Übungsblatt 8

Julian Bergmann
Kathleen Klinkmüller

8/10

Aufgabe 1) Myonstahl, Polarisation

a) Woher kennen wir die Strahlpolarisation zum Beispiel im COMPASS Experiment?

Myonen werden bei Pion-/Kaon-Zerfällen produziert z.B. Zerfall des π^+ über schwachen Zerfall:

$$\nu \leftarrow \underset{\Rightarrow\ \pi^+\ \Leftarrow}{\circ} \rightarrow \mu^+$$

Wobei π^+ einen Spin von 0 hat, da Spinerhaltung gilt muss μ^+ einen entgegengesetzten Spin zum ν haben. ✓
Da Neutrinos linkshändig sind, ist der Spin aufgrund der negativen Helizität antiparalell zu ihrem Impuls. Somit ist auch die Spinrichtung des Myon bekannt ✓

b) Ein Primärstahl mit einer Energie von 200 GeV wird genutzt, um einen Myonstrahl zu erzeugen. Ist ein Primärstrahl von Pionen oder von Kaonen vorzuziehen, um eine hohe Polarisation von Myonen zu erzeugen?

Formel für Polarisation von Zerfallsmyonen:

$$P_{\mu^\pm} = \mp \frac{m^2_{\pi,K} + \left[1 - \frac{2E_{\pi,K}}{E_\mu}\right] \cdot m^2_\mu}{m^2_{\pi,K} - m^2_\mu}$$

3

wobei $m_\mu = 105{,}658$ MeV, $m_\pi = 139{,}57018$ MeV und $m_K = 493{,}677$ MeV

→ Plot siehe nächste Seite

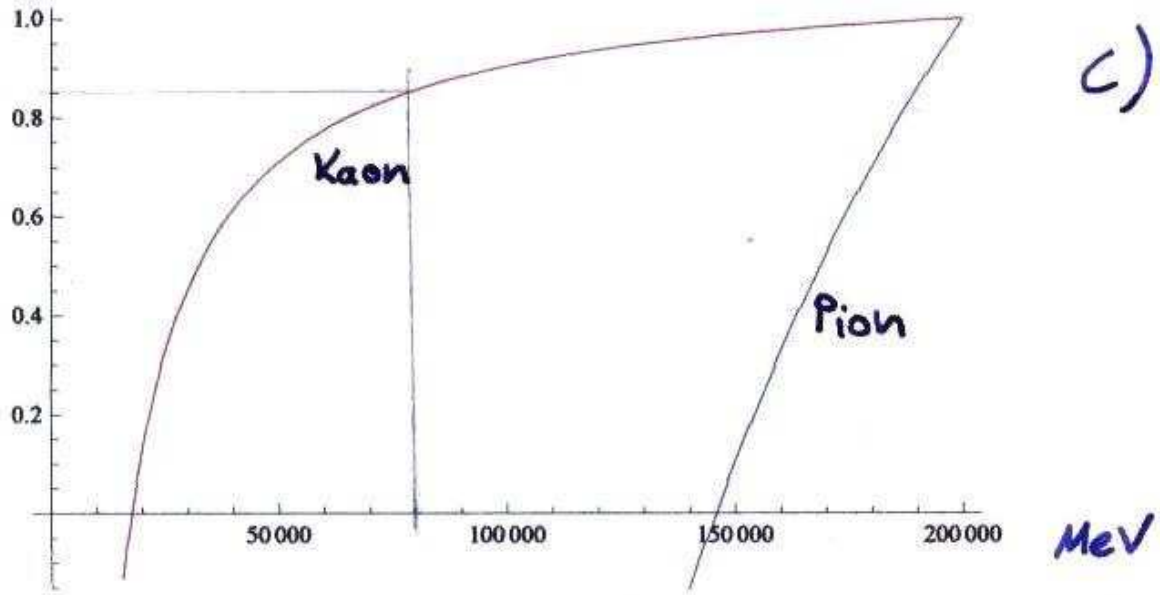
Am Plot erkennt man, dass sehr schnell eine hohe Polarisation erreichen.

