

Theorie 3 — Quantenmechanik

Covid-19 Maßnahmen

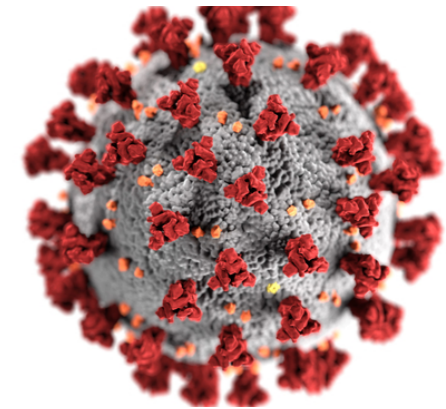
Kontakterfassung über JGU-App

3G-Regel

- Impfzertifikat (digital oder Papier); vollständige Impfung
- Positives PCR-Test-Ergebnis (> 28 Tage, < 6 Monate)
- PoC-Antigen-Test durch anerkannte Teststation (tagesaktuell oder Vortag); keine Selbsttests!

Maskenpflicht am Sitzplatz

- medizinische oder FFP2-Maske
- Befreiung aus medizinischen Gründen



Semesterübersicht

Vorlesungstermine:

Mittwoch 12:15 — 14:00, Freitag 8:30 — 10:00

Woche 1	20.10.	Vorlesung 1					Woche 8	8.12.	Vorlesung 14			
	22.10.	Vorlesung 2						10.12.	Vorlesung 15			
Woche 2	27.10.	Vorlesung 3		Ausgabe 1. Übungsblatt			Woche 9	15.12.	Vorlesung 16			
	29.10.	Vorlesung 4						17.12.	Vorlesung 17			
Woche 3	3.11.	Vorlesung 5		Abgabe 1. Übungsblatt			Woche 10	5.1.	Vorlesung 18			
	4.11.	Beginn der Übungsgruppen						7.1.	Vorlesung 19			
	5.11.	Vorlesung 6					Woche 11	12.1.	Vorlesung 20			
Woche 4	10.11.	Vorlesung 7						14.1.	Vorlesung 21			
	12.11.	Vorlesung fällt aus!					Woche 12	19.1.	Vorlesung 22	Ausgabe letztes Übungsblatt		
Woche 5	17.11.	Vorlesung 8						21.1.	Vorlesung 23			
	19.11.	Vorlesung 9					Woche 13	26.1.	Vorlesung 24	Abgabe letztes Übungsblatt		
Woche 6	24.11.	Vorlesung 10						28.1.	Vorlesung 25			
	26.11.	Vorlesung 11					Woche 14	2.2.	Vorlesung 26			
Woche 7	1.12.	Vorlesung 12						4.2.	Vorlesung 27			
	3.12.	Vorlesung 13					Klausur	18.2.		9:00—12:00		
								25.3.	Wiederholungs- / Alternativtermin			

Übungsgruppen

Gruppe	Ort	Zeit
1	Seminarraum F	Montag, 10:00-12:00
2	Seminarraum F	Donnerstag, 12:00-14:00
3	Seminarraum C	Freitag, 10:00-12:00
4	Seminarraum D	Freitag, 10:00-12:00



Übungsblatt 1:

- Ausgabe: Mittwoch, 27.10.2021
- Abgabe: Mittwoch, 3.11.2021 (Foyer, Institut für Kernphysik)
- Besprechung: 4.11. (Do) / 5.11. (Fr) / 8.11. (Mo)

Übungsaufgaben

Abgabe per Email:

- Alexander Segner alsegner@uni-mainz.de
- Betreffzeile: z.B.
“Theorie 3, Übungsblatt #4, Übungsgruppe Do 12—14”
- Schriftliche Abgabe im Institut für Kernphysik weiterhin möglich
- Bitte immer die Übungsgruppe angeben!

