Korrekturen[1] zum *Arbeitsbuch zur Theoretischen Physik*, 3. Auflage

Seite 15: Aufgabe 1.7: Der letzte Satz der Aufgabenstellung wird ersetzt durch: Welche Arbeit A muss geleistet werden, um ein Teilchen von $\boldsymbol{r}_1$ nach $\boldsymbol{r}_2$ zu verschieben?

Der letzte Absatz der Lösung lautet dann:

Die Kraft $\boldsymbol{F} = -k\,\boldsymbol{r}$ kann in der Form $\boldsymbol{F} = -\operatorname{grad} U(r)$ mit dem (Oszillator-) Potenzial $U(\boldsymbol{r}) = k r^2/2$ geschrieben werden. Damit wächst die potenzielle Energie des Teilchens auf dem Weg von $\boldsymbol{r}_1$ nach $\boldsymbol{r}_2$ um den Betrag $U(\boldsymbol{r}_2) - U(\boldsymbol{r}_1) = k d^2/2$, und zwar unabhängig vom gewählten Weg. Diese Energie ist gleich der Arbeit $A = -W$, die für die Verschiebung aufgebracht werden muss.

Seite 21: Gleichung (2.2) muss lauten:

$$m\,\ddot{\boldsymbol{r}} = \boldsymbol{F} + \lambda_1(t)\ \operatorname{grad} g_1(\boldsymbol{r}, t) + \lambda_2(t)\ \operatorname{grad} g_2(\boldsymbol{r}, t) \tag{2.2}$$

Seite 29: Im Text der Aufgabe 2.3 muss es am Ende $U_{\text{pot}} = m\,g\,(y_1 + y_2)$ heißen. Der letzte Absatz der Lösung wird korrigiert:

Die potenzielle Energie $U = m\,g\,(y_1 + y_2) < 0$ ist minimal, wenn $|y_1 + y_2|$ maximal ist. Dazu setzen wir $(y_1 + y_2)^2 =$ maximal an:

$$(y_1 + y_2)^2 = 2\,y_1^2 + 2\,y_2^2 - (y_1 - y_2)^2 = 2\,y_1^2 + 2\,y_2^2 + (x_1 - x_2)^2 - L^2 = 2\,y_1^2 + 2\,y_2^2 + 2\,x_1^2 + 2\,x_2^2 - (x_1 + x_2)^2 - L^2 = 2\,r^2 + 2\,R^2 - (x_1 + x_2)^2 - L^2 = \text{maximal}$$

Für diese Rechnung wurden die Zwangsbedingungen verwendet. Beide Bedingungen, also (i) statische Lösung der Lagrangegleichungen oder (ii) minimale potenzielle Energie, führen zum selben Ergebnis $x_1 = -x_2$.

Seite 31: Aufgabe 2.6: In Übereinstimmung mit der Definition im Mechanikbuch [1] wird die kinetische Energie etwas anders definiert:

Die kinetische Energie sei von der Form $T = T(q, \dot{q}) = \sum_{i,k} m_{ik}(q)\,\dot{q}_i\,\dot{q}_k$ mit $m_{ik} = m_{ki}$. Zeigen Sie $\sum_n \dot{q}_n\,(\partial T/\partial \dot{q}_n) = 2\,T$.

Lösung: Die Summationsindizes i und k durchlaufen alle Werte von 1 bis f und nehmen dabei einmal den Wert n an:

$$\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_n} = \frac{\partial}{\partial \dot{q}_n} \sum_{i=1}^{f} \sum_{k=1}^{f} m_{ik}(q)\,\dot{q}_i\,\dot{q}_k = \sum_{k=1}^{f} m_{nk}(q)\,\dot{q}_k + \sum_{i=1}^{f} m_{in}(q)\,\dot{q}_i = 2 \sum_{k=1}^{f} m_{nk}(q)\,\dot{q}_k$$

[1] Für wertvolle Hinweise bedanke ich mich bei Daniel Hollarek, Nikolas Schnellbächer, Peter Szilas und Herbert Weigel.

