

2. Entscheide, welche der folgenden Umwandlungen des Z-Teilchens möglich sind. Im Fall der Unmöglichkeit gib dafür eine Begründung an.

a) $Z \rightarrow e^+ + e^-$

Diese Umwandlung ist möglich.

b) $Z \rightarrow t + \bar{t}$

Diese Umwandlung ist nicht möglich, da sowohl Top- als auch Anti-Top-Quark eine größere Masse als das Z-Teilchen besitzen. Die Summe der Massen der beiden entstandenen Quarks ist also größer als die Masse des Z-Teilchens.

c) $Z \rightarrow \gamma + \gamma$

Diese Umwandlung ist nicht möglich, da Photonen weder eine schwache noch eine elektrische Ladung besitzen und das Z-Teilchen daher nicht an diese koppeln kann.

d) $Z \rightarrow b + \bar{b}$

Diese Umwandlung ist möglich.

e) $Z \rightarrow \mu^- + \bar{\nu}_\mu$

Diese Umwandlung ist nicht möglich, da sowohl die elektrische als auch die schwache Ladung nicht erhalten sind. Die Summe der elektrischen und die Summe der schwachen Ladungszahlen der Umwandlungsprodukte beträgt jeweils -1, während das Z-Teilchen weder eine elektrische noch eine schwache Ladung besitzt.

f) $Z \rightarrow u + d$

Diese Umwandlung ist nicht möglich. Zum einen ist die starke Ladung nicht erhalten, da sich die starken Farbladungsvektoren der Umwandlungsprodukte nicht zum Nullvektor addieren. Zum anderen ist die elektrische Ladung nicht erhalten, da die Summe der elektrischen Ladungszahlen bei den Umwandlungsprodukten $\frac{1}{3}$ beträgt. Das Z-Teilchen ist allerdings elektrisch neutral und farbneutral bezüglich der starken Ladung.

	Masse in $\frac{\text{GeV}}{c^2}$	Elektrische Ladungszahl	Schwache Ladungszahl	Starker Farbladungsvektor
Z	91,2	0	0	$\vec{0}$

a)

e^+	$0.5 \cdot 10^{-3}$	+1	$+\frac{1}{2}$	$\vec{0}$
e^-	$0.5 \cdot 10^{-3}$	-1	$-\frac{1}{2}$	$\vec{0}$
$e^+ + e^-$	$1 \cdot 10^{-3}$	0	0	$\vec{0}$

b)

t^{\rightarrow}	173	$+\frac{2}{3}$	$+\frac{1}{2}$	\rightarrow
\bar{t}^{\leftarrow}	173	$-\frac{2}{3}$	$-\frac{1}{2}$	\leftarrow
$t^{\rightarrow} + \bar{t}^{\leftarrow}$	346	0	0	$\rightarrow + \leftarrow = \vec{0}$

c)

γ	0	0	0	$\vec{0}$
$\gamma + \gamma$	0	0	0	$\vec{0}$

d)

b^{\downarrow}	4,2	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{2}$	\downarrow
\bar{b}^{\uparrow}	4,2	$+\frac{1}{3}$	$+\frac{1}{2}$	\uparrow
$b^{\downarrow} + \bar{b}^{\uparrow}$	8,4	0	0	$\downarrow + \uparrow = \vec{0}$

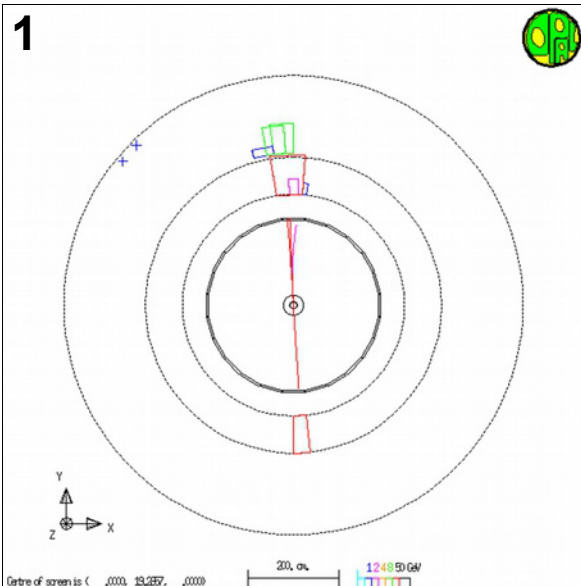
e)

