

60

# Lecture Notes in Physics

Edited by H. Araki, Kyoto; J. Ehlers, München, K. Hepp, Zürich  
R. Kippenhahn, München, H. A. Weidenmüller, Heidelberg  
and J. Zittartz, Köln

200

H. D. Zeh



## Die Physik der Zeitrichtung

Bibliothek Angewandte Geowissenschaften  
(TU Darmstadt)



Springer-Verlag  
Berlin Heidelberg New York Tokyo 1984

| <u>Inhalt</u>  | Seite |
|--|-------|
| Einführung   | 1     |
| § 1 Zum physikalischen Zeitbegriff                                   | 5 ✓   |
| § 2 Der Strahlungs-Zeitpfeil   | 7     |
| 2.1 Retardierte und avancierte Form des Randwertproblems             | 8     |
| 2.2 Thermodynamische und kosmologische Eigenschaften von Absorbern   | 11    |
| 2.3 Strahlungsdämpfung   | 13    |
| 2.4 Die Absorbertheorie der Strahlung                                | 18    |
| § 3 Der thermodynamische Zeitpfeil                                   | 23    |
| 3.1 Ableitung klassischer Master-Gleichungen                         | 24    |
| 3.1.1 $\mu$ -Raum-Dynamik - Boltzmanns H-Theorem                     | 25    |
| 3.1.2 $\Gamma$ -Raum-Dynamik - Gibbs' Entropie                       | 28    |
| 3.2 Zwanzigs allgemeiner Formalismus der Master-Gleichungen          | 33    |
| 3.3 Thermodynamik und Information                                    | 38    |
| 3.4 Die Entstehung von Ordnung                                       | 42 ✓  |
| § 4 Der quantenmechanische Zeitpfeil                                 | 47    |
| 4.1 Die formale Analogie: Paulis Master-Gleichung                    | 47    |
| 4.2 Wahrscheinlichkeitsinterpretation und Kollaps der Wellenfunktion | 51    |
| 4.2.1 Messung und Quantenkorrelationen                               | 53    |
| 4.2.2 Irreversible 'Entstehung' makroskopischer Eigenschaften        | 56    |
| 4.3 Exponentieller Zerfall   | 60    |
| § 5 Der Zeitpfeil der Raum-Zeit-Struktur                             | 65    |
| 5.1 Die Expansion des Universums                                     | 65 ✓  |
| 5.2 Thermodynamik Schwarzer Löcher                                   | 69    |
| § 6 Die Quantisierung der Zeit                                       | 79 ✓  |
| Literatur  | 83    |