

Gyromagnetisches Verhältnis des Myons

19.12.2014 – Habib Gahbiche

Gliederung

- Theoretische Grundlagen
- Experimentelle Messmethoden
- Ergebnisse
- Vergleich Theorie und Experiment
- Zusammenfassung

Theoretische Grundlagen

- Gyromagnetisches Verhältnis eines Myons:

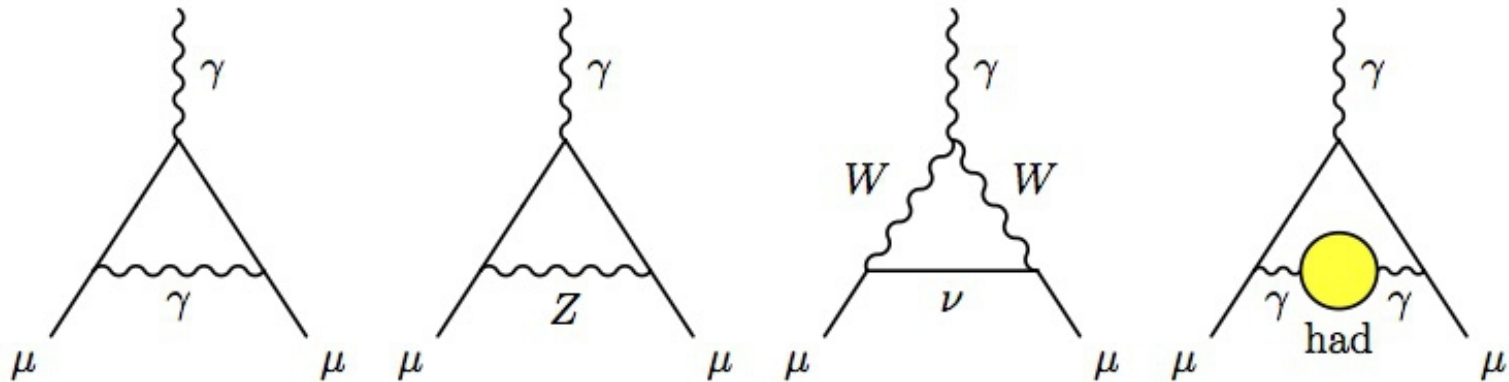
$$\vec{\mu}_{\mu} = g_{\mu} \left(\frac{q}{2m} \right) \vec{S},$$

- Anomales magnetisches Moment:

$$a_{\mu} = \frac{1}{2}(g_{\mu} - 2)$$

Theoretische Berechnung von a_μ

$$a_\mu^{(SM)} = a_\mu^{(QED)} + a_\mu^{(Weak)} + a_\mu^{(Had)}$$



$$[a_\mu^{(SM)}]_{\text{theo}} = 0,00116591820 (73)$$

Experimentelle Bestimmung von a_μ

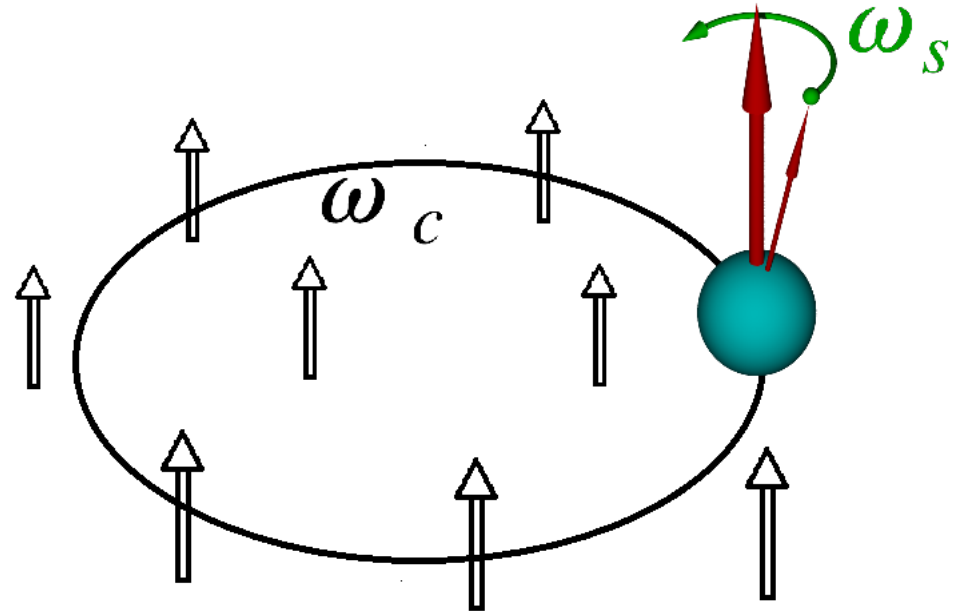
(Myon im Magnetfeld)

Zyklotronfrequenz:

$$\vec{\omega}_c = -\frac{q\vec{B}}{m\gamma}$$

Spin Präzession:

$$\vec{\omega}_s = -\frac{gq\vec{B}}{2m} - (1 - \gamma)\frac{q\vec{B}}{\gamma m}$$

