

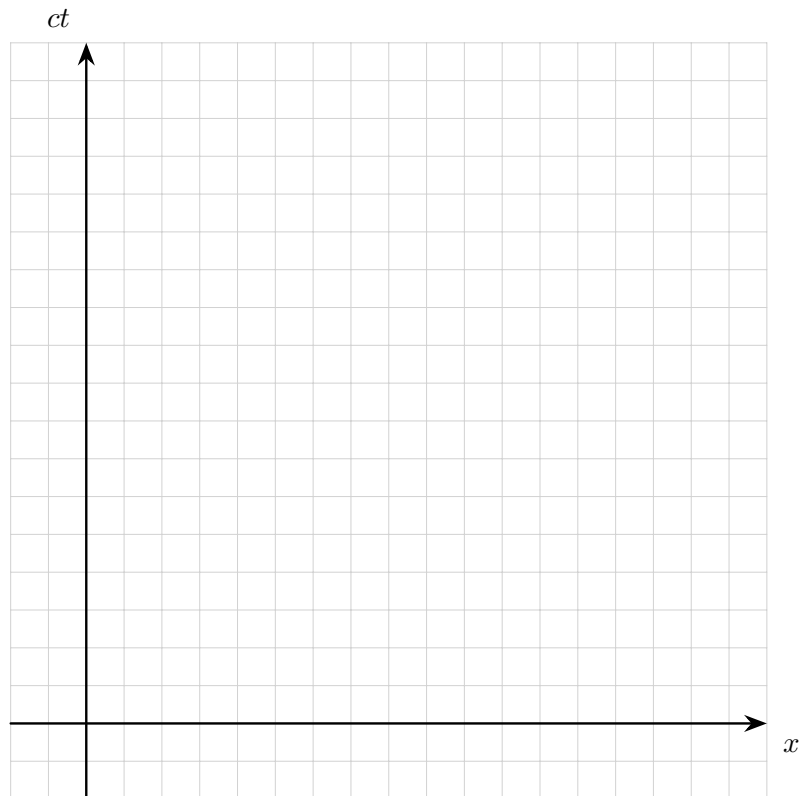
Spezielle Relativität – Arbeitsblatt Minkowski-Diagramme

Thomas Sean Weatherby

A. Skizzieren

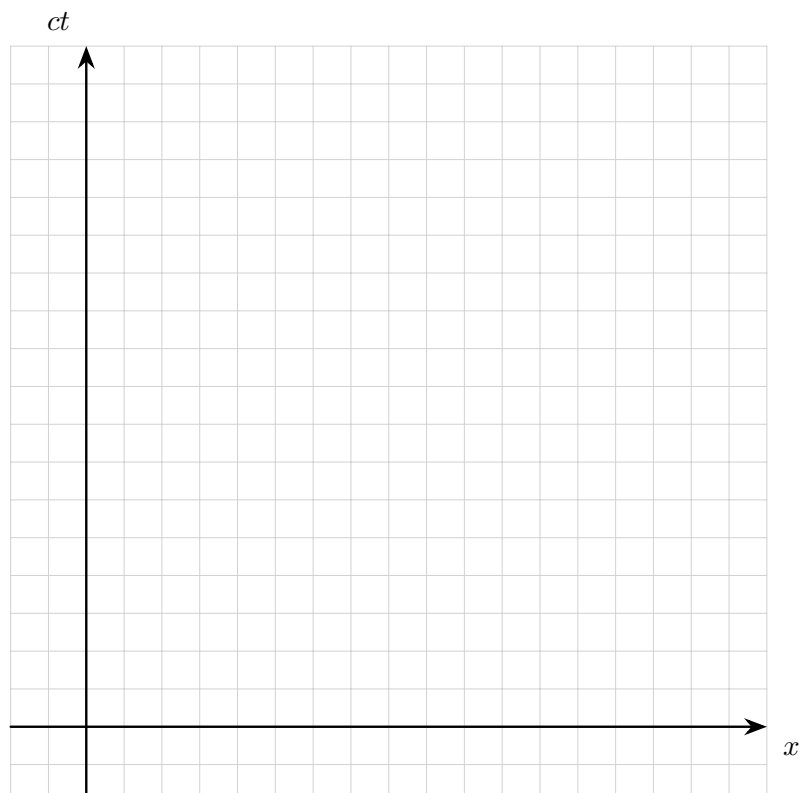
A1. Grundaufbau. Unten ist ein Minkowski-Diagramm in 1D-Raum. **Skizziere** drei Weltlinien:

- (i) ruhendes Objekt,
- (ii) gleichförmig bewegtes Objekt mit $v > 0$
- (iii) Lichtsignal.



