



Phenomenology of Elementary Particle Physics (Prof. Peter Uwer)

Precision Physics in Quantum Field Theories as Probe of Fundamental Interactions (Dr. Markus Schulze, Heisenberg Fellow)

Beispiele für in der AG PEP durchgeführte BA-Projekte:

- Theoretische Beschreibung und Simulation der Bewegung eines starren Körpers
- Pfadintegrale in der Quantenmechanik
- Numerische Berechnung von Streuamplituden mittels Rekursionen
- Skalenevolution von Standardmodellparametern und Vakuumstabilität
- Regulatorabhängigkeit in $H \rightarrow gg$
- Epsilon-Entwicklung von Schleifenintegralen
- Polarisation von hadronisch produzierten Z-Bosonen
- Ladungsasymmetrie A_C in der $tt\bar{t}$ -Produktion am LHC

Viele Projekte aus der Teilchenphysik sind in Forschungsaktivitäten der AG eingebettet

Isolierte Problemstellungen, die mit Bachelorwissen zugänglich sind und die aktuelle Forschung berühren

Auf Wunsch nach Rücksprache auch Themen der theoretischen Physik außerhalb der Teilchenphysik möglich

Methodenvielfalt:

- Analytische Rechnungen
- Computer Algebra
- Numerische Methoden
- Zusammenspiel aus theoretischen Rechnungen und experimentellen Fragestellungen

... auch nützlich außerhalb der Teilchenphysik!

Voraussetzungen:

- Spass an der Theoretischen Physik
- Interesse an Fragestellungen der Theoretischen Teilchenphysik + LHC Physik
- Gutes Verständnis der Speziellen Relativitätstheorie / Quantenmechanik
- Interesse an computergestützten algebraischen und/oder numerischen Methoden

"learning by doing"

Polarisation von hadronisch produzierten Z-Bosonen

Turan Nuraliyev

Physikalische Grundlagen:

- Produzierte Z-Bosonen sind auf Grund der Wechselwirkung polarisiert
- Bei paarweise produzierten Z-Bosonen können zusätzlich Spinkorrelationen auftreten
- Die Polarisation der Z-Bosonen spiegelt sich in den Winkelverteilungen der Zerfallsprodukte wider

Zielsetzungen:

- Berechnung der Polarisation für hadronisch produzierte Z-Bosonen (in Bornapproximation)
- Beschreibung mit Dichtematrix
- Wie kann aus der Winkelverteilung der Zerfallsprodukte auf die Polarisation zurückgeschlossen werden?

Untersuchte Reaktionen:

$$pp \rightarrow Z \rightarrow f\bar{f},$$

$$pp \rightarrow ZZ \rightarrow f\bar{f}f'\bar{f}'$$

Dichtematrix Spin-1 Boson: [vgl. QM1]

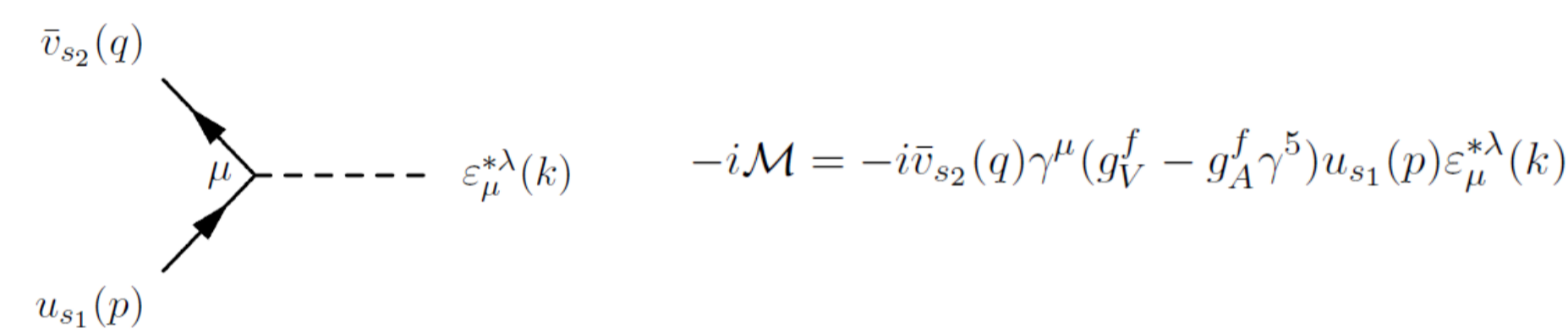
$$\rho = \sum p_m |\psi_m\rangle \langle \psi_m|$$

$$\rho = \frac{1}{3} (\mathbb{I} + \vec{P} \cdot \vec{J} + \sum w_{ij} T_{ij}),$$

