

# Inhaltsverzeichnis

|                                                                                  |           |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Motivation und Zusammenfassung</b>                                            | <b>1</b>  |
| <b>I Theorie</b>                                                                 | <b>3</b>  |
| <b>1 Theoretische Einführung</b>                                                 | <b>5</b>  |
| 1.1 Symmetrien und Erhaltungssätze . . . . .                                     | 5         |
| 1.2 Das Standardmodell . . . . .                                                 | 6         |
| 1.3 CP-Verletzung im System der neutralen Kaonen . . . . .                       | 7         |
| 1.4 CP-Verletzung im Standardmodell . . . . .                                    | 10        |
| 1.5 Theoretische Vorhersagen für $\text{Re}(\varepsilon'/\varepsilon)$ . . . . . | 12        |
| 1.6 Bisherige experimentelle Resultate . . . . .                                 | 14        |
| <b>II Experiment</b>                                                             | <b>15</b> |
| <b>2 Das NA48-Experiment</b>                                                     | <b>17</b> |
| 2.1 Experimentelle Methode von NA48 . . . . .                                    | 17        |
| 2.2 Kaonproduktion und Strahlführung . . . . .                                   | 18        |
| 2.2.1 Der $K_L$ -Strahl . . . . .                                                | 18        |
| 2.2.2 Der $K_S$ -Strahl . . . . .                                                | 19        |
| 2.3 Koordinatensystem und Zerfallsvolumen . . . . .                              | 20        |
| 2.4 Proton-Tagging zur $K_S/K_L$ -Unterscheidung . . . . .                       | 21        |
| 2.5 Der NA48-Detektor . . . . .                                                  | 21        |
| 2.5.1 Der Tagging-Detektor . . . . .                                             | 23        |
| 2.5.2 Der $K_S$ -Antizähler . . . . .                                            | 24        |
| 2.5.3 Die Strahlmonitore . . . . .                                               | 25        |
| 2.5.4 Die $K_L$ -Antizähler . . . . .                                            | 26        |
| 2.5.5 Das Magnetspektrometer . . . . .                                           | 27        |
| 2.5.6 Das Hodoskop für geladene Teilchen . . . . .                               | 28        |
| 2.5.7 Das elektromagnetische Kalorimeter . . . . .                               | 29        |
| 2.5.8 Das Hodoskop für neutrale Teilchen . . . . .                               | 31        |
| 2.5.9 Das Hadronkalorimeter . . . . .                                            | 32        |

