

3 Biophotonen

3.1 Schrödingers Gretchenfrage

Erwin Schrödinger, einer der bedeutendsten Pioniere der Quantentheorie und Nobelpreisträger 1933 in Physik, soll gesagt haben, dass ein Biologe die Biologie nur dann verstanden hat, wenn er eine einfache Frage zur Zellteilung beantworten kann, und dass er die Biologie eben nicht versteht, wenn er auf diese Frage keine Antwort weiß.

Die Frage ergibt sich aus der Abb. 3.1. Dargestellt ist ein Ausschnitt der sogenannten „mitotischen Figuren“. Das sind die Muster, die vorwiegend von den Chromosomen, und dabei vor allem von röhrenförmigen Spindelfasern, den Mikrotubuli,

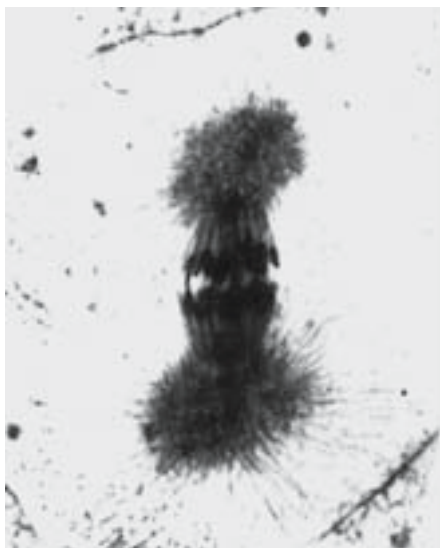


Abb. 3.1 Mitotische Figur der Zelle eines Fisches (*Corregonus*). (Aus: Darlington CD, Lacour IF: *The Handling of Chromosomes*. London: Allen and Unwin; 1960.)

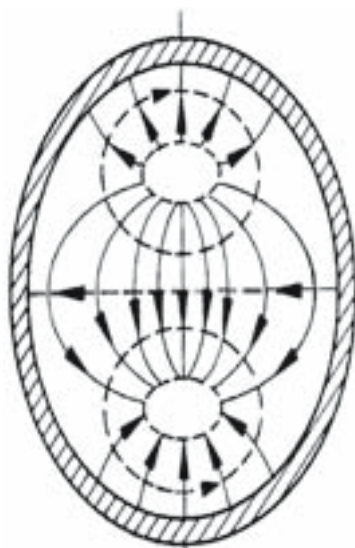


Abb. 3.2 Elektrische Feldverteilung einer TM1-Resonatorwelle in einem Ellipsoid. Der Vergleich mit Abb. 3.1 bestätigt, dass die Ausmusterung der mitotischen Figuren exakt nach der Kraftverteilung der Hohlraumresonatorwelle verläuft. Der dynamische Verlauf der mitotischen Teilung lässt sich als Überlagerung passender Hohlraumresonatorwellen (s. Tab. 3.1) verstehen (aus [39]).

ausgebildet werden. Die spektakulären supermolekularen Formen prägen sich immer dann aus, wenn sich der Zellkern teilt. Alle Chromosomen, die im Wesentlichen aus DNA bestehen, verteilen sich als die Erbmerkmalträger auf die beiden Tochterzellen so gleichhäufig, dass jede Zelle wieder eine eigenständige und gleichartige Lebensinheit wie die Ausgangszelle bildet. Der Vorgang kann wenige Minuten bis zu mehreren Stunden dauern. Den eindrucksvollen Verdopplungsvorgang bei wechselnder Verdichtung, Auflösung und Bewegung der im Mikroskop sichtbaren Molekülaggregate unterteilt der Biologe in fünf Phasen – Interphase (die DNA verdoppelt sich) – Prophase (Strukturen mustern sich aus) – Metaphase (die Teilungsspindel bildet sich voll aus) – Anaphase (die getrennten Chromosomen bewegen sich auf entgegengesetzte Zellpole hin) – und schließlich die Telophase. Die Teilungsspindel verschwindet in dieser letzten Phase wieder, die Chromosomen entspiralisieren sich zu unsichtbaren Fäden, die erneut ihren eigentlichen Aufgaben nachzukommen beginnen. Auf die Kernteilung folgt gewöhnlich die Plasmateilung durch einfache Durchschnürung. Ziel ist es schließlich, das Erbmaterial in gleicher Weise exakt auf die beiden Tochterzellen zu verteilen.