Seite 85: In der Lösung von Aufgabe 5.7 muss der Satz aus drei Gleichungen lauten (keine Zeitableitung bei den $\omega_i(t)$):

$$\begin{aligned}
\Theta_1\,\omega_1(t) &= \Theta_1\big(\dot\phi\,\sin\theta\,\sin\psi + \dot\theta\,\cos\psi\big) &&= M_0\,t\,\sin\theta\,\sin\psi\\
\Theta_1\,\omega_2(t) &= \Theta_1\big(\dot\phi\,\sin\theta\,\cos\psi - \dot\theta\,\sin\psi\big) &&= M_0\,t\,\sin\theta\,\cos\psi\\
\Theta_3\,\omega_3(t) &= \Theta_3\big(\dot\phi\,\cos\theta + \dot\psi\big) &&= M_0\,t\,\cos\theta
\end{aligned}$$

Seite 109: Im Ergebnis für $\dot p_r$ in Aufgabe 7.1 muss ein Vorzeichen geändert werden:

$$\dot p_r = -\frac{\partial H}{\partial r} = \frac{p_\phi^2}{m\,r^3\,\sin^2\alpha} - m\,g\,\cos\alpha$$

Seite 110: Die erste Gleichung auf dieser Seite muss lauten:

$$\boldsymbol{p} = \frac{\partial\mathcal{L}}{\partial\dot{\boldsymbol{r}}} = m\,\dot{\boldsymbol{r}} + \frac{q}{c}\,\boldsymbol{A}(\boldsymbol{r},t)$$

Seite 186: Im ersten Teil von Seite 186 (Aufgabe 11.15) müssen einige Vorzeichen korrigiert werden:

An der Kugeloberfläche bei $\boldsymbol{R} = R\,\boldsymbol{e}_r$ ist das elektrische Feld

$$\boldsymbol{E}(\boldsymbol{R}) = q_1\,\frac{\boldsymbol{R}-\boldsymbol{r}_1}{|\boldsymbol{R}-\boldsymbol{r}_1|^3} - q_1\,\frac{R}{r_1}\,\frac{\boldsymbol{R}-(R^2/r_1^2)\,\boldsymbol{r}_1}{|\boldsymbol{R}-(R^2/r_1^2)\,\boldsymbol{r}_1|^3} = -\frac{q_1}{R}\,\frac{r_1^2-R^2}{|\boldsymbol{r}_1-\boldsymbol{R}|^3}\,\boldsymbol{e}_r$$

Dabei wurde $|\boldsymbol{R}-(R^2/r_1^2)\,\boldsymbol{r}_1| = (R/r_1)\,|\boldsymbol{R}-\boldsymbol{r}_1|$ verwendet. Die Normalkomponente des Felds bestimmt die induzierte Oberflächenladung:

$$\sigma(\boldsymbol{R}) = \frac{1}{4\pi}\,\boldsymbol{e}_r\cdot\boldsymbol{E}(\boldsymbol{R}) = -\frac{q_1}{4\pi R}\,\frac{r_1^2-R^2}{|\boldsymbol{r}_1-\boldsymbol{R}|^3} \qquad (11.75)$$

Die gesamte Influenzladung auf der Kugeloberfläche ist gleich der Bildladung:

$$\begin{aligned}
q_{\text{infl}} &= R^2\int_{-1}^{1} d\cos\theta \int_0^{2\pi} d\phi\;\sigma(\boldsymbol{R}) = -\frac{q_1 R}{2}\int_{-1}^{1} d\cos\theta\;\frac{r_1^2-R^2}{(r_1^2+R^2-2r_1 R\cos\theta)^{3/2}}\\
&= -\frac{q_1\,(r_1^2-R^2)}{2r_1}\left[\frac{1}{|r_1-R|}-\frac{1}{|r_1+R|}\right] = -\frac{R}{r_1}\,q_1 = q_2
\end{aligned}$$

Seite 330: Aufgabe 17.13 und ihre Lösung sind in der vorliegenden Form missglückt. So würde zum Beispiel aus (17.46) mit $t=0$ folgen, dass $\psi(\boldsymbol{r},0)$ reell ist; das ist in der Regel nicht der Fall. Die Zeitumkehrinvarianz wird im Rahmen einer neu formulierten Aufgabe diskutiert:

17.13 Zeitumkehrinvarianz

Gehen Sie von der zeitabhängigen Schrödingergleichung (SG) für die Wellenfunktion $\psi(\boldsymbol{r}, t)$ aus. Das Potenzial $V(\boldsymbol{r})$ sei zeitunabhängig und reell. Führen Sie nun in der konjugiert komplexen Gleichung die Ersetzung $t \to -t$ durch. Bezeichnen Sie die Wellenfunktion der neuen Gleichung mit $\psi_{\text{umkehr}}(\boldsymbol{r}, t)$.