|                    |                                                                            |           |
|--------------------|----------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.5.10             | Die Myon-Antizähler . . . . .                                              | 33        |
| 2.6                | Triggersystem und Datenerfassung . . . . .                                 | 33        |
| 2.6.1              | Der Trigger für $\pi^+\pi^-$ -Zerfälle . . . . .                           | 35        |
| 2.6.2              | Der Trigger für $\pi^0\pi^0$ -Zerfälle . . . . .                           | 36        |
| 2.6.3              | Kontroll- und Kalibrationstrigger . . . . .                                | 37        |
| 2.6.4              | Die Datenerfassung . . . . .                                               | 38        |
| <b>III Analyse</b> |                                                                            | <b>39</b> |
| <b>3</b>           | <b>Rekonstruktion und Selektion der Signalereignisse</b>                   | <b>41</b> |
| 3.1                | Die Ereignisrekonstruktion . . . . .                                       | 41        |
| 3.1.1              | Die Rekonstruktion der Zerfälle in geladene Teilchen . . . .               | 42        |
| 3.1.2              | Die Rekonstruktion der Zerfälle in neutrale Teilchen . . . .               | 42        |
| 3.2                | Die Ereignisselektion . . . . .                                            | 44        |
| 3.2.1              | Allgemeine Selektionskriterien . . . . .                                   | 44        |
| 3.2.2              | Die Selektion der $K^0 \rightarrow \pi^+\pi^-$ -Ereignisse . . . . .       | 46        |
| 3.2.3              | Die Selektion der $K^0 \rightarrow \pi^0\pi^0$ -Ereignisse . . . . .       | 53        |
| 3.3                | Zuordnung der selektierten Ereignisse zu $K_L$ - und $K_S$ -Zerfällen . .  | 57        |
| 3.4                | Rekonstruktion der Ereignislebensdauer . . . . .                           | 58        |
| 3.5                | Die Ereigniszahlen aus der Datennahme 2001 . . . . .                       | 60        |
| <b>4</b>           | <b>Die Datennahme 2001</b>                                                 | <b>61</b> |
| 4.1                | Ziele und Veränderungen für 2001 . . . . .                                 | 61        |
| 4.2                | Resultate des Tagging-Systems . . . . .                                    | 62        |
| 4.3                | Systematische Untersuchungen zum Tagging . . . . .                         | 65        |
| 4.3.1              | Untersuchungen zur zeitlichen Struktur der Ineffizienz . . .               | 66        |
| 4.3.2              | Vergleich von Perioden mit unterschiedlicher Effizienz . . .               | 68        |
| 4.3.3              | Weitere Untersuchungen zum Tagger-Readout . . . . .                        | 74        |
| <b>5</b>           | <b>Die Korrekturen auf das Doppelverhältnis</b>                            | <b>77</b> |
| 5.1                | Prinzip der Ereigniswichtung . . . . .                                     | 77        |
| 5.2                | Berechnung des Doppelverhältnisses R . . . . .                             | 78        |
| 5.3                | Korrekturen aufgrund des Tagging-Systems . . . . .                         | 80        |
| 5.3.1              | Tagging-Ineffizienz $\alpha_{SL}$ . . . . .                                | 81        |
| 5.3.2              | Fehlidentifizierung von $K_L$ -Zerfällen - Dilution $\alpha_{LS}$ . . . .  | 82        |
| 5.3.3              | Tagging-Korrekturen auf R . . . . .                                        | 85        |
| 5.4                | Korrekturen aufgrund der Triggerineffizienzen . . . . .                    | 85        |
| 5.4.1              | Ineffizienz des neutralen Triggers . . . . .                               | 86        |
| 5.4.2              | Ineffizienz des Massbox-Triggers . . . . .                                 | 86        |
| 5.4.3              | Ineffizienz des Triggers $E_{tot}$ . . . . .                               | 87        |
| 5.4.4              | Ineffizienz des Triggers $Q_X$ . . . . .                                   | 87        |
| 5.5                | Korrektur aufgrund des Untergrunds zu $K \rightarrow \pi^+\pi^-$ . . . . . | 88        |

|          |                                                                                         |            |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 5.6      | Korrektur aufgrund des Untergrunds zu $K \rightarrow \pi^0 \pi^0$ . . . . .             | 92         |
| 5.7      | Korrektur aufgrund der Streuung am Kollimator . . . . .                                 | 94         |
| 5.8      | Akzeptanzkorrektur . . . . .                                                            | 98         |
| 5.9      | Korrekturen auf Unsicherheiten zur Zerfallsregion . . . . .                             | 100        |
| 5.9.1    | AKS-Ineffizienz . . . . .                                                               | 100        |
| 5.9.2    | Korrekturen in der $\pi^0 \pi^0$ -Rekonstruktion . . . . .                              | 101        |
| 5.9.3    | Korrektur zur $\pi^+ \pi^-$ -Abstandsskala . . . . .                                    | 102        |
| 5.10     | Korrekturen aufgrund von zufälliger Aktivität . . . . .                                 | 103        |
| <b>6</b> | <b>Ergebnis und Diskussion</b>                                                          | <b>107</b> |
| <b>A</b> | <b>Untersuchungen zu Problemen des Tagger-Readouts in 2001</b>                          | <b>113</b> |
| A.1      | Die Ausleseelektronik des Tagging-Detektors . . . . .                                   | 113        |
| A.2      | Abhängigkeit der Datenauslese von der Strahlintensität . . . . .                        | 115        |
| A.3      | Die instantane Protonenrate in 2001 . . . . .                                           | 120        |
| A.4      | Untersuchungen zu drei Perioden mit hoher Ineffizienz . . . . .                         | 122        |
| <b>B</b> | <b>Berechnung des <math>K_{e3}</math>- und <math>K_{\mu 3}</math>-Untergrundanteils</b> | <b>125</b> |
|          | <b>Literaturverzeichnis</b>                                                             | <b>126</b> |
|          | <b>Abbildungsverzeichnis</b>                                                            | <b>133</b> |
|          | <b>Tabellenverzeichnis</b>                                                              | <b>135</b> |