2.2 Außenschaleneffizienz

2.2.1 Beschreibung der Daten

Die Auswertung der Simulationen ergibt für den Verlauf der Außenschaleneffizienz $\eta_{\mathrm{as}}\left(\cos\theta_{\mathrm{cm}}\right)|_{p_{\mathrm{Beam}}}$ (siehe Abb. 2.1) eine geringe Abhängigkeit von dem Polarwinkel θ und dem Strahlimpuls p_{Beam} (siehe Abb. 2.5). $\eta_{\mathrm{as}}\left(\phi\right)|_{P_{\mathrm{Beam}}}$ (siehe Abb. 2.2) hingegen ist konstant über ϕ, und zeigt nur eine aus der Energieabhängigkeit der Aktzeptanz herrührende Variation mit dem Strahlimpuls.

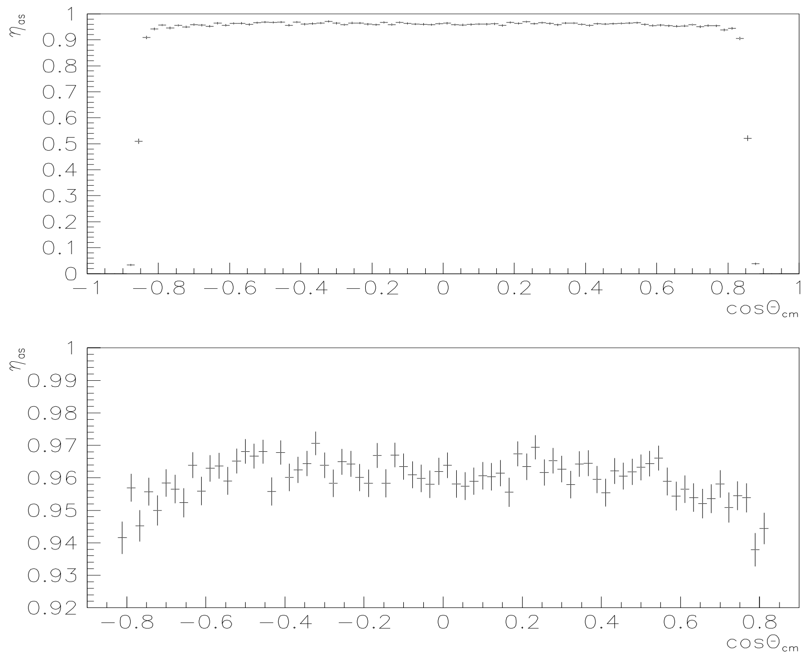

Abbildung 2.1: Außenschaleneffizienz bei einem Strahlimpuls von 1.2 GeV/c als Funktion des Cosinus des Polarwinkels im CM-System. Untere Abbildung mit unterdrücktem Nullpunkt

Die Außenschaleneffizienz zeigt eine Achsensymmetrie um die Ordinaten-Achse bei $\cos\theta_{\mathrm{cm}} = 0$, welche durch die Kinematik der Streuung ununterscheidbarer Teilchen begründet ist. Scheinbare Strukturen im Verlauf der Effizienz beruhen auf statistischen Schwankungen. Dies läßt sich leicht überprüfen, indem das Histogramm bei $\cos\theta_{\mathrm{cm}} = 0$ aufgeteilt, der Teil mit $-1 < \cos\theta_{\mathrm{cm}} < 0$ an der y-Achse gespiegelt und die Differenz der beiden Histogramme gebildet wird (siehe Abb. 2.3). Der gewichtete Mittelwert des Differenzhistogramms ist dann mit Null verträglich.

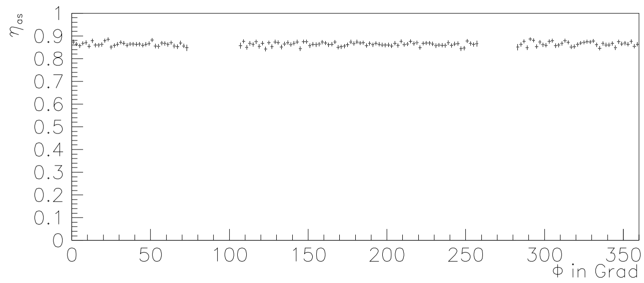

Abbildung 2.2: Außenschaleneffizienz bei einem Strahlimpuls von 1.2 GeV/c als Funktion von ϕ. Die Lücken sind die Bereiche der Ankopplung der Photomultiplier an die Halbringe, welche bei der Winkelrekonstruktion nicht berücksichtigt werden.