Wie hängen $\psi_{\text{umkehr}}(\boldsymbol{r}, t)$ und $\psi(\boldsymbol{r}, t)$ zusammen? Ist $\psi_{\text{umkehr}}(\boldsymbol{r}, t)$ Lösung der ursprünglichen SG?

Es werde nun speziell die eindimensionale SG mit $V(x) = 0$ betrachtet. Begründen Sie, dass

$$\psi(x, t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} dk \; a(k) \; \exp\big[\mathrm{i}\big(kx - \omega(k)\, t\big)\big] \quad \text{mit} \quad \omega(k) = \frac{\hbar k^2}{2m}$$

die SG löst. Bestimmen Sie für $a(k) = C \, \exp[-\alpha\,(k - k_0)^2]$ die Aufenthaltswahrscheinlichkeit $|\psi(x, t)|^2$. Über die Konstante C kann die Wellenfunktion auf 1 normiert werden.

Bestimmen Sie nun $|\psi_{\text{umkehr}}(x, t)|^2$. Berechnen Sie die Erwartungswerte $\langle x \rangle$ für die Wellenpakete $|\psi(x, t)|^2$ und $|\psi_{\text{umkehr}}(x, t)|^2$. Interpretieren Sie das Ergebnis.

Lösung: Ausgangspunkt ist die Schrödingergleichung

$$\mathrm{i}\hbar \, \frac{\partial \psi(\boldsymbol{r}, t)}{\partial t} = -\frac{\hbar^2}{2m} \, \Delta\, \psi(\boldsymbol{r}, t) + V(\boldsymbol{r})\, \psi(\boldsymbol{r}, t)$$

Wir schreiben das konjugiert Komplexe dieser Gleichung an und ersetzen t durch $-t$:

$$\mathrm{i}\hbar \, \frac{\partial \psi^*(\boldsymbol{r}, -t)}{\partial t} = -\frac{\hbar^2}{2m} \, \Delta\, \psi^*(\boldsymbol{r}, -t) + V(\boldsymbol{r})\, \psi^*(\boldsymbol{r}, -t)$$

Diese Gleichung ist von der Form der ursprünglichen SG, aber mit einer anderen Wellenfunktion

$$\psi_{\text{umkehr}}(\boldsymbol{r}, t) \;=\; \psi^*(\boldsymbol{r}, -t) \tag{17.46}$$

Die Funktion $\psi_{\text{umkehr}}(\boldsymbol{r}, t)$ ist auch Lösung der ursprünglichen SG. Sie unterscheidet sich aber i.A. von $\psi(\boldsymbol{r}, t)$, denn sie genügt der Anfangsbedingung $\psi^*(\boldsymbol{r}, 0)$ anstelle von $\psi(\boldsymbol{r}, 0)$.

Wir kommen nun zur eindimensionalen SG $\big(\mathrm{i}\hbar\, \partial/\partial t + (\hbar^2/2m)\, \partial^2/\partial x^2\big)\, \psi(x, t) = 0$. Der Exponentialfaktor $\exp[\mathrm{i}\,(kx - \omega(k)\, t]$ mit $\omega(k) = \hbar k^2/2m$ erfüllt diese SG trivial. Da die SG linear ist, ist auch die in der Aufgabenstellung angegebene Wellenfunktion $\psi(x, t) = \int dk\, a(k) \ldots$ Lösung. Dieses Integral kann elementar gelöst werden. Daraus erhalten wir die Aufenthaltswahrscheinlichkeit

$$\big|\psi(x, t)\big|^2 = \frac{|C|^2}{2\sqrt{\alpha^2 + \beta^2 t^2}} \; \exp\!\left(-\frac{\alpha\,(x - v_{\mathrm{G}}\, t)^2}{2\,(\alpha^2 + \beta^2\, t^2)} \right)$$