c) ~~siehe Plot, ähnlich wie b)~~ $|P|_{80\,GeV} = 0{,}8544$ ✓

1b)

```
In[67]:= E1 = 200000;
In[68]:= E2 = 80000;
In[69]:= m1 = 139.57018;
In[70]:= m2 = 493.677;
In[71]:= m = 105.658;
In[81]:= Show[Plot[(m2^2 + (1 - 2 * E1 / e) m^2) / (m2^2 - m^2), {e, 0, 200000}, PlotStyle → Red],
          Plot[(m1^2 + (1 - 2 * E1 / e) m^2) / (m1^2 - m^2), {e, 0, 200000}]]
```

Out[81]=

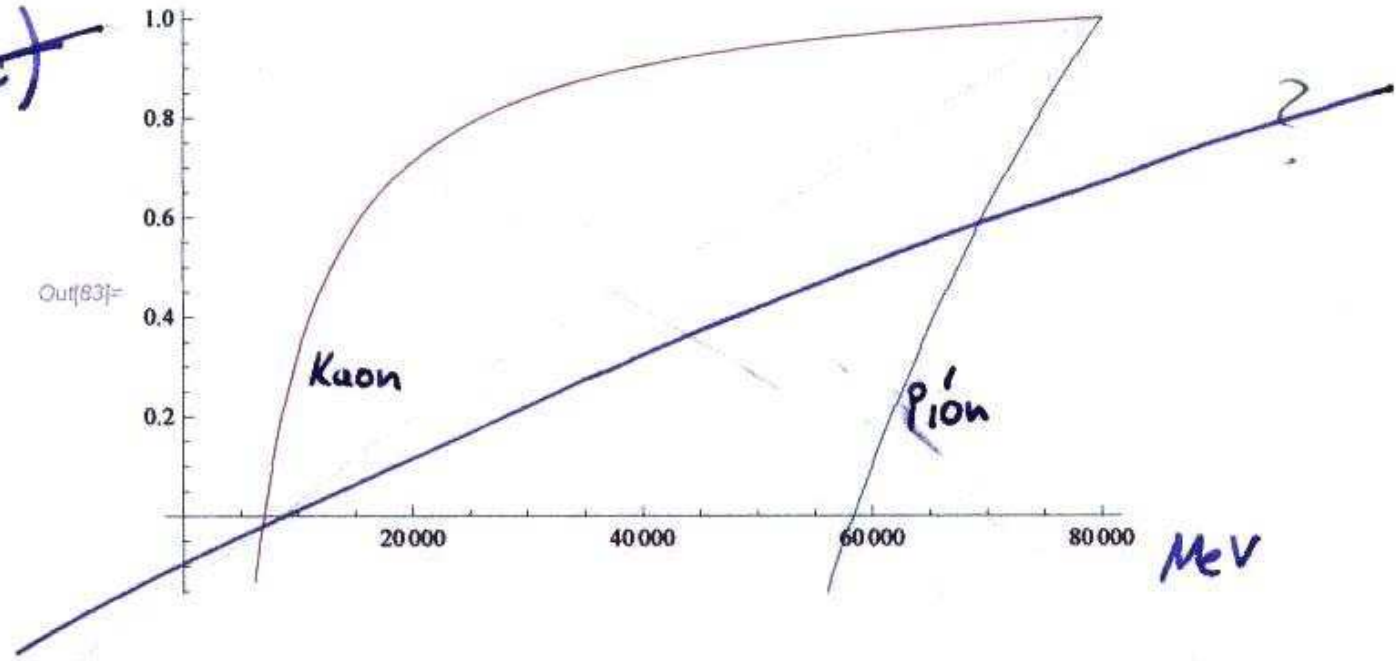


c) bei 80 GeV:
$|P| = 0{,}8544$ ✓

```
In[83]:= Show[Plot[(m2^2 + (1 - 2 * E2 / e) m^2) / (m2^2 - m^2), {e, 0, 80000}, PlotStyle → Red],
          Plot[(m1^2 + (1 - 2 * E2 / e) m^2) / (m1^2 - m^2), {e, 0, 80000}]]
```

~~1c)~~

Out[83]=



Ephy 6 Blatt 8

Julian Bergmann
Kathleen Klinkmüller

~~Nr 1~~

~~a) entgegengesetzte Impulse ⇒ neutrino linkshändig (S=0) ⇒ Spinerhaltung ⇒ myon auch linkshändig, entgegengesetzter Spin zum Neutrino.~~

