

# WAS IST LEBEN?

*Die lebende Zelle  
mit den Augen des Physikers  
betrachtet*

VON

ERWIN SCHROEDINGER

SENIOR PROFESSOR AM  
DUBLIN INSTITUTE FOR ADVANCED STUDIES

Mit 12 Abbildungen im Text  
und 4 teils mehrfarbigen Tafeln

A. FRANCKE AG. VERLAG BERN

# INHALTSVERZEICHNIS

Vorwort	7
Erstes Kapitel: <i>Der Lösungsversuch des klassischen Physikers</i>	9
I. Allgemeiner Charakter und Ziel unserer Untersuchung S. 9 — 2. Die statistische Physik — Der grundlegende Unterschied im Aufbau S. 10 — 3. Der Lösungsversuch des unvoreingenommenen Physikers S. 13 — 4. "Warum sind die Atome so klein S. 14 — 5. Das Funktionieren eines Organismus verlangt exakte physikalische Gesetze S. 17 — 6. Physikalische Gesetze beruhen auf der Atomstatistik und sind daher nur annäherungsweise genau S. 19 — 7. Ihre Genauigkeit beruht auf der großen Zahl der beteiligten Atome. Erstes Beispiel (Paramagnetismus) S. 19 — 8. Zweites Beispiel (Brownische Bewegung, Diffusion) S. 22 — 9. Drittes Beispiel (Grenzen der Meßgenauigkeit) S. 26 — 10. Die V n-Regel S. 28	
Zweites Kapitel: <i>Der Vererbungsmechanismus</i>	30
II. Die Erwartung des klassischen Pysikers ist keineswegs selbstverständlich; sie ist sogar falsch S. 30 — 12. Die Schlüsselschrift der Vererbung (Die Chromosomen) S. 32 — 13. Körperwachstum durch Zellteilung (Mitose) S. 34 — 14. Bei der Zellteilung verdoppelt sich jedes Chromosom S. 35 — 15. Reduktionsteilung (Meiose) und Befruchtung S. 36 — 16. Haploide Individuen S. 38 — 17. Die hervorragende Bedeutung der Reduktionsteilung S. 40 — 18. „Crossing-over" Sitz der Merkmale S. 41 — 19. Die maximale Größe eines Gens S. 45 — 20. Kleine Zahlen S. 46 — 21. Die Beständigkeit S. 47	
Drittes Kapitel: <i>Mutationen</i>	49
22. „Sprungartige" Mutationen — das Wirkungsgebiet der natürlichen Zuchtwahl S. 49 — 23. Sie lassen sich rein züchten, d. h. sie werden vollständig vererbt S. 52 — 24. Lokalisierung, Rezessivität und Dominanz S. 53 — 25. Ein wenig Fachsprache S. 56 — 26. Die schädliche "Wirkung der Inzucht S. 57 — 27. Allgemeine und historische Bemerkungen S. 59 — 28. Die Mutation ist notwendigerweise ein seltenes Ereignis S. 61 — 29. Durch	

Röntgenstrahlen hervorgerufene Mutationen S. 62 — 30. Erstes Gesetz: Die Mutation ist ein Einzelereignis S. 63 — 31. Zweites Gesetz: Die Lokalisierung des Ereignisses S. 64

Viertes Kapitel: *Das quantenmechanische Beweismaterial* 67

32. Die klassische Physik vermag die Beständigkeit nicht zu erklären S. 67 — 33. Die Quantentheorie — Unstetigkeiten — Quantensprünge S. 70 — 35. Moleküle S. 72 — 36. Ihre Stabilität ist von der Temperatur abhängig S. 73 — 37. Mathematisches Zwischenspiel S. 74 — 38. Erste Berichtigung S. 75 — 39. Zweite Berichtigung S. 76

Fünftes Kapitel: *Besprechung und Prüfung von Delbrücks Modell* 80

40. Das allgemeine Bild der Erbsubstanz S. 80 — 41. Die Einzigartigkeit des Bildes S. 81 — 42. Einige überlieferte falsche Auffassungen S. 82 — 43. Verschiedene „Zustände“ der Materie S. 84 — 44. Der wirklich bedeutsame Unterschied S. 85 — 45. Der aperiodisch feste Körper S. 86 — 46. Die Mannigfaltigkeit des in den Miniaturschlüsseln komprimierten Inhalts S. 87 — 47. Vergleich mit Tatsachen: Stabilitätsgrad; Diskontinuität der Mutation S. 88 — 48. Stabile Gene durch natürliche Zuchtwahl S. 90 — 49. Die bisweilen geringere Stabilität der Mutation S. 91 — 50. Die Temperatur beeinflusst instabile Gene weniger als stabile S. 91 — 51. Wie Röntgenstrahlen die Mutation hervorrufen S. 92 — 52. Ihre Wirkung hängt nicht von einer spontanen Mutabilität ab S. 94 — 53. Umkehrbare Mutationen S. 94

Sechstes Kapitel: *Ordnung, Unordnung und Entropie* 95

54. Eine bemerkenswerte allgemeine Schlußfolgerung aus dem Modell S. 95 — 55. Ordnung beruht auf Ordnung S. 96 — 56. Die lebende Materie entzieht sich dem Abfall in den Gleichgewichtszustand S. 98 — 57. Sie ernährt sich aus „negativer Entropie“ S. 99 — 58. Was ist Entropie? S. 101 — 59. Die statistische Bedeutung der Entropie S. 102 — 60. Das Ordnungsgefüge wird durch Entnahme von „Ordnung“ aus der Umwelt aufrechterhalten S. 103 — Anmerkung zu Kapitel VI S. 105

Siebentes Kapitel: *Beruht Leben auf physikalischen Gesetzen?* 108

61. Im Organismus sind neue Gesetze zu erwarten S. 108 — 62. Ein Blick auf die biologische Sachlage

S. 109 — 63. Zusammenfassung der physikalischen Sachlage S. 110 — 64. Der auffallende Gegensatz S. 112 — 65. Zwei Arten, Ordnung zu erzeugen S. 113 — 66. Das neue Prinzip ist der Physik nicht fremd S. 114 — 67. Der Gang einer Uhr S. 116 — 68.- Das Uhrwerk ist doch statistisch S. 118 — 69. Das Nernstsche Theorem S. 119 — 70. Die Pendeluhr befindet sich im Grunde am absoluten Nullpunkt S. 120 — 71. Die Beziehung zwischen Uhrwerk und Organismus S. 120

Epilog	122
<i>Über Determinismus und Willensfreiheit</i>	122
Anmerkung zum Epilog S. 128	