

Impulsanalyse bei OPERA

DPG Frühjahrstagung in Karlsruhe

Mikko Meyer

Institut für Experimentalphysik
Universität Hamburg

1. April 2011



bmb+f - Förderschwerpunkt

OPERA

Großgeräte der physikalischen
Grundlagenforschung



Universität Hamburg

DER FORSCHUNG | DER LEHRE | DER BILDUNG

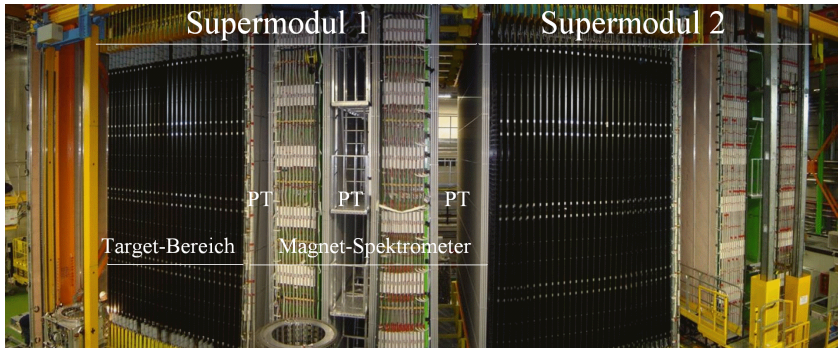
Gliederung

- I. Das OPERA-Experiment
- II. Precision-Tracker und Impulsbestimmung
- III. Konsistenzüberprüfungen I - Winkelvergleich
- IV. Konsistenzüberprüfungen II - Versatzmethode
- V. Alignmentuntersuchungen
- VI. Ergebnisse und Zusammenfassung

Das OPERA-Experiment

Aufbau des Detektors

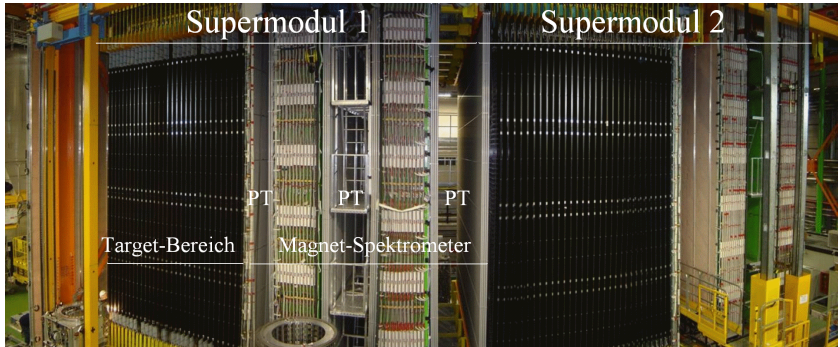
- ▶ Oscillation Project with Emulsion tRacking Apparatus
- ▶ Direkter Nachweis von $\nu_\mu \rightarrow \nu_\tau$ Oszillationen (Appearance)
- ▶ Detektor-Konzept: Elektronische Komponenten + Fotoemulsionen



Das OPERA-Experiment

Aufbau des Detektors

- ▶ Oscillation Project with Emulsion tRacking Apparatus
- ▶ Direkter Nachweis von $\nu_\mu \rightarrow \nu_\tau$ Oszillationen (Appearance)
- ▶ Detektor-Konzept: Elektronische Komponenten + Fotoemulsionen



- ▶ Precision-Tracker (PT): Kinematische Analyse der Zerfallsprodukte
- ▶ Detektor im Untergrundlabor: Problem fürs Alignment

Das OPERA-Experiment

Der Precision-Tracker und Impulsbestimmung



- ▶ Der Precision-Tracker:
 - ▶ 9504 Driftröhren
 - ▶ Aufgeteilt auf sechs Wände pro SM
- ▶ Zentrale Aufgabe:
 - ▶ Myon-Identifikation
 - ▶ Ladungs- und Impulsbestimmung
- ▶ Ladungs- und Impulsbestimmung:
 - ▶ Wichtig für die Identifikation des Untergrundes