Weitere Infos

Klausurzulassung:

- 60% der Punkte aus Übungsblättern
- mindestens einmal an der Tafel vorrechnen

Oberassistent:

Alexander Segner alsegner@uni-mainz.de

LMS-Plattform:

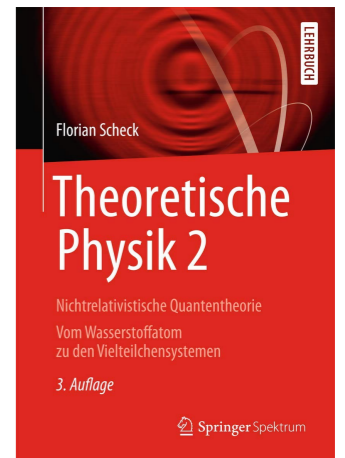
Scans der Vorlesungsnotizen

Übungsblätter

Literatur

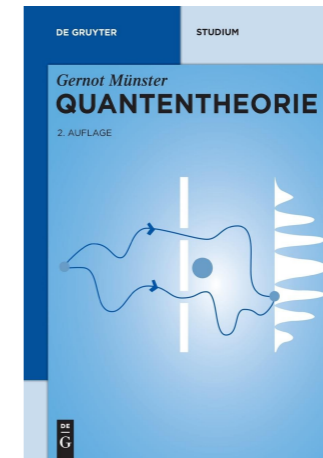
* **F. Scheck:**

“Theoretische Physik 2 — Nichtrelativistische Quantentheorie” (Springer)



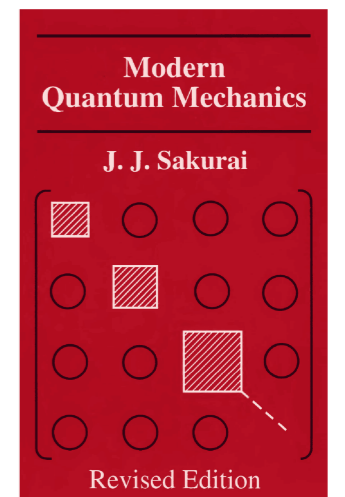
* **G. Münster:**

“Quantentheorie” (de Gruyter)



* **J.J. Sakurai:**

“Modern Quantum Mechanics” (Addison Wesley)



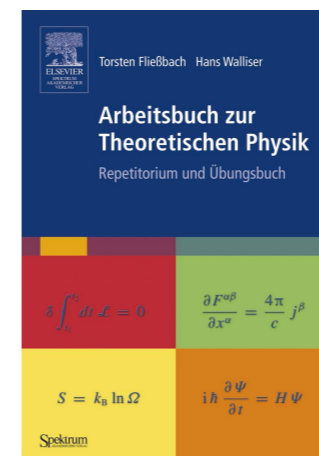
* **L.D. Landau, E.M. Lifschitz:**

“Lehrbuch der Theoretischen Physik 3” (Quantenmechanik) (Harry Deutsch)

* **T. Fließbach, H. Walliser:** “Arbeitsbuch zur Theoretischen Physik” (Spektrum)

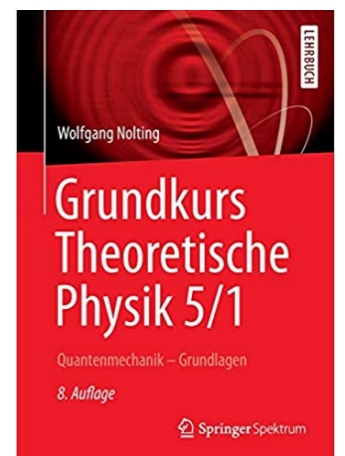
* **D.J. Griffiths, D.F. Schroeter:**

“Quantum Mechanics” (Pearson)



* **W. Nolting:**

“Grundkurs Theoretische Physik 5” (Springer)



