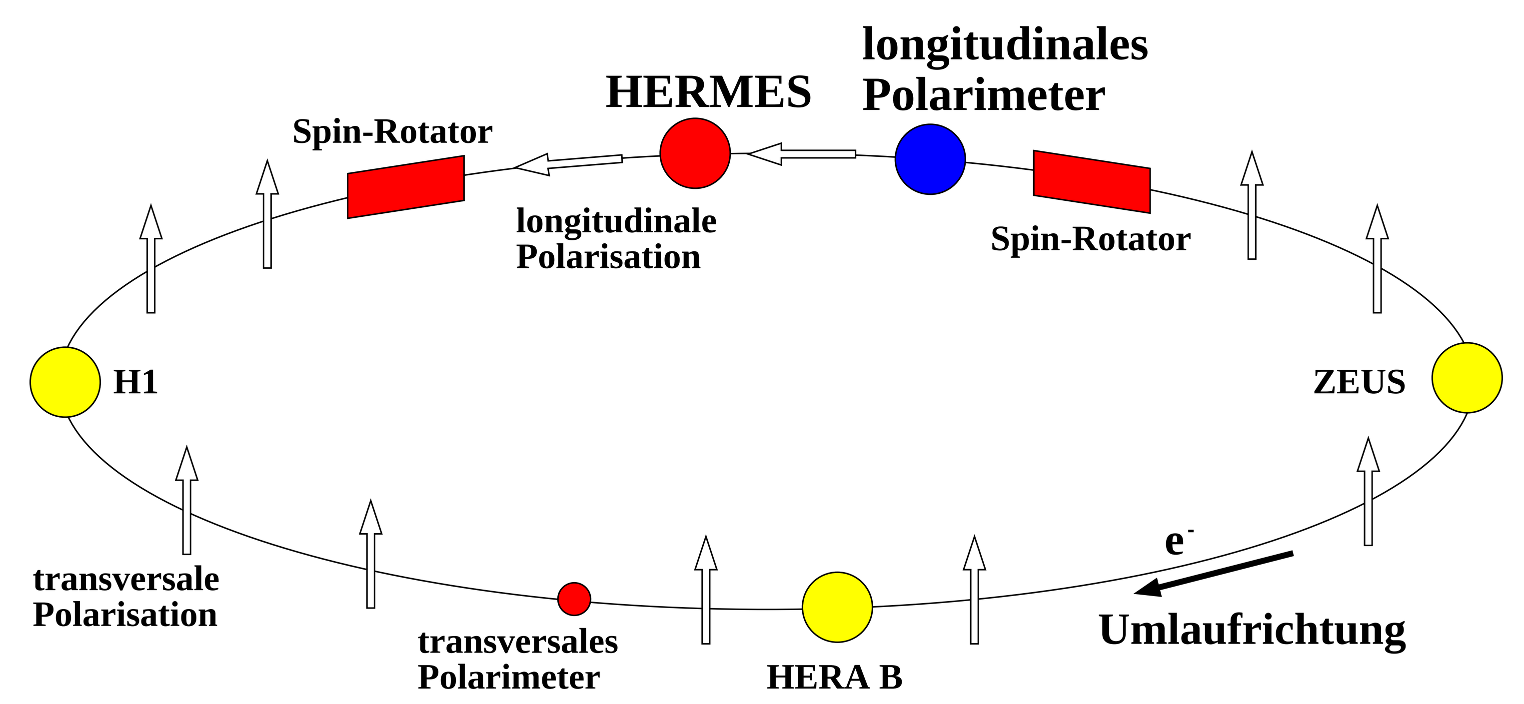
Das longitudinale Polarimeter bei HERA

F.M.Menden für die HERMES Kollaboration
Fakultät für Physik, Universität Freiburg, D-79104 Freiburg

Das HERMES-Experiment am HERA-Elektronenring untersucht die Spinstruktur des Nukleons mit polarisierter tief-inelastischer Elektron-Nukleon-Streuung an einem internen Gastarget. Hierzu werden die Elektronenspins im HERMES-Wechselwirkungsbereich mit Spin-Rotatoren in longitudinale Richtung gedreht. In diesem Bereich mißt das longitudinale Polarimeter für HERMES die Polarisation des Elektronenstrahls.