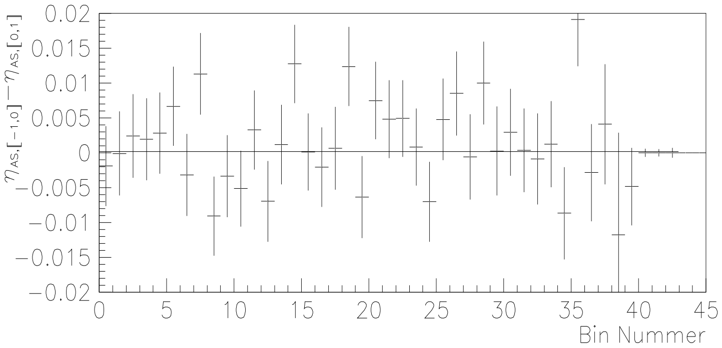

Abbildung 2.3: Differenz zwischen Rückwärts- und Vorwärtswinkelbereich (siehe Text) der Außenschaleneffizienz bei einem Strahlimpuls von 1.2 GeV/c

Ein Vergleich von Trigger- und Rekonstruktionseffizienz (siehe Abb. 2.6), bestätigt, daß die Rekonstruktion die schärfere Bedingung zur Identifikation elastischer Ereignisse darstellt. Die Rekonstruktionseffizienz ist generell niedriger als die Triggereffizienz und hat besonders bei höheren Energien einen unstetigen Verlauf. Der unterschiedlich Verlauf mit dem Polarwinkel θ erklärt sich durch die Tatsache, daß der Trigger eine gröbere Diskriminierung der Daten vornimmt.

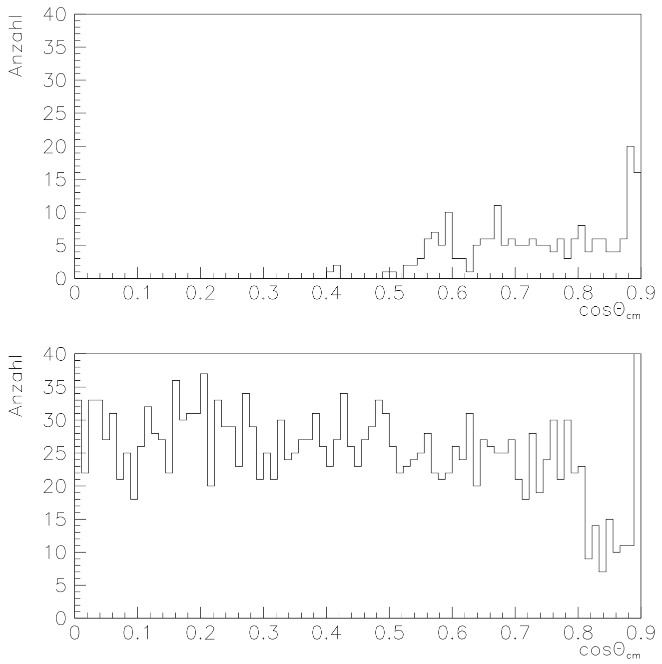

Abbildung 2.4: Obere Abb.: nicht getriggerte aber rekonstruiert Ereignisse. Untere Abb.: getriggerte aber nicht rekonstruierte Ereignisse

Die Abbildungen 2.4 zeigen Ereignisse, die von Trigger und Rekonstruktion nicht als elastische Proton-Proton Streuereignisse erkannt werden. Man sieht, daß sich die Selektionsbereiche von Trigger und Rekonstruktion praktisch nicht überlappen: Die Anzahl der nicht getriggerten Ereignisse, die aber rekonstruiert werden würden, ist vernachlässigbar klein: $< 0,1\%$.