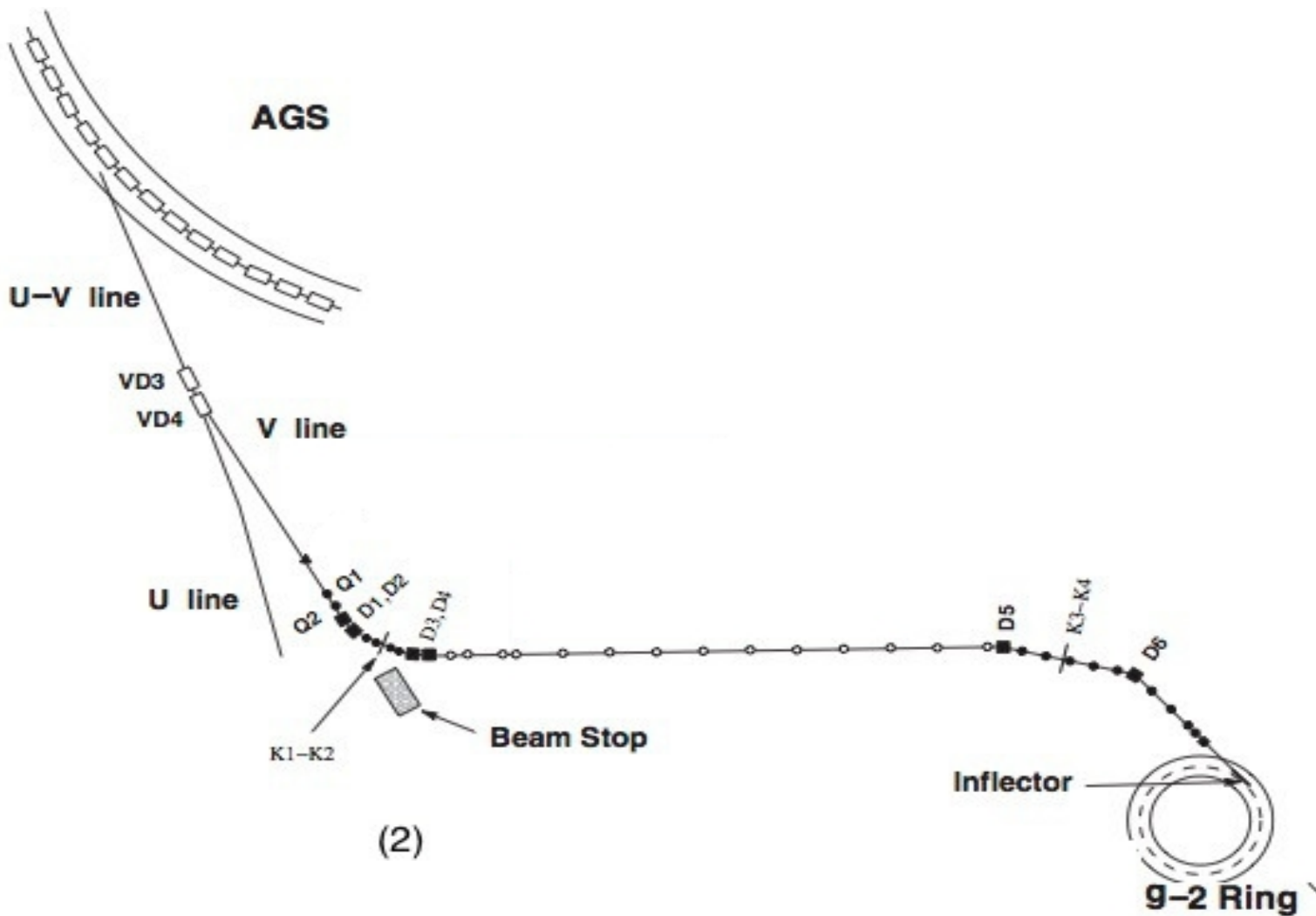


=> Anomale Präzessionsfrequenz:

$$\vec{\omega}_a = \vec{\omega}_s - \vec{\omega}_c = -\left(\frac{g-2}{2}\right)\frac{q\vec{B}}{m} = -a_\mu\frac{q\vec{B}}{m}$$

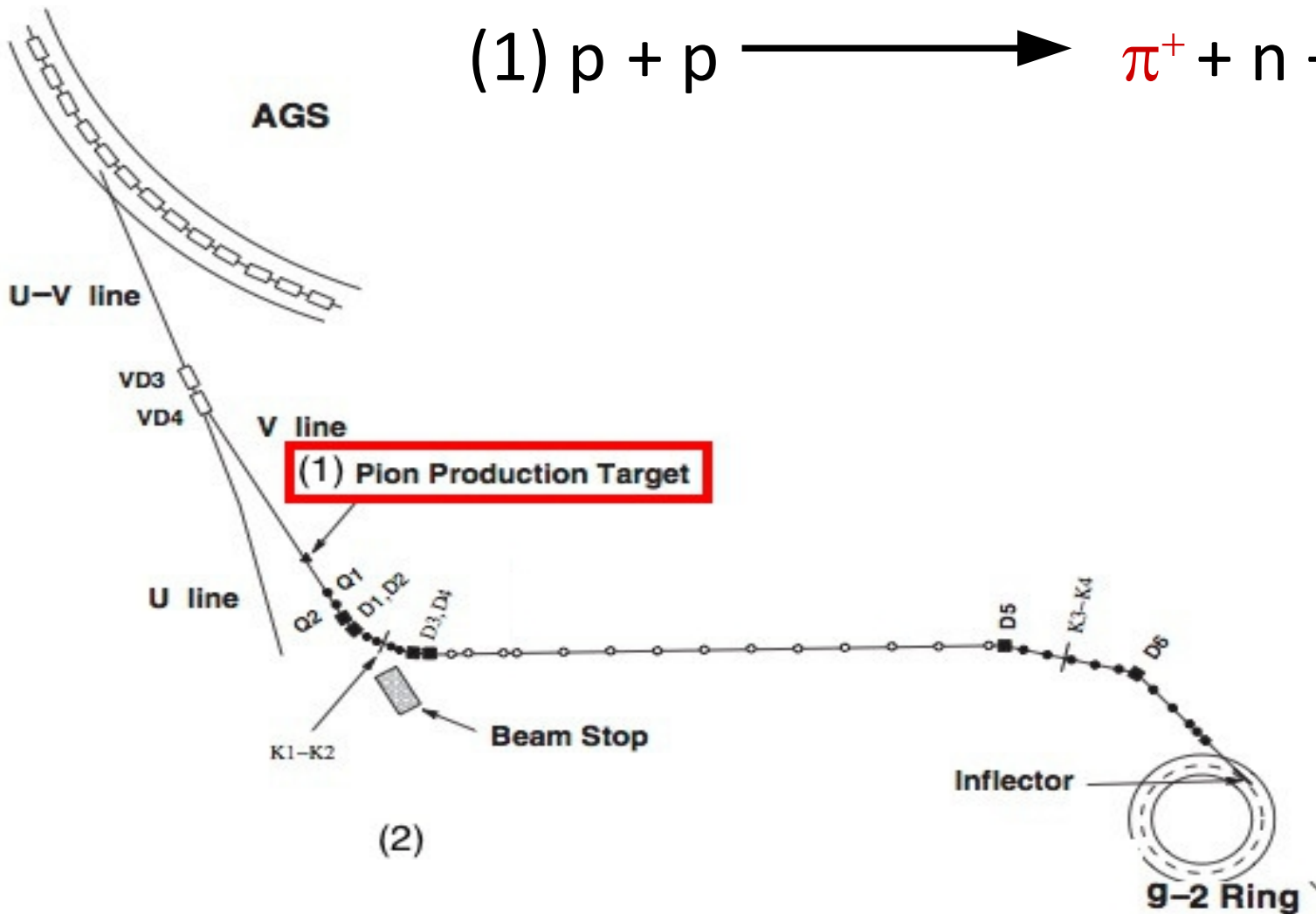
Messaufbau

(Erzeugung der Myonen)



