

WAS IST LEBEN?

*Die lebende Zelle
mit den Augen des Physikers
betrachtet*

Von

ERWIN SCHRÖDINGER

Senior Professor am
Dublin Institute for Advanced Studies

A. FRANCKE AG. VERLAG BERN

INHALT

Vorwort 7

Erstes Kapitel

Der Weg des klassischen Physikers zum Thema 9

I. Allgemeiner Charakter und Absicht unserer Untersuchung. 2. Statistische Physik. Der fundamentale Strukturunterschied. 3. Der Weg des naiven Physiker? zum Thema. 4. Warum sind die Atome so klein? 5. Das Funktionieren eines Organismus verlangt exakte physikalische Gesetze. 6. Physikalische Gesetze beruhen auf der Atomstatistik und sind daher nur annäherungsweise genau. 7. Ihre Genauigkeit beruht auf der grossen Zahl der beteiligten Atome. Erstes Beispiel (Paramagnetismus). 8. Zweites Beispiel (Brownsche Bewegung, Diffusion). 9. Drittes Beispiel (Grenzen der Messgenauigkeit). 10. Die y-Regel.

Zweites Kapitel

Der Vererbungsmechanismus. 33

II. Die Erwartung des klassischen Physikers, weit von jeglicher Trivialität entfernt, ist falsch. 12. Der Vererbungscode (Chromosomen). 13. Körperwachstum durch Zellteilung (Mitose). 14. In der Mitose verdoppelt sich jedes Chromosom. 15. Reduktionsteilung (Meiose) und Befruchtung. 16. Haploide Individuen. 17. Die hervorragende Bedeutung der Reduktionsteilung. 18. «Crossing-over». Sitz der Eigenschaften. 19. Maximale Grösse eines Gens. 20. Kleine Zahlen. 21. Persistenz.

Drittes Kapitel

Mutationen. 54

22. «Sprungartige» Mutationen - das Arbeitsfeld natürlicher Selektion. 23. Sie lassen sich rein züchten, d. h. sie

werden vollständig vererbt. 24. Lokalisierung. Rezessivität und Dominanz 25. Etwas Fachsprache. 26. Die schädliche Wirkung der Inzucht. 27. Allgemeine und historische Bemerkungen. 28. Mutation ist notwendigerweise ein seltenes Ereignis. 29. Durch Röntgenstrahlen induzierte Mutationen. 30. Erstes Gesetz. Die Mutation ist ein Einzelereignis. 31. Zweites Gesetz. Lokalisierung des Ereignisses.

Viertes Kapitel

Das quantenmechanische Beweismaterial . . . 75

32. Die klassische Physik vermag die Persistenz nicht zu erklären. 33. Erklärung durch die Quantentheorie. 34. Quantentheorie - Unstetigkeiten - Quantensprünge. 35. Moleküle. 36. Ihre Stabilität ist von der Temperatur abhängig. 37. Mathematisches Zwischenspiel. 38. Erster Zusatz. 39. Zweiter Zusatz.

Fünftes Kapitel

Diskussion und Prüfung von Delbrücks Modell . 90

40. Das allgemeine Bild der Erbsubstanz. 41. Die Einzigartigkeit des Bildes. 42. Einige überlieferte MiGSverständnisse. 43. Verschiedene «Zustände» der Materie. 44. Der wirklich bedeutende Unterschied. 45. Der aperiodische feste Körper. 46. Die Mannigfaltigkeit des in den Miniaturcoc'le komprimierten Inhalts. 47. Vergleich mit Tatsachen: Stabilitätsgrad; Diskontinuität der Mutationen. 48. Stabilität natürlich ausgewählter Gene. 49. Die manchmal geringere Stabilität von Mutanten. 50. Die Temperatur beeinflusst instabile Gene weniger als stabile. 51. Wie Röntgenstrahlen die Mutation erzeugen. 52. Ihre Wirksamkeit hängt nicht von spontaner Instabilität ab. 53. Reversible Mutationen.

Sechstes Kapitel

Ordnung, Unordnung und Entropie 107

54. Ein bemerkenswerter allgemeiner Schluss aus dem Modell. 55. Ordnung beruht auf Ordnung. 56. Lebende Materie weicht dem Verfall ins Gleichgewicht aus. 57. Sie ernährt sich aus «negativer Entropie» 58. Was ist Entropie? 59. Die statistische Bedeutung der Entropie. 60. Organisation wird aufrechterhalten durch Entnahme von «Ordnung» aus der Umwelt.

Siebentes Kapitel

Ist Lehnt itif den Gesetzen der Physik gegründet? . 118

61. Im Organismus sind neue Gesetze zu erwarten.
 62. Übersicht über die biologische Situation 63. Zusammenfassung der physikalischen Situation. 64. Der auffallende Gegensatz. 65. Zwei Arten, Ordnung zu erzeugen. 66. Das neue Prinzip ist der Physik nicht fremd. 67. Die Bewegung einer Uhr. 68. Auch das Uhrwerk ist statistisch. 69. NERNST'S Theorem. 70. Ihrem Wesen nach ist die Pendeluhr am absoluten Nullpunkt. 71. Die Beziehung zwischen Uhrwerk und Organismus.

Epilog

Über Determinismus und Willensfreiheit ... 134

Tafeln

- I. Chromosomenpaare in Pollenmutterzellen zweier Spezies von *Tradescantia*.
 Geschrumpfte Chromosomen in Pollenkörnern von *Fritillaria pudica*.
- II Chromosomen einer Körperzelle von *Drosophila*.
- III. Zwölf Chromosomenpaare in einer Pollenmutterzelle einer Lilie *Fritillaria chitralensis*.
- IV. Kuhencle Kern einer Speicheldrüsenzelle der Fliege *Drosophila melanogaster*.