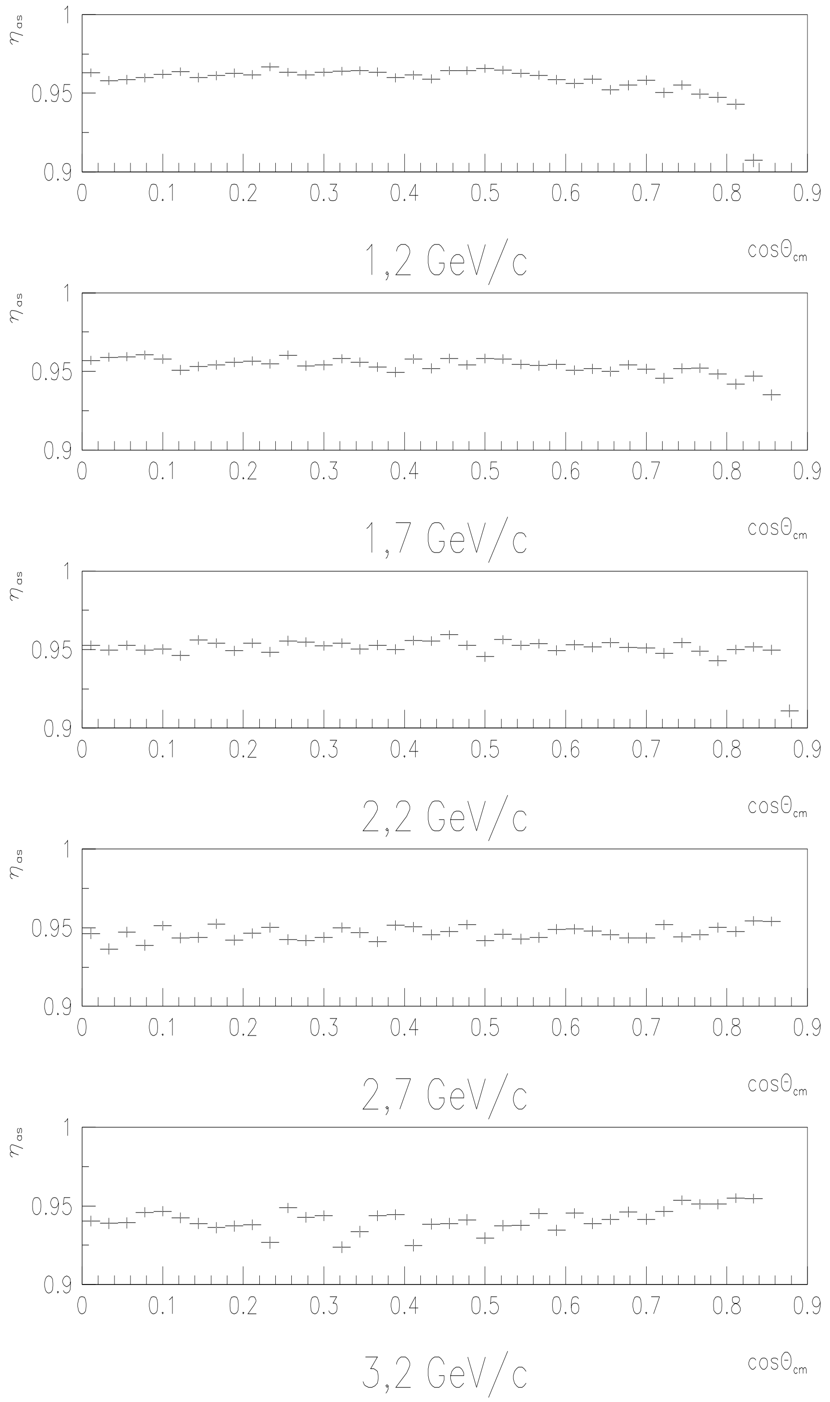

Abbildung 2.5: Außenschaleneffizienzen bei fünf Strahlimpulsen als Funktion von $\cos\theta$ im Intervall von 0 bis 1 mit unterdrücktem Nullpunkt