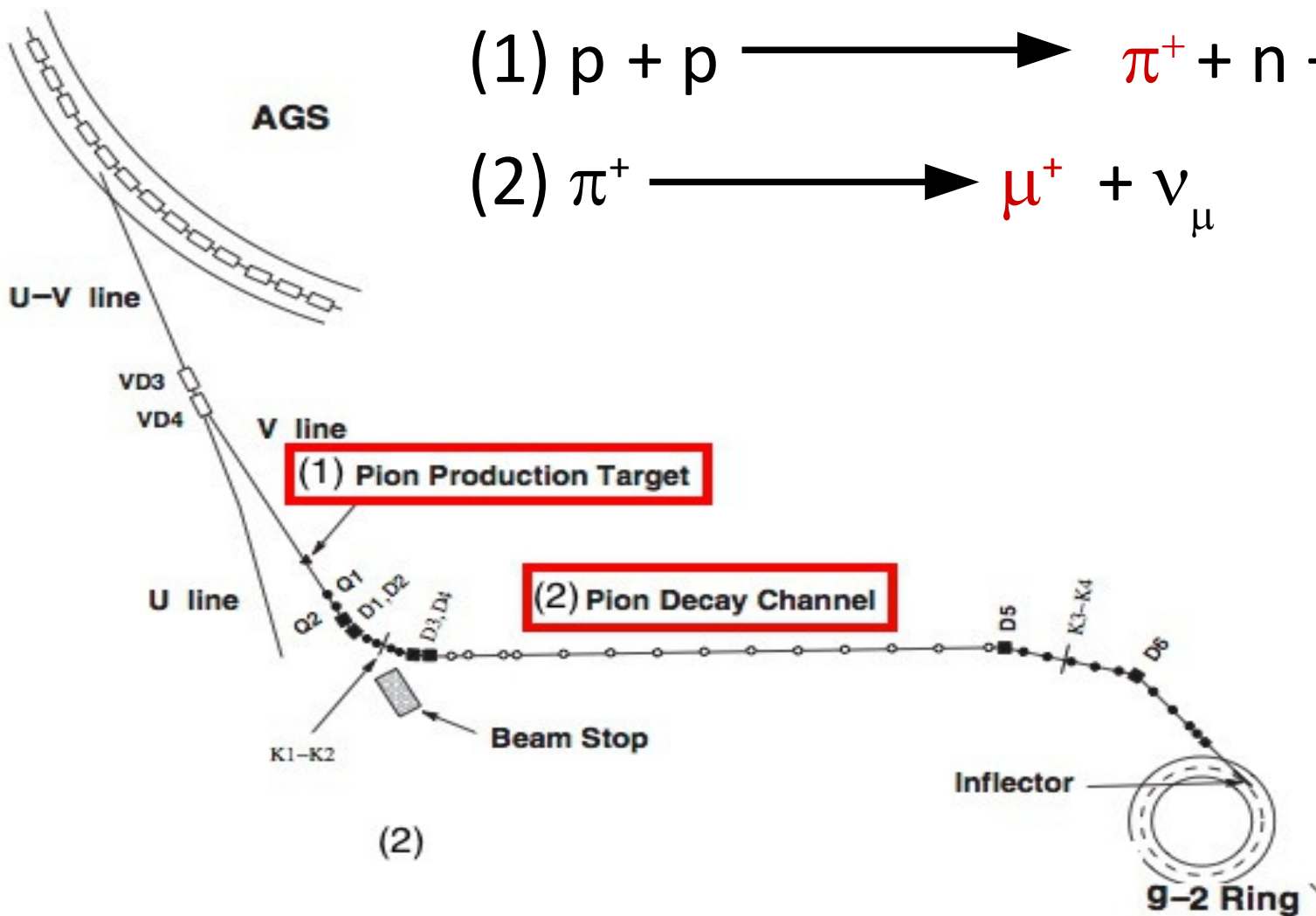
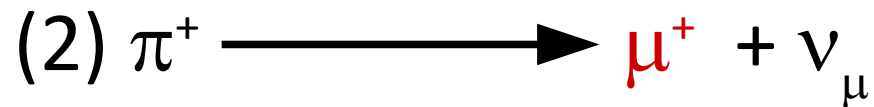
Messaufbau

(Erzeugung der Myonen)



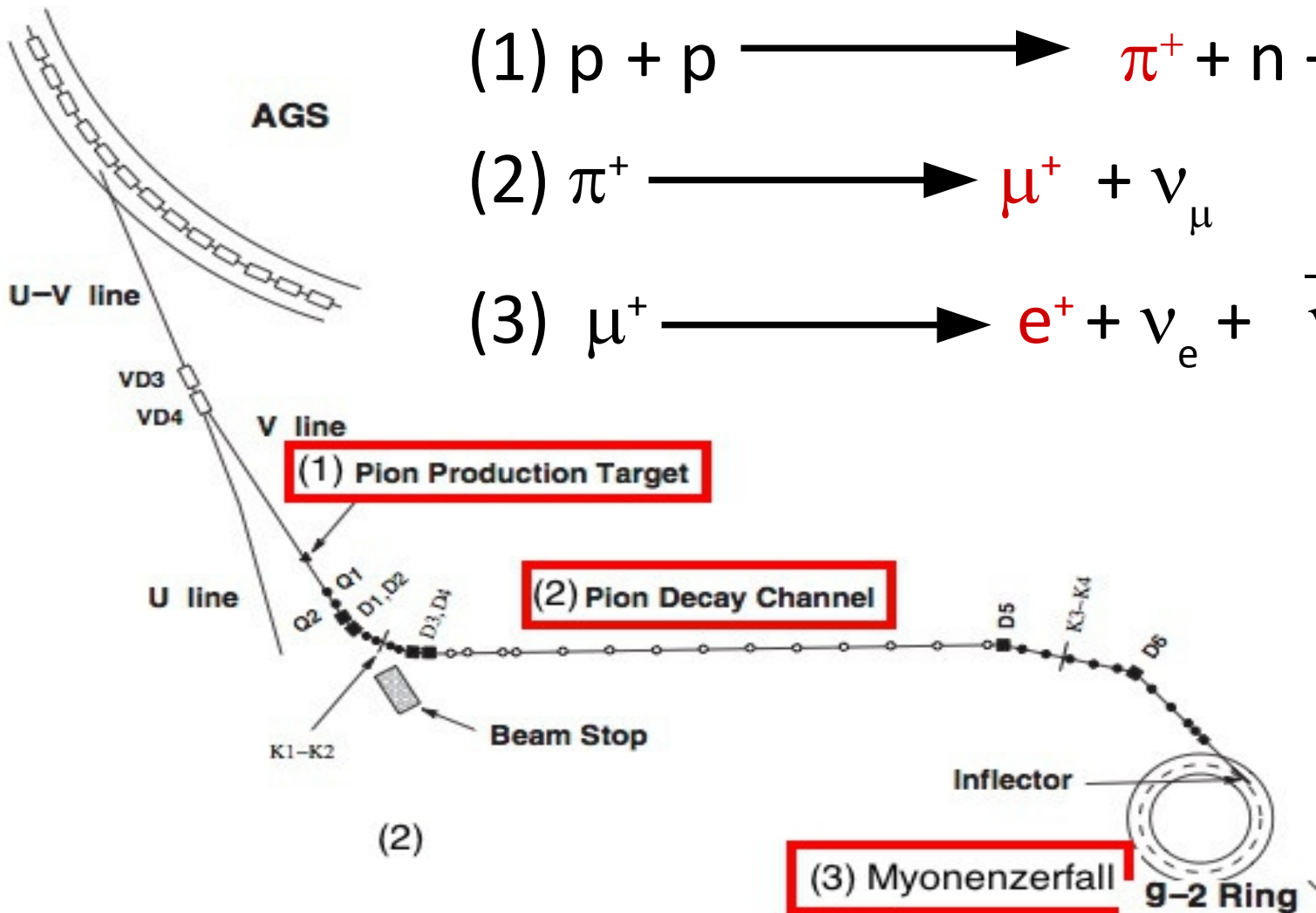
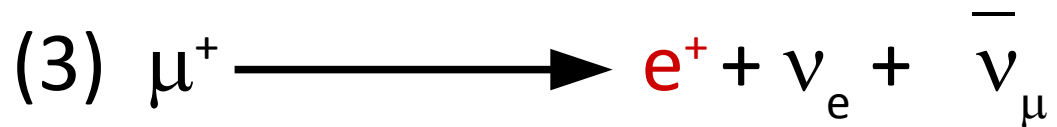
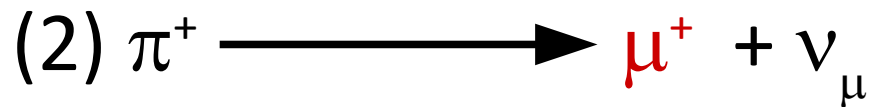
Messaufbau

