Gehirnaktivität gewährt die Positron-Emissions-Tomografie (PET). Entsprechende Messungen erlauben unter anderem Rückschlüsse auf die Hirnareale, die bei sensorischen, motorischen oder logisch abstrakten Aktivitäten tätig werden.¹⁶

Bei Gehirnströmen spricht man bisher gerne von Wellen in bestimmten, unterschiedlichen Frequenzbereichen. Etwa „fünfmal pro Sekunde schwingen beispielsweise die Thetawellen, die das Gehirn eines leicht schlafenden Menschen erzeugt. Doppelt so schnell feuern die Nerven eines wenig erregten, aber wachen Menschen. Und mit 40 Hz, also 40-mal in der Sekunde, oszillieren die Gehirnströme plötzlich, wenn Menschen Sinneseindrücke verarbeiten.“¹⁷ Neurologen unterscheiden im Gehirn üblicherweise vier Schwingungsbereiche, die α -, β -, δ - und θ -Wellen. Das Problem dabei ist nur, dass die wellenartigen Schwingungsangaben in Hz mit Hilfe der Fourier-Analyse ermittelt werden müssen:

Gemessen werden Spannungsänderungen aufgrund von Depolarisationen zwischen den eingesetzten Elektroden, aber keine realen Schwingungsfrequenzen. Je schneller eine Depolarisation erfolgt, desto höher ist die aufgrund der Fourier-Analyse herausgefilterte Frequenz. Dabei erfährt man aber wenig bis nichts über die tatsächlichen, bei quasi konstanter Geschwindigkeit ablaufenden, oszillierenden physiologischen Rhythmen, auf die es eigentlich ankäme.

Bei der Fourier-Analyse handelt es sich also lediglich um eine mathematische Methode, die es erlaubt, einen (durch Überlagerungen entstandenen) komplexen „Wellensalat“ in die einzelnen zugrundeliegenden Schwingungsanteile aufzulösen und zu zerlegen.

Im Bereich der Gehirnströme hat neuerdings Professor Wolf Singer vom Max-Planck-Institut für Hirnforschung in Frankfurt eine andere Form der Synchronisation, das heißt der rhythmischen Abstimmung der Gehirnströme, gefunden. „Wahrnehmung, Erinnerung und Denken entstehen nur dadurch, dass Nervenzellen im rhythmischen Gleichtakt oder in der präzisen Abfolge komplizierter Sequenzen feuern.“

Nervenzellen geben ständig gepulste Signale ab. Die Arbeit einzelner Nervenzellen signalisiert dem Gehirn keine Bedeutung. Wird aber etwas Bedeutsames wahrgenommen, dann feuern die Neuronen in den unterschiedlichen, an der Wahrnehmung beteiligten Gehirnarealen plötzlich im Takt. Der Gleichschritt der Neuronen dauert allerdings nur Bruchteile von Sekunden, um schnell Platz für neue Wahrnehmungen zu machen.¹⁸

Der Auslöser für diesen Synchronisationsvorgang soll nach Warren Meck von einer Region im Mittelhirn, der Substantia Nigra, ausgehen. Sobald sie Dopamin ausschüttet, feuern die Nervenzellen im Takt. Auslöser für die Dopaminausschüttung wären Reize aus der Umwelt. Sobald der Reiz verschwindet oder sich die Aufmerk-

samkeit von ihm abwendet, wird die Dopaminproduktion und damit auch die Synchronisation der an der Wahrnehmung beteiligten Neuronen beendet. Sterben Dopamin-produzierende Nervenzellen der Substantia Nigra ab, so entsteht der Morbus Parkinson. Meck glaubt, dass die Nervenzellen des Striatums die Takt- und Frequenzmuster im Kortex erlernen und ihnen dauerhaft ein Zeitintervall zuordnen.¹⁹

Zu den sich daraus ergebenden Fragen fand 2006 eine internationale Konferenz unter der Leitung von Professor Wolf Singer statt.²⁰ Auf dieser Tagung berichtete der Psychologe Matthias Müller von der Universität Leipzig über seine Versuche: Er hatte seinen Testpersonen während der EEG-Ableitung zum Beispiel das Bild einer Gitarre gezeigt. Dabei waren zunächst deutlich wirre Linien im so genannten Gamma-Bereich aufgetreten, die allmählich in einen schwächer ausgeprägten, gemeinsamen Rhythmus übergingen. Hatte die Testperson Interesse an Gitarren, war der Rhythmus deutlich stärker ausgeprägt. Nach etwa 100 Millisekunden schwangen einige Hirnareale in der hinteren Großhirnrinde im Gleichtakt. Nun wurden Aspekte des Bildes verarbeitet, seine Farbe, Ausrichtung oder eine Bewegung. Nach 350 Millisekunden trat eine zweite Wellenfront auf, die sich über weite Bereiche der Hirnrinde erstreckte. Diese so genannten Gamma-Wellen variieren je nach gestellter Aufgabe; wenn sie auftreten, nehmen die Versuchspersonen das Bild bewusst wahr. „Es ist wie auf einer Party, wenn eine Gruppe von Menschen mit lautem Rufen eine andere Gruppe

zum Nachahmen animiert und sich das Rufen von einem Raum zum nächsten fortsetzt“, kommentierte der Mathematiker Dietmar Plenz vom National Institute of Mental Health in Bethesda bei Washington den Vorgang.²¹