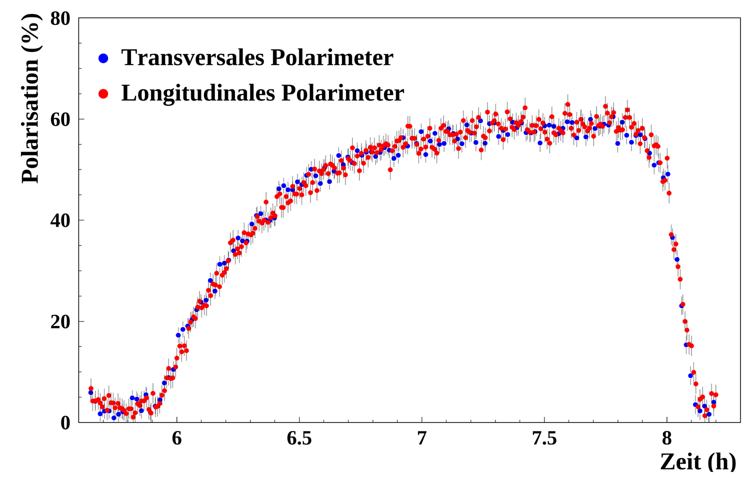
Ein Laser erzeugt mit einer Rate von 100 Hz ca. 4 ns lange Lichtpulse (λ=532 nm), die mit einer Pockels-Zelle abwechseld links- bzw rechts-zirkular polarisiert werden. Jeder Lichtpuls ist mit einem ausgewählten Elektronenpaket im Ring synchronisiert und wird an diesem Compton-gestreut. Die dabei entstehenden ca. 5000 rückgestreuten Photonen werden in einem elektromagnetischen Kalorimeter nachgewiesen. Über die gemessene Energieasymmetrie des spinabhängigen Wirkungsquerschnittes wird die Polarisation des Elektronenstrahls bestimmt.

Der HERA Elektronen Ring



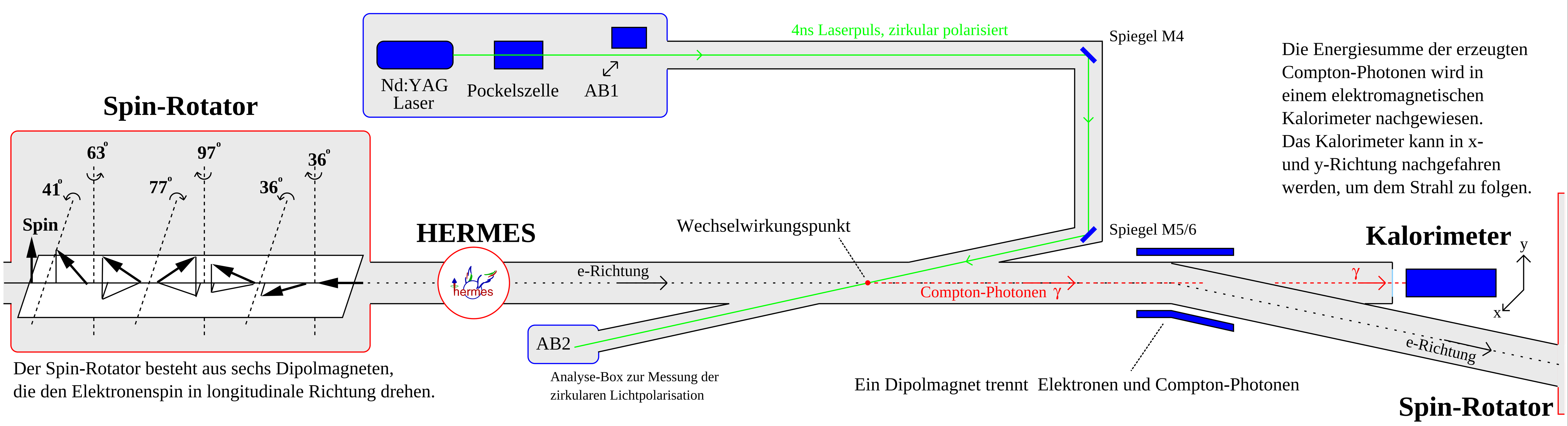
Aufgrund einer asymmetrischen Spinflip-Wahrscheinlichkeit im Synchrotronstahlungsprozeß werden Spinzustände anti-parallel zum Führungsfeld des Ringes bevorzugt bevölkert (Sokolov-Ternov-Effekt). Es baut sich eine transversale Polarisation P mit der Anstiegszeit τ auf:

$$P(t) = \frac{8\sqrt{3}}{15}\frac{\tau}{\tau_{opt}}\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right) \quad \text{mit} \quad \tau_{opt} \approx 37\text{min}$$



Für HERA ist eine Anstiegszeit von $\tau \approx$ 25min bei einer asymptotischen Polarisation von über 60% typisch.

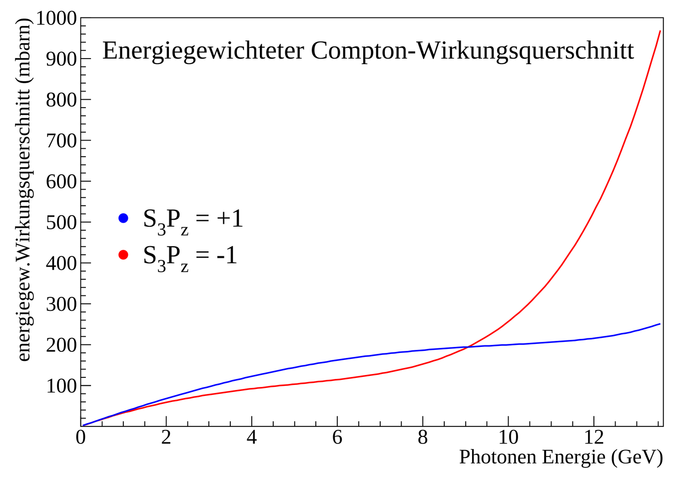
Aufbau des longitudinalen Polarimeters



Der Spin-Rotator besteht aus sechs Dipolmagneten, die den Elektronenspin in longitudinale Richtung drehen.

Die Energiesumme der erzeugten Compton-Photonen wird in einem elektromagnetischen Kalorimeter nachgewiesen. Das Kalorimeter kann in x- und y-Richtung nachgefahren werden, um dem Strahl zu folgen.

Theorie



Das Kalorimeter mißt näherungsweise das energiegewichtete Integral über den Compton-Wirkungsquerschnitt:

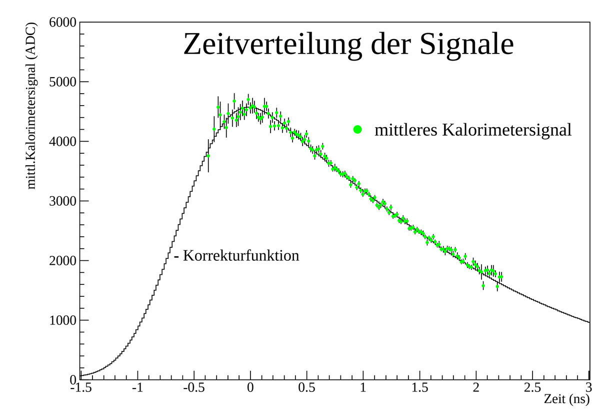
$$I_{S_3P_z} = \int_0^{E_{max}} dE \; E \cdot \left(\frac{d\sigma}{dE}\right)_{S_3P_z} \quad , \quad S_3P_z = +1, -1$$