(Erzeugung der Myonen)

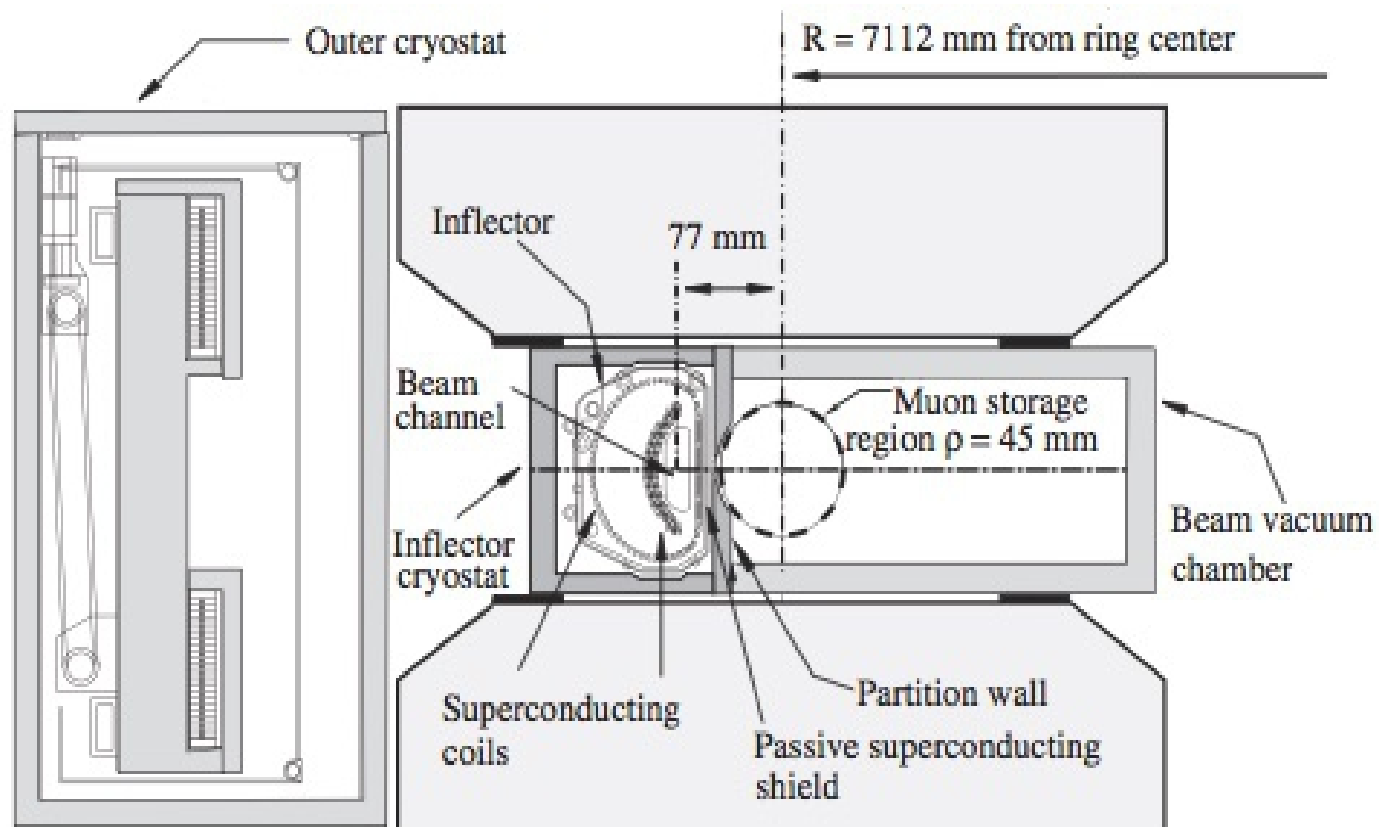


Messaufbau

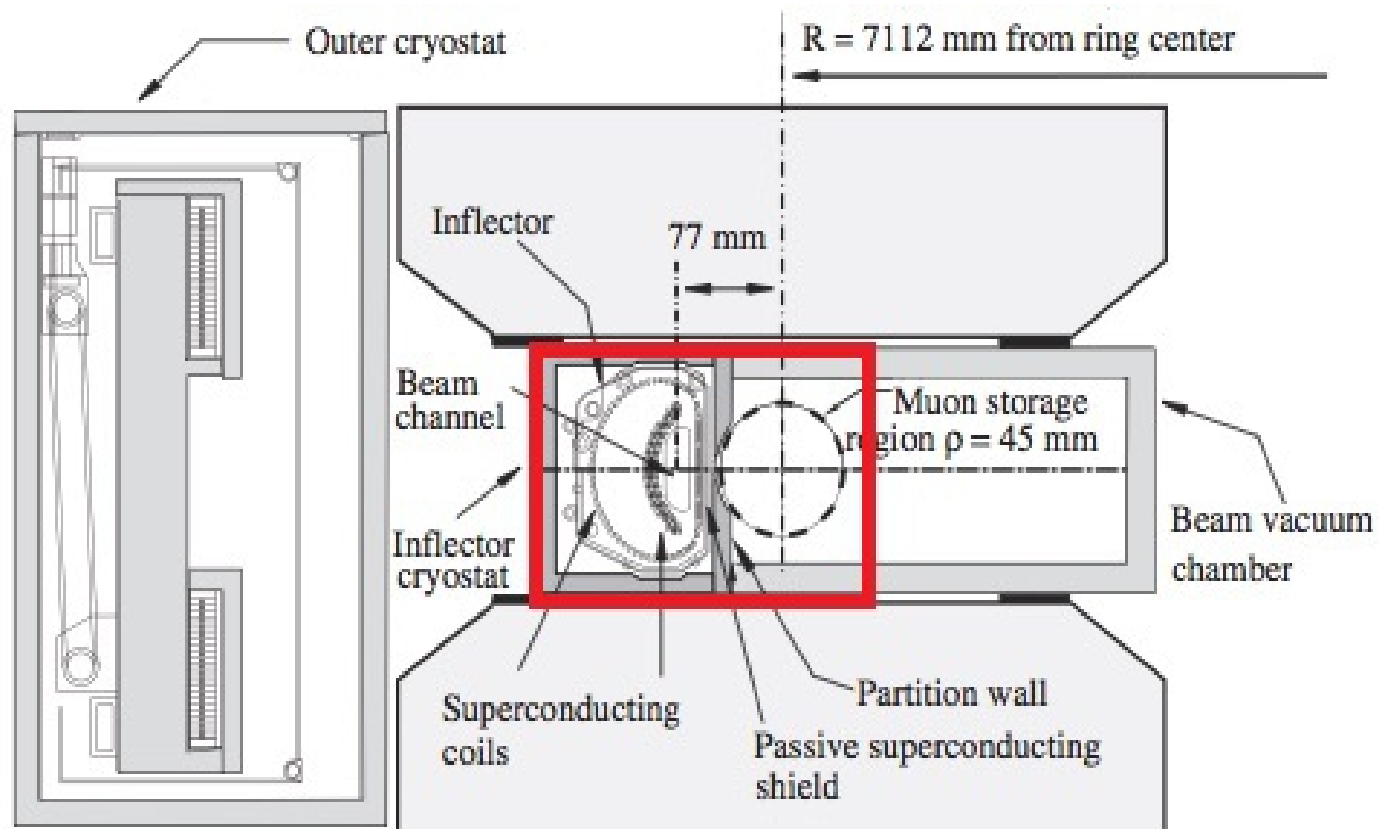
(Erzeugung der Myonen)