Das OPERA-Experiment

Der Precision-Tracker und Impulsbestimmung

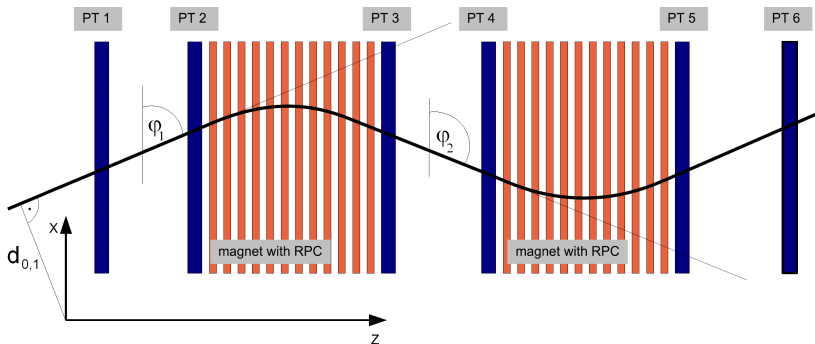
- ▶ Charakterisierung der Teilchengerade durch Hessesche Normalform:

$$\left[\begin{pmatrix} x \\ z \end{pmatrix} - d_0 \begin{pmatrix} \sin\varphi \\ -\cos\varphi \end{pmatrix} \right] \cdot \begin{pmatrix} \sin\varphi \\ -\cos\varphi \end{pmatrix} = 0$$

- ▶ Ladung: $\delta\varphi = \varphi_i - \varphi_{i+1}$
- ▶ Impuls: $p \sim \frac{1}{\delta\varphi}$

φ_i : Rekonstruierter Winkel vor dem Magnetarm

φ_{i+1} : Rekonstruierter Winkel hinter dem Magnetarm



Das OPERA-Experiment

Der Precision-Tracker und Impulsbestimmung

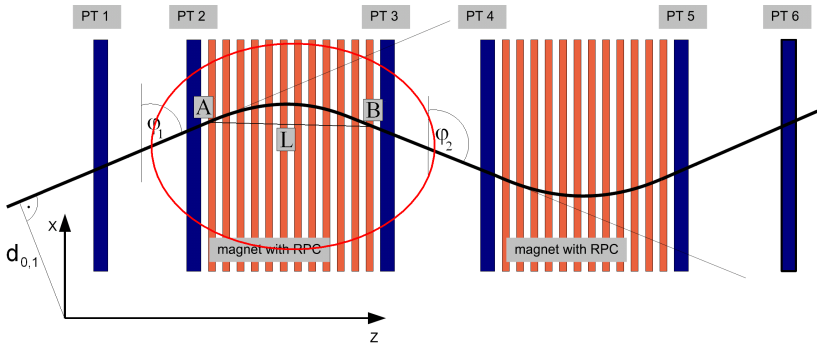
- ▶ Charakterisierung der Teilchengerade durch Hessesche Normalform:

$$\left[\begin{pmatrix} x \\ z \end{pmatrix} - d_0 \begin{pmatrix} \sin\varphi \\ -\cos\varphi \end{pmatrix} \right] \cdot \begin{pmatrix} \sin\varphi \\ -\cos\varphi \end{pmatrix} = 0$$

- ▶ Ladung: $\delta\varphi = \varphi_i - \varphi_{i+1}$
- ▶ Impuls: $p \sim \frac{1}{\delta\varphi}$

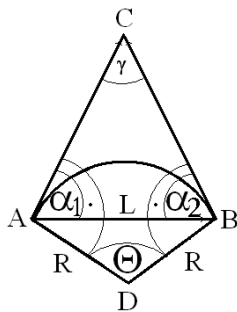
φ_i : Rekonstruierter Winkel vor dem Magnetarm