Schrödingers Anliegen galt aber nicht der morphologischen Beschreibung. Die entscheidende Frage, die er stellte, lautet: Weshalb entsteht bei dieser eigenartigen, bis heute unverstandenen exakten Verdopplung der Zelle in zwei identische Tochterzellen kein einziger Fehler? Bei etwa zehn Milliarden Molekülen, die sich hier mit höchster Präzision auf zwei gleiche Hälften verteilen, müssten – rein statistisch gesehen – zirka 100.000 Moleküle in die falsche Richtung marschieren. Vergleichsweise hätte sich eine große Menge Erbsen, die etwa einen Güterwagen füllen könnte, so exakt in zwei gleiche Haufen zu teilen, dass keine der beiden Hälften auch nur eine einzige Erbse zu viel hätte. Woher wissen die Moleküle einer lebenden Zelle, wo und wann ihnen welche Aktivitäten zugeordnet sind, wann sie sich aufteilen oder zusammenschließen müssen, in welche Richtung sie laufen sollen, wo sie sich anzusiedeln, welche molekularen Partner sie wann abzustoßen, zu verdichten oder unsichtbar zu machen haben, um dieses an Wunder grenzende einzigartige, fundamentale Überlebensprogramm aller Organismen zu gestalten?

Schrödinger selbst gab keine Antwort auf die Frage, und bei allen Vorträgen, die ich über dieses Ereignis hielt, hatte keiner der Zuhörer auf Anfrage jemals eine Antwort parat. Ein Experte auf dem Gebiet der mitotischen Figuren erklärte mir vor zwanzig Jahren, man müsse sich mathematisch von Molekül zu Molekül vortasten, um dieses Netzwerk als Resultat zufälliger Kollisionen zu entlarven. Er bemüht sich immer noch darum, denn meines Wissens hat er noch ein paar Jahre bis zur Pension. Ich schließe mich lieber der Auffassung Schrödingers an, dass die Antwort auf diese Frage der Dreh- und Angelpunkt zum Verständnis nicht nur der Biologie, sondern auch der Medizin und des Lebens überhaupt ist. Und ich glaube nicht, dass es sich um das Produkt zufälliger molekularer Anordnungen handelt.

3.2 Die Antwort

Deshalb sehe ich mich veranlasst, diese Antwort (die meine Mitarbeiter und ich vor knapp 30 Jahren an der Universität Marburg vorgeschlagen haben) erneut und immer wieder zu verkünden: Es sind *Biophotonen*, die dieses Geschehen organisieren. Stehende elektromagnetische Wellen in der Zelle, die sich in idealer Weise den Randbedingungen anpassen, die wir nur in Form der „Biophotonen“ messen können, sind des Rätsels Lösung.

Abb. 3.2 belegt das sofort beispielhaft. Es bedarf jedoch einiger Erläuterungen, dies weiter zu begründen und noch besser verständlich zu machen.

Das Muster auf der rechten Seite der Abb. 3.2 ist das Ergebnis einer für den Physiker relativ einfachen Rechnung. Man betrachtet die Zelle zunächst als ein leeres Gehäuse und fragt, welche elektromagnetischen Felder sich in einem solchen Hohlraum über längere Zeit aufrechterhalten können. Die Frage gleicht etwa dem Problem, in eine vorgegebene Pfeife zu blasen und zu erfahren, welcher Ton herauskommt. Der Klang entspricht einer bestimmten Formbildung akustischer Wellen, die sich im Innern der Pfeife als Verdichtungsmuster der Luftmoleküle ausbilden und stabilisieren. Das Klangmuster bleibt so lange erhalten, wie die Pfeife tönt. Die Figuren werden allein nur von den „Randbedingungen“, nämlich der Größe und der Form der Pfeife, sowie in geringem Maße auch von mechanischen Eigenschaften des Materials bestimmt. An den Innenrändern der Pfeife müssen die stabilen akustischen Wellen so reflektiert werden, dass die Überlagerung der Kräfte zu „stehenden“, das heißt zu ortsfesten Verdichtungen und Verdünnungen der Luftmoleküle führt. Innerhalb des Luftraums der Pfeife dürfen sich die Oszillationen des Luftdrucks nicht ständig an jeder Stelle räumlich verschieben, oder, mit anderen Worten: An festen Punkten des Luftraums müssen Bäuche (Auflockerungen) Bäuche und Knoten (Verdichtungen) Knoten bleiben. Eben das zeichnet die Stabilität jener Muster aus.