~~b) $P_\mu = \mp \frac{m_{\pi,K}^2 + (1 - 2\frac{E_{\pi,K}}{E_\mu}) m_\mu^2}{m_{\pi,K}^2 - m_\mu^2}$ ⇒ Kaonen erreichen hohe Polarisation schneller.~~

~~c) siehe Mathematica-Anhang ~~Excel Blatt~~ (oben 200 GeV, unten 8,0 GeV)~~

Nr 2

$$\sigma = \int \frac{d\sigma}{d\Omega} d\Omega = \frac{z^2\alpha^2(c\hbar)^2}{4E^2} \int_0^{2\pi}\int_{1\cdot\frac{2\pi}{360}}^{10\cdot\frac{2\pi}{360}} \sin^4\left(\frac{\vartheta}{2}\right) d\vartheta\, d\varphi = \frac{z^2\alpha^2(c\hbar)^2}{4E^2}\cdot 2\pi \cdot \int_{\frac{\pi}{180}}^{\frac{\pi}{18}} \sin^4\left(\frac{\vartheta}{2}\right) d\vartheta$$

$$= \frac{z^2\alpha^2(c\hbar)^2\pi}{E^2}\left(\frac{4}{\cos\left(\frac{\pi}{180}\right)} - \frac{4}{\cos\left(\frac{\pi}{18}\right)}\right)$$

~~$= 29{,}57\,\text{GeV}^2 - 20{,}25\,\text{GeV}^2$~~

hier direkt Energie statt Schwerpunktsenergie einsetzen!

~~$= 9{,}32$~~ $s = 29{,}57\,\text{GeV}^2 - 20{,}25\,\text{GeV}^2 = 9{,}3\,\text{GeV}^2$ ✓ 3

$$\Rightarrow \sigma = \frac{\alpha^2(c\hbar)^2\pi}{s}\left(\frac{4}{\cos\left(\frac{\pi}{180}\right)} - \frac{4}{\cos\left(\frac{\pi}{18}\right)}\right) = 5{,}77\cdot 10^{-33}\,m^2 = 577\,\mu b$$ ✓

Nr 3

a) $\beta = \frac{v}{c_0} \Rightarrow \beta_1 = \frac{1}{n_1} = \frac{1}{1{,}02531} = 0{,}9753$

