

# Errata zu „Gravitation“

Oliver Tennert

1. Juni 2025

## Band I

- S. x (Vorwort): ein Indextypo hat sich bei der Beschreibung der Konvention des Ricci-Tensors eingeschlichen: in der entsprechenden Gleichung überhalb der Tabelle muss es heißen:

$$R_{\mu\nu} = [S2][S3]R^{\kappa}_{\mu\kappa\nu},$$

(aus dem ersten  $\nu$  muss ein  $\mu$  werden).

Außerdem sind zwei Vorzeichen in der Tabelle falsch. Die entsprechenden Einträge müssen heißen:

	[S1]	[S2]	[S3]
Carroll	+	+	+
Wald	+	+	+

- S. 3 Zeile 2 von oben: „deutsch-russicher“ muss lauten: „deutsch-russischer“.
- S. 16 Zeile 9 von oben: „und seinem Studenten“ muss lauten: „und seinem Studenten“.
- S. 155 Zeile 5 vor Gleichung (17.14): „ortogonal“ muss „orthogonal“ heißen.
- S. 155 erste und zweite Zeile nach Gleichung (17.14): der Satz „Daraus folgt unmittelbar:“ und der nachfolgende Aufzählungspunkt in der nächsten Zeile muss gestrichen werden. Der letzte Aufzählungspunkt am Ende von Seite 155 sollte besser lauten:
  - Wenn  $v, w$  kausale Vektoren sind, so ist  $g(v, w) \geq 0$ , wenn sie beide dieselbe Zeitorientierung besitzen, und  $g(v, w) \leq 0$  bei entgegengesetzter Zeitorientierung.
- S. 175 Zeile 10 von unten: „je nach dem, on“ muss heißen: „je nach dem, ob“.
- S. 178: In Gleichung (20.4) muss ganz rechts anstelle eines  $\Delta\Phi$  ein  $\Delta\phi$  stehen.

- S. 207 Gleichung (23.23) benötigt einen anderen Laufindex:

$$\nabla_{\mu} X_{\nu} + X_{\nu} \nabla_{\mu} = \frac{2}{n} (\nabla_{\kappa} X^{\kappa}) g_{\mu\nu},$$

- S. 221 In der ersten unnummerierten Formel muss  $(*R)$  durch  $(R*)$  ersetzt werden. In Formel (24.33) und in den unnummerierten Formeln darüber muss der Ausdruck  $(* * R)$  jeweils durch  $(*R*)$  ersetzt werden. Außerdem muss in Zeile 5 der Text schlicht lauten: „und ferner“. Damit das Ganze auch klar wird, muss in Abschnitt 37 bei der genaueren Betrachtung der Dualitätstransformationen eine entsprechende Definition von links- und rechtsdualen Krümmungstensoren erfolgen. An dieser Stelle halten wir nur fest:

$$(*R)^{\mu\nu}{}_{\rho\sigma} := \frac{1}{2} \epsilon^{\mu\nu}{}_{\lambda\eta} C^{\lambda\eta}{}_{\rho\sigma},$$

- S. 236 Gleichung (26.13) muss lauten:  $c^2 \rho(x) + p(x) \geq 0$  (der Faktor  $c^2$  fehlt, D. Giulini).
- S. 240 Gleichung (27.7) muss lauten:  $R_{\mu\nu} W^{\mu} W^{\nu} \geq 0$ .
- S. 241 Erste Zeile von oben:  
„Null-Konvergenzbedingung“ muss heißen: „Null-Konvergenzbedingung“.
- S. 241 Gleichung (27.8) muss lauten:  $R_{\mu\nu} N^{\mu} N^{\nu} \geq 0$ .
- S. 277 Der Satz direkt vor Gleichung (31.4): „Im Unterschied zu Abschnitt 14...“ bis hin zu einschließlich Gleichung (31.4) muss eigentlich direkt an den Anfang der Minisection **Zeitartige Geodäten** rücken, da er bereits den Fall zeitartiger Geodäten betrifft.
- S. 280 Gleichung (31.13): im vorkommenden Weyl-Tensor hat sich ein Indexdreher versteckt. Anstelle von  $C_{\lambda\mu\kappa\nu}$  muss stehen:  $C_{\lambda\mu\nu\kappa}$ .
- S. 282ff in Abschnitt 31: Wir betrachten ja im folgenden geodätische Null-Kongruenzen, dann sollte das auch durchgehend so verstanden werden. Also sollte zumindest im Eingang dieser Minisection auch dieser Begriff fallen. Allgemeine Null-Kongruenzen sind an dieser Stelle ja uninteressant. Der Leser behalte dies im Hinterkopf!
- S. 282f Die Einführung von Doppel-Null-Koordinaten (die ohnehin besser  $u, v$  statt  $w, v$  heißen sollten) ist an dieser Stelle überflüssig und auch etwas irreführend. Die Einführung der beiden Null-Vektoren  $l, n$  genügt. Es sollte daher der Text von S. 282 Zeile 13 von unten: „Zur weiteren Untersuchung...“ bis S. 283 Zeile 6 von oben: „...kein Vielfaches des ersten ist.“ ersetzt werden durch:

In jedem Falle ist der transversale Unterraum zweidimensional, und um den entsprechenden Projektor zu finden, benötigen wir zwei Nullvektorfelder. Wir wählen wieder einen Nullvektor  $l^{\mu}$  tangential zu den Nullgeodäten. Die Wahl des zweiten Nullvektors  $n^{\mu}$  ist vollkommen beliebig, solange er kein Vielfaches des ersten ist, und wir wählen ihn ohne Beschränkung der Allgemeinheit derart, dass  $n_{\mu} l^{\mu} = 1$ , was aufgrund der beliebigen Normierung eines Nullvektors stets möglich ist.

