1. a) Peterli befindet sich im Bezugssystem «Flugzeug»: 5.00 $\frac{\text{m}}{\text{s}}$

   b) Im Bezugssystem «Boden» beträgt die Geschwindigkeit der Kugel (nicht-relativistisch, da die Geschwindigkeiten im Vergleich zur Lichtgeschwindigkeit klein sind)

   $v_{\text{Flugzeug}} + v_{\text{Kugel}} = 250\ \frac{\text{m}}{\text{s}} + 5.00\ \frac{\text{m}}{\text{s}} = 255\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$

   c) $v_{\text{Flugzeug}} - v_{\text{Kugel}} = 250\ \frac{\text{m}}{\text{s}} - 5.00\ \frac{\text{m}}{\text{s}} = 245\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$

   d) Die Lichtgeschwindigkeit ist in allen Bezugssystemen gleich gross: c = 299'792'458 $\frac{\text{m}}{\text{s}}$

   e) Die Lichtgeschwindigkeit ist in allen Bezugssystemen gleich gross: c = 299'792'458 $\frac{\text{m}}{\text{s}}$

   f) Die Lichtgeschwindigkeit ist in allen Bezugssystemen gleich gross: c = 299'792'458 $\frac{\text{m}}{\text{s}}$

2. a) langsamer; in einem Bezugssystem, das sich relativ zum eigenen bewegt, vergeht die Zeit (aus der langsamer.

   b) $$\Delta t_{\text{bewegt}} = \frac{\Delta t_{\text{ruhend}}}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = \Delta t_{\text{Fritzli}} = \frac{\Delta t_{\text{Hansli}}}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = \frac{12.00\ \text{h}}{\sqrt{1-\frac{\left(\frac{100.00\cdot 10^6}{3.6}\ \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{\left(299'792'458\ \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}}} = 12.05\ \text{h} = \underline{\underline{12\ \text{h}\ 3\ \text{min}\ 7\ \text{s}}}$$

3. $$\Delta t_{\text{bewegt}} = \frac{\Delta t_{\text{ruhend}}}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = \Delta t_{\text{Fritzli}} = \frac{\Delta t_{\text{Hansli}}}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \qquad \Delta t_{\text{Fritzli}}\cdot\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}} = \Delta t_{\text{Hansli}} \qquad \sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}} = \frac{\Delta t_{\text{Hansli}}}{\Delta t_{\text{Fritzli}}}$$

   $$1-\frac{v^2}{c^2} = \left(\frac{\Delta t_{\text{Hansli}}}{\Delta t_{\text{Fritzli}}}\right)^2 \qquad \frac{v^2}{c^2} = 1-\left(\frac{\Delta t_{\text{Hansli}}}{\Delta t_{\text{Fritzli}}}\right)^2 \qquad v^2 = c^2\left(1-\left(\frac{\Delta t_{\text{Hansli}}}{\Delta t_{\text{Fritzli}}}\right)^2\right) \qquad v = c\cdot\sqrt{1-\left(\frac{\Delta t_{\text{Hansli}}}{\Delta t_{\text{Fritzli}}}\right)^2}$$

   $$v = c\cdot\sqrt{1-\left(\frac{\Delta t_{\text{Hansli}}}{\Delta t_{\text{Fritzli}}}\right)^2} = 299'792'458\ \frac{\text{m}}{\text{s}}\cdot\sqrt{1-\left(\frac{27'933\ \text{s}}{27'945\ \text{s}}\right)^2} = 8'784'714\ \frac{\text{m}}{\text{s}} = 31'624'970\ \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

   $$= \underline{\underline{3.2\cdot 10^7\ \frac{\text{km}}{\text{h}}}}$$

4. $\Delta t_{\text{Fritzli}} = 2\cdot\Delta t_{\text{Hansli}}$ $\qquad v = 299'792'458\ \frac{\text{m}}{\text{s}}\cdot\sqrt{1-\left(\frac{1}{2}\right)^2} = 259'627'884\ \frac{\text{m}}{\text{s}} = \underline{\underline{9.35\cdot 10^8\ \frac{\text{km}}{\text{h}}}}$

5. $$\Delta t_{\text{bewegt}} = \frac{\Delta t_{\text{ruhend}}}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = \frac{2.2\ \mu s}{\sqrt{1-(0.9994)^2}} = \underline{\underline{63.5\ \mu s}}$$

6. a) kürzer

b) $\Delta\ell_{\text{bewegt}} = \Delta\ell_{\text{ruhend}} \cdot \sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}} = 1.000\text{ m} \cdot \sqrt{1-\frac{\left(\frac{100.00\cdot 10^6}{3.6}\ \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{\left(299'792'458\ \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}} = 0.9957\text{ m} = \underline{\underline{996\text{ mm}}}$

c) Die gleiche Länge: <u>996 mm</u>

7. $\frac{\Delta\ell_{\text{bewegt}}}{\Delta\ell_{\text{ruhend}}} = \sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$ $\left(\frac{\Delta\ell_{\text{bewegt}}}{\Delta\ell_{\text{ruhend}}}\right)^2 = 1-\frac{v^2}{c^2}$ $\frac{v^2}{c^2} = 1-\left(\frac{\Delta\ell_{\text{bewegt}}}{\Delta\ell_{\text{ruhend}}}\right)^2$ $v^2 = c^2 \cdot \left[1-\left(\frac{\Delta\ell_{\text{bewegt}}}{\Delta\ell_{\text{ruhend}}}\right)^2\right]$

$v = c \cdot \sqrt{1-\left(\frac{\Delta\ell_{\text{bewegt}}}{\Delta\ell_{\text{ruhend}}}\right)^2} = 299'792'458\ \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \sqrt{1-\left(\frac{999.9\text{ mm}}{1000.0\text{ mm}}\right)^2} = 4'239'599.6\ \frac{\text{m}}{\text{s}} = \underline{\underline{4.240\cdot 10^6\ \frac{\text{m}}{\text{s}}}}$

$= \underline{\underline{1.526\cdot 10^7\ \frac{\text{km}}{\text{h}}}}$

8. $\Delta\ell_{\text{ruhend}} = \frac{\Delta\ell_{\text{bewegt}}}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = \frac{568\text{ m}}{\sqrt{1-\frac{\left(\frac{1.50\cdot 10^8}{3.6}\ \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{\left(299'792'458\ \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}}} = \underline{\underline{574\text{ m}}}$

9. a) $s_{\text{Myon}} = v \cdot t_{\text{Myon}} = 0.9994 \cdot 299'792'458\ \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 2.2 \cdot 10^{-6}\text{ s} = \underline{\underline{659\text{ m}}}$

b) Aus der Sicht des Myons ist das Bezugssystem «Erde» das bewegte Bezugssystem (d.h. im Bezugssystem «Myon» fliegt die Erde mit fast Lichtgeschwindigkeit am Myon vorbei). Darum ist diese Strecke im Bezugssystem «Myon» verkürzt: $s_{\text{Myon}} = \Delta\ell_{\text{bewegt}}$

Im Bezugssystem «Erde» hat diese Strecke die Länge

$\Delta\ell_{\text{ruhend}} = \frac{\Delta\ell_{\text{bewegt}}}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = \frac{\Delta\ell_{\text{bewegt}}}{\sqrt{1-\left(\frac{0.9994\cdot c}{c}\right)^2}} = \frac{659\text{ m}}{\sqrt{1-(0.9994)^2}} = 19'027\text{ m} = \underline{\underline{19\text{ km}}}$