

Simulation des Spintransports für die Polarisationsmessung am International Linear Collider (ILC)

Moritz Beckmann, Anthony Hartin, Jenny List

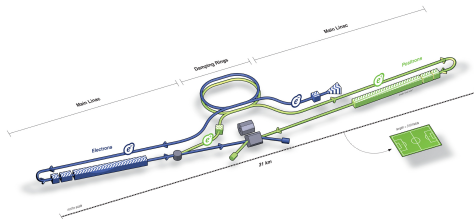
DESY - FLC

4. März 2013



Einleitung: Der International Linear Collider (ILC)

- e^+e^- -Collider, 31 km lang
- $\sqrt{s} = 500$ GeV, mögliche Erweiterung auf 1 TeV
- Technical Design Report kurz vor Veröffentlichung
- Polarisierte Strahlen: $P(e^-) = 80\%$
 $P(e^+) = 30$ bis 60%

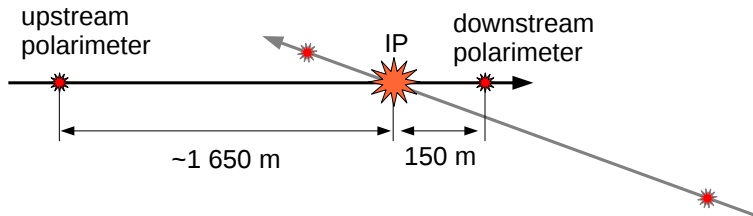


ILC Scheme (© american-acc.de)

Einleitung: Polarimetrie am ILC

- **Laser-Compton-Polarimeter** für Strahlenergien 45-500 GeV im Beam Delivery System (BDS)
- Messung in den Polarimetern mit **0,25 % systematischer Unsicherheit** (Ziel)
- Zusätzlich: Kalibration durch mittlere Polarisation aus den Kollisionsdaten
(z. B. W^+W^- -Wechselwirkungsquerschnitt)

Einleitung: Polarimetrie am ILC



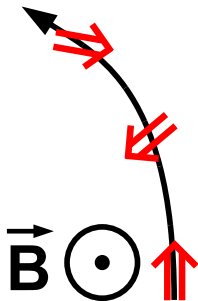
- **Was passiert zwischen den Polarimetern und dem Kollisionspunkt (IP) der beiden Strahlen?**
→ **Simulation**
- Ziel: Spinausbreitung / Depolarisation muss auf ein Promille genau verstanden sein

Spintransport

- Spintransport in elektromagnetischen Feldern gemäß T-BMT-Gleichung (semiklassisch)
- Näherung (nur $\vec{B}_\perp$): **Spinpräzession**

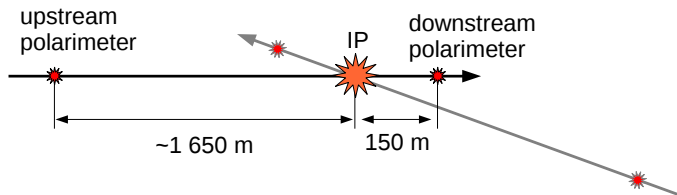
$$\theta_{\text{spin}} = \underbrace{\left(\frac{g-2}{2} \cdot \gamma + 1 \right)}_{\approx 568 @ 250 \text{ GeV}} \cdot \theta_{\text{orbit}}$$

- Polarisationsvektor $\vec{P} = \begin{pmatrix} P_x \\ P_y \\ P_z \end{pmatrix}$ mit Polarisation $|\vec{P}|$
- In diesem Vortrag **nur longitudinale Polarisation P_z**



Teilchen-/Spintransport

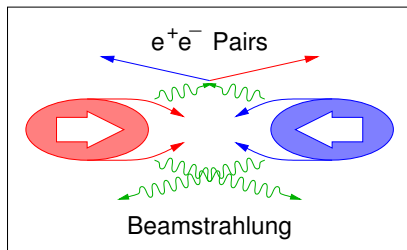
- Simulation des Teilchen-/Spintransports (inkl. vollständigem Lattice): Bmad
- 40 000 Makroteilchen simuliert, 1000 Durchläufe mit zufällig generierten Bunchen
- RDR-Strahlparameter (2007)



- Spintransport bis zum IP unproblematisch: $\Delta P_z \ll 0,1\%$
- Im Folgenden: Betrachte **Kollisionseffekte** (inkl. Kreuzungswinkel) und **Spintransport hinter dem IP**