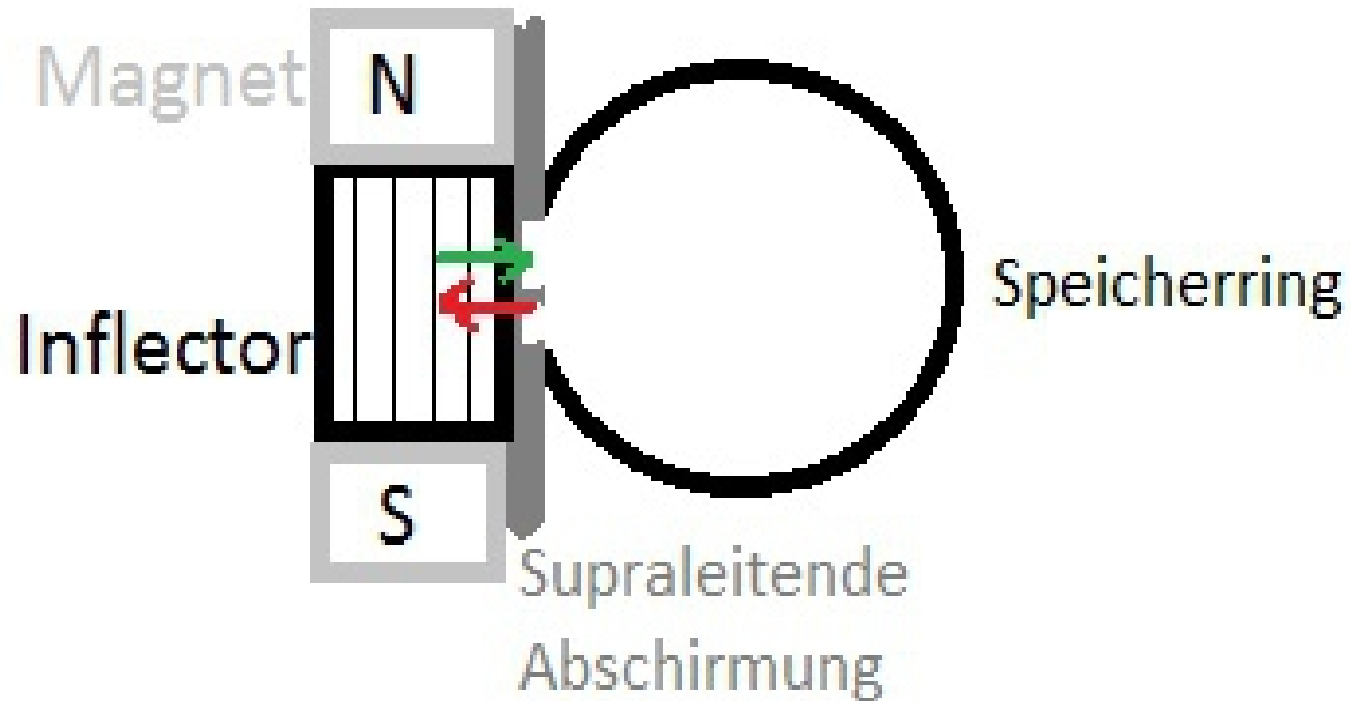
Messaufbau (Inflector)



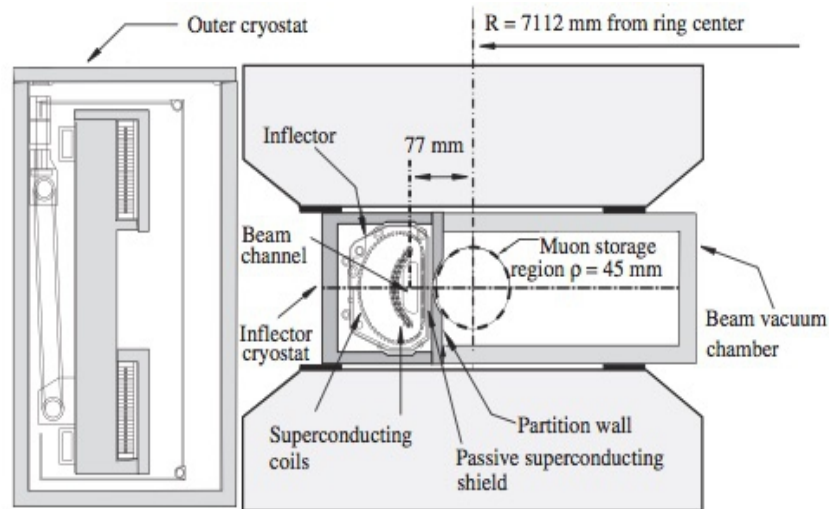
Messaufbau (Inflector)



Messaufbau (Inflector)