A2. Lorentz-Achsen (Bezugssystem S'). Für $\beta = v/c = 0,6$ konstruiere die Achsen ct' (Weltlinie des bewegten Ursprungs) und x' (Gleichzeitigkeitslinie $t' = 0$) im Diagramm.

Markiere zusätzlich eine Gerade $t' = \text{const.}$

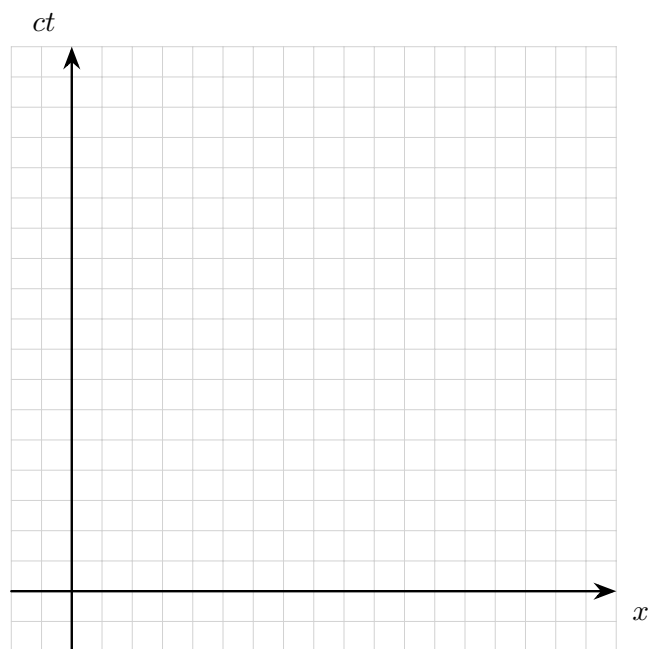


A3. Warum 45° ? Eine Schülerin fragt: „Warum laufen Lichtlinien in deinem (x, ct) -Diagramm immer unter 45° – ist das nicht nur so gezeichnet?“.

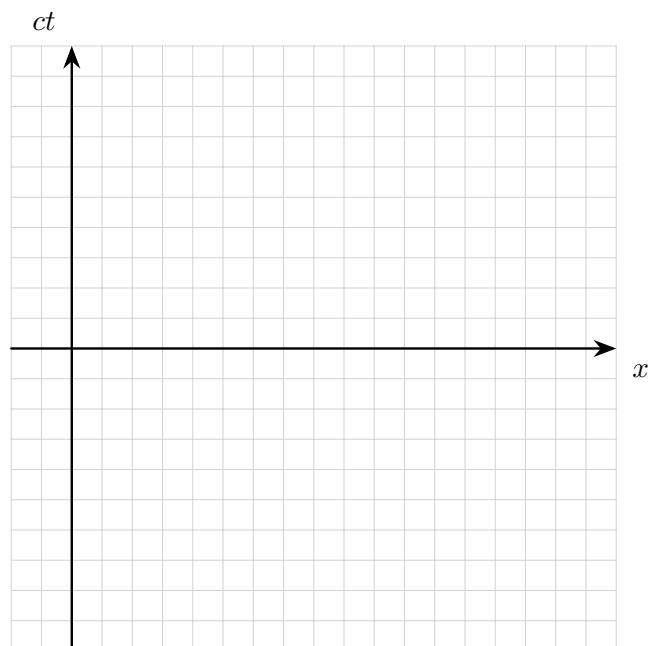
Formuliere eine schülergerechte Antwort (4–6 Sätze), in der du:

- (i) erklärst, dass ct und x mit derselben Längenskala aufgetragen werden,
- (ii) den Zusammenhang $x = \pm ct$ für Licht erwähnst und daraus die 45° -Gerade ableitest,
- (iii) erläuterst, warum dies *unabhängig* von der Wahl des bewegten Bezugssystems S' gilt.

