

# Inhaltsverzeichnis

|  |             |
|--|-------------|
| <b>Geleitwort</b>  | <b>V</b>    |
| <b>Institutsprofil</b>                                     | <b>VII</b>  |
| <b>Vorwort</b>   | <b>IX</b>   |
| <b>Zusammenfassung</b>                                     | <b>XIII</b> |
| <b>Abstract</b>  | <b>XV</b>   |
| <b>Abbildungsverzeichnis</b>                               | <b>XVII</b> |
| <b>Tabellenverzeichnis</b>                                 | <b>XXI</b>  |
| <b>Abkürzungsverzeichnis</b>                               | <b>XXII</b> |
| <b>1 Motivation</b>  | <b>1</b>    |
| 1.1 Der Large Hadron Collider . . . . .                    | 1           |
| 1.2 Der Compact Muon Solenoid . . . . .                    | 2           |
| 1.3 LHC-Upgrade zum HL-LHC . . . . .                       | 3           |
| 1.4 Muon Track fast Tag . . . . .                          | 4           |
| <b>2 Theoretische Grundlagen</b>                           | <b>7</b>    |
| 2.1 Entstehung kosmischer Myonen . . . . .                 | 7           |
| 2.2 Energieverlust geladener Teilchen in Materie . . . . . | 9           |
| 2.3 Szintillation . . . . .                                | 12          |
| 2.4 Silizium-Photomultiplier . . . . .                     | 13          |
| <b>3 Das Prototypmodul</b>                                 | <b>21</b>   |
| 3.1 Aufbau des Moduls . . . . .                            | 21          |

---

|  |           |
|--|-----------|
| 3.2 Frontend-Elektronik: SiPM-Duo-Controller . . . . .                             | 24        |
| 3.3 Ergebnisse vorheriger MTT-Prototypen . . . . .                                 | 29        |
| <b>4 Messaufbau und Methodik</b>   | <b>33</b> |
| 4.1 Verwendete Hardware . . . . .  | 33        |
| 4.2 Aufbau der Auslesekette zur Datennahme . . . . .                               | 36        |
| 4.3 Messprogramme . . . . .  | 38        |
| 4.4 Reduktion der Rohdaten auf vergleichbare Größen . . . . .                      | 41        |
| <b>5 Untersuchungen am <math>10 \times 10 \text{ cm}^2</math> Modul</b>            | <b>45</b> |
| 5.1 Aufbau eines externen Triggers für kosmische Myonen . . . . .                  | 46        |
| 5.2 Untersuchung des reflektierenden Materials . . . . .                           | 48        |
| 5.3 Untersuchung der Szintillatordicke . . . . .                                   | 50        |
| 5.4 Einfluss der Durchgangspunkte der Myonen . . . . .                             | 52        |
| 5.5 Untersuchung der Kopplung zwischen SiPM und Szintillator .                     | 54        |
| 5.6 Reproduzierbarkeit der Ankopplung mit Silikonkautschuk .                       | 58        |
| 5.7 Reproduzierbarkeit der Wickelung mit PTFE-Band . . . . .                       | 60        |
| 5.8 Untersuchung der Szintillatorpolierung . . . . .                               | 62        |
| 5.9 Bestimmung der Signalreinheit . . . . .  | 63        |
| 5.10 Bestimmung der Detektoreffizienz . . . . .                                    | 66        |
| 5.11 Beurteilung des $10 \times 10 \text{ cm}^2$ Moduls als Triggerdetektor .      | 75        |
| <b>6 Ausblick</b>  | <b>77</b> |
| 6.1 Erste Untersuchungen eines $35 \times 35 \text{ cm}^2$ Szintillators . . . . . | 77        |
| 6.2 Weitere Untersuchungen . . . . .   | 82        |
| <b>7 Zusammenfassung</b>   | <b>85</b> |
| <b>Literaturverzeichnis</b>  | <b>87</b> |
| <b>A Anhang</b>  | <b>93</b> |
| A.1 SiPM-Ankopplung mit angebohrtem Szintillator . . . . .                         | 94        |
| A.2 Bestimmung der Arbeitspunkte von Photomultiplier-Tubes .                       | 96        |
| A.3 Technische Zeichnung der Faserführung . . . . .                                | 97        |