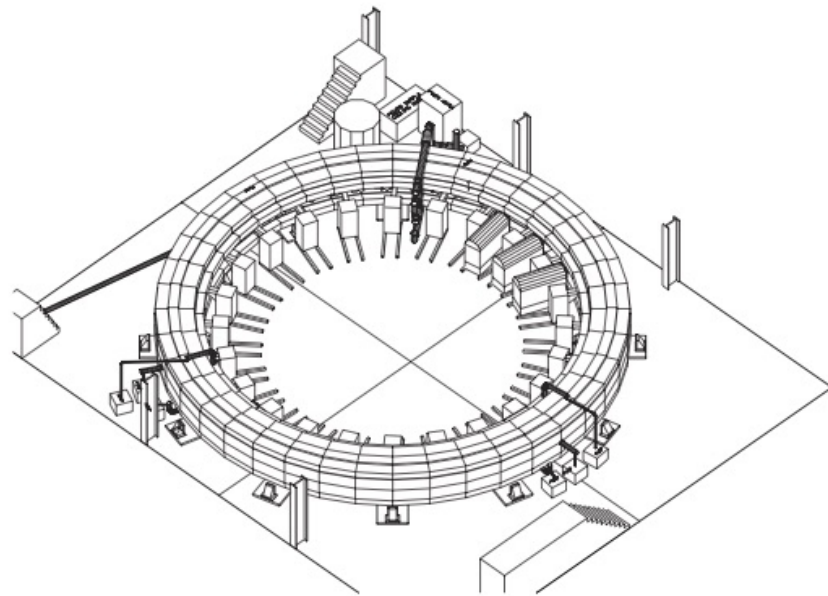
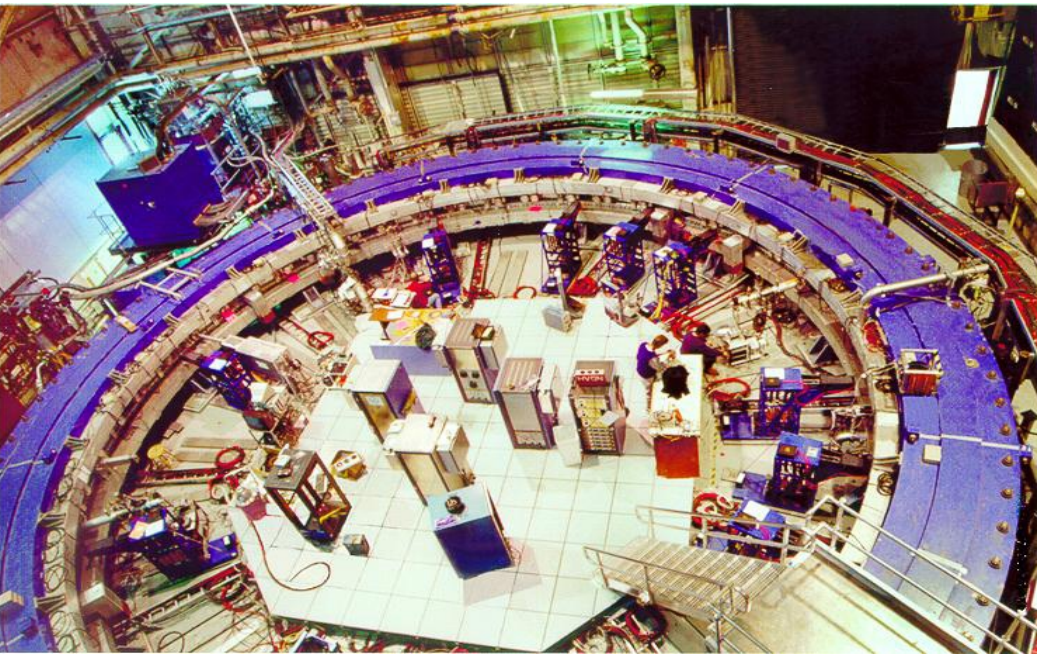


Messaufbau (Inflector)



- Minimiert die Verluste der Myonen.
- Reduziert den statistischen Fehler.
- Besonderheit bei diesem Experiment.

Messaufbau (Speicherring)



Messprinzip (Zerfall des Myons)

- Bei der schwachen Wechselwirkung gilt die Paritätserhaltung nicht.
- => Zusammenhang zwischen Spinrichtung des Myons und Impulsrichtung des Elektrons.

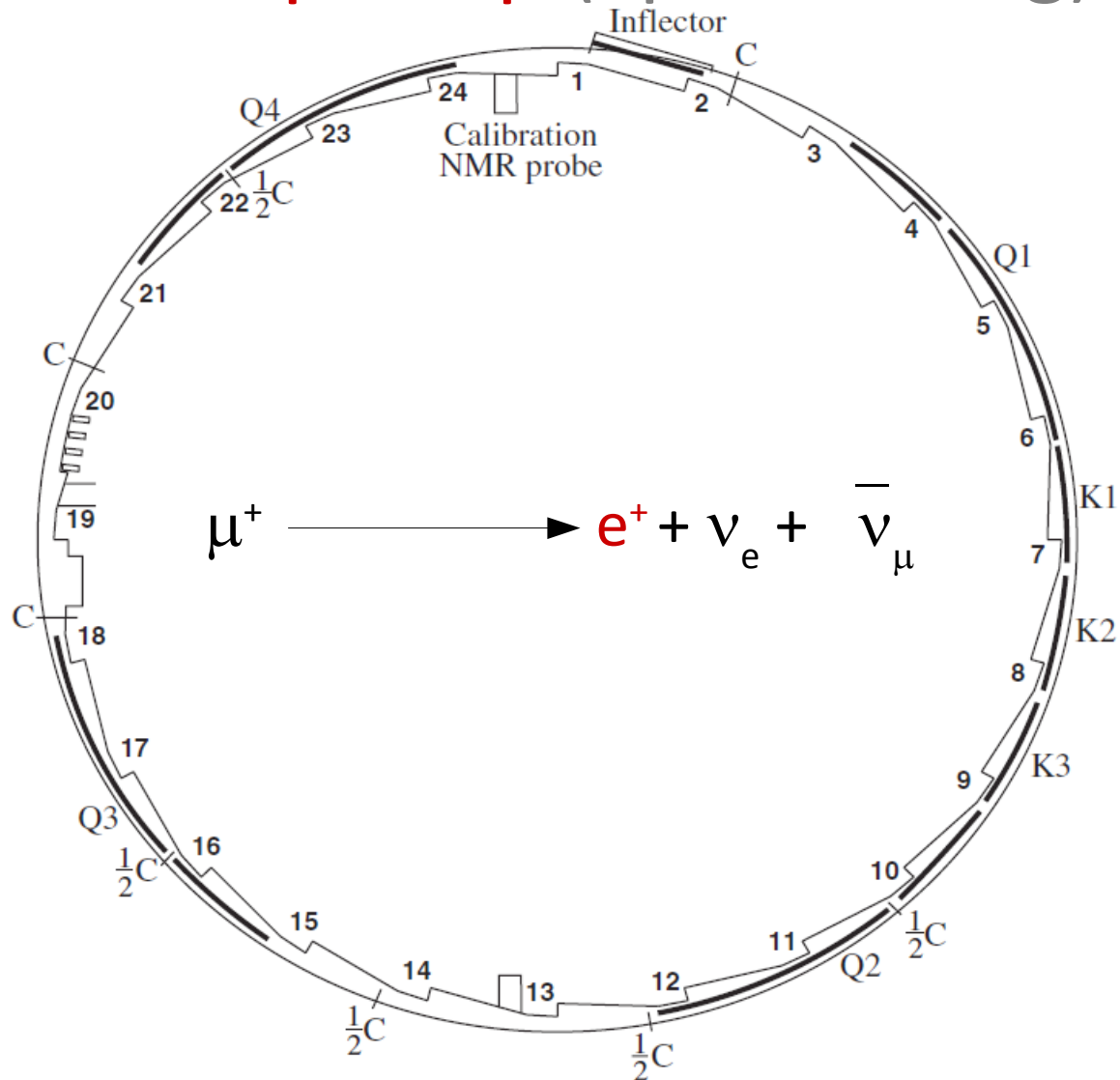
Messprinzip (Zerfall des Myons)

- Bei der schwachen Wechselwirkung gilt die Paritätserhaltung nicht.