A4. Zug–Gedankenexperiment. Zwei Blitze treffen die Enden eines Zuges gleichzeitig im Ruhesystem des Bahnsteigs S . **Skizziere** die Ereignisse und zeige am Diagramm, dass sie im Bezugssystem des Zuges S' nicht gleichzeitig sind (**nutze** Linien $t' = \text{const}$).

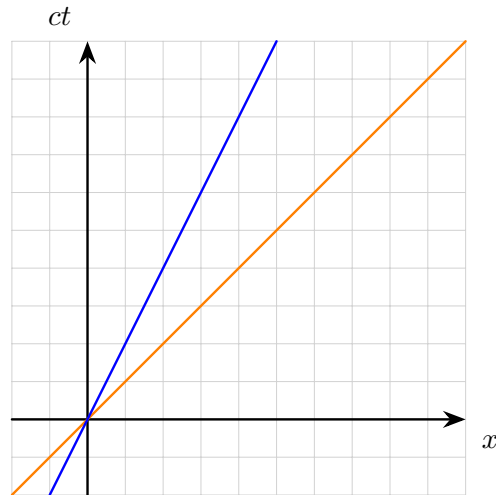


A5. Zeitdilatation grafisch. Stelle eine Lichtuhr dar, die im Raketenrahmen ($\beta = 0.5$) ruht. **Zeige** im Bezugssystem der Erde anhand des schrägen Lichtwegs, dass die gemessene Zeitspanne größer ist.



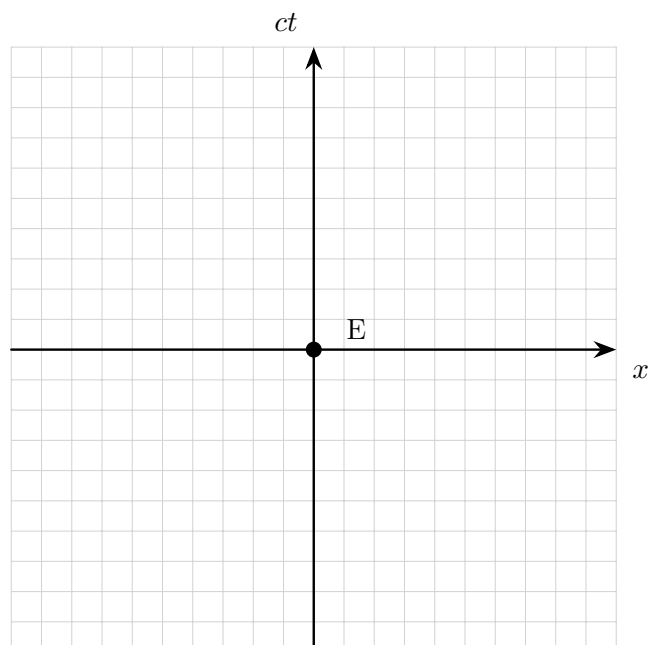
B. Ablesen/Interpretieren

B1. Geschwindigkeit aus Winkel & Rapidität (blaue Weltlinie). Im folgenden Minkowski-Diagramm sind eine Weltlinie (blau) und eine Lichtgerade (orange) eingezeichnet.



- (i) **Bestimme** aus der Zeichnung die Geschwindigkeit $\beta = \frac{v}{c}$ der *blauen* Weltlinie.
- (ii) **Interpretiere** die *Rapidität* $\eta = \operatorname{artanh}(\beta)$ im Hinblick auf den *Winkel*, den die blaue Weltlinie im Diagramm bildet. Gib an, *von welcher Achse* du den Winkel misst, und leite eine Beziehung zwischen diesem Winkel und η her. (Kurze Begründung, keine langen Rechnungen.)

