

# **Didaktisches Material**

zu

# **Bewegung am kosmischen Tempolimit**

– Visualisierung relativistischer Effekte –

Sterne und Weltraum, August 2005, S. 40 - 46

Ute Kraus

## **Aufgabenblätter**

**Aufgabe: Längenkontraktion**

Wie schnell ist der Radfahrer in Abb. 1? (Hinweis: Hier ist nur die Längenkontraktion dargestellt; Lichtlaufzeiteffekte sind nicht berücksichtigt.)



Abb. 1: Angebliches Aussehen eines Radfahrers, der sich in einer Welt, in der die Lichtgeschwindigkeit nur 30 Kilometer pro Stunde beträgt, fast lichtschnell bewegt. Bild entnommen aus G. Gamow: Die seltsamen Abenteuer des Mr. Tompkins in Kosmos und Mikrokosmos, Vieweg Verlag, Wiesbaden, 1984.

**Aufgabe: Der Gamowsche Radfahrer**

Eines der Bilder b bis e von Abb. 2 zeigt, wie der Gamowsche Radfahrer von Abb. 1 wirklich aussehen würde, wenn er sich quer durch die Sichtlinie bewegt. Welches ist das richtige Bild?

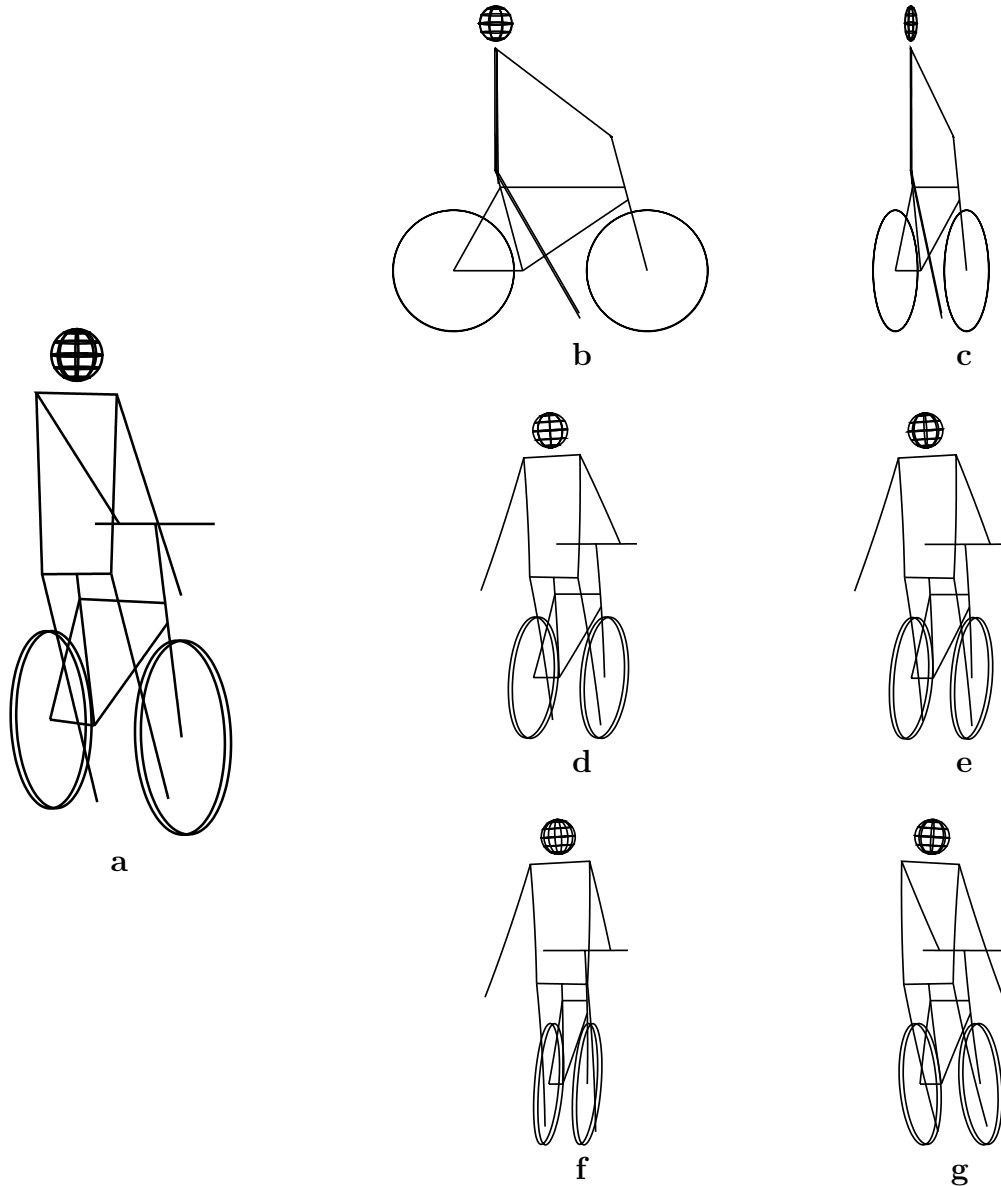


Abb. 2: a: "Drahtmodell" eines Radfahrers, aus der Ruhe betrachtet. (Die rechte Hand greift den Lenker, d.h. wir sehen den Radfahrer in Bild a schräg von vorn.) Der Radfahrer fährt von links nach rechts vorbei, wir photographieren ihn und blicken dabei genau senkrecht auf seine Bahn. Welches der Bilder b bis g ist das richtige, wenn der Radfahrer so schnell ist wie der Gamowsche Radfahrer in Abb. 1?

**Aufgabe: Quasarjet**

Ein leuchtender Knoten im Jet eines Quasars entfernt sich mit Geschwindigkeit  $v$  vom Quasarzentrum. Ein weit entfernter Betrachter beobachtet die Bewegung des Knotens unter dem Sichtwinkel  $\theta$  (Abb. 3).

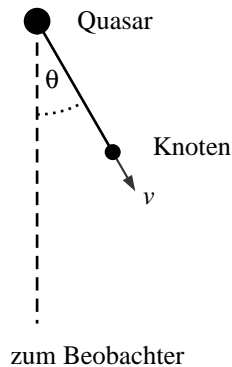