φ_{i+1} : Rekonstruierter Winkel hinter dem Magnetarm



Das OPERA-Experiment

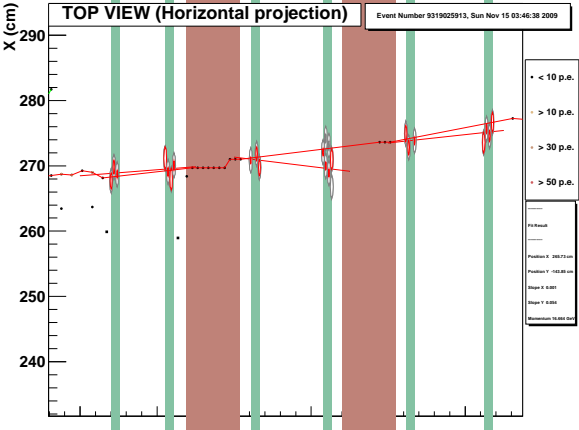
Konsistenzuntersuchungen I - Winkelvergleich



- ▶ Zwei Ansätze: Vergleich der Winkel α_1 und α_2 und Versatzmethode
- ▶ Vergleich erlaubt Konsistenzüberprüfung an jedem Magnetarm
- ▶ Unter Vernachlässigung des Energieverlustes $\alpha_1 \approx \alpha_2$
- ▶ Bei Abweichung \rightarrow Falsche Bestimmung von Ladung und Impuls

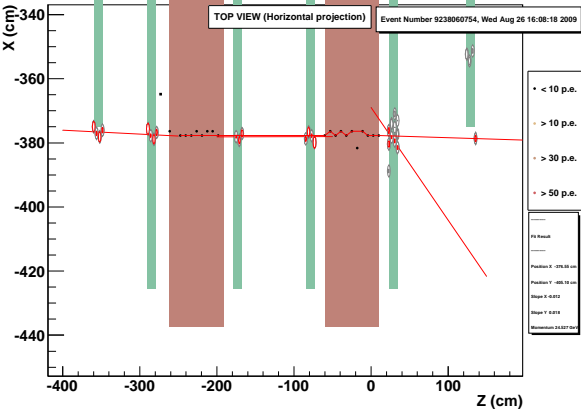
Das OPERA-Experiment

Identifikation von problematischen Ereignissen



Das OPERA-Experiment

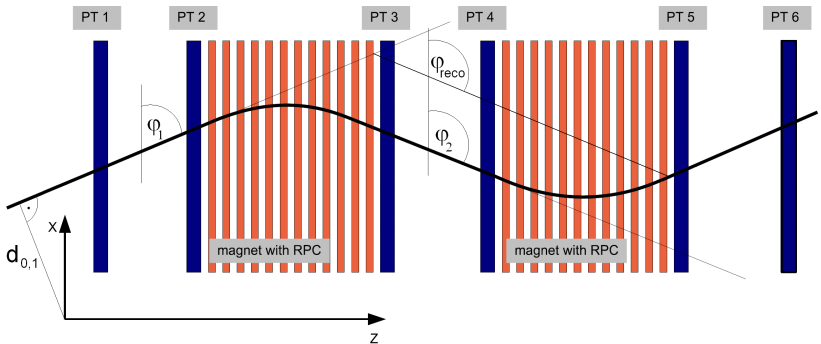
Identifikation von problematischen Ereignissen



Das OPERA-Experiment

Konsistenzuntersuchungen II - Versatzmethode

- ▶ Ausgangssituation: Pro SM liegen (bei voller Driftröhreninformation) drei Messungen vor ($\varphi_i, d_{0,i}$ mit $i = 1, 2, 3$).
- ▶ Idee: Rekonstruktion der Teilchenspur im mittleren Segment ($\varphi_2, d_{0,2}$) ohne Information der mittleren Driftröhrenwände
- ▶ Ausnutzung der entgegengesetzten Polarität beider Magnetarme
- ▶ Neue Parameter $\varphi_{2, reco} = \varphi_{reco}(\varphi_1, d_{0,1}, \varphi_3, d_{0,3})$ und $d_{0, reco}$