Themenübersicht

- * **Grundlagen: Operatoren, Kommutatoren, Bewegungsgleichungen**
- * **Eindimensionale Probleme der Wellenmechanik**
- * **Darstellungen, Hilbertraum**
- * **Drehimpuls in der Quantenmechanik**
- * **Das Wasserstoffatom**
- * **Der Spin**
- * **Näherungsmethoden: Störungstheorie**
- * **Interpretation der Quantenmechanik**

Vorbemerkungen

Welle-Teilchen-Dualismus

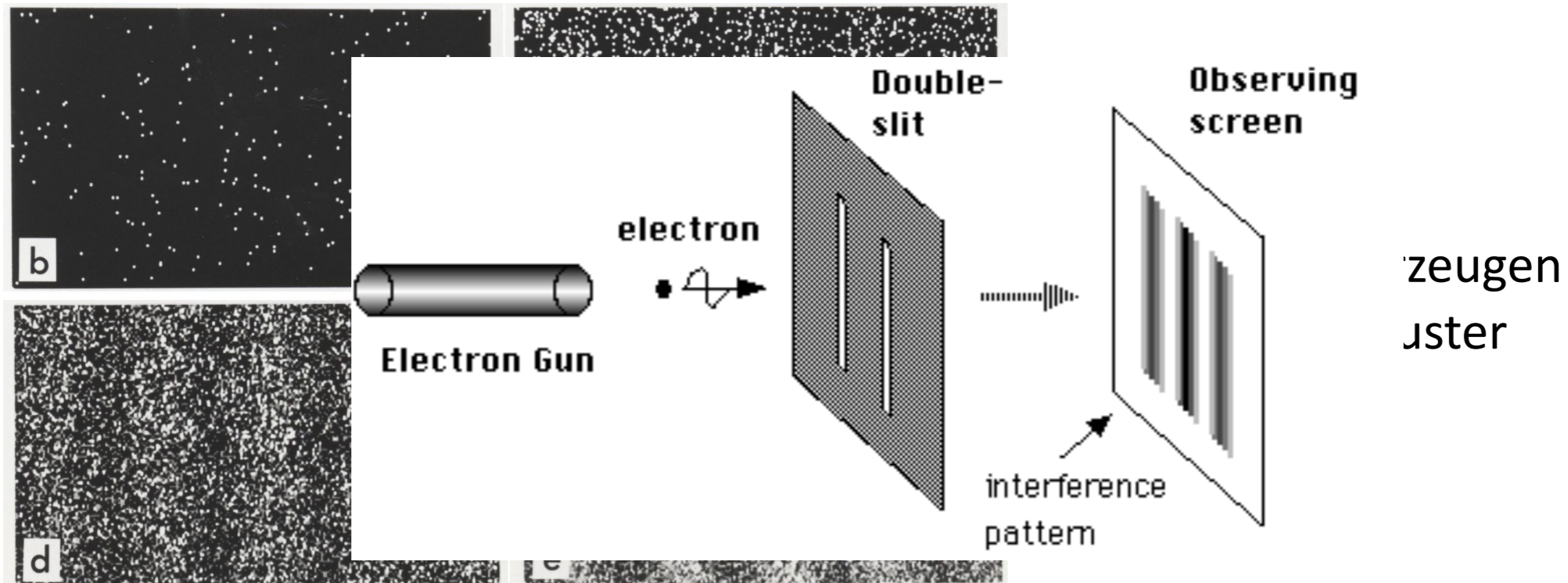
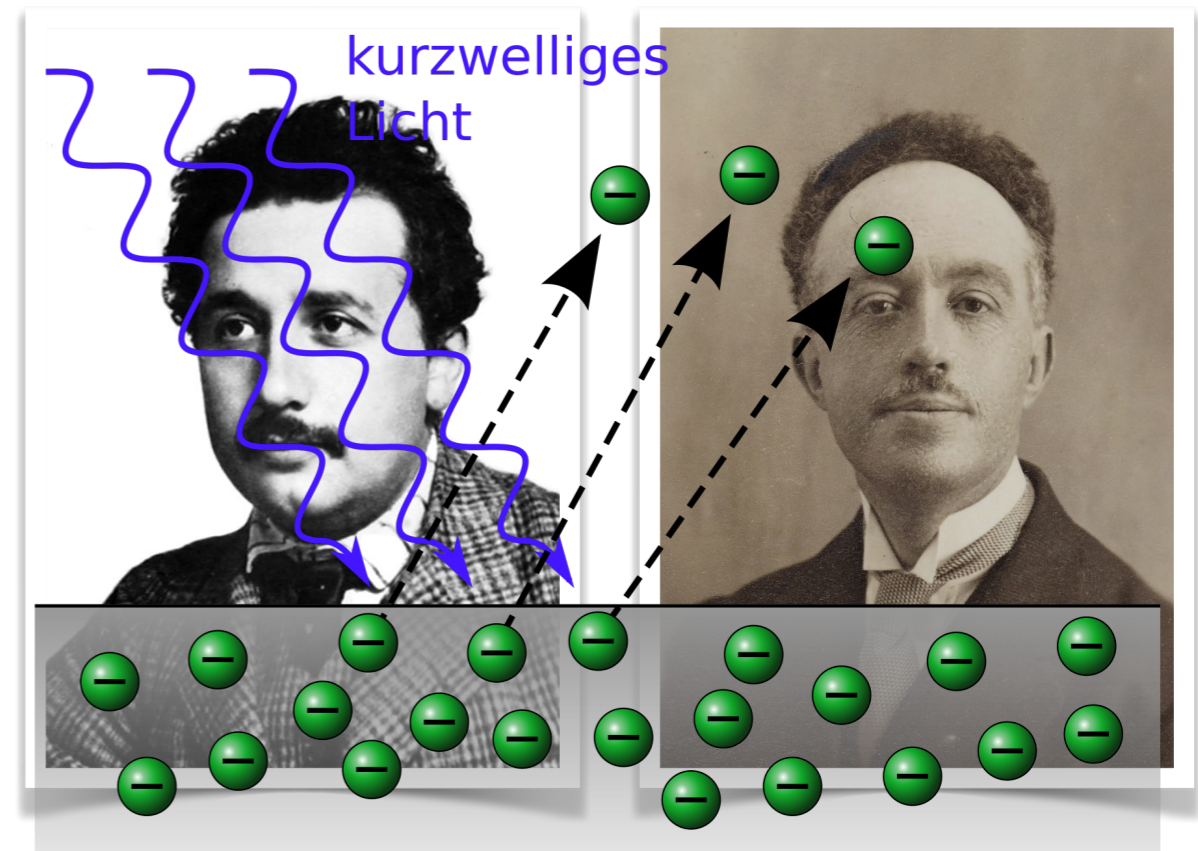
* Photoelektrischer Effekt