mit den Abkürzungen $v_{\mathrm{G}} = \hbar k_0/m$ und $\beta = \hbar/2m$. Aus der Normierung $\int dx\, |\psi|^2 = 1$ folgt $|C|^2 = \sqrt{2\alpha/\pi}$. Für $\psi_{\text{umkehr}}(x, t) = \psi^*(x, -t)$ erhalten wir hieraus

$$\big|\psi_{\text{umkehr}}(x, t)\big|^2 = \frac{|C|^2}{2\sqrt{\alpha^2 + \beta^2 t^2}} \; \exp\!\left(-\frac{\alpha\,(x + v_{\mathrm{G}}\, t)^2}{2\,(\alpha^2 + \beta^2\, t^2)} \right)$$

Die Erwartungswerte $\langle x \rangle$ für ψ und $\langle x \rangle_{\text{umkehr}}$ für ψ_{umkehr} ergeben sich zu

$$\langle x \rangle = \int_{-\infty}^{\infty} dx\, x\, |\psi(x,t)|^2 = \int_{-\infty}^{\infty} dx \left[(x - v_{\mathrm{G}}t) + v_{\mathrm{G}}t\right] |\psi(x,t)|^2 = v_{\mathrm{G}}\, t$$

$$\langle x \rangle_{\text{umkehr}} = \int_{-\infty}^{\infty} dx\, x \left|\psi_{\text{umkehr}}(x,t)\right|^2 = -v_{\mathrm{G}}\, t$$

In der oberen Zeile wurde x durch $(x - v_{\mathrm{G}}t) + v_{\mathrm{G}}t$ ersetzt. Für den Term $(x - v_{\mathrm{G}}t)$ verschwindet das Integral trivial (ungerader Integrand), beim zweiten Term $v_{\mathrm{G}}t$ steht das Normierungsintegral $\int dx\, |\psi|^2 = 1$. Die Auswertung in der unteren Zeile erfolgt analog.

Der Schwerpunkt des Wellenpakets $|\psi|^2$ bewegt sich also mit der *Gruppengeschwindigkeit* $v_{\mathrm{G}} = \hbar k_0/m$ in $+x$-Richtung, der Schwerpunkt des Pakets $|\psi_{\text{umkehr}}|^2$ mit der gleichen Geschwindigkeit in $-x$-Richtung, also auf einer zeitumgekehrten Bahn. Dies gilt entsprechend auch für allgemeinere Wellenpakete. Der Index *umkehr* in (17.46) steht daher für *zeitumgekehrt*.

Diskussion: Die Aussage, dass mit $\psi(\boldsymbol{r},t)$ auch $\psi^*(\boldsymbol{r},-t)$ Lösung ist, wird als *Zeitumkehrinvarianz* der SG bezeichnet. Analog dazu gilt in der klassischen Mechanik, dass mit $\boldsymbol{r}(t)$ auch $\boldsymbol{r}(-t)$ Lösung der Newtonschen Bewegungsgleichung ist. Zum Beispiel lösen dort $\boldsymbol{r}(t) = \boldsymbol{r}_0 + \boldsymbol{v}t$ und $\boldsymbol{r}(-t) = \boldsymbol{r}_0 - \boldsymbol{v}t$ die kräftefreie Gleichung $m\,\ddot{\boldsymbol{r}}(t) = 0$. In beiden Fällen, dem klassischen und dem quantenmechanischen, gilt: Die zeitumgekehrte Lösung ist im Allgemeinen eine andere Lösung als die ursprüngliche. Die beiden Lösungen unterscheiden sich jeweils durch ihre Anfangsbedingungen.

Seite 349: In der Lösung von Aufgabe 18.8 muss in der ersten Gleichung stehen:

$$x_0 = \frac{q E_{\mathrm{e}}}{m\,\omega^2}$$

Seite 350: In der vierten Gleichung der Lösung von Aufgabe 18.9 muss das t^n vor dem zweiten Gleichheitszeichen durch $t^{n'}$ ersetzt werden.

Seite 356: Die letzte Gleichung auf dieser Seite (Aufgabe 18.15) soll lauten:

$$m\,\frac{d^2}{dt^2}\langle x\rangle \;=\; -\left\langle dV/dx\right\rangle \;\approx\; -V'(\langle x\rangle) - \frac{1}{2}\,V'''(\langle x\rangle)\,(\Delta x)^2 + \ldots$$

Seite 363: In der ersten Gleichung der Lösung von Aufgabe 19.1 muss auf der rechten Seite $-k^2\varphi(x)$ stehen.