Die hier beobachtete Zusammenführung und Synchronisation der Aktivität einzelner Neuronen scheinen deren Erregungen zu kombinieren, um daraus im Bewusstsein zusammenhängende Bilder, Vorstellungen und Handlungsabsichten herzustellen.²²

Die Synchronisation erfolgt demnach nur dann, wenn besondere, steuernde rhythmische Anstöße die Koordination wahrgenommener Reize zu Gesamtbildern oder zielgerichteten Handlungen anregen.

Die vorübergehende Synchronisation der Neuronentätigkeit in den verschiedenen Gehirnarealen stellt einen Zusammenhang zwischen unterschiedlichen Aspekten einer Vorstellung oder Absicht her. Andersherum könnte auch die Assoziation der verschiedenen Aspekte zu einer Gesamtvorstellung oder Absicht die Synchronisation der Aktivitäten in den verschiedenen Bereichen bewirkt haben. Welchem Bereich, dem geistigen oder dem materiellen, man dabei den Vorrang einräumen will, lässt sich wissenschaftlich methodisch gesichert nicht beweisen. Ein Beispiel für die Synchronisation aus unserem täglichen Leben wäre der Applaus bei einem Konzertbesuch, der sich vom ungeordneten Durcheinanderklatschen zur „Standing Ovation“ entwickelt.

Soweit wir die Synchronisation von Zell- und Organfunktionen bisher betrachtet haben, handelte es sich um lokal oder zeitlich begrenzte Zuordnungsvorgänge. Sie sind zu unterscheiden von einer durchgängigen Grundtaktung, welche die

unübersichtliche Vielfalt der einzelnen Aktionen immer wieder zu geordneten Basisprozessen des Körpers rückführt. Wovon könnten die jeweiligen Anstöße zu einer solchen universell gültigen Synchronisation ausgehen?

5.3 Chronobiologie – Taktstöcke statt Dirigent

Über Jahrhunderte haben sich Menschen mit der Wechselwirkung zwischen biologischen Systemen und externen naturgegebenen Rhythmen beschäftigt. In einer zusehends vom Menschen gestalteten, künstlichen Umwelt werden diese Wechselwirkungen beeinflusst. Heute stellt sich mehr und mehr die Frage, in wieweit dadurch allein nicht zivilisationsbedingte Ursachen für Krankheiten erzeugt werden. Nachfolgende Ausführungen geben einen kleinen Einblick in die hochgradige Komplexität der rhythmischen Welt und ihren verschränkten Beziehungen.

Beschwerden wie Schlafstörungen, Tagesmüdigkeit und Leistungsabfälle deuten darauf hin, dass sich der Körper nicht an „normale“ Tagesverläufe hält, nicht mit ihnen im Einklang steht. Das zeigt sich am so genannten Jetlag nach einem Interkontinentalflug oder auch bei Schichtdienst, langen Arbeitszeiten oder Freizeitgestaltung, die die Nacht zum Tag werden lässt. Selbst die Umstellung zwischen Sommer- und Winterzeit scheint einigen Menschen während einer Umgewöhnungsphase Schwierigkeiten zu bereiten. Manchmal wird sogar der Charakterunterschied zwischen Nord- und Südlän-

dern auf Unterschiede der jahreszeitlichen Tagesgänge mit verschiedenen Lichtverhältnissen in den jeweiligen Lebensräumen zurückgeführt.

Aus den offenbaren Zusammenhängen zwischen Rhythmen der Umwelt und Körperrhythmen, ergab sich die Annahme, dass der eigentliche Taktgeber für die Regulation des Körpers nicht im Körper selbst, sondern in der Umwelt, zum Beispiel im Wechsel von Hell und Dunkel des Tagesablaufs zu suchen sei. Dieser Annahme ging die Chronobiologie nach überlieferten Unterlagen bereits seit dem Jahr 1750 nach. Damals hatte Johann Gottfried Zinn (1727–1759) begonnen, die tagesperiodischen Bewegungen der Gartenbohne zu untersuchen. Diese lässt bei Dunkelheit ihre Blätter hängen und morgens bei Licht richtet sie sie wieder auf. Doch behielt die Pflanze diesen Rhythmus bei, als Zinn sie auch tagsüber einer beständigen Dunkelheit aussetzte. Damit fiel das Licht als Taktgeber aus. Das Weltraumlabor Spacelab 1 kam in den 1980er Jahren bei Versuchen mit den geänderten Hell-Dunkel-Bedingungen der Erdumkreisung des Spacelabs zu ähnlichen Ergebnissen.²³