

# Errata zu „Quantenmechanik“

Oliver Tennert

12. September 2025

## Band I

- S. 1 Zeile 9 von unten muss beginnen mit „wurden neue Begriffe,...“
- S. 29 Zweite Zeile nach Gleichung (6.11): „Der Zustand  $E_1$  mit dem niedrigsten Energieniveau heißt“ soll heißen: „Der Zustand mit dem niedrigsten Energieniveau  $E_1$  heißt“
- S. 34 Gleichung (7.2) muss lauten (26.06.2024 Patrick Lootens):

$$v_{\text{phase}} = \frac{E}{p} = \frac{c^2}{v} > c,$$

- S. 44 2. Zeile nach Gleichung (8.21) muss lauten: „...in zeitunabhängigen Quantensystemen wieder.“
- S. 52 2. Zeile nach (9.21): die unnummerierte Gleichung des Prinzip von de Maupertius sollte beginnen:

$$0 \stackrel{!}{=} \delta \int_{q_1}^{q_2} \mathbf{p} \cdot d\mathbf{q} = \delta \int_{t_1}^{t_2} \frac{\partial L(\mathbf{q}, \dot{\mathbf{q}})}{\partial \dot{\mathbf{q}}} \dot{\mathbf{q}} dt$$

- S. 72 Zeile 6: „tratem“ muss „traten“ heißen. Außerdem in Zeile 7: „...oder Freeman Dyson an.[...]“
- S. 76 Dritter Absatz von unten, Zeilen 3–4: „massives relativistisches Punktteilchen“ sollte besser lauten: „massives ruhendes Punktteilchen“
- S. 86 Zeile 7: „Die Darstellung des Vektors...“ muss lauten: „Die Darstellung des Zustands...“
- S. 97 Zeilen 2 und 3 nach (13.30): „...wie weit bei einer Messung der physikalischen Größe  $A$  die gemessenen Eigenwerte  $a_i$  vom Erwartungswert  $\langle \hat{A} \rangle_\psi$  abweichen,...“ muss besser lauten: „...wie weit die Eigenwerte  $a_i$  einer Observablen  $\hat{A}$  vom Erwartungswert  $\langle \hat{A} \rangle_\psi$  abweichen,...“. (Denn erstens muss gar keine Messung stattfinden, zweitens ist der Satz auch noch doppelt gemoppelt.)

- S. 97 letzte Zeile in Axiom 4:  $\hat{P}_i$  muss zu  $\hat{P}_i^A$  werden.
- S. 99 Zeile nach (13.32):  $L^2[0, 1]$  muss zu  $L^2([0, 1])$  werden.
- S. 100 Zeilen 7–8: „Für den Ortsoperator  $\hat{x}$  gilt:  $\hat{x}$  ist sowohl in endlichen Intervallen  $[a, b]$  als auch in  $[-\infty, \infty]$  unbeschränkt und selbstadjungiert.“ muss lauten: „Für den Ortsoperator  $\hat{x}$  gilt:  $\hat{x}$  ist in  $L^2([a, b])$  beschränkt und selbstadjungiert und in  $L^2(\mathbb{R})$  unbeschränkt und selbstadjungiert.“
- S. 100 ab Zeile 9: Die Aufzählung sollte besser lauten:  
Für den Impulsoperator  $\hat{p}_x$  gilt:
  - $\hat{p}_x$  ist in  $L^2([a, b])$  symmetrisch, aber nicht selbstadjungiert.
  - $\hat{p}_x$  ist in  $L^2([a, b])$  mit der periodischen Randbedingung  $f(x) = f(x + b - a)$  selbstadjungiert.
  - $\hat{p}_x$  ist in  $L^2(\mathbb{R})$  selbstadjungiert.
- S. 124 Zeile 7–8: „...die „Alte Quantenmechanik“ ihr Anwendung fand...“ muss lauten: „die „Alte Quantentheorie“ ihre Anwendung fand...“.
- S. 125 In der ersten unnummerierten mehrzeiligen Gleichung nach der ersten Zeile fehlt in den ersten beiden Zeilen das Differential  $d^3 p$ .
- S. 185 Gleichung (24.52): rechts vom Zuordnungspfeil muss  $F(z-a)$  anstelle von  $f(z-a)$  stehen.
- S. 201 In der 2. Zeile von oben muss lauten: „freien Teilchens (25.5) dar:“. Der Rest muss gestrichen werden.
- S. 211 Gleichung (28.13) muss lauten:  $= -\langle \log \hat{\rho} \rangle$ . (Der Logarithmus fehlt.)
- S. 226 Zeile 9 von unten: das Wort „Elementen“ sollte durch „Segmenten“ ersetzt werden.
- S. 227 Dritte Zeile in Aufzählung (2): „Abschnitte“ sollte „Segmente“ heißen.
- S. 227 Abbildung 3.1 ist unvollständig. Sie sollte wie umseitig aussehen.
- S. 228 Zeile 5 vor dem unteren Aufzählungspunkt: das Wort „aus“ muss „auch“ lauten.
- S. 231 In der Zeile nach Gleichung (30.7) muss das Wort „sind“ durch das Wort „ist“ ersetzt werden.
- S. 283 In der unnummerierten Gleichung vor (35.9) muss die untere Summengrenze auf der linken Seite 2 sein, nicht 0:

$$\sum_{k=2}^{\infty} a_k k(k-1)q^{k-2} = \sum_{k=0}^{\infty} a_{k+2} (k+2)(k+1)q^k,$$

- S. 285 Zeile 1 von oben: das Wort „beziehungsweise“ muss ersatzlos gestrichen werden.

- S. 302 Gleichungen (38.17a/b): auf der rechten Seite sollte ein Identitätsoperator eingefügt werden:

$$\hat{b} := \hat{a} - \frac{F}{\sqrt{2m\hbar\omega^3}}\mathbb{1},$$

$$\hat{b}^\dagger := \hat{a}^\dagger - \frac{F}{\sqrt{2m\hbar\omega^3}}\mathbb{1}$$

- S. 305 Nicht direkt falsch, aber eigentlich unnötig ist es, bei der Betrachtung der unitären Zeitentwicklung kohärenter Zustände diesen mit  $|z_0\rangle$  zu bezeichnen anstelle mit  $|z\rangle$ . Von daher dürfen alle Vorkommen von  $z_0, x_0, p_0$  durch  $z, x, p$  ersetzt werden, wer will.
- S. 306 Die unnummerierte Gleichung überhalb von (38.33) sollte auf der rechten Seite noch Identitätsoperatoren besitzen. Außerdem genügt ein Gleichheitszeichen anstelle des Definitionszeichens:

$$\hat{b} = \hat{a} - z\mathbb{1},$$

$$\hat{b}^\dagger = \hat{a}^\dagger - z^*\mathbb{1},$$

- S. 310 Gleichung (38.54) muss lauten:

$$\langle n|z\rangle = e^{-|z|^2/2} \frac{z^n}{\sqrt{n!}} =: e^{-|z|^2/2} f_n(z).$$