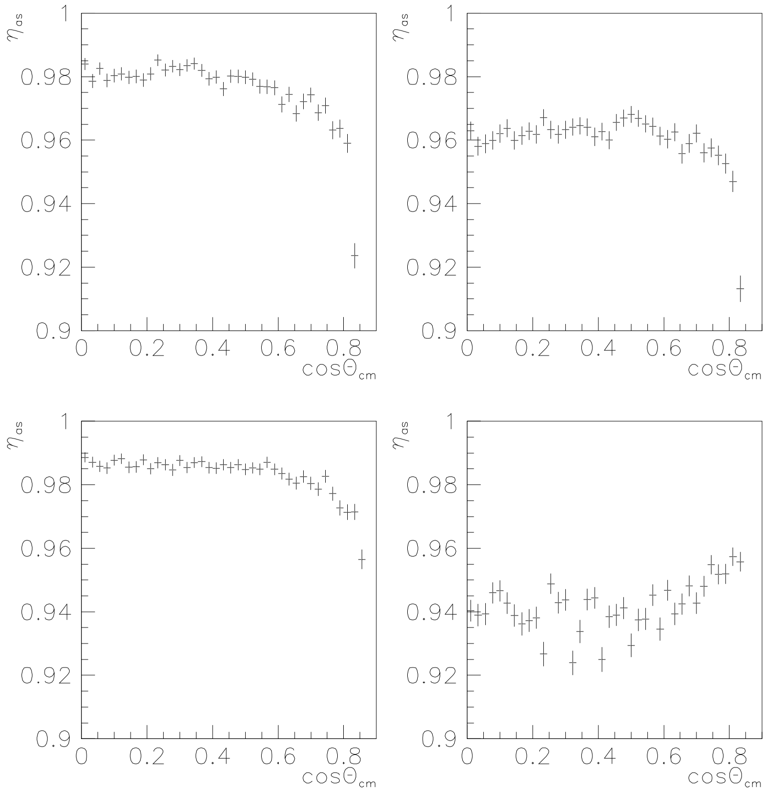

Abbildung 2.6: Triggereffizienz (links) und Rekonstruktionseffizienz (rechts) bei 1.2 GeV/c (obbere Abb.) und 3.2 GeV/c (untere Abb.) als Funktion von $\cos\theta$ im Intervall von 0 bis 1 mit unterdrücktem Nullpunkt

2.2.2 Parametrisierung

Der Verlauf der Effizienz als Funktion der beiden maßgeblichen Parameter: Polarwinkel θ und Strahlimpulse p_{Beam} (siehe Abb. 2.7), verspricht die Möglichkeit einer einfachen Parametrisierung.

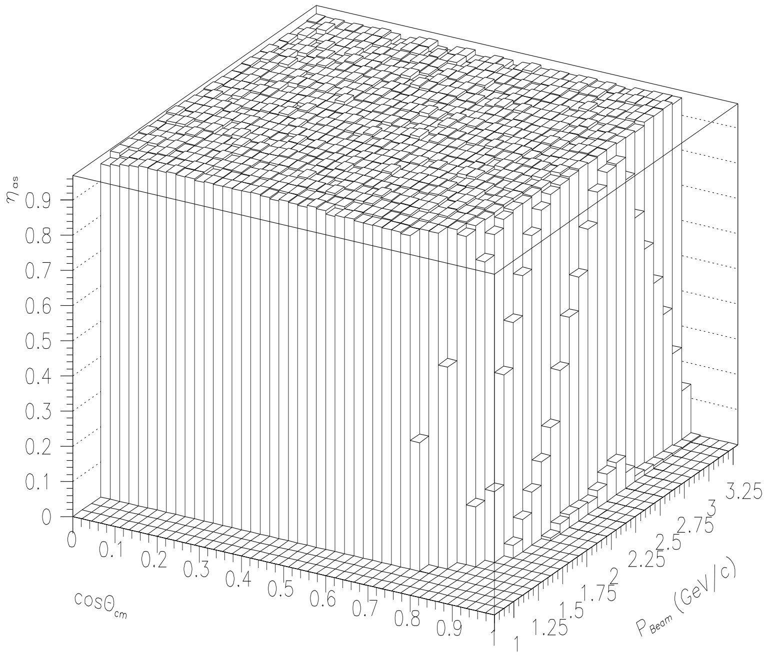

Abbildung 2.7: Außenschaleneffizienz als Funktion des Strahlimpulses p_{Beam} und $\cos\theta$

