

Ausbau des ATLAS-Myonspektrometers für hohe LHC-Luminositäten

Bernhard Bittner¹ Jörg Dubbert¹ Oliver Kortner¹
Hubert Kroha¹ Robert Richter¹ Philipp Schwegler¹

Otmar Biebel² Albert Engl² Ralf Hertenberger² André Zibell²

philipp.schwegler@cern.ch

¹Max-Planck-Institut für Physik, München

²Ludwig-Maximilians-Universität, München

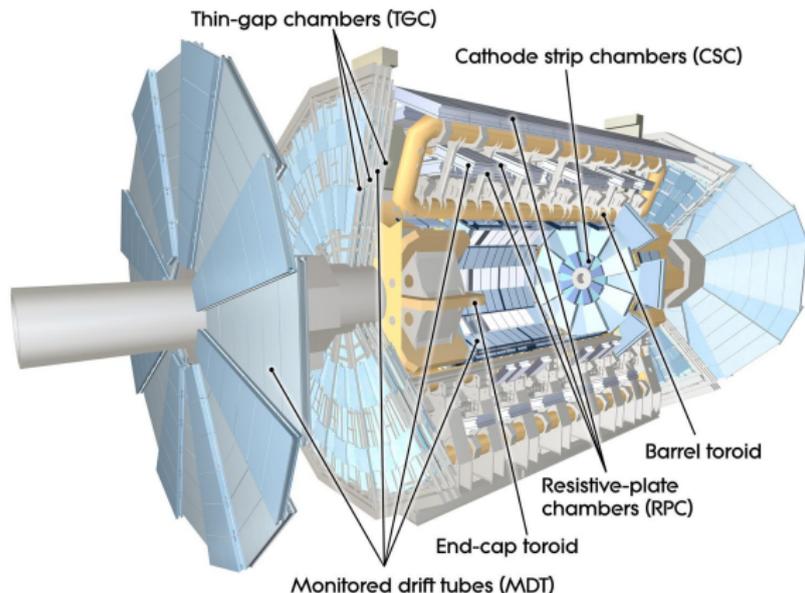


Max-Planck-Institut für Physik
(Werner-Heisenberg-Institut)

DPG Frühjahrstagung
Göttingen, 1. März 2012



Das ATLAS Myonspektrometer



ausgelegt für
 $\mathcal{L} = 10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$