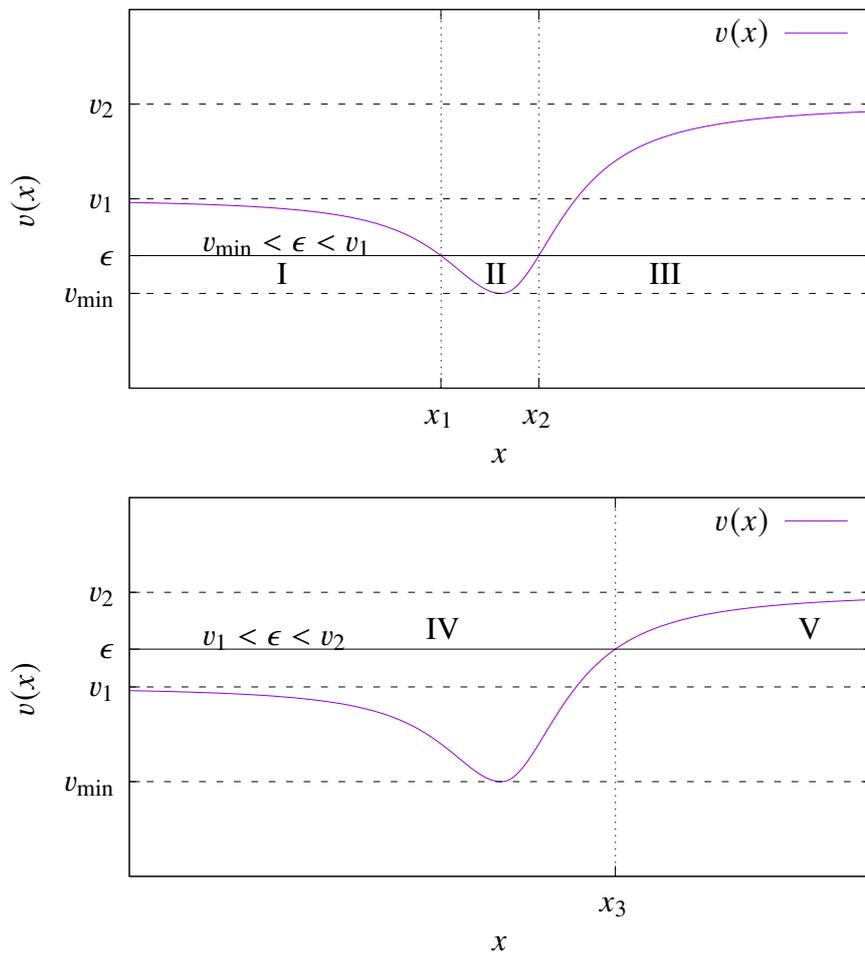
- S. 335 In dem Abschnitt beschränken wir uns – wenn wir mit den Bezeichnungen mit Abschnitt 40 konsistent sein wollen – auf Gebiet II, nicht Gebiet I. Entsprechende Ersetzungen sollten dann in Zeile 5 der ersten Minisection, in den Gleichungen (41.1) und (41.2), sowie in der unnummerierten Gleichung dazwischen gemacht werden.

## Band II

- S. 3 Erste Zeile nach Gleichung (1.1) muss lauten: „Der Operator  $\hat{L}^2$  des Betragsquadrats...“
- S. 9 Letzte Zeile vor (2.35): aus  $|l, m\rangle$  mache  $|j, m\rangle$ .
- Um mit der Notation in Band IV konsistent zu bleiben, eine kleine Verbesserung, obwohl an dieser Stelle durchaus alles korrekt formuliert ist: die obere Summengrenze in Gleichung (3.35) sollte anders notiert werden, und anschließend sollte ein erklärender Halbsatz stehen:

$$P_l(x) = \frac{1}{2^l} \sum_{n=0}^{\lfloor l/2 \rfloor} \frac{(-1)^n}{n!} \frac{(2l-2n)!}{(l-n)!(l-2n)!} x^{l-2n}.$$

wobei  $\lfloor x \rfloor$  die Abrundungsfunktion (englisch *floor function*) bezeichnet, der Funktionswert ist also die nächste ganze Zahl  $\leq x$ . Sie bilden ein...“



(Abbildung 3.1): Eine relativ allgemeine, nach unten beschränkte Potentialfunktion  $v(x)$ . Liegt die Energie  $\epsilon$  des Punktteilchens zwischen  $v_{\min}$  und  $v_1$ , gibt es gebundene Zustände (oberes Bild). Wenn jedoch  $v_1 < \epsilon < v_2$ , dann läuft das Punktteilchen von links ein, wird reflektiert und läuft anschließend wieder nach links aus (oberes Bild). Für  $\epsilon > v_2$  befindet sich das Teilchen in einem Streuzustand (nicht gezeigt), und die Wellenfunktion besitzt einen Reflektions- und einen Transmissionsanteil.