Nicht anders verhält es sich mit elektromagnetischer Energie, wenn sie anstelle von Luftschwingungen in Hohlräume eingeleitet wird. So auch in lebenden Organismen. Allein nur die Randbedingungen, nämlich Größe, Form und physikalische Eigenschaften der Zellmembranen (wie Leitfähigkeit, Dielektrizitätskonstante und Permeabilität) legen fest, welche elektromagnetischen Feldmuster sich im Hohlraum ausbilden und längere Zeit stabil sein können. Erneut müssen die Innenwände des Hohlraums die elektromagnetischen Wellen exakt so reflektieren, dass die Überlagerung der Feldkräfte zu stehenden Wellen führt. Dabei kann nicht nur ein einziges Muster entstehen, sondern je nach „Resonanzenergie“ der gespeicherten elektromagnetischen Wellen eine Vielfalt von unterschiedlichen elektromagnetischen Feldmustern. Diese „Moden“ – wie man sie bezeichnet – errechnen sich aus den fundamentalen Gleichungen, die der englische Physiker James Clerk Maxwell in der Mitte des 19. Jahrhunderts aufgestellt hatte, um alle elektromagnetischen Vorgänge in der Natur quantitativ zu beschreiben. Ich hatte mithilfe dieser Maxwell-Gleichungen einige Beispiele durchgerech-

net und erkannt, dass es sich lohnte, die mitotischen Figuren mit diesen vielen möglichen Mustern elektromagnetischer Kräfte, die in die Zelle hineinpassen, zu vergleichen. Tatsächlich erfüllt eine Vielzahl verschiedener Ausmusterungen exakt alle Randbedingungen. Jede dieser Moden hat aber jeweils unterschiedliche Kräfteverteilung und verschiedene Resonanzfrequenz. So kann man ja auch bei gleicher Pfeife mit Obertönen unterschiedliche Klangmuster erzeugen. Ich bat meinen Diplomanden Martin Rattemeyer, diese Rechnungen an Hohlräumen, wie sie Zellen ausbilden, systematisch durchzuführen.

Tabelle 3.1 zeigt einen Teil seiner Ergebnisse. Zur Vereinfachung der Rechnungen und ohne beträchtliche Einschränkung der Allgemeingültigkeit wurden zylindrische Hohlräume betrachtet. An leitenden Randflächen des Hohlraums müssen die Tangentialkomponenten des elektrischen und Vertikalkomponenten des magnetischen Feldes verschwinden, um zeitunabhängige „stehende“ Wellen, die eben nur unter diesen Randbedingungen existieren können, zu speichern. Der Physiker unterscheidet konsequenterweise grundsätzlich sogenannte TE-(Transversal elektrische) und TM-(Transversal magnetische) Moden, je nachdem, ob die Vertikalkomponente des Magnetfelds (TE) oder die Tangentialkomponente des elektrischen Feldes (TM) an den Randflächen des Zylinders verschwindet. Die Bezeichnungen m , n und p in der Tabelle 3.1 stehen für ganzzahlige Werte, die den verschiedenen möglichen Resonanzfrequenzen unter verschiedenen Symmetriebedingungen der Wellengleichungen zugeordnet werden. m , n , p bezeichnet man als Quantenzahlen, die die Zahl der Knoten in den Symmetrieflächen eines Kreiszyllinders in den radial-azimulaten Richtungen (m , n) und den dazu senkrechten Schnittebenen in der z -Richtung (p) angeben. Sie erfüllen die periodischen Randbedingungen und entsprechen mit wachsendem m , n und p den möglichen, ganzzahlig ansteigenden Anregungszuständen der wellenförmigen elektromagnetischen Kraftmuster. Dass die Anregungsenergien dieser Wellen im optischen Bereich liegen, hängt wesentlich stärker von den extrem geringen Volumina der Zellen im Bereich von Nanokubikzentimetern ab als von den physikalischen Eigenschaften der Membranen, deren Leitfähigkeit gewöhnlich mit quasi dielektrischen Charakteristika verbunden ist. Das gibt ihnen vorteilhaft die nötige Transparenz und damit auch die ideale Wechselwirkung zu Nachbarzellen. Selten wird sich in einer Zelle eine reine Resonatorwelle ausbilden. Die Überlagerung vieler dieser Wellen reicht aber aus, um den physikalischen Zustand einer Zelle mit beliebiger Genauigkeit zu beschreiben. Mit wachsenden m , n , p nehmen entsprechend auch die (diskreten) Quantenenergien der Moden zu. Für biologische Systeme lassen sie sich als kohärente Photonen, die aus den Zellen kommen, messen.