$\beta_2 = \frac{1}{n_2} = \frac{1}{1{,}001712} = 0{,}9983$

$\beta_3 = \frac{1}{n_3} = \frac{1}{1{,}000735} = 0{,}995865$

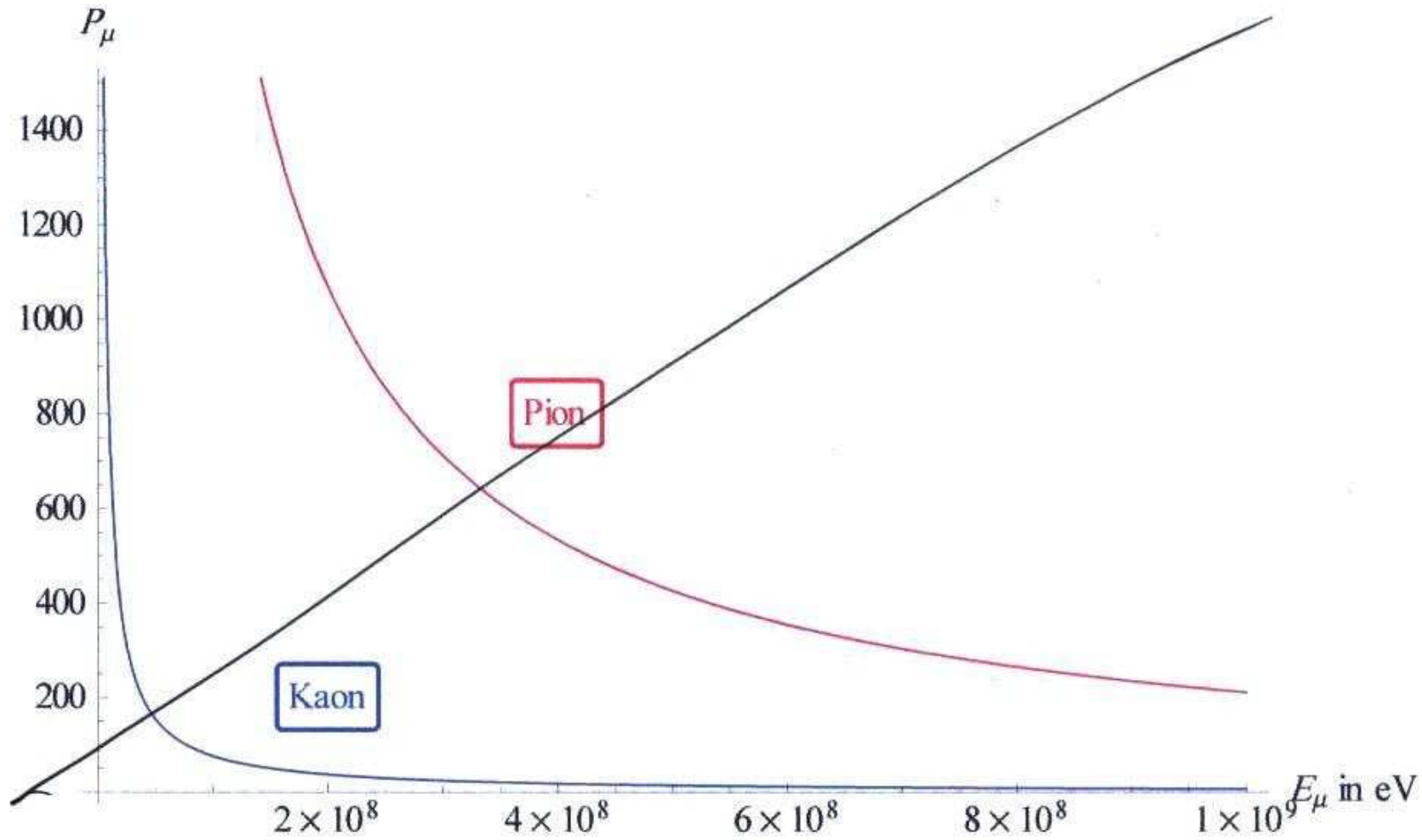
$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} = \frac{E}{m} \Rightarrow \beta = \sqrt{1-\frac{m^2}{E^2}} = \sqrt{1-\frac{m^2}{p^2+m^2}} \Rightarrow p = \sqrt{\frac{m^2}{1-\beta^2} - m^2}$

i	e^- (m = 511 keV)	π (139,57 MeV)	K (493,7 MeV)	p (938,3 MeV)
1	p_{e_1} = 2,26 MeV	616,46 MeV	2180,5 MeV	4,144 GeV
2	p_{e_2} = 8,73 MeV	2384,2 MeV	8433 MeV	16,03 GeV
3	p_{e_3} = 31,1 MeV	8493,9 MeV	30,04 GeV	57,04 GeV

✓

(Grenzimpuls ab der Cerenkovstrahlung entsteht) 4

b) Differenz von 0,5° bis zu 7556 MeV erkennbar (siehe Mathematica-Anhang!) ✓



Nr 3 b)

$\beta 1=\sqrt{1-\frac{mpi^2}{p^2+mpi^2}}$;