Tensorpolarisation
(tritt bei Spin-1/2 nicht auf!)

$$|\tilde{\mathcal{M}}|^2 \propto \text{Tr} [\rho_{Prod.} \cdot \rho_{Zerfall}]$$

Produktion einzelner Z-Bosonen



$$\vec{P} = b_0 \vec{\hat{p}},$$

$$b_0 = -\frac{3}{4} \frac{2g_A^f g_V^f}{g_A^{f2} + g_V^{f2}},$$

$$w_{ij} = c_0 \delta_{ij} + c_1 \hat{p}_i \hat{p}_j,$$

$$c_0 = -\frac{1}{2}, \quad c_1 = \frac{1}{2}$$

Tensorpolarisation

$$\text{Tr} [\rho_{q\bar{q} \rightarrow Z} \cdot \rho_{Z \rightarrow q\bar{q}}] \propto$$

$$\left(\frac{c_1}{6} (\cos^2 \theta + 1) - \frac{2c_1 + 3}{9} - \frac{b_0}{6} \frac{2g_A^f g_V^f}{(g_V^{f2} + g_A^{f2})} \cos \theta \right)$$

→ Polarisation des intermediären Z-Bosons kann aus Winkelverteilung bestimmt werden

Vgl. [Aguilar-Saavedra et al, 2016, 2017]

Entsprechende Resultate für $pp \rightarrow ZZ$

Resultate können verwendet werden um bei LHC die Polarisation intermediärer Z-Bosonen zu messen

→ Polarisationsanalysen erlauben, die zugrunde liegende Wechselwirkung präziser zu testen.

Ladungs-Asymmetrie A_C in der $tt\bar{t} + \gamma$ Produktion am LHC

Jonas Bergner

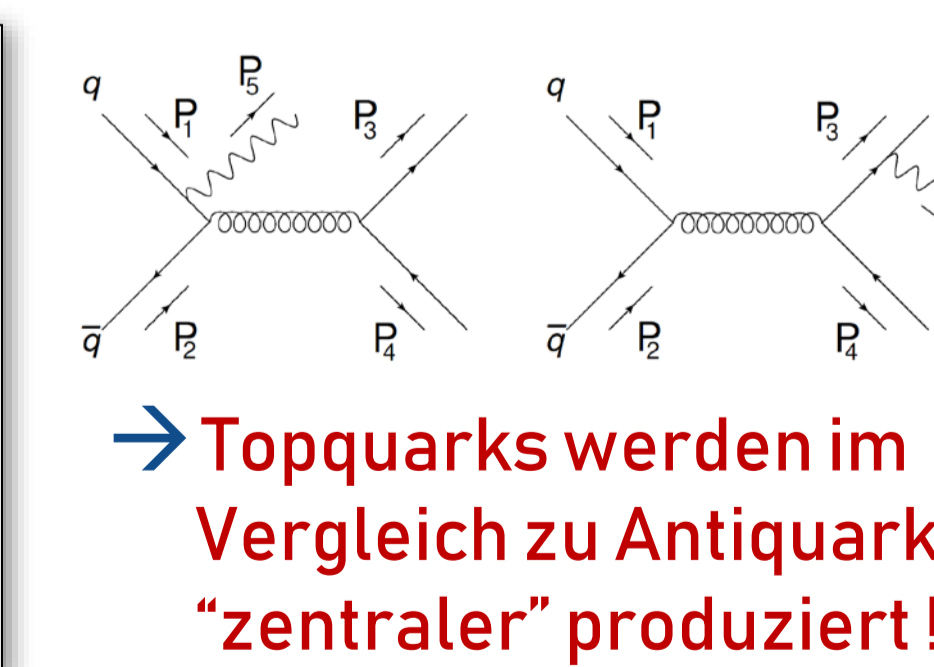
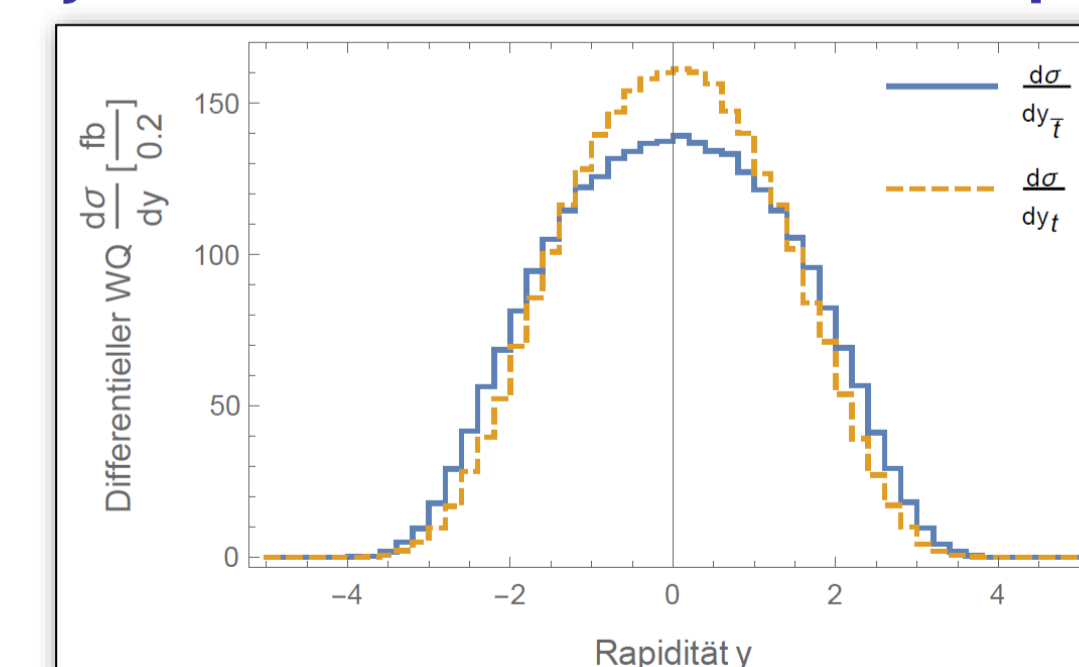
Physikalische Grundlagen:

- In der Top-quarkpaarproduktion existiert eine Ladungsasymmetrie: Winkelverteilung für Top-quarks unterscheidet sich von der für Antitop-quarks
- In der Top-quarkpaarproduktion kommt der Effekt nur durch Korrekturen jenseits der Bornapproximation zustande
- Erste Messungen am Tevatron deuteten auf eine Abweichung von den theoretischen SM-Vorhersagen hin: Neue Physik?

Zielsetzungen:

- Da sich in Quantenkorrekturen unterschiedliche Effekte kompensieren können, soll die Ladungsasymmetrie in $tt\bar{t}$ Ereignissen untersucht werden (tritt bereits in Bornapproximation auf!)
- Berechnung in führender Ordnung für realistischen Endzustand
- Optimierung von Phasenraumschnitten, um Effekt und Signifikanz simultan zu optimieren

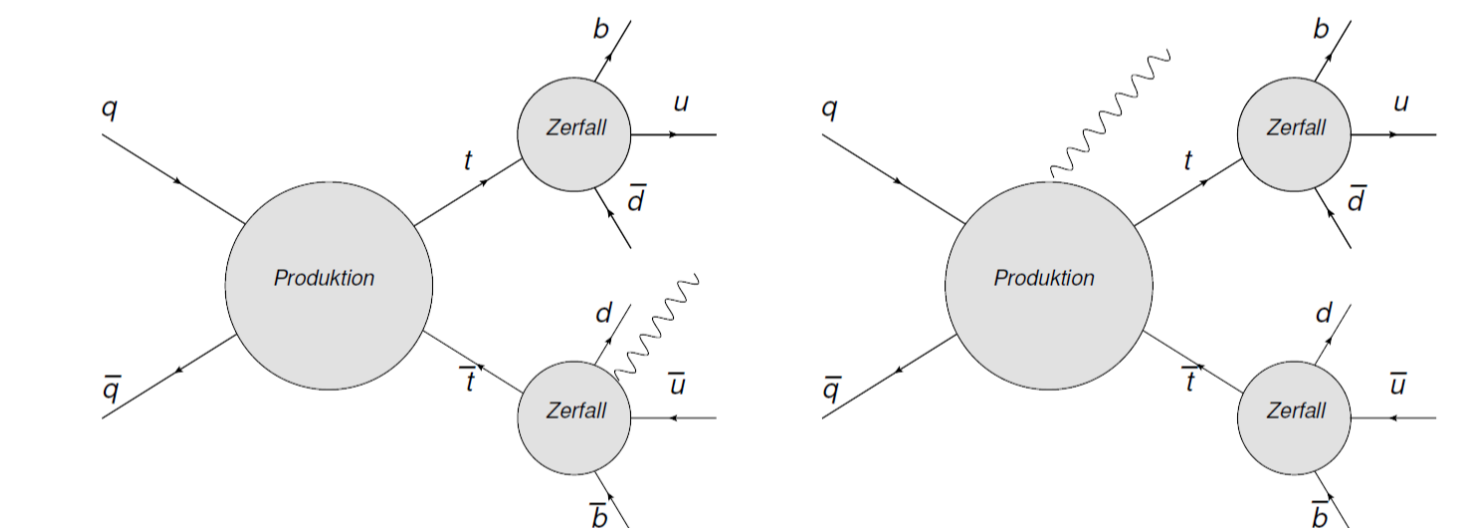
Asymmetrie für stabile Topquarks:



→ Topquarks werden im Vergleich zu Antiquarks "zentraler" produziert!