Die Lösungen für zylindrische Hohlräume sind in der Mathematik als sogenannte Besselfunktionen $J_m(x_{mn})$ bekannt. Nur für bestimmte Werte x_{mn} erfüllen sie die erforderlichen Randbedingungen $J_m(x_{mn}) = 0$, die es zulassen, dass durch Überlagerung solcher Wellen stabile Felder in diesen Hohlräumen ausgebildet werden. Aus diesen Lösungen lassen sich eindeutig alle möglichen Resonanzfrequenzen $\omega_{mnp} = 2\pi c/\lambda$ als Funktion von x_{mn}/R und p/d errechnen, wobei c die Lichtgeschwindigkeit, R der Radius und d die Länge des Zylinders sind.

Tab. 3.1 Hohlraumresonatormoden, die in eine biologische Zelle passen. Wegen ihrer Größe handelt es sich dabei um elektromagnetische Wellen im optischen Spektralbereich („Biophotonen“). Beschreibung s. Text.

TE mode mnp	TM mode mnp	Wavelength λ /nm
111		690
	010	574
112		571
	011	546
	012	481
113		462
211		438
	013	410
212		402
114		379
	110	360
213		358
011	111	353
	014	349
012	112	333,5
311		323
115		318

So hat zum Beispiel das Kraftmuster der TM111-Welle, die mit der molekularen Anordnung der mitotischen Figur in Abb. 3.1 übereinstimmt, eine Wellenlänge um 350 nm. Das bedeutet: Ein Photodetektor würde Photonen mit einer Wellenlänge von ungefähr 350 nm messen, wenn eine Zelle dieser Größe eben diese Mode gespeichert hat und nun als elektromagnetische Welle nach außen abstrahlt. Entartete Zellkerne, die doppelte oder vierfache Chromosomensätze enthalten, können entsprechende Oberwellen dieser Grundkonfiguration enthalten. Sie emittieren Photonen höherer Frequenz, bzw. geringerer Wellenlänge. Ein Maß für die Intensität der Photonen liefert die Zahl der gespeicherten Photonen, die sich für jede Mode ebenfalls errechnen lässt.

3.3 Zellen sind Lichtspeicher

Dass Zellen eher ellipsoidförmig als zylinderförmig sind, ändert wenig an diesen grundsätzlichen Betrachtungen. Die Ergebnisse der Tabelle waren wegweisend für uns, um zu erkennen, dass Photonen das Lebenselixier schlechthin darstellen, für die Steuerung und Organisation der Zellen zuständig sind und das biologische System aufbauen, regulieren, entfalten und weiterreichen. Diese schwachen elektromagnetischen Emissionen, die von lebenden Zellen ständig abgegeben werden und die wir „Biophotonen“ nannten, mussten und müssen von Grund auf verstanden werden, um die Biologie zu verstehen. Es erwies sich:

- Die Wellenlängen dieser stehenden Wellen in Zellen liegen durchweg im optischen Bereich, also gerade da, wo wir „ultraschwache Photonenemission aus biologischen Systemen“ messbar gemacht hatten.
- Die gespeicherte Photonenzahl ist so gering, dass sie die extrem niedrige Intensität der gemessenen Photonen erklären kann.
- Auch geringste Photonenzahlen in Zellen reichen aus, um das gesamte Geschehen einschließlich der Regulation aller biochemischen Prozesse zu übernehmen.
- Die Frage von Erwin Schrödinger konnte mit den Ergebnissen erstmals schlüssig beantwortet werden.