Seite 365: In der letzten Zeile der zweiten Bildlegende muss es $\kappa_- < \kappa_0$ heißen. Im darauf folgenden Absatz soll es in der letzten Zeile "ungerade antigebundene Lösung" heißen.

Seite 366: In der Lösung von Aufgabe 19.3 wird der Text nach der ersten Gleichung modifiziert:

In allen anderen Intervallen erhalten wir die Wellenfunktion mit Hilfe des Floquet-Theorems (Aufgabe 18.16), zum Beispiel

$$\varphi(x+a) \;=\; \exp(\mathrm{i}ka)\,\varphi(x) \;=\; \exp(\mathrm{i}ka)\,\big(A\,\exp(\kappa x) + B\,\exp(-\kappa x)\big)$$

Seite 391: Die dritte Gleichung auf dieser Seite muss lauten:

$$\sigma(k) = \frac{4\pi}{k^2} \sum_{l=0}^{\infty} (2l+1) \sin^2 \delta_l(k) = \frac{4\pi}{k^2} \sum_{l=0}^{\infty} (2l+1) \frac{j_l^2(kR)}{j_l^2(kR) + y_l^2(kR)} = h(z)\, \sigma_{\text{geom}}$$

Seite 400: In der Lösung von Aufgabe 20.14 fehlen in der ersten Gleichung die Faktoren B und B^2:

$$\begin{aligned} H &= \frac{\boldsymbol{p}_{\text{op}}^2}{2m_\text{e}} + \frac{e}{m_\text{e} c} \boldsymbol{A} \cdot \boldsymbol{p}_{\text{op}} + \frac{e^2}{2m_\text{e} c^2} \boldsymbol{A}^2 \\ &= \frac{\boldsymbol{p}_{\text{op}}^2}{2m_\text{e}} + \frac{eB}{2m_\text{e} c} \left(-y\, p_x + x\, p_y \right) + \frac{e^2 B^2}{8 m_\text{e} c^2} \left(x^2 + y^2 \right) = H_0 + \frac{p_z^2}{2m_\text{e}} + \omega\, \ell_z \end{aligned}$$

Seite 407: In Gleichung (20.91) muss es heißen:

$$Z < \frac{\hbar c}{2e^2} \approx 68.5$$

Seite 416: Die Matrix U wird korrigiert:

$$\hat{U} := U = \left(U_{ij} \right) = \begin{pmatrix} -1/\sqrt{3} & -1/\sqrt{3} & -1/\sqrt{3} & 0 & 0 & 0 \\ -1/\sqrt{6} & -1/\sqrt{6} & \sqrt{2/3} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1/\sqrt{2} & -\mathrm{i}/\sqrt{2} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1/\sqrt{2} & -\mathrm{i}/\sqrt{2} \\ 1/2 & -1/2 & 0 & \mathrm{i}/\sqrt{2} & 0 & 0 \\ 1/2 & -1/2 & 0 & -\mathrm{i}/\sqrt{2} & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Seite 439: In der letzten Textzeile auf dieser Seite muss es $\hat{a}\,|n\rangle = \sqrt{n}\,|n-1\rangle$ heißen.

Seite 443: Die letzte Gleichung in Aufgabe 22.10 wird korrigiert:

$$\left| \langle x \,|\, \psi(t) \rangle \right|^2 = \frac{1}{\sqrt{2\pi\, \beta(t)^2}} \exp\left(-\frac{\left(x - x_0 \cos(\omega t) \right)^2}{2\beta(t)^2} \right)$$

Seite 455: In der vorletzten Zeile auf dieser Seite muss es 3×3-Determinante heißen.

Seite 475: In der vorletzten Gleichung von Aufgabe 23.8 ist $\hat{V}(t)$ durch $\hat{V}(t')$ zu ersetzen.