Licht hat Teilchen-Charakter

Photon-Energie: $E_\gamma = h \cdot \nu$

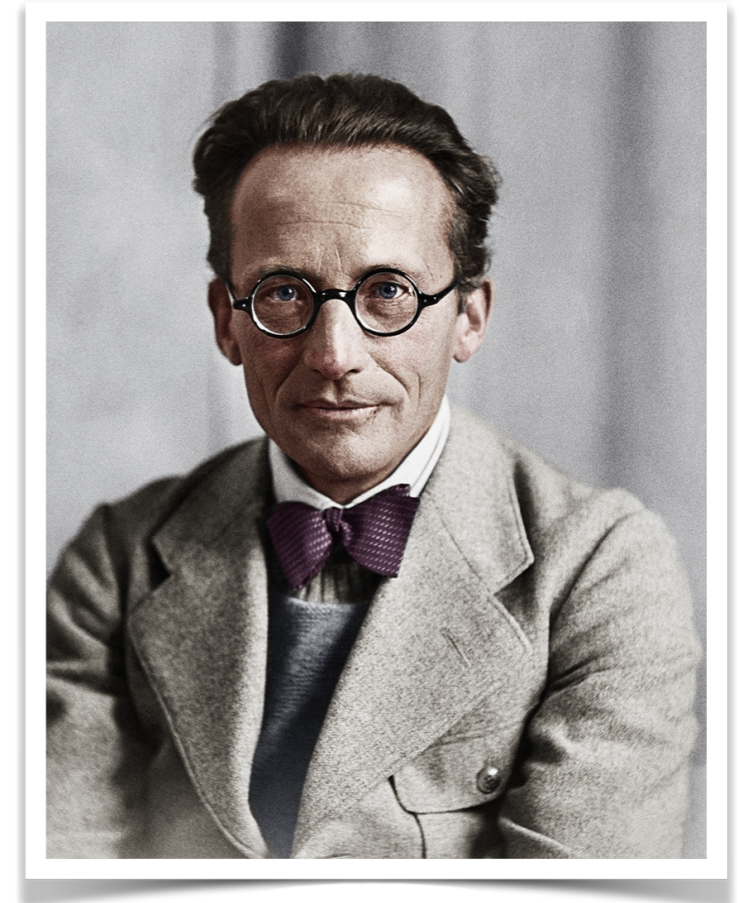
Photon-Impuls: $p_\gamma = \frac{h}{\lambda}$

* Doppelspalt-Experiment



Wellenmechanik

* Schrödingergleichung (1926)



$$i\hbar \frac{\partial}{\partial t} \Psi(\vec{x}, t) = \left\{ -\frac{\hbar^2 \vec{\nabla}^2}{2m} + V(\vec{x}, t) \right\} \Psi(\vec{x}, t)$$

Wellenfunktion

Hamilton-Operator

* Energiespekt

$$\hat{H}\psi_n(\vec{x}) = E_n \psi_n(\vec{x})$$

$$E_n = -\frac{1}{2n^2} \text{ eV}$$

1926.

№ 6.

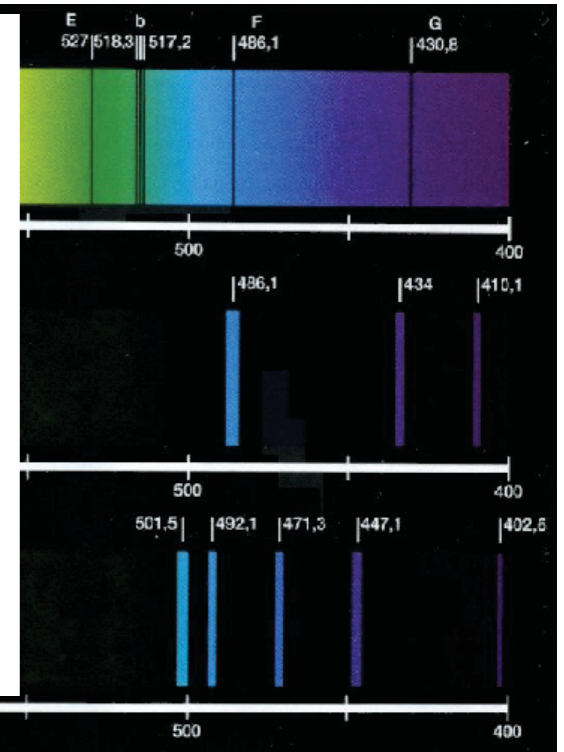
ANNALEN DER PHYSIK.

VIERTE FOLGE. BAND 79.

1. *Quantisierung als Eigenwertproblem;*
von E. Schrödinger.

(Zweite Mitteilung.)¹⁾

§ 1. Die Hamiltonsche Analogie zwischen Mechanik und Optik.



