

Was ist Leben?

Der Einfluss des Buches von Schrödinger auf die Entwicklung der Molekularbiologie

Erfan Kasraie

Institut für Philosophie, Universität Kassel

erfankasraie@student.uni-kassel.de

Wo und was sind die Grenzen zwischen „lebend“ und „nichtlebend“? Was macht überhaupt ein System lebendig? Ist der Mensch eine thermodynamische Maschine? Kann man die Aktivitäten eines Lebewesens mit Hilfe der physikalischen Gesetze erklären? All diese Fragen sind teils schwierig zu beantworten. Man kann sich jedoch dem geheimnisvollen Phänomen des Lebens von verschiedenen Seiten annähern. Biologisch, philosophisch, chemisch und sogar physikalisch, wie es Erwin Schrödinger, der berühmte Physiker und Nobelpreisträger gemacht hat. Was aus physikalischer Sicht in lebenden Zellen abläuft ist jedoch umstritten. Wir wissen, was physikalisch drin passiert, aber wissen wir immer noch nicht, was ein System lebendig macht.

1. Die Hintergrundgeschichte des Buches von Erwin Schrödinger

Historische Betrachtungsweise geht das Buch „Was ist Leben?“ auf einen Vortrag zurück, den Erwin Schrödinger im Februar 1943 vor einem Laienpublikum gehalten hat. Um zu erfahren, wie Schrödinger überhaupt auf die Frage nach der Natur des Lebens gestoßen ist, muss man zunächst seine Kindheit betrachten. Er schreibt in seiner Autobiographie mit dem Titel "Mein Leben, meine Weltansicht", dass er unter dem Einfluss seines Vaters gewesen sei.

Meine Kindheit und Jugend (1887 bis etwa 1910, auch darüber hinaus) stand vor allem unter dem Einfluß meines Vaters. (Schrödinger ,1985)

Unter des Vaters Anregung befasste sich der Gymnasiast auch mit der damals noch „mit Verbot belegten“ Darwinschen Abstammungslehre. Auch dieses Interesse sollte in seinen Vorträgen über den Ursprung des Lebens, die er im Februar 1943 am Dubliner Trinity College hielt, wieder aufleben. In seinem 1944 geschriebenen Buch *What is Life?*, welches seitdem immer wieder neu aufgelegt wurde, Schrödinger selbst hatte – mit Rückgriff auf einen 1932 schon in Berlin gehaltenen Vortrag – im Februar 1943 in Dublin vor etwa 400 Zuhörern eine Reihe von öffentlichen Vorträgen über *Was ist Leben?* gehalten, in denen er „die lebende Zelle mit den Augen des Physikers betrachtete“. Später gab er sie auch in Buchform heraus. (Karl von Meyenn, 2011)

Trotzdem wurde ein wesentlicher Grundstein zum Buch „Was ist Leben?“ im Jahr 1932 gelegt. Diese Idee geht angeblich auf einen Vortrag zurück, den Niels Bohr im Jahr 1932 in seinem Vortrag „Licht und Leben“ gehalten hat.

In diesem Vortrag bezweifelte Bohr, dass die Erscheinungen des Lebens allein auf Chemie und Physik reduzierbar seien. (R. Krebl, 2006)

In der Geschichte der Philosophie sollen sich drei große Philosophen mit der Frage „Was ist Leben?“ beschäftigt haben. Aristoteles, Descartes und Kant.

In *De anima* („Über die Seele“) postuliert Aristoteles, dass Leben eine verschachtelte Hierarchie von Funktionen wie Stoffwechsel oder Bewegung ist. Dieses Gebäude aus voneinander abhängigen Funktionen verband er auch mit der Seele, den Geistesfunktionen. Der französische Philosoph und Mathematiker Descartes fasste das Leben mechanisch auf: Lebewesen sah er als komplexe Maschinen an. Geist und Körper sind nach dieser Auffassung strikt voneinander getrennt. Im 18. Jahrhundert tat sich der deutsche Philosoph Kant mit der mechanistischen Sichtweise Descartes' schwer. Kant stellte völlig zu Recht fest, dass die Teile einer Maschine zwar füreinander, aber nicht durch einander geschaffen sind. Die Maschinenteile arbeiten zusammen, um etwas zu bewirken, aber eine Maschine konstruiert sich nicht selbst. In

lebenden Organismen läuft das ganz anders: Jeder Bestandteil ist sowohl Ursache als auch Folge, sowohl Mittel als auch Zweck. (Schrauwert, 2013)

Die lebende Organismen wird von Kant in seinem berühmten Buch „Kritik der Urteilskraft“ (1790) als selbstorganisierte Wesen bezeichnet. Er meinte damit, dass ein lebender Organismus ein selbstorganisiertes System sei, das natürliche Ziele habe.