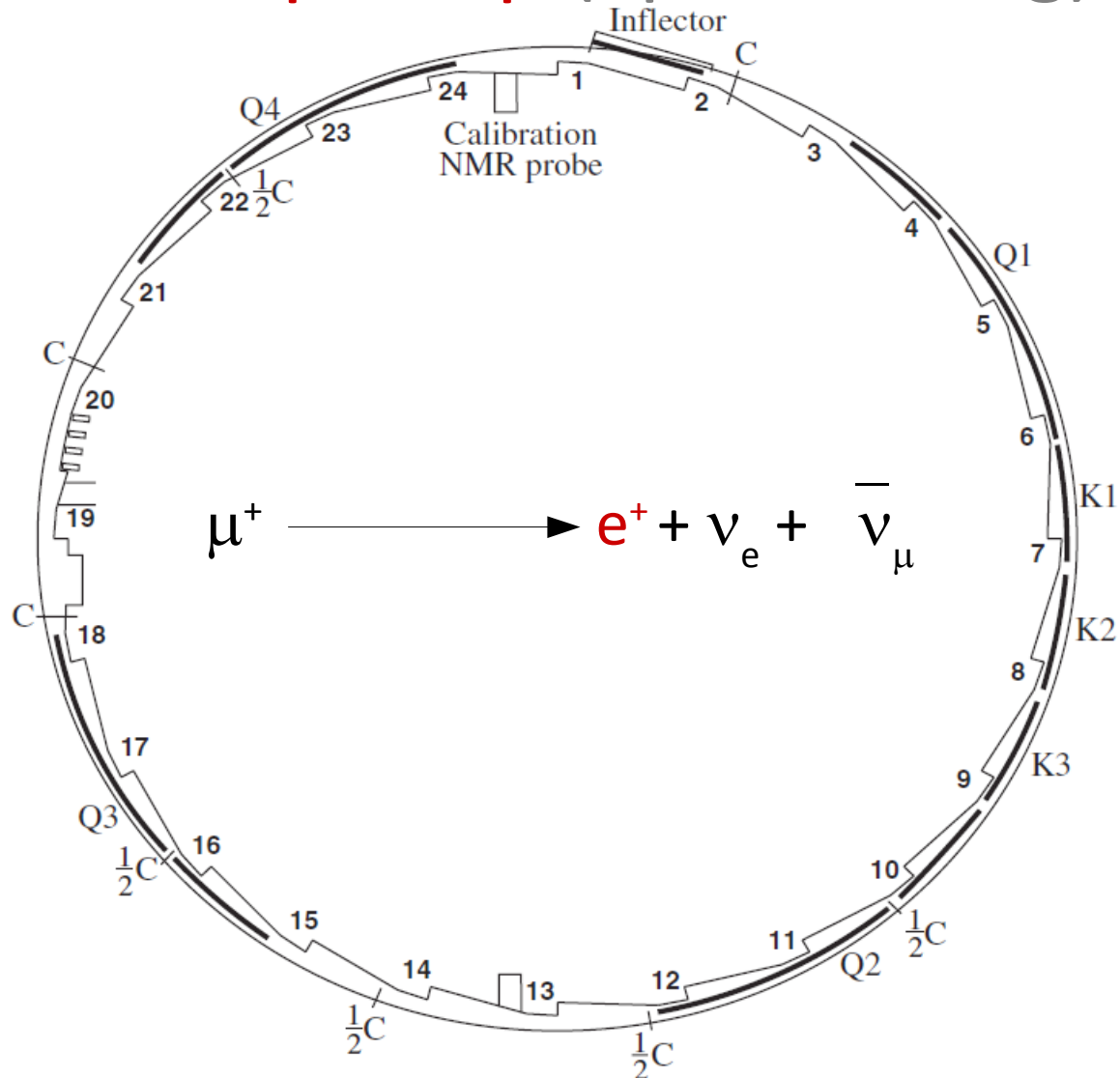
=> Zusammenhang zwischen Spinrichtung des Myons und Impulsrichtung des Elektrons.

Energieschwelle	Spinrichtung (Myon)	Impulsrichtung (Elektron)
$E^* < 105,6 \text{ MeV}$	-	-
	+	+
$E^* > 105,6 \text{ MeV}$	+	-
	-	+

Messprinzip (Speicherring)



Messprinzip (Speicherring)



$$N_{\text{ideal}}(t) = N_0 \exp(-t/\gamma\tau_\mu)[1 - A \cos(\omega_a t + \phi)]$$

Ergebnis

G. W. BENNETT *et al.*

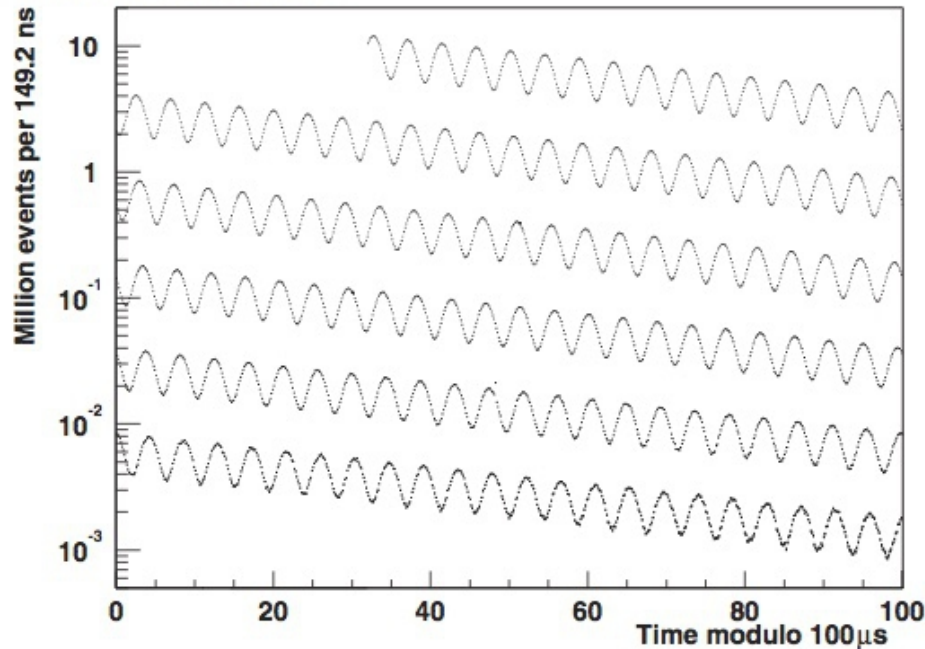


FIG. 2. Distribution of electron counts versus time for the 3.6×10^9 muon decays in the R01 μ^- data-taking period. The data is wrapped around modulo $100 \mu\text{s}$.

$$N_{\text{ideal}}(t) = N_0 \exp(-t/\gamma\tau_\mu) [1 - A \cos(\omega_a t + \phi)]$$