700 Helium ⁴He 600 500 400

Unschärferelation

- * Messgrößen werden durch lineare Operatoren beschrieben

Impuls: $\vec{p} \rightarrow \hat{\vec{p}} := -i\hbar\vec{\nabla}$

Energie: $E \rightarrow \hat{H} := -\frac{\hbar^2\vec{\nabla}^2}{2m} + V(\hat{x})$

- * Heisenbergsche Unschärferelation (1927)

$$(\Delta x)(\Delta p) \geq \frac{\hbar}{2}$$

$$[\hat{x}_j, \hat{p}_k] := \hat{x}_j\hat{p}_k - \hat{p}_k\hat{x}_j = i\hbar\delta_{jk}$$

$[\ast, \ast]$: Kommutator

- * Heisenberg-Gleichung:

$$\frac{d}{dt}\hat{O} = \frac{\partial\hat{O}}{\partial t} + \frac{i}{\hbar} [\hat{H}, \hat{O}]$$



Unschärferelation

- * Aufgrund der Unschärferelation $(\Delta x) (\Delta p) \geq \frac{\hbar}{2}$ verliert das Konzept einer klassischen Trajektorie $\vec{x}(t)$ ihren Sinn

- * Stattdessen bezeichnet

$$|\Psi(\vec{x}, t)|^2$$

die **Aufenthaltswahrscheinlichkeit** für ein Teilchen am Ort \vec{x} zur Zeit t

(Max Born, 1926)

- * “Kopenhagener Interpretation” der Quantenmechanik



Zustandsbegriff

- * Physikalische Zustände \longleftrightarrow Vektoren im Hilbertraum

“Bracket“-Schreibweise: $|\alpha\rangle, \quad |\alpha\rangle = \sum_n c_n^{(\alpha)} |n\rangle$

- * Entwicklung von beliebigen Zuständen $|\alpha\rangle$ nach Basisvektoren $|n\rangle$

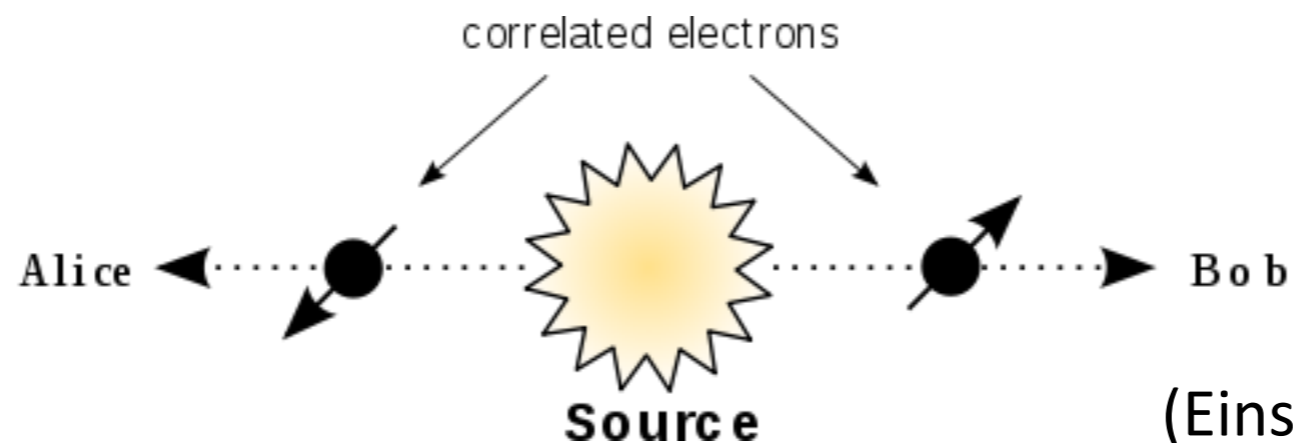


Interpretation der Quantenmechanik

- * Rolle des Messprozesses — “Kollaps der Wellenfunktion”



- * Langreichweitige Korrelation oder Widerspruch zur Relativitätstheorie?



(Einstein, Podolski & Rosen)