Der vierte historische Versuch, auf der Suche nach einem Antwort auf die Frage „Was ist Leben?“ wurde von Schrödinger durchgeführt.

In seinem Buch versuchte er die Fragen nach dem „Was“ zu beantworten: „Was ist ein Naturgesetz?“ „Was ist Materie?“ und vor allem „Was ist Leben?“ Die Zeit, zu der seine Diskussion dieser letzten Frage auf dem Buchmarkt erschien, konnte nicht günstiger sein. Der Zweite Weltkrieg ging zu Ende, und viele Physiker hatten nach der Entwicklung der Atombombe das Interesse an ihrer Wissenschaft verloren. Sie suchten nun nach einer neuen Herausforderung, und genau die bot Schrödingers Buch. (Fischer, 1993)

2. Essentielle Eigenschaften des Lebens aus biologischen Sicht im Vergleich zur physikalischen Ansicht von Schrödinger

Der Mensch besteht aus Elementen, so wie auch ein Stein daraus besteht. Schrödinger argumentiert, was für Eigenschaften in den Elementen eines lebendigen Systems sind, die zum Beispiel in einem Stein nicht existieren. In einfacher Weise versuchte er die Eigenschaften der lebenden Zellen aus der Sicht der Physik zu erklären. Dabei wurde von ihm auf zwei Aspekte geachtet:

- Erstens: Wie wird die genetische Informationen bzw. Erbinformationen in einem Molekül gespeichert?

- Zweitens: Ob das Phänomen des Lebens dem zweiten Gesetz der Thermodynamik, dem der stetig wachsenden Entropie entspricht.

Aus der Sicht von Schrödinger ist das Leben ein geordnetes Verhalten der Materie, das im Gegensatz zur Thermodynamik der Vorgänge, zum Teil auf einer bestehenden Ordnung beruht, die beibehalten bleibt.

Worauf Schrödinger sich konzentriert und was er für wichtig hält, ist Bewusstsein eines lebenden Systems. Er schreibt in seinem Buch „Mein Leben, meine Weltansicht“:

Mein bewusstes Leben hängt an einer bestimmten Beschaffenheit und Funktionsweise meines Soma und insbesondere meines Zentralnervensystems. Dies aber stehen in direkten ursächlichem und genetischem Zusammenhang mit Bau und Funktionsweise früher existierender Somata, welche alle auch mit bewusstem geistigem Leben verknüpft waren. Warum kommt gerade dieser Zwischenstufe in der Hierarchie der einander übergeordneten Einheiten: Zelle , Organ, Menschenleib , Menschenstaat. Warum, frage ich, kommt gerade meinem Leib einheitliches Ich-Bewußtsein zu, hingegen der Zelle, dem Organ noch nicht, dem Menschenstaat nicht mehr? Oder wenn dem nicht so ist: Wie setzt sich mein Ich aus den einzelnen Ichs meiner Gehirnzellen zusammen?
(Schrödinger , 1985)

Nach Schrödinger ist Leben ein System, das in der Lage ist, den zweiten Gesetz der Thermodynamik zu bändigen. Der zweite Hauptsatz der Thermodynamik ist eines der grundlegendsten physikalischen Gesetze und kann als das Prinzip der Irreversibilität bezeichnet werden. In der Fachliteratur gibt es verschiedene Definitionen dafür. Bei der üblichen Definition handelt es sich um die Tendenz eines Systems zur Erhöhung der Unordnung. Aus thermodynamischer Sicht ist Leben ein System, das angeblich einen Strom von Ordnung auf sich zieht um den höchsten Unordnungsgrad bzw. den Zustand maximaler Entropie zu vertagen.