Strahl-Strahl-Kollisionseffekte

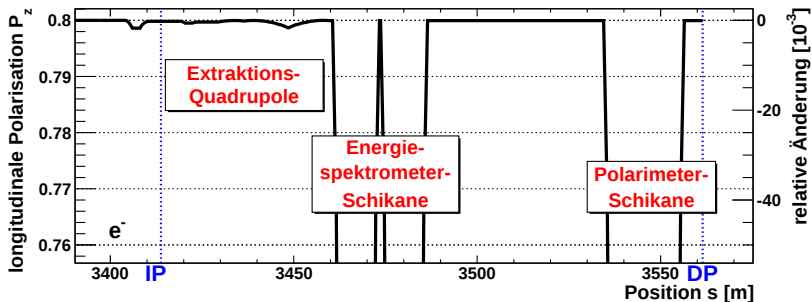
- **T-BMT-Präzession:** Ablenkung ($\sim 10^{-4}$ rad) durch entgegenkommenden Bunch
- Sokolov-Ternov: **Spin-Flip** bei Emission von **Beamstrahlung**



A. Vogel

- Simulation mit Guinea-Pig++
- Direkt an Transportsimulation angeschlossen

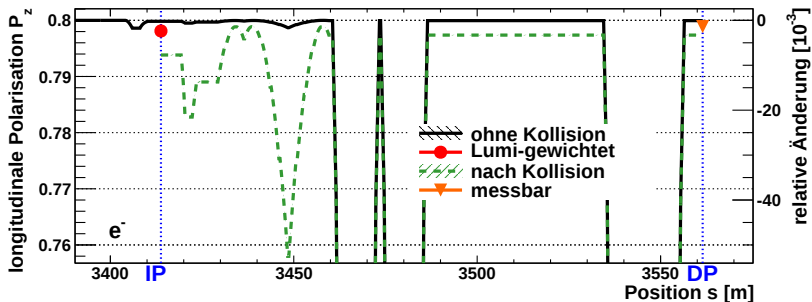
Spintransport hinter dem IP



DP: Downstream-Polarimeter

- **Ohne Kollision** mit dem Positronenstrahl
- Longitudinale Polarisation am IP und am Downstream-Polarimeter unterscheidet sich nur unwesentlich

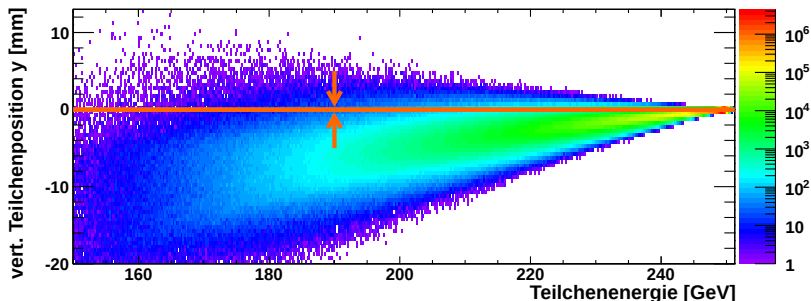
Spintransport hinter dem IP



DP: Downstream-Polarimeter

- Spintransport **nach Kollision** mit dem Positronenstrahl anders aufgrund größerer Winkel-/Energiedivergenz
- Messbar: für den Laserstrahl des Polarimeters sichtbar

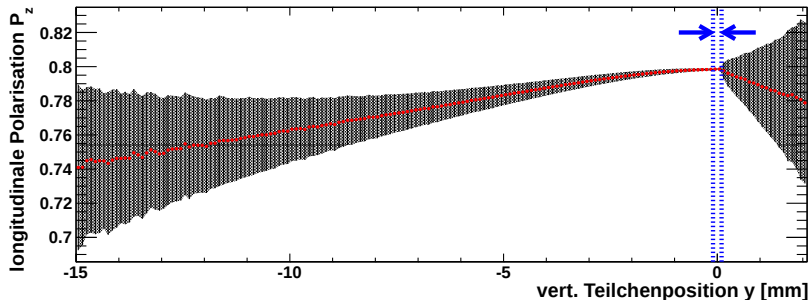
Downstream-Polarimeter mit Kollisionseffekten



- **Laserstrahlgröße** am Compton-IP nur $\sim 0,1 - 1 \text{ mm}$
Limitierender Faktor: Hochfrequent gepulste Laserintensität
- Schikane $\Rightarrow$ **Dispersion**

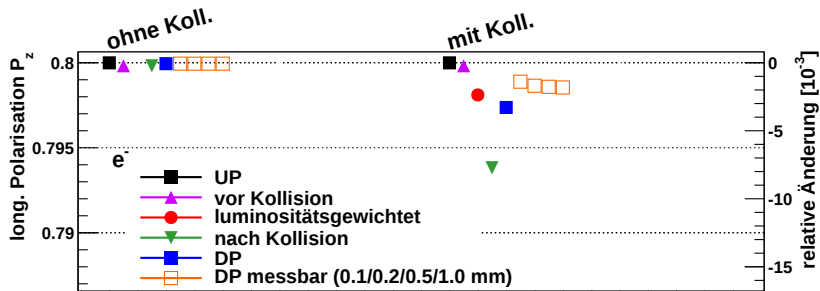
Downstream-Polarimeter mit Kollisionseffekten