Seite 477: Die dritte Gleichungszeile lautet korrekt:

$$\big\langle n\,l\,m \big| 2\hbar^2 \big((\boldsymbol{\epsilon} \cdot \hat{\boldsymbol{r}})\, \hat{\boldsymbol{\ell}}^2 + \hat{\boldsymbol{\ell}}^2 (\boldsymbol{\epsilon} \cdot \hat{\boldsymbol{r}}) \big) \big| n'l'm' \big\rangle = 2\hbar^4 \big[l\,(l+1) + l'(l'+1) \big] \langle n\,l\,m\,|\, \boldsymbol{\epsilon} \cdot \hat{\boldsymbol{r}}\,|\, n'l'm' \rangle$$

Seite 495: Die letzte Gleichung in Aufgabe 24.1 wird korrigiert:

$$\frac{3\hbar}{4\,m_{\mathrm{N}}\,\omega(A)} \left(\frac{3A}{2}\right)^{1/3} \stackrel{!}{\approx} \frac{3}{5}\, r_0^{\,2} A^{2/3} \implies \hbar\omega(A) \approx \frac{5\hbar^2}{4\,m_{\mathrm{N}}\, r_0^2} \left(\frac{2A}{3}\right)^{-1/3} \approx 40\,\mathrm{MeV}\; A^{-1/3}$$

Seite 496: In der letzten Gleichungszeile von Aufgabe 24.3 muss d^2r durch d^3r ersetzt werden.

Seite 512: Im letzten Absatz der Lösung von Aufgabe 25.4 muss es $W_N(n) \approx W_N(\overline{n}) \exp(-(n-\overline{n})^2/2\,(\Delta n)^2)$ heißen.

Seite 512: Die dritte Gleichung der Lösung von Aufgabe 25.5 wird korrigiert:

$$w = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\;\sigma} \int_{\overline{x}+\nu\sigma}^{\infty} dx\;\; \exp\left(-\frac{(x-\overline{x})^2}{2\,\sigma^2} \right) = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_{\nu/\sqrt{2}}^{\infty} dt\;\; \exp\big(-t^2\big)$$

Seite 515: In der zweiten Gleichung der Lösung von Aufgabe 25.7 wird $P(x)$ durch $P(x,t)$ ersetzt.

Seite 533: Im Text der Aufgabe 26.5 muss es $\boldsymbol{\mu}_\nu = -2\mu_{\mathrm{B}}\, \boldsymbol{s}_\nu$ anstelle von $\boldsymbol{\mu}_\nu = -\mu_{\mathrm{B}}\, \boldsymbol{s}_\nu$ heißen.

Seite 560: Die Lösung von Aufgabe 27.6 wird nach der Gleichung (27.47) neu formuliert:

Für das hier betrachtete Material verschwindet die linke Seite. Wegen $T\,\partial P(T,V)/\partial T = P(T,V)$ muss $P(T,V)$ dann proportional zu T sein:

$$P(T,V) = T\,f(V)$$

Dies ist die gesuchte thermische Zustandsgleichung für ein Material mit $(\partial E/\partial V)_T = 0$.

Wegen (27.47) gilt auch umgekehrt: Aus $P(T,V) = T\,f(V)$ folgt $(\partial E/\partial V)_T = 0$. Die Zustandsgleichung $P = N k_{\mathrm{B}} T/V$ eines idealen Gases ist von der Form $P(T,V) = T\,f(V)$. Für ein ideales Gas gilt daher $(\partial E/\partial V)_T = 0$.

Seite 579: In der Lösung von Aufgabe 27.31 werden einige Indizes korrigiert (Text nach der zweiten Gleichung):

Hierbei sind $f_{\mathrm{A}}(T)$ und $f_{\mathrm{B}}(T)$ zunächst unbekannte Funktionen. Wir verwenden nun die Gleichheit der spezifischen Wärmen bei konstantem Druck,

$$c_{P,i}(T) = T \left(\frac{\partial s_i}{\partial T} \right)_P = T\, f_i'(T) \stackrel{!}{=} c_P(T)$$