Diese Fähigkeit setzt er mit der Anwesenheit der Chromosomen oder „aperiodischen festen Körper“ in Zusammenhang, „die zweifellos den höchsten uns bekannten Ordnungsgrad von Atomverbindungen zeigen, bedeutend höher als bei den normalen periodischen Kristallen“. In den aperiodischen Molekülen spiele nämlich, anders als in Kristallen, die Position der einzelnen Atome eine große Rolle. (Schrauwers, 2013)

Anstatt des Begriffs “Entropie” verwendet Schrödinger in seinem Buch Was ist Leben , den Begriff negative Entropie.

Schrödinger meinte damit, dass Leben etwas sei, das sozusagen Entropie exportiert und seine eigene Entropie minimal hält. Mit anderen Worten hat Negentropie-Import die gleiche Bedeutung wie Entropie-Export. Zusammenfassend bezeichnet Schrödinger Leben als etwas, das negative Entropie aufnimmt und besser gesagt „speichert“.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Schrödinger meinte, dass die Lebenserhaltung ein ständiger Strom von Negentropie (ungeordneter Energie) in die Ordnung eines lebenden Systems sei.

3. Der Einfluss des Buches von Schrödinger auf die Entwicklung der Molekularbiologie

Einfluss eines Wissenschaftlers auf die anderen Bereiche der Wissenschaft außer seinem eigenen Gebiet ist kein seltenes Problem in der Wissenschaftsgeschichte. Sowie Schrödinger, der die zukünftige Entwicklung der Molekularbiologie beeinflusst hat.

Die meisten Wissenschaftshistoriker sind der Meinung, dass Schrödinger den Weg für die Entwicklung der Molekularbiologie bereitete und Crick, Watson, und Maurice Wilkins (ein neuseeländischer Physiker und Nobelpreisträger im 1962) irgendwie unter dem Einfluss von Schrödinger gewesen seien.

Neville Symonds schreibt in seinem Artikel mit dem Titel "Schrödinger's Influence on Biology":

"What is Life" had little direct influence either in recruiting physicist or chemists into biology, or in affecting the direction taken by research in molecular biology. Did the book have any real influence then? Is there any truth to the myth of its importance? I think the answer is yes. But that influence was after 1953, rather than before, and more indirect than direct. (Symonds, 1986)

James D. Watson soll nach dem Durchlesen des Buches von Schrödinger begonnen haben, sich für „das Gen“ zu interessieren.

Das Gen als Grundlage des Lebens“, schreibt er, „war eindeutig ein viel wichtigerer Gegenstand als der Vogelzug, über den ich vorher nicht genug lesen und lernen konnte.“ In Lurias Labor traf er Delbrück. Dieser hatte seinen Besuch angekündigt, und Watson sah dem mit großer Spannung entgegen, denn Delbrück war für ihn seit Schrödingers Buch eine legendäre Figur (Knippers, 2011)

In einem Schreiben vom 12. August 1953 an Schrödinger hat Francis Crick die Bedeutung des Buches für die Entdeckung der Doppelhelix hervorgehoben:

"Watson and I were once discussing how we came to enter the field of molecular biology, and we discovered that we had both been influenced by your little book, What is Life?" (Karl von Meyenn, 2011)

Dem Neuseeländer Maurice Wilkins ist im Jahr 1951 die ersten Röntgenstrukturaufnahmen der DNA gelungen. Auf der Basis dieser Aufnahmen haben Watson und Crick ihre Modellvorstellung der DNA-Doppelhelixstruktur entworfen. Wilkins schreibt in seiner Autobiografie mit dem Titel „The Third Man of the Double Helix“:

"I was attracted by Schrödinger's thinking in What is Life? He wrote about a gene being an aperiodic crystal, and that connected directly with my PhD research where electrons moved freely in perfect crystals. Schrödinger used the language of physicists and that stimulated me, as a physicist, to persevere with his book and its introduction to

genetics, and to decide that this was the general area that I wanted to explore as a 'biophysicist' (Wilkins, 2003)