- Energieverlust und Depolarisation sind auch korreliert
⇒ **Selektive Messung, Messwert ist verzerrt**



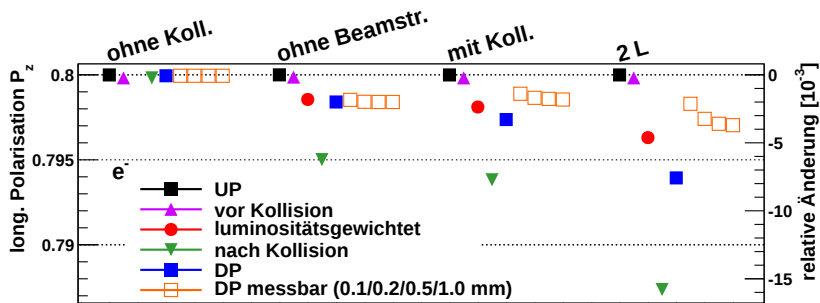
- Detaillierte Simulation der Laser-Bunch-Wechselwirkung am Downstream-Polarimeter nötig
- Im Folgenden nur Betrachtung der *messbaren* Polarisation

Spintransport für verschiedene Szenarien



- Lattice so konstruiert, dass **im Idealfall** $\bullet = \blacksquare$
(luminositätsgewichtete P_z soll gleich P_z am DP sein)
- **Design berücksichtigt keine Beamstrahlung**, nur T-BMT
 $\Rightarrow 0,1\%$ relative Abweichung
- Selektive Messung ($\square$) weicht um $0,2\%$ von tatsächlicher P_z am DP ($\blacksquare$) ab

Spintransport für verschiedene Szenarien



- Simulation **ohne Beamstrahlung**: ● = ■ = □
- Doppelte Luminosität (**2 L**, $\sim$ neue Strahlparameter):
 Beamstrahlungseffekte ● – ■ = 0,3 %
 „Selektivität“ □ – ■ = 0,4 bis 0,55 %
 ⇒ **Kenntnis der Laserstrahlgröße und -position kritisch**

Zusammenfassung und Ausblick

- Eine umfassende Spintransport-Simulation für Hochenergie-Beschleuniger ist aufgebaut
- Für den ILC wird der Transport der Polarisation mit einer Genauigkeit im Promillebereich untersucht
- Polarisationsmessung nach Strahlkollision bereits unter Idealbedingungen schwierig
- Benötigen je ein Polarimeter vor/hinter dem Kollisionspunkt der beiden Strahlen
- Simulation muss für Kollisionen mit $\sqrt{s} \geq 500$ GeV noch in der Praxis getestet werden
- Zusätzlich zu untersuchen: Detektormagneten, Fehlpositionierung der Magnete

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

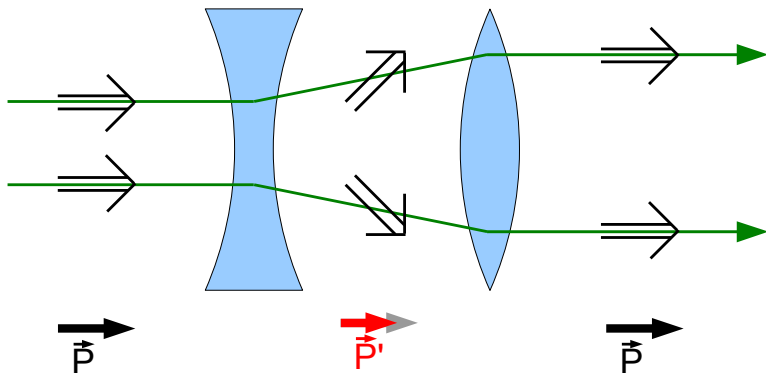
Mehr zum Upstream-Polarimeter (Prototyp-Entwicklung und Kalibration):

Sitzung T 74

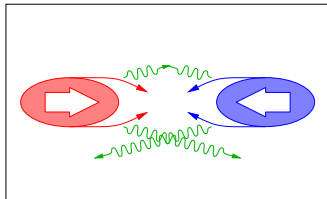
Mittwoch, 16:45 Uhr

Reservefolien

Spinauffächerung in Quadrupolen



Latticedesign für Downstream-Polarimeter



SLAC-PUB-4692, SLAC-PUB-8397, $\theta_x \gg \theta_y$:

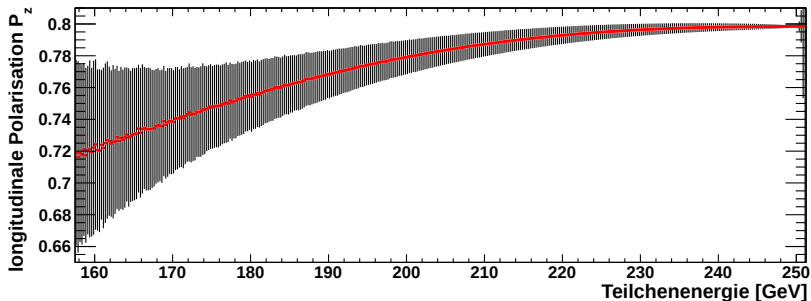
$$\Delta P_z \propto \theta_x^2$$

$$\Delta P_z^{\text{lum}} \approx \frac{1}{4} \Delta P_z \propto \left(\frac{\theta_x}{2} \right)^2$$

$$\text{Idee: } |R_{22}| = 0,5 \quad \Rightarrow \quad P_z^{\text{lum}} = P_z^{\text{DP}}$$

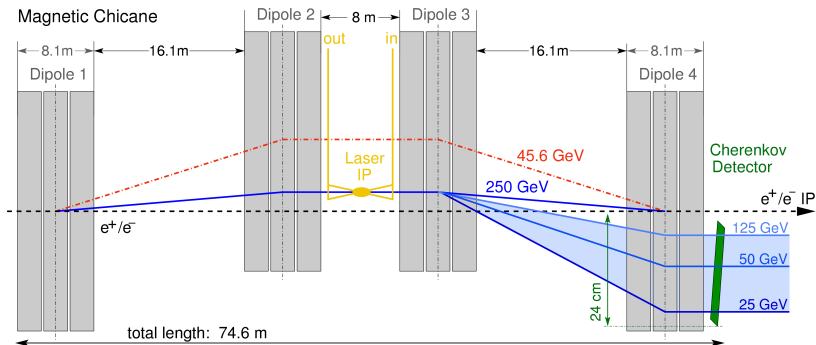
Downstream-Polarimeter: Polarisation(Energie)

Longitudinale Polarisation gegen Energie am
Downstream-Polarimeter, nach Kollision



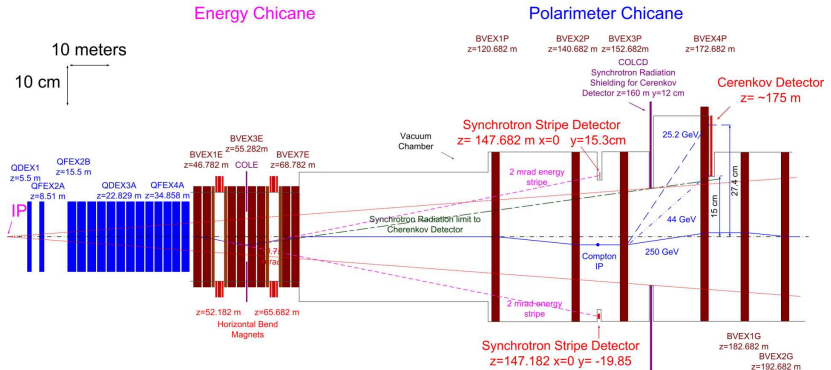
Polarimeter-Schikane (upstream)

- Konstantes Magnetfeld
- Dispersion (je nach Strahlenergie): 1-11 cm
- Jeder Bunch im Train wird gemessen
- Energie-Verteilung → räumliche Verteilung
- Elektronen-Zählung mittels Čerenkov-Gasdetektor



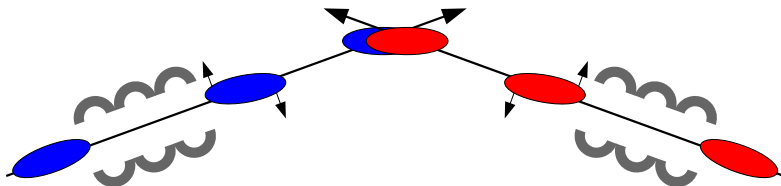
Polarimeter-Schikane (downstream)

- Konstantes Magnetfeld
- Dispersion (je nach Strahlenergie): 1-11 cm
- Messung von 3 Bunchen pro Train
- Energie-Verteilung → räumliche Verteilung
- Elektronen-Zählung mittels Čerenkov-Gasdetektor



Bunchdrehung am IP

- Kollision unter Kreuzungswinkel von 14 mrad
- Luminosität maximieren: Drehe Bunche mit *Crab Cavities*



Andere Einflüsse

- Synchrotronstrahlung (außerhalb der Kollision): vernachlässigbar
- Crab Cavities: vernachlässigbar
- Detektormagnete: korrigierbar
- Fehlpositionierung der Magnete: in Arbeit