Definition: $A_C = \frac{\sigma(\Delta y > 0) - \sigma(\Delta y < 0)}{\sigma(\Delta y > 0) + \sigma(\Delta y < 0)}$, $\Delta y = |y_t| - |y_{\bar{t}}|$

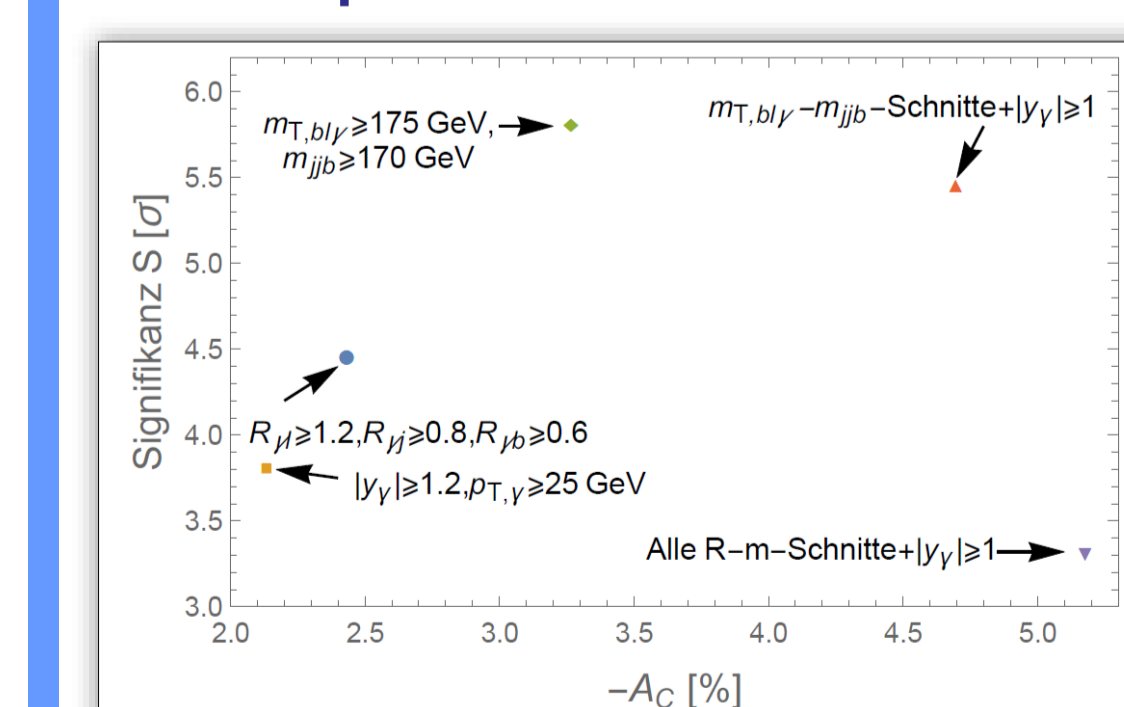
Berücksichtigung des Top-quarkzerfalls:



Berechnung des Wirkungsquerschnitts mit Hilfe des Partonmodells:

$$\sigma_{pp \rightarrow f} = \sum_{p_1, p_2} \int_0^1 dx_1 \int_0^1 dx_2 f_{p_1}(x_1) f_{p_2}(x_2) \hat{\sigma}_{p_1 p_2 \rightarrow f} \delta(s - 4x_1 x_2 E_{Beschl}^2)$$

Asymmetrie und Signifikanz nach optimierten Schnitten:



Fazit:

- A_C nützlich zur Suche nach neuer Physik
- Asymmetrie und Signifikanz kann durch Schnitte deutlich verbessert werden
- Berücksichtigung der NLO Korrekturen möglich (Publikation?)

Contact Details and Information

Peter Uwer Email: Peter.Uwer@Physik.HU-Berlin.de



Markus Schulze Email: Markus.Schulze@Physik.HU-Berlin.de



www.physik.hu-berlin.de/pep



Supported by