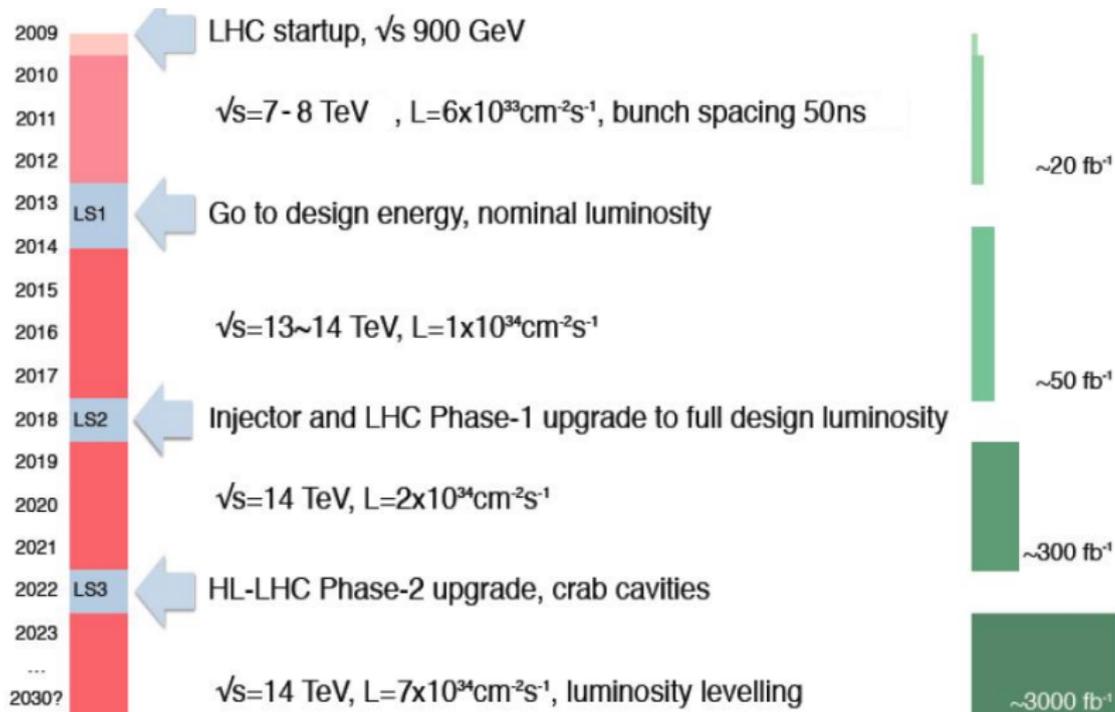
Präzisionskammern

1150 Monitored Drift Tube Kammern (MDT)
32 Cathode Strip Chambers (CSC)

Triggerkammern

606 Resistive Plate Chambers (RPC)
3588 Thin Gap Chambers (TGC)

LHC Langzeitplanung



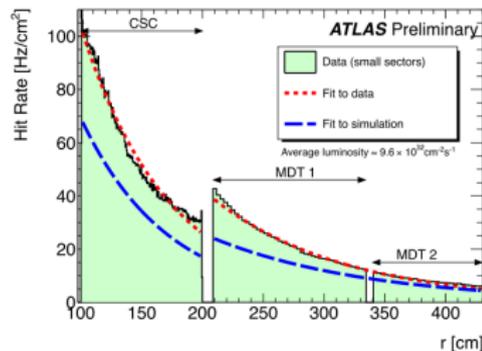
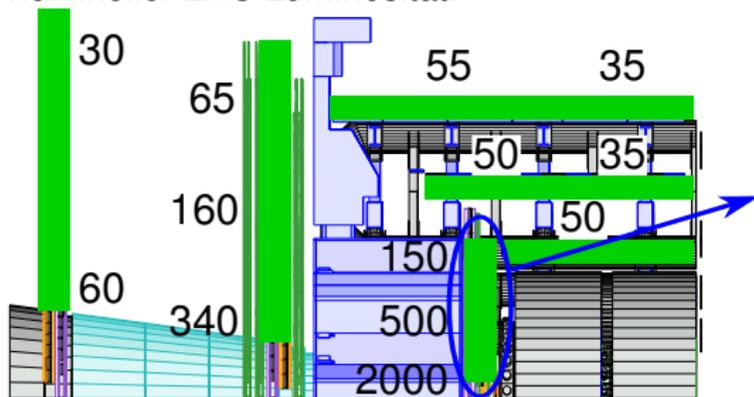
Hochratenproblematik I

Untergrundtreffer im ATLAS Myonspektrometer

- Neutronen, γ 's und geladene Hadronen aus Sekundärreaktionen in Detektorkomponenten und Abschirmung verursachen hohe Untergrundrate.
- Untergrundrate steigt proportional mit dem Luminositätsanstieg.

⇒ Rate in innerer Vorwärtsrichtung (*Small Wheel*) übersteigt die Ratenfähigkeit der jetzigen Detektoren.

Erwartete Rate in Hz/cm² bei nomineller LHC Luminosität:



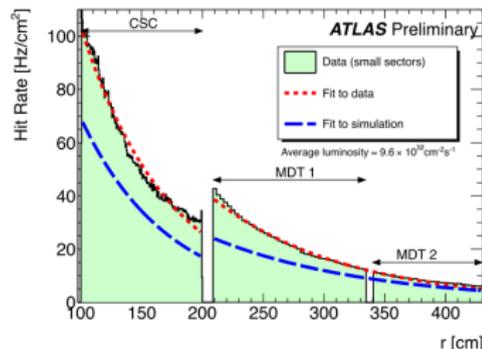
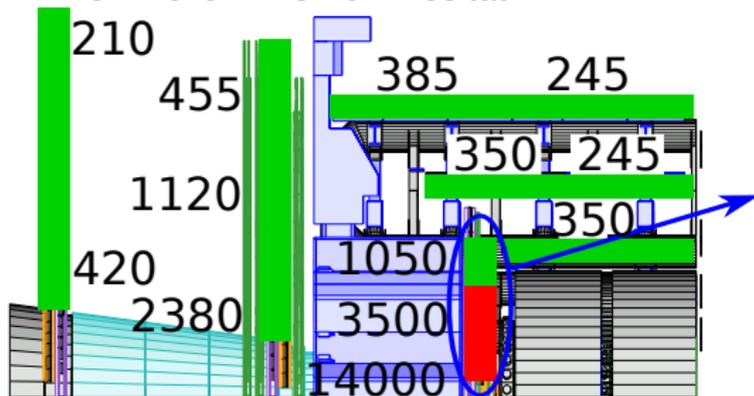
Hochratenproblematik I