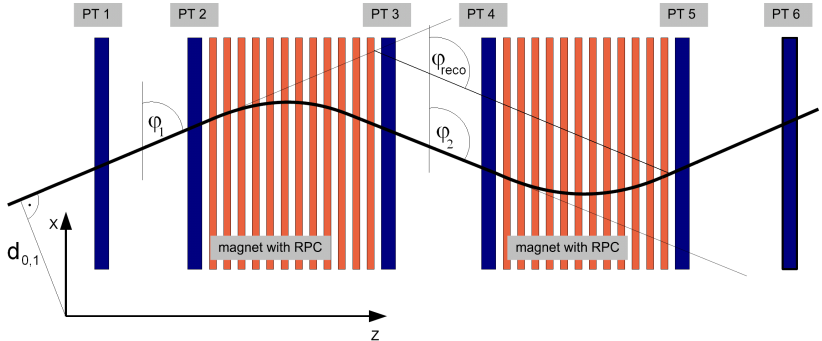


Das OPERA-Experiment

Konsistenzuntersuchungen II - Versatzmethode

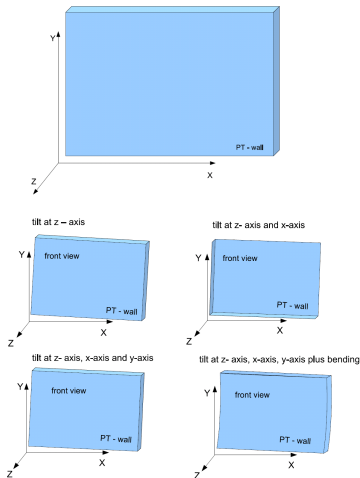
Bietet:

1. Bei voller Driftröhreninformation: Identifikation von problematischen Spuren
2. Ohne Information der mittleren Driftröhrenwände: Zusätzliche Ladungs- und Impulsbestimmung
3. Alignmentuntersuchungen (Vergleich von φ_2 und $d_{0,2}$ mit φ_{reco} und $d_{0,reco}$)



Das OPERA-Experiment

Alignmentuntersuchungen - Versatzmethode und Winkelvergleich

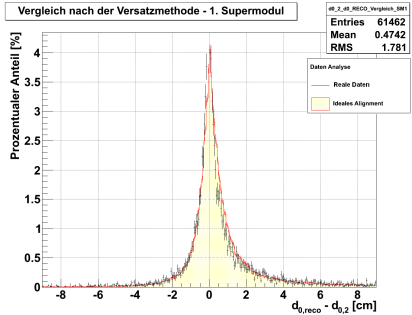
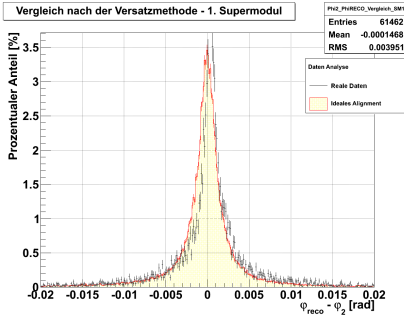


- ▶ Alignment = Präzise Messung der Position von den Driftröhrenwänden
- ▶ Wichtig für Impuls- und Ladungsanalyse
- ▶ Bisherige Prozeduren: Messung mit Theodolit und Analysen bei ausgeschaltetem Magnetfeld
- ▶ Problem: Wenig Statistik und mögliche Verformung des Detektors bei eingeschaltetem Magnetfeld (Temperaturschwankung)
- ▶ Vorteil der Versatzmethode und des Winkelvergleiches: Alignmentkorrektur bei eingeschaltetem Magnetfeld mit viel Statistik

Das OPERA-Experiment

Alignmentuntersuchungen - Versatzmethode und Winkelvergleich

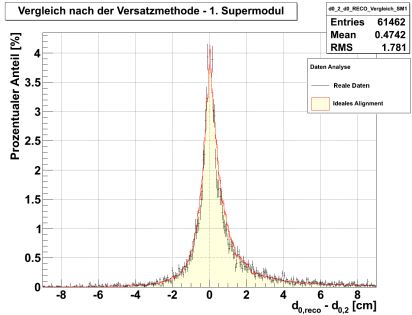
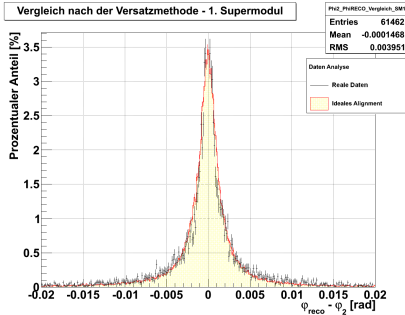
- ▶ Keine Korrektur
- ▶ Alignmentkorrektur: -
- ▶ $\chi^2/ndf = 3,36$