Und die Antwort konnte nur lauten: Es treten deshalb keine Fehler in der Zelle auf, weil die Moleküle von den elektromagnetischen Feldern dieser Hohlraumresonatorwellen in der Zelle geführt, also organisiert werden. Die Ladungen der Moleküle folgen zwangsläufig den elektrischen Kräften, die durch die verschiedenen Moden der gespeicherten Photonen in der Zelle auf die Moleküle einwirken. Sobald ein Molekül an der richtigen Stelle, nämlich einem „Knotenpunkt“ des elektromagnetischen Feldmusters verharret, wirkt keine Kraft mehr auf das Teilchen ein. Sobald es aber von dieser Position abweicht, führt die rücktreibende Kraft der elektromagnetischen stabilen Mode das fehlgeleitete Molekül in seine stabile Lage zurück. Zusammen mit meinem inzwischen verstorbenen Freund Walter Nagl, ehemals Harvard-Professor, konnten wir uns anhand von Filmmaterial überzeugen, dass alle sichtbaren molekularen Bewegungen in den verschiedenen Phasen der Kernteilung einschließlich der Einschnürung des Zytoplasmas durch Überlagerung solcher Felder qualitativ und auch quantitativ erklärt werden können.

Das Phänomen ist im wahrsten Sinne des Wortes „ganzheitlich“: Sobald sich an den Randbedingungen eine Kleinigkeit ändert, hat das über das verbindende Feld Auswirkungen auf die Gesamtheit der Moleküle. Sobald ein Molekül an irgendeiner Stelle eine chemische oder physikalische Änderung erfährt, koppelt das Ereignis über das Feld zurück auf alle anderen Materieteilchen – einschließlich der Membranen. Es handelt sich in der Biologie aber keineswegs um feste, starre Formen wie die einer kompakten Pfeife, sondern – wieder im Vergleich – um variable

„Tonpfeifen“, in denen der Ton durch seine eigene Kraftwirkung auch auf die Begrenzungen sogar die Ränder der Pfeife verändern kann und dadurch auch die variablen Begrenzungen selbst wiederum auf den Ton dynamisch zurückwirken. Die Biologie wird damit einzigartig: Weder Feld noch Materie allein sind in der Lage, die diffizile organisatorische Aufgabe der Lebensfunktionen zu übernehmen. Feld und Materie sind in gewisser Weise „verheiratet“. Sie stützten sich gegenseitig ab, schaukeln sich auf, um in ihrer extrem sensiblen, essenziellen und fundamentalen Rückkopplung das Lebewesen gegen äußere Störungen zu schützen und gleichzeitig äußere Einflüsse mit höchster Empfindlichkeit wahrzunehmen und darauf zu reagieren. Es fällt nicht schwer, diesen ganzheitlichen Charakter auf das gesamte System eines Lebewesens auszudehnen. Nicht nur einzelne Zellen, sondern auch Verbände von Zellen formen in gleicher Weise solche Hohlraumstrukturen, die als Leitungsbahnen (Wellenleiter) ausgelegt sein können. Vermittelt durch den elementaren Resonator im Zellkern, die DNA, etablieren sich in diesem Konzert stehender Wellen Strukturen aller Art, Kügelchen, Ellipsoide, Wellenleiter, tubenförmige Röhren, Gestalten aller nur denkbaren Formen und Größen, immer im Einklang mit den vorhandenen, von allen Teilen und insbesondere der DNA bestimmten „Randbedingungen“, die sich zudem auch stetig verändern können. Daraus entstehen die Formen, Gestalten und Größen von Lebewesen. Das Prinzip, das für die einzelne Zelle gilt, setzt sich über den gesamten Organismus bis zum ausgewachsenen Zustand fort, um als Antennen- und Resonatorsystem einzigartige Einheiten zu bilden nach holographischen und fraktalen Prinzipien, teilweise raum-zeitlich ineinander verschachtelt, wie wir das zum Beispiel von Zwiebelchalen oder „russischen Puppen“ kennen.

Uns wurde schon in Marburg klar, dass es sich hier um jene Biophotonen handelt, die wir um 1976 wiederentdeckt hatten, nachdem Alexander Gurwitsch, der Entdecker der „mitogenetischen Strahlung“, die Grundlagen zur Erforschung und zum Verständnis dieser Strahlung bereits in den 30er Jahren des 20. Jahrhunderts gelegt hatte.