μ^-	0,1	-1	$-\frac{1}{2}$	$\vec{0}$
$\bar{\nu}_\mu$	$< 2 \cdot 10^{-9}$	0	$-\frac{1}{2}$	$\vec{0}$
$\mu^- + \bar{\nu}_\mu$	0,1	-1	-1	$\vec{0}$

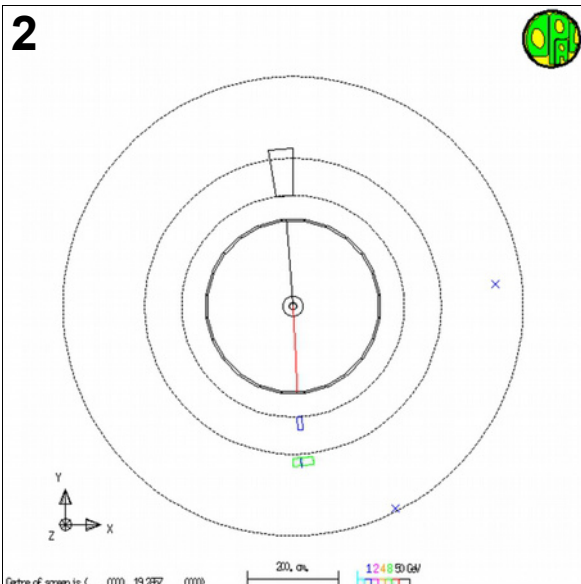
f)

u^{\downarrow}	$2 \cdot 10^{-3}$	$+\frac{2}{3}$	$+\frac{1}{2}$	\downarrow
d^{\rightarrow}	$5 \cdot 10^{-3}$	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{2}$	\rightarrow
$u^{\downarrow} + d^{\rightarrow}$	$7 \cdot 10^{-3}$	$+\frac{1}{3}$	0	$\downarrow + \rightarrow = \rightarrow$

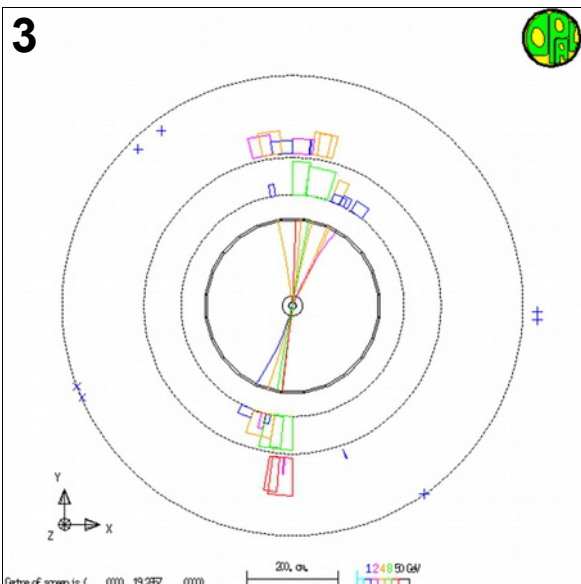
Die folgenden Abbildungen des OPAL-Eventdisplays zeigen die Signaturen von Anti-/Teilchen, die nach der Umwandlung eines Z-Teilchens im OPAL-Detektor registriert wurden. Entscheide jeweils, ob die Signaturen eindeutig auf eine Umwandlung des Z-Teilchens in ein Tauon-Anti-Tauon-Paar schließen lassen. Begründe deine Entscheidung.