Zur Parametrisierung der Effizienz wird an die einzelnen Kurvenverläufe $\eta_{\text{as}}(\cos\theta_{\text{cm}})\,|_{P_{\text{Beam}}}$ ein Polynom der Form

$$\eta\,(\cos\theta_{\text{cm}})\,|_{P_{\text{Beam}}} = A_0 + A_2\cdot\cos^2\theta_{\text{cm}} + A_4\cdot\cos^4\theta_{\text{cm}} \tag{2.4}$$

mit Hilfe des χ^2-Verfahrens (siehe Abb. 2.8) angepaßt. Das Polynom enthält nur Terme mit geraden Potenzen von $\cos\theta_{\text{cm}}$ aufgrund der zuvor festgestellten Symmetrie. Ein versuchsweise durchgeführter Anpassung mit einem vollständigen Polynom vierten Grades: $\eta = A_0 + A_1\cdot\cos\theta + A_2\cdot\cos^2\theta + A_3\,\cdot$

$\cos^3\theta + A_4 \cdot \cos^4\theta$ bestätigt, daß die Koeffizienten der Terme mit ungeraden Potenzen, A_1 und A_3, mit Null verträglich sind.

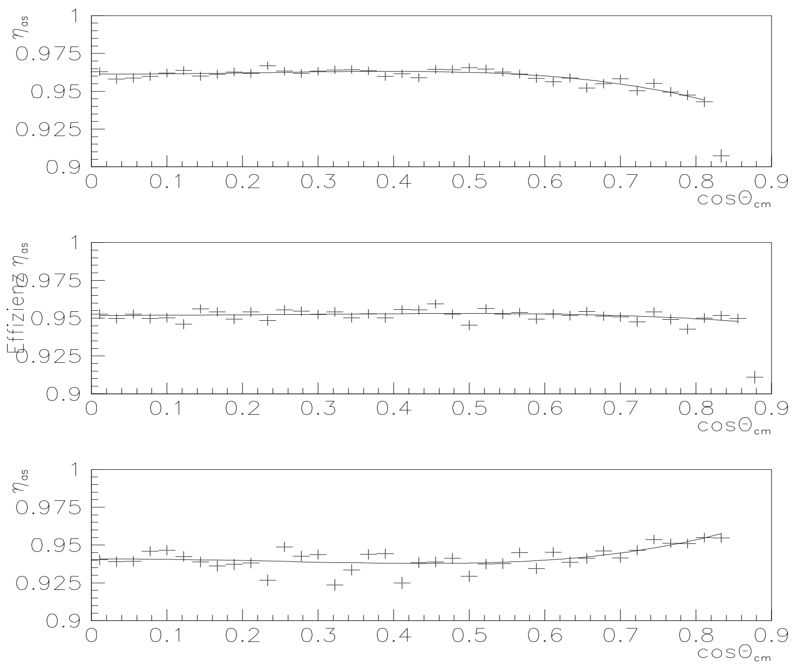

Abbildung 2.8: Außenschaleneffizienz bei 1.2GeV/c, 2.2GeV/c und 3.2GeV/c mit unterdrücktem Nullpunkt. Die durchgezogene Linie ist die Parametrisierung der θ-Abhängigkeit der Effizienz

Die drei Koeffizienten A_0, A_2 und A_4 sind Funktionen des Impulses, deren Verlauf wiederum durch ein Polynom beschrieben werden soll. Der Verlauf von A_1 und A_2 zeigt eine relativ starke Kopplung (siehe Abb. 2.9). Dies liegt an dem ähnlichen Verlauf von $\cos^2\theta$ und $\cos^4\theta$ im Intervall $[0, 1]$ (siehe Abb. 2.9).

Die Ordnung der Polynome für die Funktion der Koeffizienten A_0, A_1 und A_2 als Funktion des Strahlimpulses p_{Beam} (siehe Abb. 2.10) wird durch die Größe des reduzierten χ^2 bestimmt.

$$A_0 = a_{0,0} + a_{1,0} \cdot p_{\text{Beam}} + a_{2,0} \cdot p^2_{\text{Beam}} + a_{3,0} \cdot p^3_{\text{Beam}} + a_{4,0} \cdot p^4_{\text{Beam}} \quad (2.5)$$
$$A_2 = a_{0,2} + a_{1,2} \cdot p_{\text{Beam}} + a_{2,2} \cdot p^2_{\text{Beam}} + a_{3,2} \cdot p^3_{\text{Beam}} \quad (2.6)$$