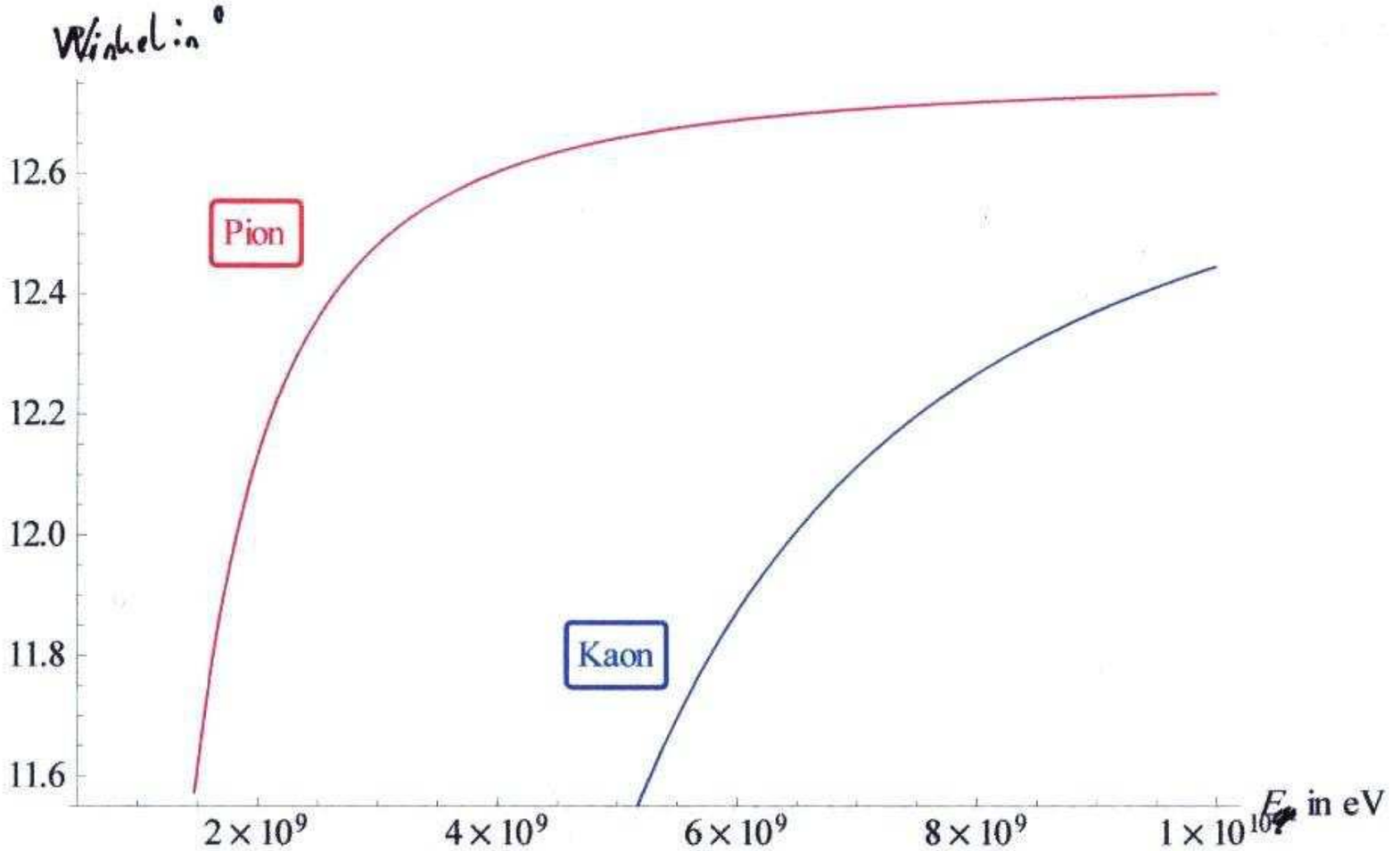
$\beta 2=\sqrt{1-\frac{mk^2}{p^2+mk^2}}$;

```
n=1.02531;
```

pion[p_]=ArcCos[1/(n*$\sqrt{1-\frac{mpi^2}{p^2+mpi^2}}$)];