Damit sind die Ableitungen der beiden Funktionen gleich, $f'_{\mathrm{A}}(T) = f'_{\mathrm{B}}(T)$. Der 3. Hauptsatz, $s_i \to 0$ für $T \to 0$, impliziert $f_{\mathrm{A}}(0) = f_{\mathrm{B}}(0)$. Damit stimmen beide Funktionen überein:

$$f_{\mathrm{A}}(T) = f_{\mathrm{B}}(T) = f(T)$$

Seite 590: In der ersten Gleichung der Lösung von Aufgabe 28.4 wird ein Vorzeichen korrigiert:

$$\frac{d(S/k_{\mathrm{B}})}{dP_r} - \lambda_1 - \lambda_2\, E_r - \lambda_3\, N_r \;=\; -1 - \ln P_r - \lambda_1 - \lambda_2\, E_r - \lambda_3\, N_r \;\stackrel{!}{=}\; 0 \qquad (28.32)$$

Seite 618: In der zweiten Gleichung der Lösung von Aufgabe 29.5 sind die partiellen Ableitungen $\partial/\partial x$ durch d/dx zu ersetzen.

Seite 637: Die Lösung von Aufgabe 29.23 enthält Fehler und wird neu formuliert:

Lösung: Wir schreiben das Integral in (29.78) wie folgt um:

$$I = \int_0^{x_{\mathrm{D}}} dx\; \frac{x^3}{\exp(x) - 1} = \int_0^{\infty} dx\; \frac{x^3}{\exp(x) - 1} - \int_{x_{\mathrm{D}}}^{\infty} dx\; \frac{x^3}{\exp(x) - 1}$$

Das erste Integral auf der rechten Seite ergibt $\pi^4/15$. Im Nenner des zweiten Integrals wird wegen $x \geq x_{\mathrm{D}} \gg 1$ die 1 gegenüber $\exp(x)$ vernachlässigt. Damit erhalten wir

$$I \;\approx\; \frac{\pi^4}{15} - \int_{x_{\mathrm{D}}}^{\infty} dx\; x^3 \exp(-x) \;=\; \frac{\pi^4}{15} - \exp(-x_{\mathrm{D}}) \left(x_{\mathrm{D}}^3 + 3\, x_{\mathrm{D}}^2 + 6\, x_{\mathrm{D}} + 6 \right)$$

Wegen $x_{\mathrm{D}} \gg 1$ beschränken wir uns auf die führende Korrektur mit x_{D}^3,

$$E(T, V) - E_0(V) \;=\; \frac{9N}{(\hbar\, \omega_{\mathrm{D}})^3}\, (k_{\mathrm{B}} T)^4 \left(\frac{\pi^4}{15} - x_{\mathrm{D}}^3 \exp\big(- x_{\mathrm{D}} \big) \right)$$

Für C_V muss dies partiell nach T abgeleitet werden. Das ergibt einen Faktor $4/T$ für den ersten Term. Der Faktor vor der Klammer ist proportional zu T/x_{D}^3. Im zweiten Term ergibt die Ableitung dann (i) den Faktor $1/T$ für den Vorfaktor der Exponentialfunktion und (ii) den Faktor x_{D}/T für die Exponentialfunktion selbst. Wegen $x_{\mathrm{D}} \gg 1$ berücksichtigen wir nur den zweiten Beitrag:

$$C_V \;=\; \frac{\partial E(T, V)}{\partial T} \;=\; 36\, N k_{\mathrm{B}}\, \frac{T^3}{T_{\mathrm{D}}^3} \left(\frac{\pi^4}{15} - \frac{x_{\mathrm{D}}^4}{4} \exp\big(- x_{\mathrm{D}} \big) \right) \qquad (x_{\mathrm{D}} \gg 1) \qquad (1)$$

Der erste Term ist das bekannte Resultat $C_V = (12\, \pi^4/5)\, N k_{\mathrm{B}}\, (T^3/T_{\mathrm{D}}^3)$ für $T \ll T_{\mathrm{D}}$. Der zweite Term ist die führende Korrektur.

Seite 655: Die letzte Gleichung auf dieser Seite wird korrigiert:

$$\int_{v_{\mathrm{B}}^*}^{v_{\mathrm{A}}^*} dv^* \left(\frac{8\, T_0^*}{3\, v^* - 1} - \frac{3}{v^{*\,2}} \right) \;=\; \frac{8\, T_0^*}{3}\, \ln \frac{3\, v_{\mathrm{A}}^* - 1}{3\, v_{\mathrm{B}}^* - 1} + \frac{3}{v_{\mathrm{A}}^*} - \frac{3}{v_{\mathrm{B}}^*} \;\approx\; 3.4$$