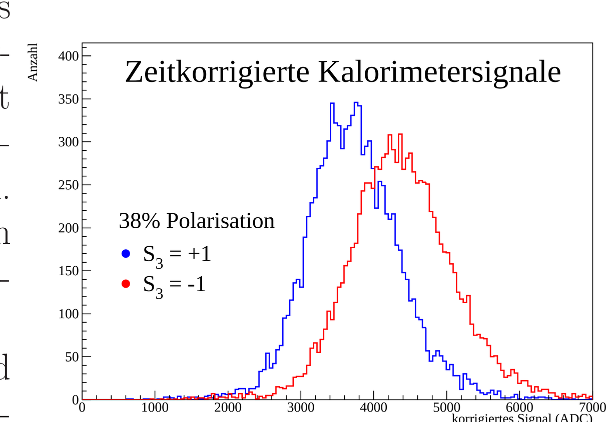
Die Messung bei entgegengesetzten zirkularen Lichtpolarisationen (S_3=+1, −1) ermöglicht die Bestimmung der Elektronenstrahlpolarisation P_z mit der Analysierstärke A aus der gemessenen Asymmetrie A_m:

$$P_z = \frac{A_m}{A} \quad \text{mit} \quad A = \frac{I_{+1} - I_{-1}}{I_{+1} + I_{-1}} = -0.184$$

Analyse

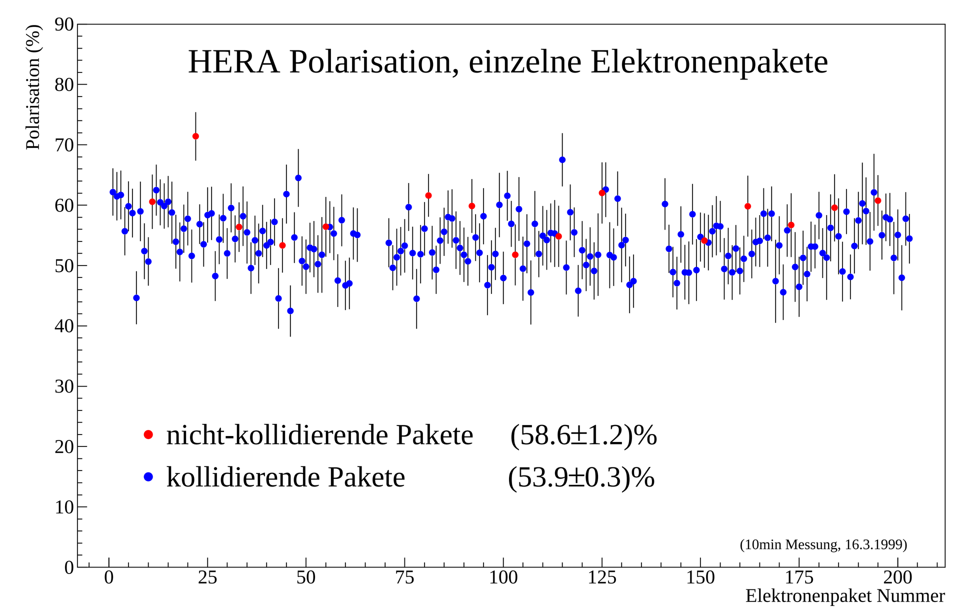
Da der Laser nur mit einer Genauigkeit von etwa 2 ns gefeuert werden kann, muß das Kalorimetersignal für den Intensitätsverlauf des Laserpulses korrigiert werden. Eine ca. 50 ps genaue Zeitmessung erlaubt es, für jeden Puls das Kalorimetersignal im Zeitbild mit einer Korrekturfunktion zu verrechnen. Aus den korrigierten Signalen für die Zirkularpolarisationen S_3 = +1 und −1 wird die gemessene Asymmetrie A_m berechnet.





Besondere Messungen

HERA hat 220 freie Positionen für Elektronenpakete bei einem Paketabstand von 96 ns. Von den 189 gefüllten Paketen kollidieren 174 mit den HERA-Protonen bei H1 und ZEUS.



Das longitudinale Polarimeter kann die Polarisation einzelner Pakete messen und so z.B. den Unterschied zwischen kollidierenden und nicht-kollidierenden Paketen aufdecken.