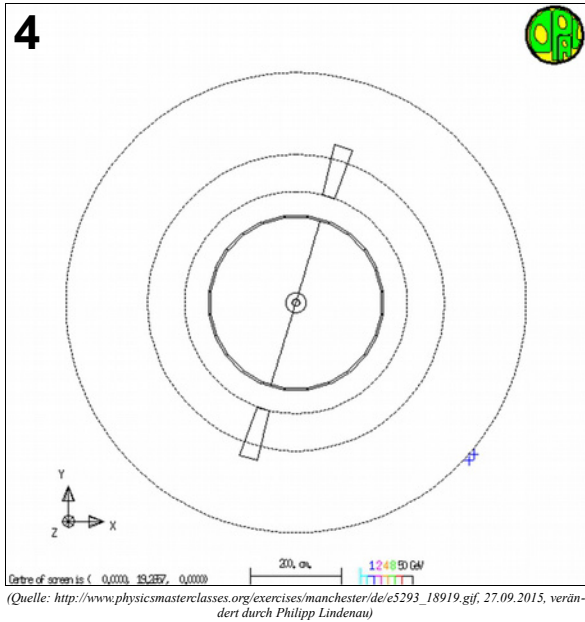
Ausgehend vom Kollisionspunkt im Zentrum sind in positiver y-Richtung drei dicht beieinanderliegende Spuren in der Spurkammer zu erkennen. Die Einträge in den Kalorimetern lassen darauf schließen, dass es sich bei den erzeugenden Anti-/Teilchen um elektrisch geladene Hadronen gehandelt hat. Es hat also eine Umwandlung eines Z-Teilchens in ein Tauon-Anti-Tauon-Paar stattgefunden.



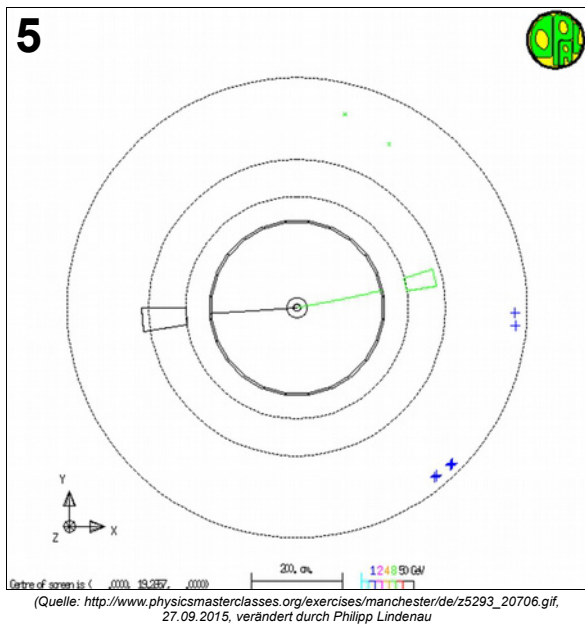
Es ist die Signatur eines einzelnen geladenen Hadrons und eines Elektrons oder Positrons zu erkennen. Diese Kombination ist nur möglich, wenn es sich um eine Umwandlung des Z-Teilchens in ein Tauon-Anti-Tauon-Paar gehandelt hat.



Es sind zwei Jets mit einer Vielzahl von Spuren zu erkennen. Dies lässt auf die Umwandlung eines Z-Teilchens in ein Quark-Anti-Quark-Paar schließen. Es handelt sich demnach nicht um eine Umwandlung in ein Tauon-Anti-Tauon-Paar



Beide sichtbaren Signaturen können jeweils von einem Elektron oder einem Positron stammen. Demnach muss es sich um ein Elektron-Positron-Paar handeln. Dieses kann durch die Umwandlung eines Tauon-Anti-Tauon-Paares aber auch durch direkte Umwandlung eines Z-Teilchens entstanden sein. Eine eindeutige Zuordnung ist nicht möglich.