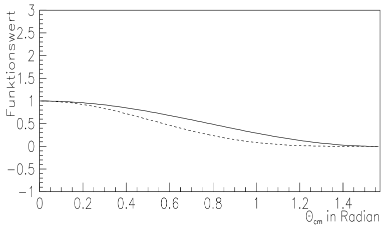

Abbildung 2.9: Verlauf von $\cos^2$ (durchgezogene Linie) und $\cos^4$ (gestrichelte Linie)

$$A_4 \quad = \quad a_{0,4} + a_{1,4} \cdot p_{\text{Beam}} + a_{2,4} \cdot p^2_{\text{Beam}} + a_{3,4} \cdot p^3_{\text{Beam}} \tag{2.7}$$

Mit den Koeffizienten:

$$\left.\begin{array}{ll} a_{0,0} = & 0,9344 \pm 0,0009 \\ a_{1,0} = & 0,0765 \pm 0,0009 \\ a_{2,0} = - & 0,0670 \pm 0,0004 \\ a_{3,0} = & 0,0217 \pm 0,0002 \\ a_{4,0} = - & 0,00252 \pm 0,00004 \end{array}\right\} \begin{array}{l} \text{Paramter von } A_0 \\ (\ \chi^2_r = 1,01\ ) \end{array} \tag{2.8}$$

$$\left.\begin{array}{ll} a_{0,2} = & 0,121 \pm 0,008 \\ a_{1,2} = - & 0,166 \pm 0,008 \\ a_{2,2} = & 0,0872 \pm 0,0036 \\ a_{3,2} = - & 0,0156 \pm 0,0008 \end{array}\right\} \begin{array}{l} \text{Paramter von } A_2 \\ (\ \chi^2_r = 2,94\ ) \end{array} \tag{2.9}$$

$$\left.\begin{array}{ll} a_{0,4} = - & 0,342 \pm 0,013 \\ a_{1,4} = & 0,405 \pm 0,012 \\ a_{2,4} = - & 0,1935 \pm 0,0054 \\ a_{3,4} = & 0,0335 \pm 0,0013 \end{array}\right\} \begin{array}{l} \text{Paramter von } A_4 \\ (\ \chi^2_r = 4,55\ ) \end{array} \tag{2.10}$$

Ein Bewertungskriterium für die Güte der Parametrisierung (siehe Abb. 2.11) ist die Differenz aus den ursprünglichen Daten und der angepaßten Kurve. Abb. 2.12 zeigt, daß diese Differenz über den gesamten betroffenen Bereich lediglich um max. $\pm 2,5\%$ (absolut) schwankt. Das zeigt eine gute Übereinstimmung der Parametrisierung mit den Daten.

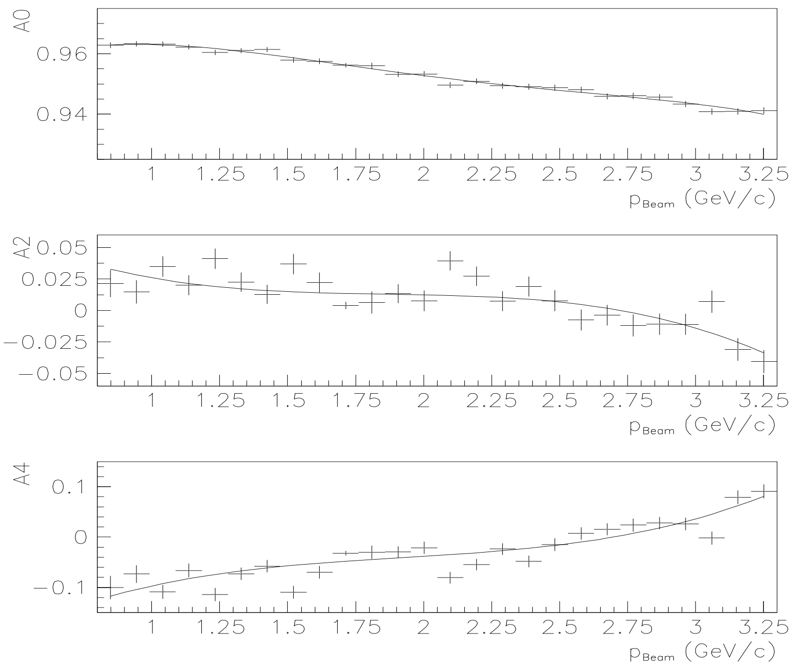

Abbildung 2.10: Koeffizienten A0, A2 und A4 als Funktion des Strahlimpulses incl. angepaßter Kurve