Ergebnis

G. W. BENNETT *et al.*

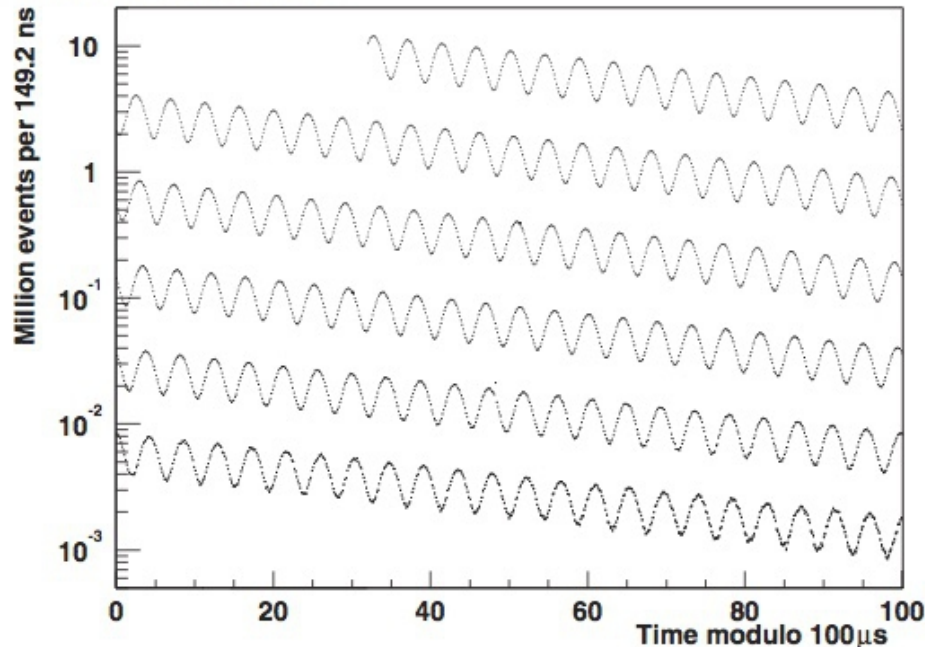


FIG. 2. Distribution of electron counts versus time for the 3.6×10^9 muon decays in the R01 μ^- data-taking period. The data is wrapped around modulo 100 μs .

$$N_{\text{ideal}}(t) = N_0 \exp(-t/\gamma\tau_\mu) [1 - A \cos(\omega_a t + \phi)]$$

$$\omega_a / (2\pi) = 229\,073.59(15)(5) \text{ Hz}$$

Messprinzip (Magnetfeld)

$$\vec{\omega}_a = -a_\mu \frac{q\vec{B}}{m}$$

Messprinzip (Magnetfeld)

$$\vec{\omega}_a = -a_\mu \frac{q\vec{B}}{m}$$

- Magnetfeld wird durch Proton–Kernspinresonanzspektroskopie (p-NMR Spectroscopy) gemessen.

Messprinzip (Magnetfeld)

$$\vec{\omega}_a = -a_\mu \frac{q\vec{B}}{m}$$

- Magnetfeld wird durch Proton–Kernspinresonanzspektroskopie (p-NMR Spectroscopy) gemessen.
- Ein unabhängiges Experiment im selben Speicherring

Messprinzip (Magnetfeld)

$$\vec{\omega}_a = -a_\mu \frac{q\vec{B}}{m}$$

- Magnetfeld wird durch Proton–Kernspinresonanzspektroskopie (p-NMR Spectroscopy) gemessen.
- Ein unabhängiges Experiment im selben Speicherring
- NMR : Kerne mit Spin $\neq 0$ ändern ihre Spinrichtung bei Resonanzfrequenzen (Absorptionsfrequenzen).

Messprinzip (Magnetfeld)

- a_μ umformen zu :
$$a_\mu = \frac{\omega_a / \omega_p}{\mu_\mu / \mu_p - \omega_a / \omega_p} = \frac{R}{\lambda - R}$$
- Mit NMRS wird die Resonanzfrequenz eines freien Protons ω_p gemessen und daraus $\omega_a / \omega_p = R$ bestimmt.
- $\lambda = \mu_\mu / \mu_p$ wird durch die Hyperfinestruktur bestimmt.

Endergebnis

- $[a_{\mu}]_{\text{exp}} = 0,00116592080 (54)(33)$

Endergebnis

- $[a_{\mu}^{(SM)}]_{\text{theo}} = 0,00116591820 (73)$
- $[a_{\mu}]_{\text{exp}} = 0,00116592080 (54)(33)$

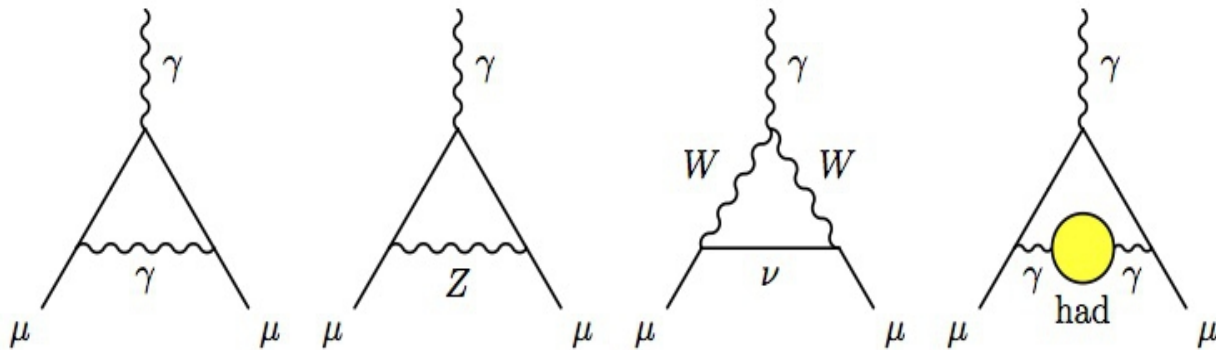
Endergebnis

- $[a_{\mu}^{(SM)}]_{\text{theo}} = 0,00116591820 (73)$
- $[a_{\mu}]_{\text{exp}} = 0,00116592080 (54)(33)$

=> 3,7 bis 4,3 Standardabweichungen

Zusammenfassung

- $a_\mu = \frac{1}{2}(g_\mu - 2)$
- $[a_\mu^{(SM)}]_{\text{theo}} = 0,00116591820 (73)$
- $[a_\mu]_{\text{exp}} = 0,00116592080 (54)(33)$



Quellen

- 1) Measurement of the Negative Muon Anomalous Magnetic Moment to 0.7 ppm. (E821)
- 2) S. Ghozzi and F. Jegerlehner, hep-ph/0310181, Phys. Lett. B, in Press, (2004).
- 3) S. Ghozzi and F. Jegerlehner, hep-ph/0310181, Phys. Lett. B, in Press, (2004)
- 4) www.g-2.bnl.gov/publications/prl2001.pdf
- 5) <http://www.g-2.bnl.gov/pictures/g2magnet2.jpg>
- 6) CODATA 2010 (Web Version 6.0 2011-06-02)
- 7) Brookhaven National Laboratory <http://www.bnl.gov/>