- S. 28 In Gleichung (4.3) und der unnummerierten Gleichung direkt danach sollte auf der rechten Seite jeweils ein Tensorproduktzeichen stehen:  $|\psi_n\rangle \otimes |s, m_s\rangle$ .
- S. 29 Zwei Zeilen vor Gleichung (4.17) soll lauten: „Besitzt das Teilchen Spin  $s, \dots$ “
- S. 37/38 Einige Vorkommen des infinitesimalen Winkels  $\delta\phi$  sind als  $\delta\phi$  geschrieben. Der Font sollte aber aufrecht sein:  $\delta\phi$ .
- S. 40 Vierte Zeile nach Gleichung (6.20): aus „Eine Rotation...“ mache „Für eine Rotation...“
- S. 41 Die Zeile direkt nach (6.24) muss lauten: „stellt den allgemeinen...“ (man streiche die Wörter „gegeben ist,“).
- S. 41 Zeile 9 im Mathematischen Einschub: das Wort „sind“ muss zum Wort „ist“ werden.
- S. 48 Erste Zeile in der Minisection für  $j = 0$ : der zweite Satz muss lauten: „Damit ist auch  $\hat{D}^{(0)}(\alpha, \beta, \gamma) \equiv 1$ .“ (aus der 1 auf der rechten Seite der Inline-Gleichung mache ein 1).
- S. 78 Dritter Absatz, dritte Zeile: „anders am stationären Fall“ muss heißen: „anders als im stationären Fall“.
- S. 92 in der 4. Zeile von unten:  $S \times S \rightarrow \mathbb{D}$  muss lauten:  $\mathcal{S} \times \mathcal{S} \rightarrow \mathbb{D}$
- S. 93 Gl. (12.57):  $S \times S \rightarrow \mathbb{D}$  muss lauten:  $\mathcal{S} \times \mathcal{S} \rightarrow \mathbb{D}$
- S. 107 Zeile 3 und dritte Zeile vor (14.13): aus  $\hat{U}_{\mathcal{H}}$  mache  $U_{\mathcal{H}}$ .
- S. 113 Zeile vor (15.15): der Anfang „Für alle Operatoren gilt...“ muss heißen: „Für alle Elemente einer Lie-Algebra gilt...“
- S. 119 Erste Zeile: Der erste Satz ist zum einen missverständlich formuliert, und zum anderen hat er auch noch einen Grammatikfehler. Er sollte lauten: „Wir betrachten im Folgenden den Fall eines freien Teilchens...“
- S. 121 Gleichungen (17.3) und (17.4) müssen wie im Text beschrieben für Intervalle gelten und daher lauten:

$$(\Delta\mathbf{x}')^2 = (\Delta\mathbf{x})^2,$$

$$(\Delta t')^2 = (\Delta t)^2.$$

- S. 149 Die erste unnummerierte Gleichung sehr weit oben auf der Seite benötigt am Ende ein Komma, und am Anfang der Zeile unmittelbar nach dieser Gleichung sind ist dann „sein,“ ersatzlos zu streichen.
- S. 175 Zweite Zeile vor (24.47): Die Aufzählung  $\omega_\nu \in \{j_\nu, y_\nu, h_\nu^{(1,2)}\}$  muss  $\omega_l \in \{j_l, y_l, h_l^{(1,2)}\}$  lauten.

- S. 187 Zeile direkt nach (27.2): „annehmen kann.“ muss lauten: „annehmen können.“
- S. 198 Der erste Satz auf dieser Seite muss einfach lauten: „Das asymptotische Verhalten von  $M(a, b, z)$  und  $U(a, b, z)$  für  $|z| \rightarrow 0$  ist jeweils:“
- S. 232 Die Zeile direkt vor (30.14): anstelle von  $\hat{U}_\chi \in U_{\mathcal{H}}$  muss stehen:  $\hat{U}_\chi \in U_{\overline{\mathcal{H}}}$ .
- S. 233 In der Beweisführung des Satzes über die Eichkovarianz der Schrödinger-Gleichung sollte die dreizeilige unnummerierte Gleichung in der zweiten Zeile kein Komma am Ende haben, die dritte Zeile dafür aber mit einem Folgepfeil  $\implies$  beginnen.
- S. 234 Der erste Absatz auf dieser Seite, beginnend mit „Anzumerken ist an dieser Stelle,“ und endend mit „in der transformierten Form  $\hat{p}'$  auftritt.“ ist irreführend und sollte einfach gestrichen werden.
- S. 237 Unnummerierte Gleichung nach Zeile 4: der Eichtransformationsoperator in der ersten Zeile benötigt ein Dach:

$$\hat{U}_\chi: \mathbb{R}^3 \times \mathbb{R} \rightarrow U(1)$$

- S. 240 Gleichung (31.2) muss zweizeilig lauten:

$$\begin{aligned} \psi_i^{-1} \circ \psi_j: (U_i \cap U_j) \times F &\rightarrow (U_i \cap U_j) \times F \\ (x, f) &\mapsto (x, t_{ij} f), \end{aligned}$$

und am Anfang der Zeile danach sollte „mit  $f \in F$ ,“ eingefügt werden.

- S. 241 Zeile 16 von unten: Der Satz „...ist dann frei definierbar.“ sollte lauten: „...ist dann frei zu treffen.“
- S. 241 in der 15. Zeile von unten muss der Dativ gewählt werden: „Charles Ehresmann, einem frühen Bourbaki-Mitglied“
- S. 256 Zeile 3 nach (34.11): „Der  $\hat{H}_2$ ...“ soll lauten: „Der Term  $\hat{H}_2$ ...“
- S. 263 In der Zeile direkt überhalb von (35.3) muss anstelle von  $V(\mathbf{r}) \equiv 0$  stehen:  $\phi(\mathbf{r}) \equiv 0$ .
- S. 319 6. Zeile von unten: „In der klassischen Statistische Physik...“ muss lauten: „In der klassischen Statistischen Physik...“
- S. 323 In der zweizeiligen Gleichung (43.3) und den zwei Zeilen danach: aus  $n$  mache  $N$
- S. 334 Erste Zeile unterhalb von (45.7): der Operator  $\hat{O}$  muss  $\hat{A}$  heißen
- S. 340 Vierte Zeile von oben: aus  $i_\mu$  mache  $k_\mu$

- S. 343 Erste Zeile von oben: das Wort „wechselwirkenden“ sollte gestrichen werden, da er irreführend ist. In diesem Kapitel werden wir lediglich die Wechselwirkung mit einem äußeren Potential betrachten. Die Bezeichnung „wechselwirkende Teilchen“ in der Quantenfeldtheorie bedeutet etwas anderes.
- S. 343 Der erste Satz im vierten Abschnitt muss lauten: „Gegeben seien also die einzelnen  $N$ -Teilchen-Hilbert-Räume für Bosonen beziehungsweise Fermionen  $\mathcal{H}_{S,A}^{(N)}$ .“ (Das Wort „Fermionen“ hat gefehlt.)
- S. 345 Erste Zeile von oben: „Wie sie sind zunächst geneigt,...“ muss lauten: „Wir sind zunächst geneigt,...“
- S. 345 Am Ende der viertletzten unnummerierten Gleichung muss am Ende ein Punkt stehen, kein Komma:

$$\{\hat{a}_k, \hat{a}_l^\dagger\} = \delta_{kl}.$$

- S. 346 Direkt nach dem unnummerierten Summenausdruck sollte der Satz stehen: „Die zum bosonischen Fall identischen Wurzelausdrücke in den Vorfaktoren sorgen dafür, dass die rechte Seite verschwindet, wenn  $\hat{a}_k$  auf einen Zustand mit  $n_k = 0$  wirkt, beziehungsweise, wenn  $\hat{a}_k^\dagger$  auf einen Zustand mit  $n_k = 1$  wirkt.“

Der zweite Satz dieses Blockes: „Die Verwendung des Wurzelterms...“ soll ersatzlos gestrichen werden.