Untergrundtreffer im ATLAS Myonspektrometer

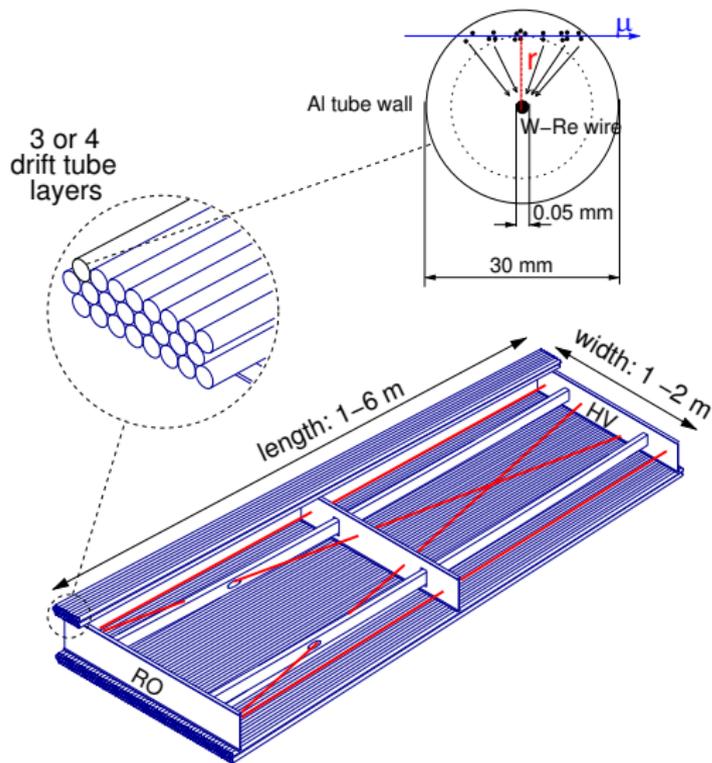
- Neutronen, γ 's und geladene Hadronen aus Sekundärreaktionen in Detektorkomponenten und Abschirmung verursachen hohe Untergrundrate.
- Untergrundrate steigt proportional mit dem Luminositätsanstieg.

⇒ Rate in innerer Vorwärtsrichtung (*Small Wheel*) übersteigt die Ratenfähigkeit der jetzigen Detektoren.

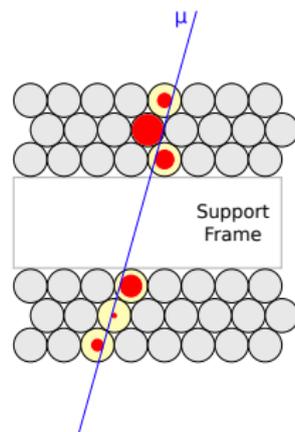
Erwartete Rate in Hz/cm² bei
7× nomineller LHC Luminosität:



Die ATLAS MDT-Kammern

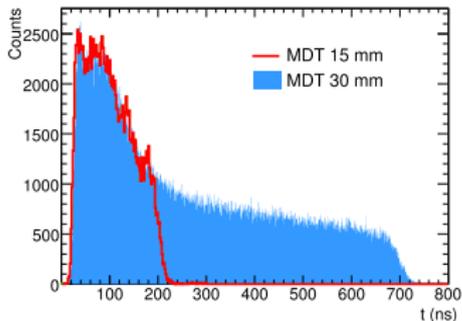


- Gasgemisch: Ar/CO₂ (93/7)
- bei 3 bar absolutem Druck
- Max. Driftzeit: ≈ 700 ns
- Einzelrohrauflösung: 80 μ m
- Genauigkeit der Drahtpositionierung: ≈ 20 μ m
- Spurrekonstruktionsauflösung einer Kammer: ≈ 40 μ m