Abb. 3: Ein leuchtender Knoten im Jet eines Quasars entfernt sich mit Geschwindigkeit  $v$  vom Quasarzentrum.

Der Beobachter sieht, wie die Entfernung des Knotens vom Quasarzentrum im Lauf der Zeit anwächst (siehe Abb. 4 im Heftbeitrag). Diese beobachtete Entfernung ist aber nicht der tatsächliche Abstand zwischen dem Knoten und dem Quasarzentrum, sondern die Entfernung an der Himmelskugel, also die Projektion des Abstands in eine Ebene senkrecht zur Blickrichtung. Wir sehen nur die Querbewegung; dass sich der Knoten auch längs der Blickrichtung vom Quasar entfernt, ist unbeobachtbar. Im folgenden soll berechnet werden, mit welcher Geschwindigkeit der *gesehene* Abstand zwischen Knoten und Quasarzentrum anwächst.

- Der Knoten sendet zu den Zeitpunkten  $t_1$  und  $t_1 + \Delta t$  je ein Lichtsignal aus. Wie weit bewegt er sich während  $\Delta t$  in Querrichtung?
- Wieviel Zeit vergeht zwischen der Ankunft des ersten und der Ankunft des zweiten Signals beim Beobachter? (Da der Beobachter sehr weit weg ist, verlaufen die Lichtstrahlen in Richtung Beobachter praktisch parallel.) Der Beobachter *sieht*, dass in dieser Zeit die in a) berechnete Strecke zurückgelegt wird. Wie groß ist die beobachtete Geschwindigkeit?
- Die in b) berechnete Geschwindigkeit hängt davon ab, unter welchem Sichtwinkel der Beobachter auf den Jet blickt. Bei welchem Winkel  $\theta$  ist die beobachtete Geschwindigkeit am größten? Welchen Wert hat die Maximalgeschwindigkeit? Wie hoch muss die Geschwindigkeit  $v$  des Knotens mindestens sein, damit ein Beobachter Überlichtgeschwindigkeit sehen kann?