- S. 353 Dritte Zeile im ersten vollen Absatz: aus  $\hat{\psi}^\dagger(\mathbf{r})\hat{A} \dots \hat{\psi}(\mathbf{r})$  mache  $\hat{\psi}^\dagger(\mathbf{r})\hat{A}\hat{\psi}(\mathbf{r})$
- S. 353 Letzte Zeile im ersten vollen Absatz: Der letzte Satz „Diese genügen dann der Bose–Einstein-Statistik.“ muss lauten: „Diese erfüllen dann auch stets bestimmte Kommutator- und keine Antikommutatorrelationen.“
- S. 357 Die erste unnummerierte Gleichung benötigt noch eine dritte Zeile und muss vollständig lauten:

$$\begin{aligned} \hat{A} &= \sum_k a_k |a_k\rangle \langle a_k| \\ &= \sum_k a_k \hat{a}_k^\dagger \underbrace{|0\rangle \langle 0|}_{=1} \hat{a}_k \\ &= \sum_k a_k \hat{a}_k^\dagger \hat{a}_k, \end{aligned}$$

- S. 358 Drei Zeilen vor (49.4): Die genannte Übergangsamplitude lautet  $\langle b_k | \hat{A} | b_l \rangle$ , nicht  $\langle b_k | b_l \rangle$ .
- S. 367 Zweite Zeile nach (50.6): aus  $\nabla_l \phi_k$  mache  $\partial_i \phi_k$ . Außerdem ersetze man, um bei der eingeführten Konvention zu bleiben, sämtliche Vorkommen von  $\partial_l$  in den folgenden unnummerierten Gleichungen bis hin zu (50.8) durch  $\partial_i$

- S. 369 Zeilen 3–4: Der Satz „Der Übergang von den [...] ist dann allerdings nicht mehr [...]“ sollte anders lauten: „Der kanonische Formalismus ist dann allerdings nicht mehr [...]“
- S. 372 Die unnummerierte Gleichung nach (51.6) muss lauten:

$$\left. \frac{d\phi^{(\alpha)}}{d\alpha} \right|_{\alpha=0} = i\phi,$$

- S. 379 Zweite Zeile von unten: das Wort „Asymetrie“ muss „Antisymmetrie“ lauten
- S. 380 Zweite Zeile von oben: „die über einfache Relation“ muss lauten: „die über die einfache Relation“

## Band III

- S. 194 letzte Zeile: „wurden auch dieses Mal“ soll heißen: „wurde auch dieses Mal“

## Band IV

- S. 163 Erste Zeile nach (18.53):  $\tilde{\psi}_1^\dagger(\mathbf{p}, t)\tilde{\psi}_2(\mathbf{p}', t)$  muss heißen:  $\tilde{\psi}_1^\dagger(\mathbf{p}, t)\tilde{\psi}_2(\mathbf{p}, t)$
- S. 245 8. Zeile vor der Minisection „Kommutatorrelationen...“: „Die Gruppe der Raum-Zeit-Translationen stellt eine invariante Untergruppe oder einen Normalteiler der Poincaré-Gruppe“ soll heißen: „Die Gruppe der Raum-Zeit-Translationen ist eine invariante Untergruppe oder ein Normalteiler der Poincaré-Gruppe“
- S. 246 Zeile 6 nach (25.31): „Bemerkenswert allerdings ist auch ist die Kommutatorrelation“ soll heißen: „Bemerkenswert ist allerdings auch die Kommutatorrelation“
- S. 254 Gleichung (27.7):  $\hat{K}_i = -\frac{i}{2}(\hat{J}_i^{(+)} - \hat{J}_i^{(-)})$  muss heißen:  $\hat{K}_i = -i(\hat{J}_i^{(+)} - \hat{J}_i^{(-)})$
- S. 257 Gleichung (27.27):  $\hat{M}_{L/R}^{jk} = \frac{\hbar}{2}\epsilon_{ijk}\sigma_k$  muss heißen:  $\hat{M}_{L/R}^{ij} = \frac{\hbar}{2}\epsilon_{ijk}\sigma_k$