Damit bleibt in jedem Fall die Definition von  $l, n$  konsistent mit der Null-Tetrade in Band II.

Der Satz nach Gleichung (31.22) sollte dann lauten: „...ist der gesuchte transversale Projektor auf den zweidimensionalen Unterraum.“

- S. 287 Gleichung (31.43) muss lauten:  $\hat{\omega}_{\mu\nu}(s) = -\theta\hat{\omega}_{\mu\nu}$ . (es fehlen die Indizes auf der rechten Seite).
- S. 339 vorletzte Zeile beim Punkt 4 der Bel–Debever-Kriterien: der Anfang sollte lauten: „mit  $0 \neq \rho = \rho' \in \mathbb{C}$ .“
- S. 340 5 Zeilen vor dem Mathematischen Einschub: „Newman–Penrose-Formalismus“ muss heißen: „Spinor-Formalismus“.
- S. 352: Auch wenn es keine Einheitlichkeit in der Literatur gibt: es ist vorteilhaft und im Einklang mit der Konvention sowohl in Band II als auch in Penrose/Rindler, die Definition des Bel–Robinson-Tensors in Gleichung (38.32) mit einem Vorfaktor  $\frac{1}{4}$  zu versehen:

$$T_{\mu\nu\lambda\eta} := \frac{1}{4} (C_{\mu\rho\lambda\sigma} C_{\nu}{}^{\rho}{}_{\eta}{}^{\sigma} + (*C)_{\mu\rho\lambda\sigma} (*C)_{\nu}{}^{\rho}{}_{\eta}{}^{\sigma}).$$

- S. 396 5. Zeile vor der neuen Minisection: „zentrale rotierende Schwarzes Loch“ muss heißen: „zentrale rotierende Schwarze Loch“.
- S. 408 Zeile 11 von oben: „Bevor wir die allerdings Feldgleichungen“ muss heißen: „Bevor wir allerdings die Feldgleichungen“

Es hat sich ein durchgehender Vorzeichenfehler bei einer nichtverschwindenden kosmologischen Konstante  $\Lambda \neq 0$  eingeschlichen, der aber leicht zu korrigieren ist: es muss konsequent  $\Lambda \rightarrow -\Lambda$  beziehungsweise  $-\Lambda \rightarrow \Lambda$  gesetzt werden an den Stellen, wo die Größe vorkommt. Im Einzelnen sind diese:

- S. 187: Gleichungen (20.40) und (20.41): auf der rechten Seite muss jeweils ein Minus (–) stehen.
- S. 239: Gleichungen (27.1) und (27.2):  $\Lambda \rightarrow -\Lambda$ .
- S. 240: In beiden unnummerierten Gleichungen überhalb von (27.5), sowie in (27.5) und (27.6):  $\Lambda \rightarrow -\Lambda$  beziehungsweise  $-\Lambda \rightarrow \Lambda$ .
- S. 242: Gleichung (27.9): das Minus – auf der rechten Seite muss weg:  $-\Lambda \rightarrow \Lambda$ . Gleichungen (27.10) und (27.11) sind hingegen korrekt.
- S. 247: Gleichungen (28.1) und (28.2):  $-\Lambda \rightarrow \Lambda$ . Die Lagrange-Dichte lautet dann also:  $\mathcal{L} = \frac{1}{2\kappa}(\mathcal{R} + 2\Lambda)$ .

- S. 249: In der unnummerierten Gleichung am Anfang der Seite muss an drei Stellen  $-\Lambda \rightarrow \Lambda$  gesetzt werden. In der unnummerierten Gleichung überhalb von (28.8) muss  $-\Lambda \rightarrow \Lambda$  gesetzt werden. In den Gleichungen (28.8), (28.9), (28.10) muss insgesamt an fünf Stellen  $\Lambda \rightarrow -\Lambda$  beziehungsweise  $-\Lambda \rightarrow \Lambda$  gesetzt werden.
- S. 350: Gleichung (38.28):  $\Lambda \rightarrow -\Lambda$ .

Um mit der Notation im überwiegenden Teil der fortgeschrittenen Literatur, insbesondere von Originalarbeiten, konsistent zu sein, setzen wir in Band II die retardierte Null-Koordinate  $w$  als  $u$ , während die avancierte Null-Koordinate weiterhin mit  $v$  bezeichnet wird. In der zweiten Auflage von Band I werden wir dies ebenfalls entsprechend anpassen. Wenn der Leser oder die Leserin möchte, kann er oder sie jetzt schon einfach für die retardierte Koordinate  $w \rightarrow u$  setzen. Das betrifft das Vorkommen dieser Koordinaten in Abschnitten 36, 50 und 51.

## **Band II**