Das OPERA-Experiment

Alignmentuntersuchungen - Versatzmethode und Winkelvergleich

- ▶ Erste Korrektur: Gegenteilige Verschiebung von PT3 (↑) und PT4 (↓)
- ▶ Alignmentkorrektur: Jeweils $200\ \mu\text{m}$
- ▶ $\chi^2/ndf = 1,784$ (vorher: $\chi^2/ndf = 3,36$)



Das OPERA-Experiment

Ergebnisse und Zusammenfassung

- ▶ Winkelvergleich zwischen α_1 und α_2 sowie die Einführung einer Versatzmethode mit $\varphi_{reco}(\varphi_1, d_{0,1}, \varphi_3, d_{0,3})$ und $d_{0,reco}$ erlaubt:

Das OPERA-Experiment

Ergebnisse und Zusammenfassung

- ▶ Winkelvergleich zwischen α_1 und α_2 sowie die Einführung einer Versatzmethode mit $\varphi_{reco}(\varphi_1, d_{0,1}, \varphi_3, d_{0,3})$ und $d_{0,reco}$ erlaubt:
 1. Identifikation von problematischen Spuren (im einstelligen Prozentbereich)
 2. Alignmentuntersuchungen

Das OPERA-Experiment

Ergebnisse und Zusammenfassung

- ▶ Winkelvergleich zwischen α_1 und α_2 sowie die Einführung einer Versatzmethode mit $\varphi_{reco}(\varphi_1, d_{0,1}, \varphi_3, d_{0,3})$ und $d_{0,reco}$ erlaubt:
 1. Identifikation von problematischen Spuren (im einstelligen Prozentbereich)
 2. Alignmentuntersuchungen

- ▶ Monte-Carlo-Simulationen zum Alignment ($p = 20\text{GeV}$):
 1. Sensitivität bei paralleler Rotation der beiden mittleren Driftröhrenwände: ca. 5 mrad
 2. Sensitivität bei einer gegenteiligen Verschiebung der beiden mittleren Driftröhrenwände: ca. $100\ \mu\text{m}$ (pro Wand).

Das OPERA-Experiment

Ergebnisse und Zusammenfassung

- ▶ Winkelvergleich zwischen α_1 und α_2 sowie die Einführung einer Versatzmethode mit $\varphi_{reco}(\varphi_1, d_{0,1}, \varphi_3, d_{0,3})$ und $d_{0,reco}$ erlaubt:
 1. Identifikation von problematischen Spuren (im einstelligen Prozentbereich)
 2. Alignmentuntersuchungen

- ▶ Monte-Carlo-Simulationen zum Alignment ($p = 20\text{GeV}$):
 1. Sensitivität bei paralleler Rotation der beiden mittleren Driftröhrenwände: ca. 5 mrad
 2. Sensitivität bei einer gegenteiligen Verschiebung der beiden mittleren Driftröhrenwände: ca. $100\ \mu\text{m}$ (pro Wand).

- ▶ OPERA: Alignmentkorrektur von PT3 und PT4 um $200\ \mu\text{m}$

Das OPERA-Experiment

Ergebnisse und Zusammenfassung

- ▶ Winkelvergleich zwischen α_1 und α_2 sowie die Einführung einer Versatzmethode mit φ_{reco} ($\varphi_1, d_{0,1}, \varphi_3, d_{0,3}$) und $d_{0,reco}$ erlaubt:
 1. Identifikation von problematischen Spuren (im einstelligen Prozentbereich)
 2. Alignmentuntersuchungen
- ▶ Monte-Carlo-Simulationen zum Alignment ($p = 20\text{GeV}$):
 1. Sensitivität bei paralleler Rotation der beiden mittleren Driftröhrenwände: ca. 5 mrad
 2. Sensitivität bei einer gegenteiligen Verschiebung der beiden mittleren Driftröhrenwände: ca. $100\ \mu\text{m}$ (pro Wand).
- ▶ OPERA: Alignmentkorrektur von PT3 und PT4 um $200\ \mu\text{m}$

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!