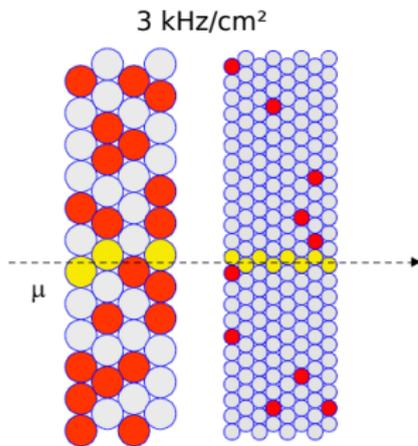
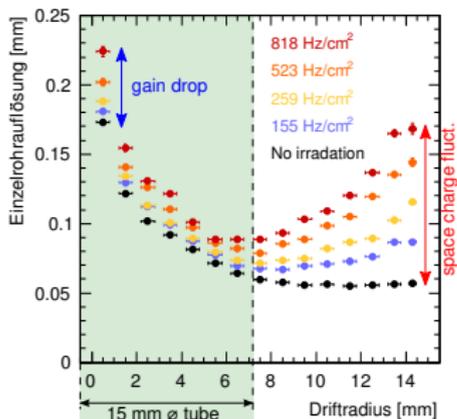
Entwicklung neuer hochratenfähiger Myondetektoren

SMDT-Kammern mit reduziertem Rohrdurchmesser



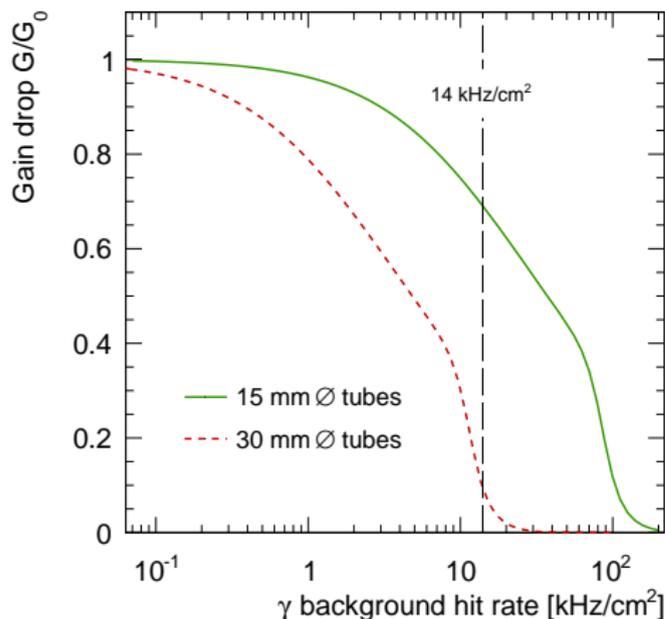
Halbieren des äußeren Rohrdurchmessers:

- $7.8\times$ geringere Belegungsrate
 - kürzere max. Driftzeit (700 \rightarrow 185 ns)
 - Rohrdurchmesser (14.6 \rightarrow 7.1 mm)
- unempfindlicher auf Raumladung
- mehr Rohrlagen im gleichen Volumen \Rightarrow robustere Spurrekonstruktion



Raumladungseffekte

Abnahme der Gasverstärkung bei Photonbestrahlung:



Iterative Berechnung der Gasverstärkung mit Diethorn-Formel:

$$G = \left[\frac{E_{\text{wire}}}{3E_{\text{min}}} \right]^{r_{\text{wire}} \frac{E_{\text{wire}} \ln 2}{\Delta V}}$$

E_{wire} ist das elektrische Feld und hängt von der Raumladungsdichte und damit von der Untergrundrate ab.