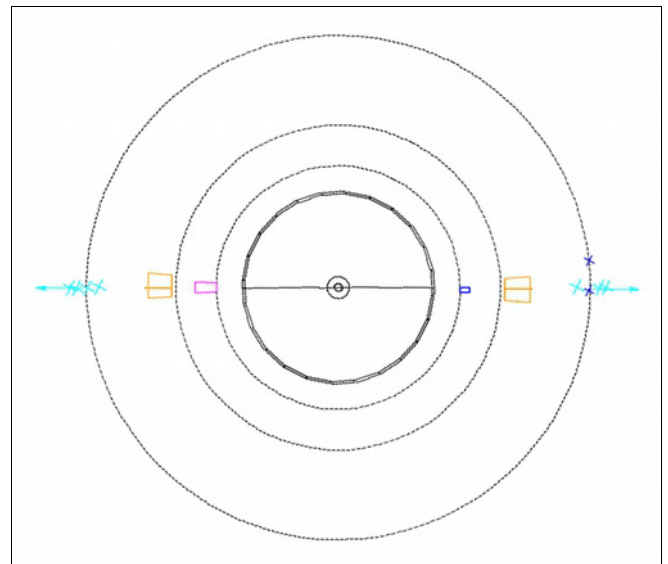
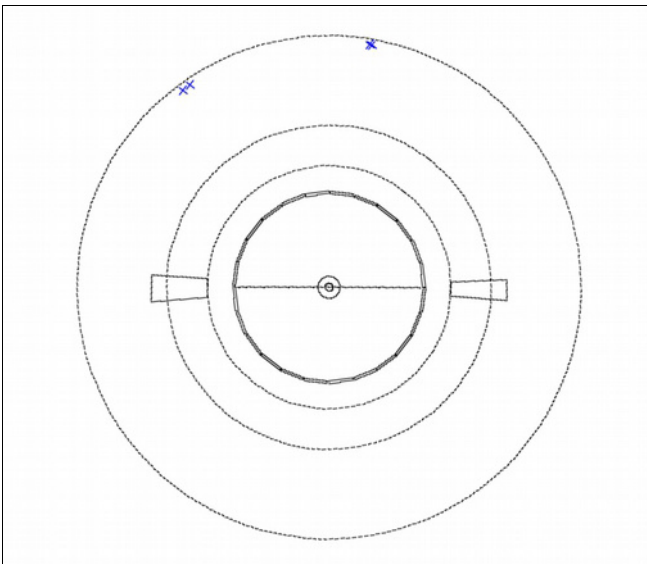
Es ist die Signatur eines Elektron-Positron-Paares zu sehen. Eines der beiden Anti-/Teilchen besaß einen geringen Impuls. Dies lässt darauf schließen, dass weitere Anti-/Teilchen entstanden sind, welche den fehlenden Impulsbetrag besaßen. Da keine weiteren Signaturen erkennbar sind, muss es sich bei diesen Anti-/Teilchen um Anti-/Neutrinos gehandelt haben. Die Entstehung von Anti-/Neutrinos ist auch daran erkennbar, dass sich Elektron und Positron nicht in exakt entgegengesetzter Richtung fortbewegt haben. Ohne zusätzliche Anti-/Neutrinos wäre also die Impulserhaltung verletzt.

Es muss sich also um eine Umwandlung des Z-Teilchens in ein Tauon-Anti-Tauon-Paar gehandelt haben, da nur bei einer solchen Umwandlung ein Elektron-Positron-Paar mit zusätzlichen Anti-/Neutrinos entstehen kann.