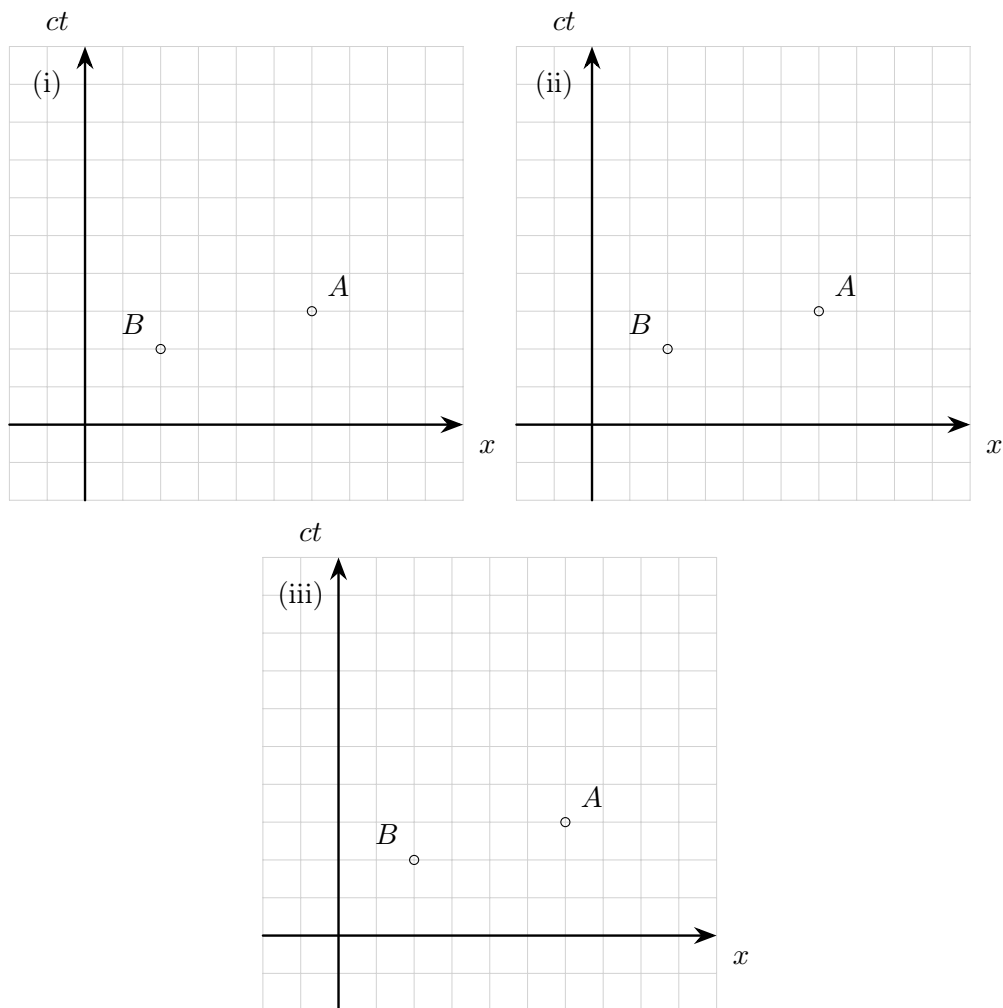
B2. Kausalitätsklassen. Markiere zu einem Ereignis E die Bereiche “Vergangenheit”, “Zukunft” und “Anderswo” (raumartig).



B3. Wer sieht was gleichzeitig? Gegeben seien zwei getrennte Ereignisse A und B .

Zeichne an separaten Diagrammen, die Achsen für Inertialsysteme, in denen:

- (i) A vor B ,
- (ii) B vor A ,
- (iii) A und B gleichzeitig sind.



B4. Muon-Beispiel. Eine Muon-Weltlinie (mit $\beta = 0,8c$) und das Zerfallsereignis sind eingezeichnet.

Lies die Lebensdauer im Erddrahten ab und **errechne** die Eigenzeit im Muonrahmen.