$$G_0 = \text{nom. Gasverst.} = 20000$$

Raumladung

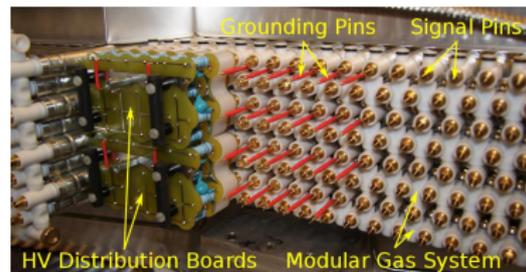
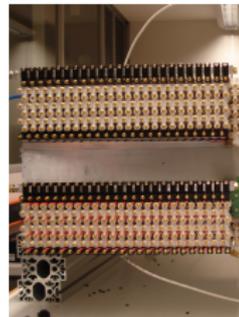
$\sim R^3$ für Photonen \Rightarrow Verbesserung um Faktor 8

$\sim R^4$ für geladene Hadronen \Rightarrow Verbesserung um Faktor 16

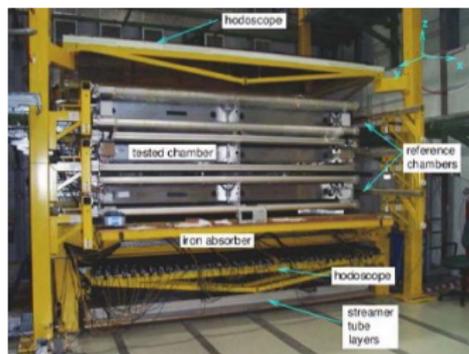
Erste sMDT-Prototypkammer in voller Geometrie



Gasverteilungssystem und
Elektronikkarten



Kammertests



MDT-Teststand der LMU in Garching

Ziel Messung der individuellen Drahtpositionen mit kosmischen Myonen

Ergebnis geforderte Genauigkeit erreicht

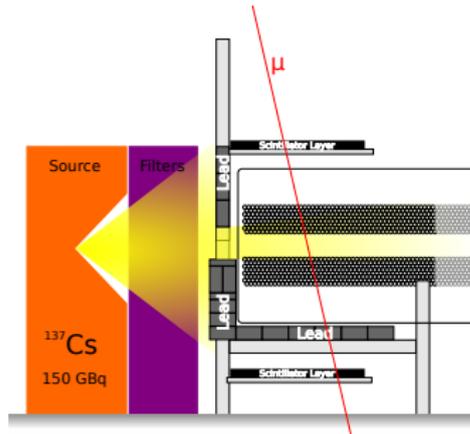
mehr T 61.2 - Do 17:05

Gamma Irradiation Facility (GIF), CERN

Ziel Messung von Auflösung und Effizienz bei Untergrundraten bis 20 kHz/cm^2

Ergebnis Einzelrohraufl. $110\text{--}160 \mu\text{m}$, 3σ -Effizienz $94\text{--}70\%$

mehr T 62.3 - Fr 9:15



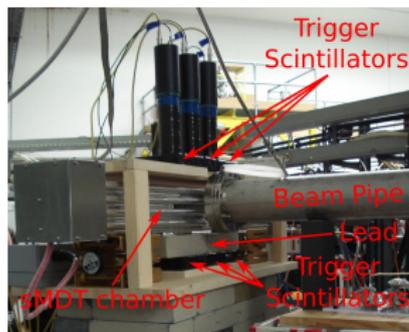
Kammertests



180 GeV Myonstrahl (H8), SPS, CERN

Ziel Integrationstest mit TGC
Triggerkammern

mehr T 61.2 - Do 17:05



MLL Tandem-Beschleuniger, Garching

Ziel Test der sMDT's bei hohen
Bestrahlungsraten stark
ionisierender Teilchen

mehr T 62.2 - Fr 9:00

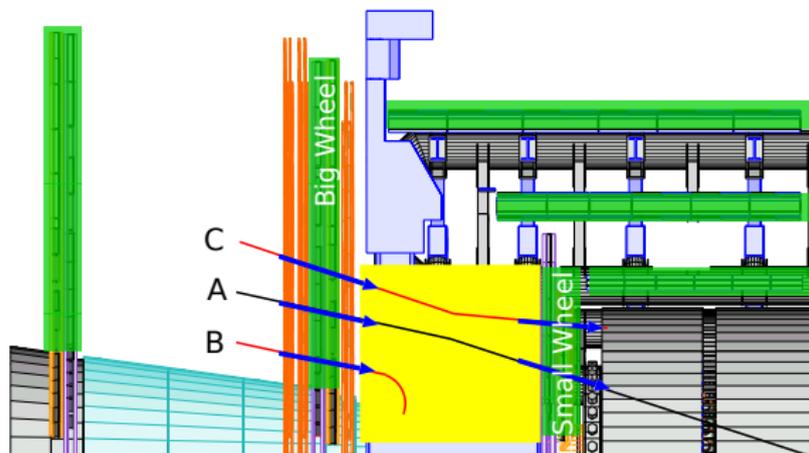
aktuell laufend: Alterungstest mit ^{90}Sr -Quelle