3.4 Ein Satz zur Messbarkeit

Es gibt keine Möglichkeit, die Felder direkt zu messen. Kein technisches Messinstrument könnte in eine Zelle passen. Die geläufigen Sonden zur Messung elektromagnetischer Felder sind mit Volumina in der Größenordnung von Kubikzentimetern milliardenmal größer als das Volumen einer Zelle. Die Biologie ist der Technik milliardenfach überlegen. Die Zelle selbst und ihre Bestandteile wird so zum perfekten Detektor, der gleichzeitig sendet und empfängt, dessen Sprache und dessen Handeln im Resonanz-Dialog mit allen aktiv anregbaren Strukturen weit über die Grenzen der eigenen Hüllen hinaus besteht. Der Wissenschaftler steht teilweise vor verschlossenen Türen. Selbst dann, wenn es durch technische Fortschritte eines Tages möglich sein sollte, eine passende Sonde in die Zelle einzuführen, würde sie sofort das Feldmuster zerstören, das es zu messen

gilt. Bei Berücksichtigung der Frequenzen oder Wellenlängen, die – wie Tabelle 3.1 zeigt – für eine einzige Zelle durchweg im optischen Bereich des Spektrums liegen, besteht die einzige Messmöglichkeit darin, Photonenmessgeräte vor die Zelle zu stellen und jene Lichtteilchen zu registrieren, die immer dann aus der Zelle heraustreten, wenn das gespeicherte Feld der Zelle seine Wellen nach außen abgibt, gezwungenermaßen, aber auch aus dem Bedürfnis der Kommunikation. Man denke an die Töne, die den akustischen Feldern einer Pfeife entstammen. Zweckgebundenheit, Freude oder Notwendigkeit schließen sich dabei nicht aus. Der messbare Biophotonenstrom muss im Einklang zur Hypothese stehen, so zum Beispiel Veränderungen beim Zellwachstum widerspiegeln. Wir stellten natürlich auch klare Übereinstimmungen zwischen der spektralen Zusammensetzung der Biophotonen und den Spektren der verschiedenen Moden fest.

Nun ist es Zeit, auf die Eigenschaften der Biophotonen einzugehen, soweit sie bis 1987 bekannt geworden sind. Im nächsten Kapitel setze ich die Berichterstattung bis zu den aufregenden Ergebnissen der Gegenwart weiter fort. Die historische und wissenschaftliche Entwicklung dieses Gebietes liefert nach meiner Meinung eine nahezu lückenlose Quelle zum Verständnis nicht nur biologischer Phänomene, sondern auch ihrer Bedeutung für eine moderne Medizin.

3.5 Geschichte der Biophotonen

Eine ausführliche geschichtliche Darstellung der Biophotonen und der Zusammenhänge zu einer Vielfalt philosophischer, biologischer und medizinischer Fragestellungen unserer Zeit findet sich in dem populärwissenschaftlichen Bestseller des Schweizer Wissenschaftspublizisten Marco Bischof [5].

In den 1920er Jahren entdeckte A. G. Gurwitsch, dass die Spitze einer Zwiebelwurzel die Zellen des Schafts einer benachbarten zweiten Wurzel zur Zellteilung anregt, wenn man sie längere Zeit in der Nähe dieser Zellen belässt. Eine Trennscheibe aus normalem Glas, das ultraviolette (UV-)Licht absorbiert, hebt den zellteilungsauslösenden Effekt auf, nicht aber eine solche aus UV-durchlässigem Quarzglas. Abb. 3.3 zeigt den berühmten „Grundversuch“ Gurwitschs.

Gurwitsch postulierte deshalb mitoseauslösende („mitogenetische“) Zellstrahlung im UV-Bereich [15–19].

Die Gurwitsch-Versuche bestätigte unter anderen der spätere Nobelpreisträger in Physik, Entdecker des Prinzips der Holographie, D. Gabor, in seinem Labor in Berlin-Siemensstadt [49].

Doch es gab auch Kritik, insbesondere deshalb, weil sich diese schwache Strahlung mit den damaligen Detektormethoden physikalisch nicht signifikant nachweisen ließ. Die „Gurwitsch-Strahlung“ gelangte bald in den Ruf, ein „Dreckeffekt“ zu sein: ein Resultat nicht genügend sorgfältiger Experimente.