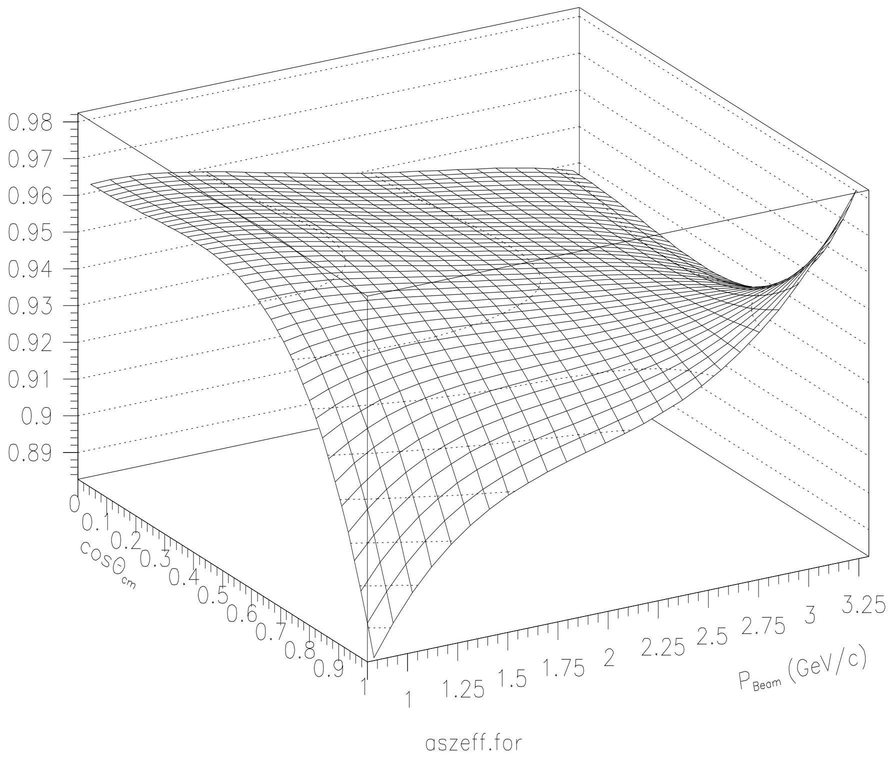

Abbildung 2.11: Parametrisierung der Außenschaleneffizienz. Die z-Achse stellt die Effizienz dar. Man beachte die Skalierung der Achsen

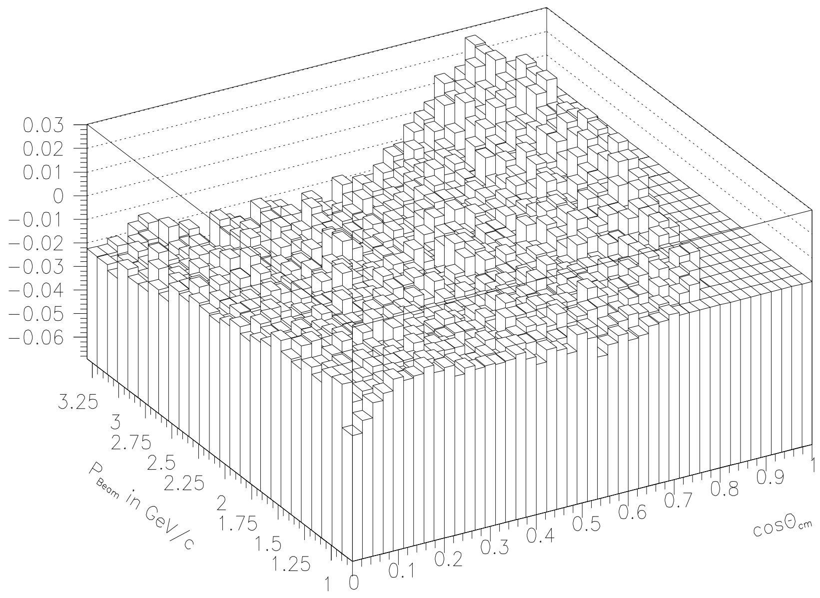

Abbildung 2.12: Differenz von Parametrisierung der Außenschaleneffizienz und Daten. (Auf der z-Achse aufgetragen)