4. Kritiken und Kommentare zum Buch „Was ist Leben“?

Trotz des großen Einflusses, den Schrödingers Ideen erwiesenermaßen auf die Entwicklung der Molekularbiologie ausübten, wurden sie auch von vielen Fachgenossen kritisiert. Max Delbrück bemerkte (in einem Schreiben an Pauli vom 10. Oktober 1958), dass seine mit Nikolai Timoféeff-Ressowski und Karl Zimmer durchgeführten Mutations-Experimente „später von Schrödinger in peinlicher Weise popularisiert worden“ seien. (Karl von Meyenn, 2011)

Einstein machte nach dem Lesen des Buches deutlich, dass es noch viele offene Fragen gebe. Er teilte Schrödinger am 20. Mai 1946 seinen Eindruck mit:

„Dein Büchlein über das Leben fand ich sehr interessant, überzeugend, soweit es die Gene betrifft, die treffend mit dem Molekül verglichen werden. Aber der Sprung von dieser mikrographisch fingierten Eigenart zu den damit verkoppelten nicht umkehrbaren Abläufen im lebenden Geschöpf bleibt rätselhaft.“ (Karl von Meyenn, 2011)

Schrödinger war über die zwei Versuche von 1943 nicht informiert. Er hatte keine Ahnung von der Arbeit von Luria und Delbrück im Jahr 1943 und wusste nicht, dass die Bakterien wegen einer spontanen Mutation resistent geworden waren. Außerdem hatte er keine Informationen über die Arbeit von Oswald Avery und wusste auch nicht, dass Gene aus DNS (Desoxyribonukleinsäure) bestehen.

René Schils fasst in seinem Buch „How James Watt Invented the Copier“ die Kritiken zum Buch „Was ist Leben“? folgendermaßen zusammen.

„Schrödinger thought that the gene was a protein in which each atom, radical and heterocyclic, ring played an individual role. Because he was not a biologist himself, he had to rely on the work of others, and drew particularly heavily on earlier work by the three-man ship Timoféeff-Ressovsky, Zimmer, and Delbrück. In fact, his description of the gene is simply a reformulation of Delbrück's suggestion that a gene is a polymer, built up of recurring identical structures.“

Schils erzählt weiter:

„This was not the only criticism of the book. The content was already obsolete when it was published, because Schrödinger had unfortunately spoken to the wrong biologists, who still believed that genes consisted of proteins. Some months previously, Oswald Avery had discovered that genes consist of DNA, but Schrödinger was not yet aware of that. He had also been unaware of other contemporary developments, such as the use of phages in pursuing the structure of DNA. Max Perutz, winner of the Nobel Prize for Chemistry, summed up the criticism by saying: “What was true in the book was not original, and most of what was original, was not true.” (R. Schils, 2012)

Quellen:

- [1] Erwin Schrödinger , Mein Leben, meine Weltansicht, mit einem Vorwort von Auguste Dick ,Wien Hamburg Zsolnay, 1985
- [2] Karl von Meyenn, Eine Entdeckung von ganz außerordentlicher Tragweite,2011
- [3] Schrauwers, Arno, and Bert Poolman. "Was ist Leben?." Synthetische Biologie. Springer Berlin Heidelberg, 2013
- [4] Horace Freeland Judson, The Eighth Day of Creation: Makers of the Revolution in Biology , 2004
- [5] Maurice Wilkins: The Third Man of the Double Helix: An Autobiography, 2003
- [6]Neville Symonds,. 'What Is Life? : Schrödinger's Influence on Biology'. The Quarterly Review of Biology, 1986
- [7] R. Krebl, R. Smieskol, M. Thiesen und P. Valder, Erwin Schrödinger „Was ist Leben?“ und die Anwendung seiner Thesen auf die Wirtschaft, , 2006
- [8] Rolf Knippers, Eine kurze Geschichte der Genetik, Springer Spektrum 2011
- [9] Schrödinger, Erwin. Was ist Leben?: die lebende Zelle mit den Augen des Physikers betrachtet. Vol. 1. Lehnen, 1951.
- [10] R. Schils, How James Watt Invented the Copier: Forgotten Inventions of Our Great Scientists, Springer , 2012
- [11] Fischer, Ernst Peter. „Was ist Leben?“-mehr als vierzig Jahre später." Einleitung zu Erwin SCHRÖDINGERS Was ist Leben (1993).