ERWARTUNGSBILD

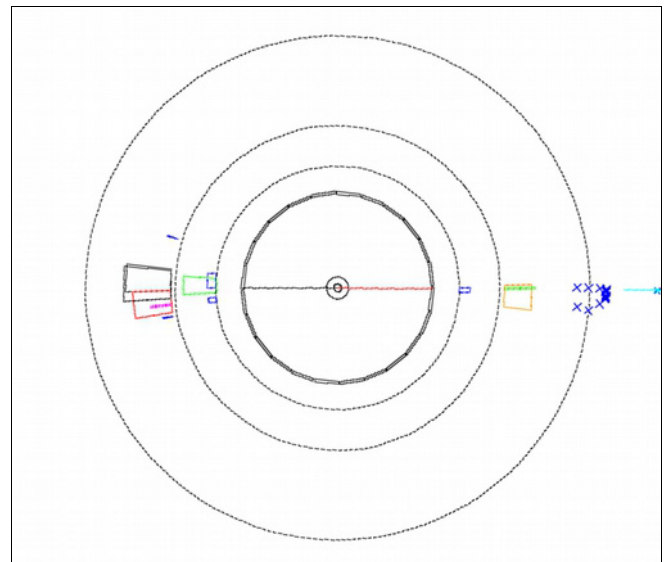
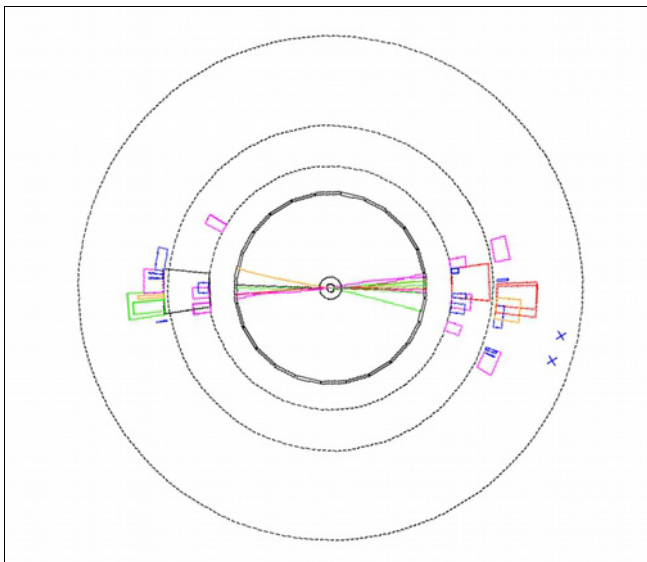
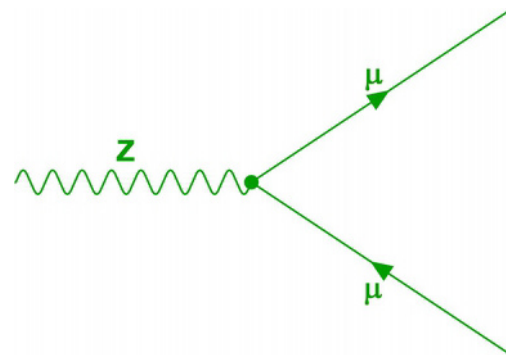
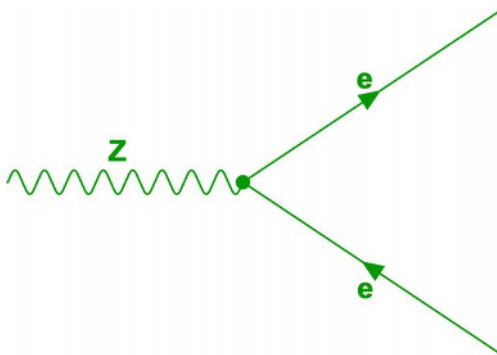
Name:

Datum:



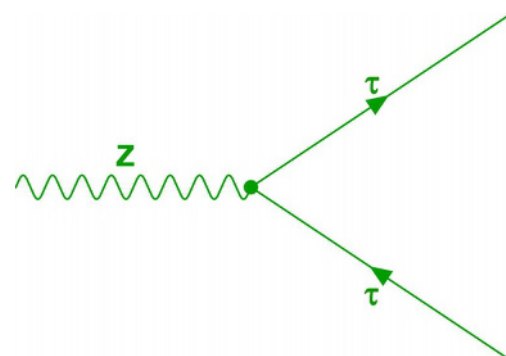
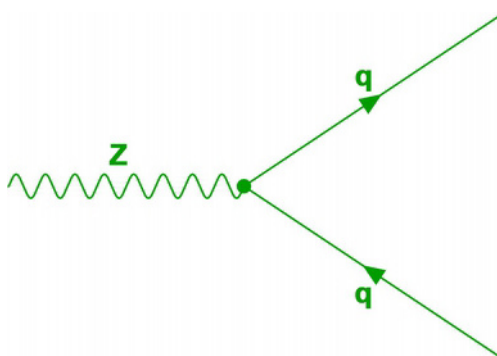
Feynman-Diagramm:

Feynman-Diagramm:



Feynman-Diagramm:

Feynman-Diagramm



ERWARTUNGSBILD