Ziel Beschleunigte Akkumulation der Ladung am Draht
entsprechend der geplanten ATLAS-Laufzeit.

Hochratenproblematik II

Level-1-Triggerraten im ATLAS Myonspektrometer

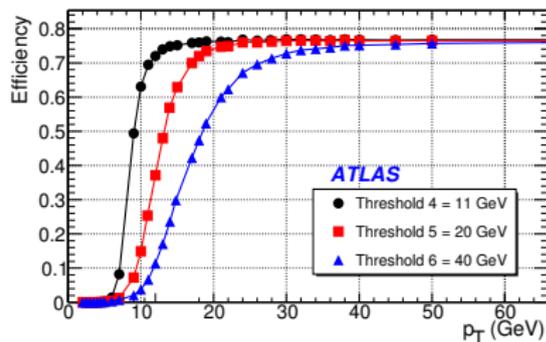
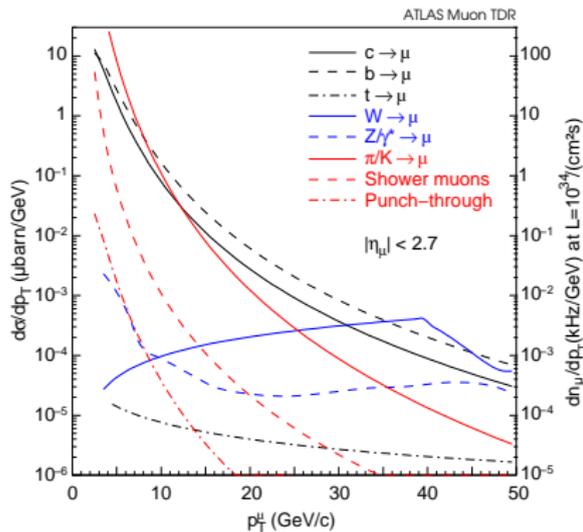
- Fake-Triggerrate im Endkappenbereich ist $\approx 10\times$ höher als erwartet.
- Triggerkammern im Endkappenbereich sitzen ausschliesslich auf der mittleren Detektorlage, den *Big Wheels*.



vorgesehene Abhilfe:

zusätzlich Lagen von Triggerkammern mit Winkelauflösung besser 3 mrad im Small Wheel. Für weitere Triggerschwellenverschärfung in Phase-2 wird eine Winkelauflösung von 1 mrad benötigt.