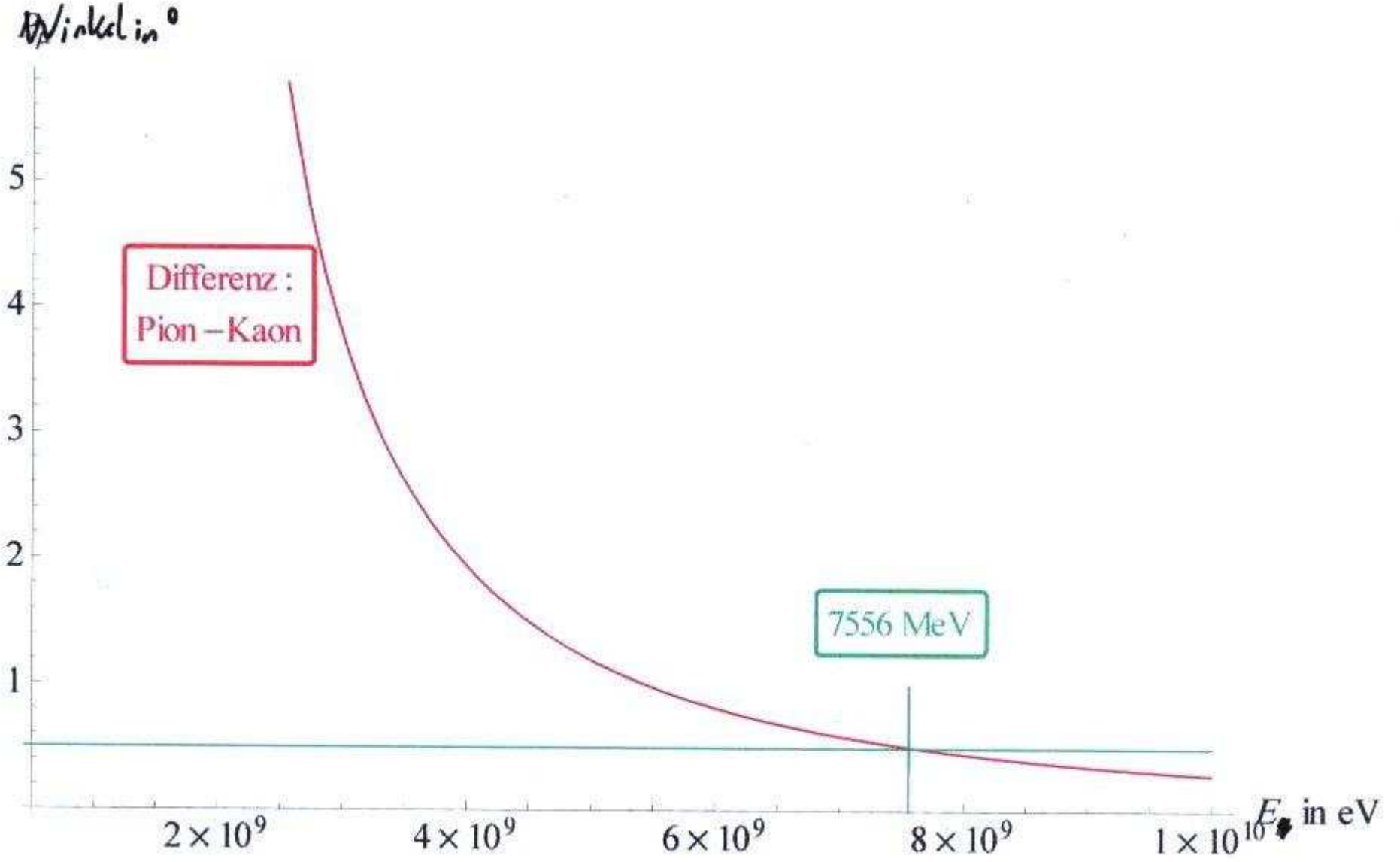
kaon[p_]=ArcCos[1/(n*$\sqrt{1-\frac{mk^2}{p^2+mk^2}}$)];

```
Show[Plot[pion[p]*180/π,{p,616.46*10^6,10000*10^6},PlotStyle->Red
,ImageSize→600,PlotStyle→Red,AxesLabel→{"Eμ in
eV","Pμ"},BaseStyle→{FontSize→16},Epilog→{Inset[
    Framed[
     "Pion",RoundingRadius→5
     ],{2*10^9,12.5},Background→Transparent,BaseStyle→Red
    ],Inset[
    Framed[
     "Kaon",RoundingRadius→5
     ],{5*10^9,11.8},Background→Transparent,BaseStyle→Blue
    ]}],Plot[kaon[p]*180/π,{p,2180*10^6,10000*10^6},PlotStyle→Blue]]
```




```
Plot[(pion[p]-kaon[p])*180/π,{p,616.46*10^6,10000*10^6},PlotStyle
->Red,ImageSize→600,PlotStyle→Red,AxesLabel→{"Eμ in
eV","Pμ"},BaseStyle→{FontSize→16},Epilog→{Inset[
   Framed[
    "Differenz:¥nPion-Kaon",RoundingRadius→5
    ],{2*10^9,4},Background→Transparent,BaseStyle→Red
   ],Inset[
   Framed[
    "7556MeV",RoundingRadius→5
    ],{7.5*10^9,1.5},Background→Transparent,BaseStyle→Green
   ],,{Green,Line[{{0,0.5},{10*10^9,0.5}}]},{Green,Line[{{7556*10^6,0},{7556*10^6,1}}]}}]
```

Korrekt ✓


Winkel in °
5
4
3
2
1
Differenz :
Pion – Kaon
7556 MeV
2 × 10^9
4 × 10^9
6 × 10^9
8 × 10^9
1 × 10^10
E in eV