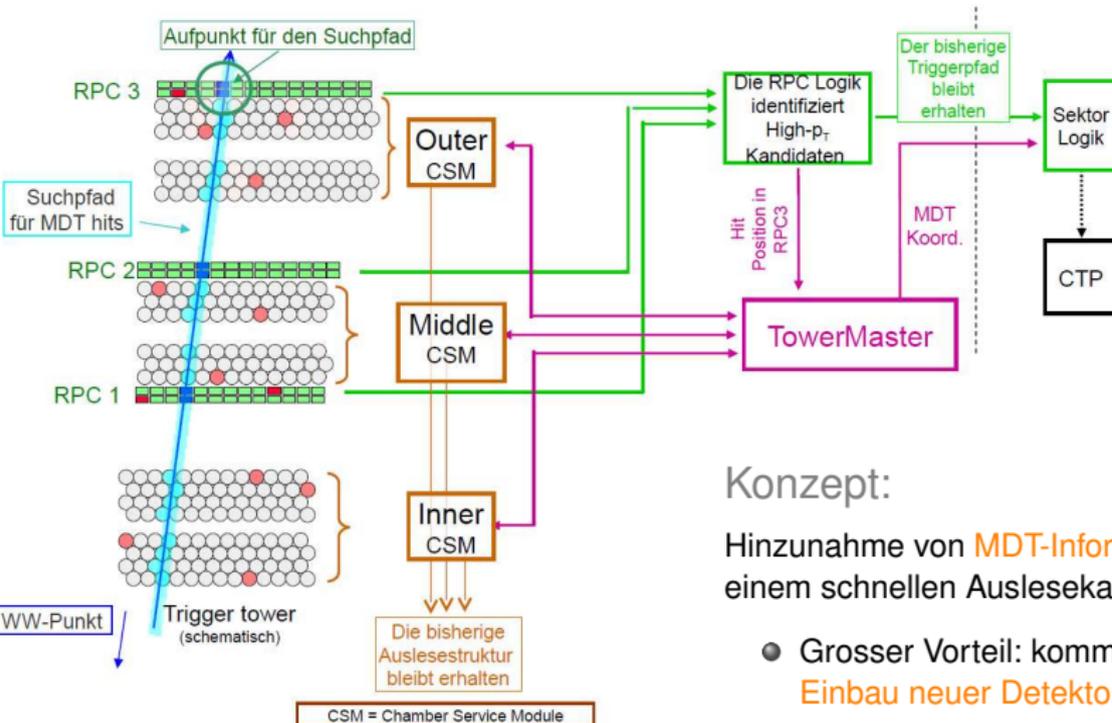
Nebenbemerkung: L1-Trigger-Upgrade



- Interessante Ereignisse enthalten **hochenergetische Myonen**
 - Rate der ersten Triggerstufe ist limitiert
- ⇒ **Verbesserung der Selektivität** der ersten Myontriggerstufe für Phase-2 benötigt, andernfalls werden interessante Ereignisse verpasst

Nebenbemerkung: L1-Trigger-Upgrade

Konzept zur Verbesserung der Myonimpulsauflösung in der ersten Triggerstufe



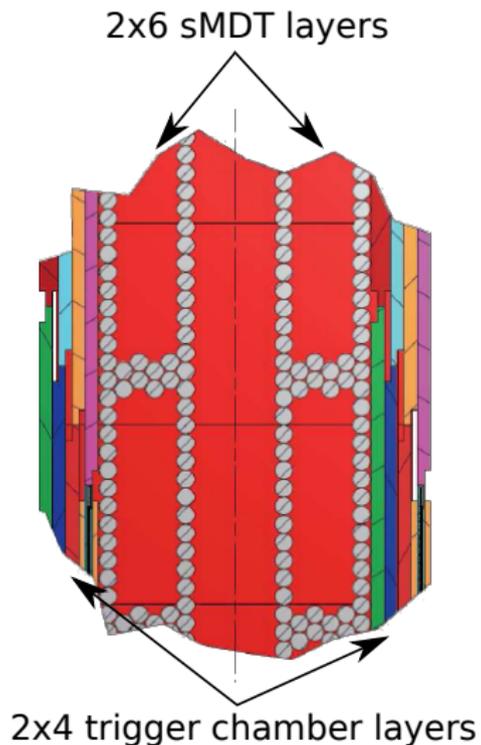
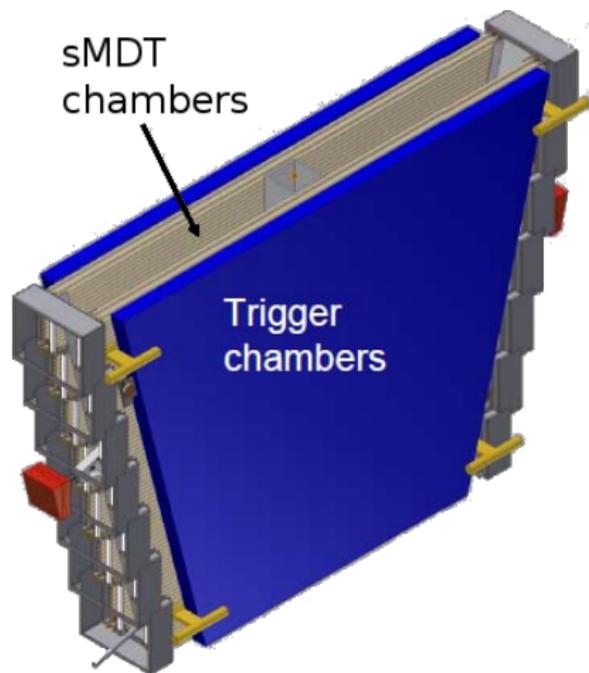
Konzept:

Hinzunahme von **MDT-Information** in einem schnellen Auslesekanal

- Grosser Vorteil: kommt **ohne Einbau neuer Detektoren** aus
- Benötigt Austausch der Kammerelektronik und längere L1-Triggerlatenz → Phase-2

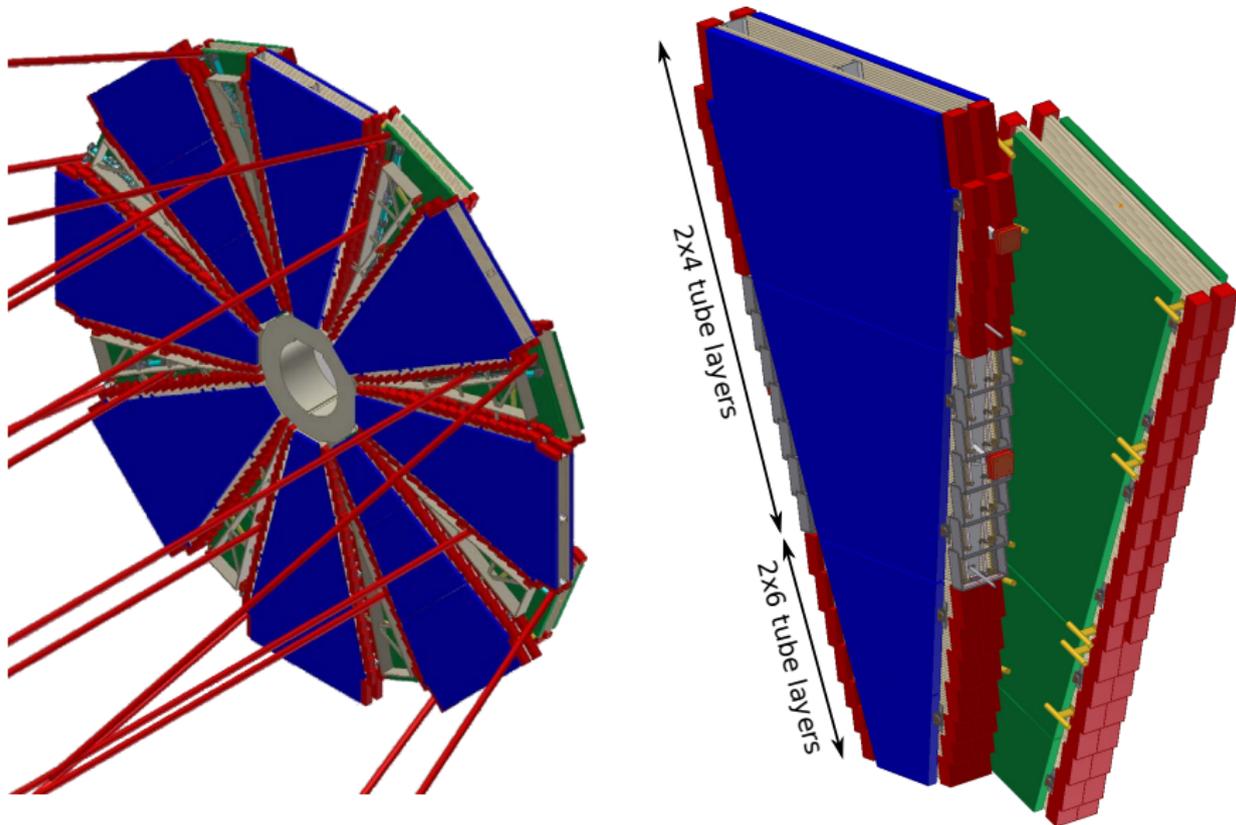
Konzeptionelles Design neue Small Wheels

Bau neuer Small Wheels mit hochratenfähigen Spurrekonstruktions- und Triggerkammern



Konzeptionelles Design neue Small Wheels

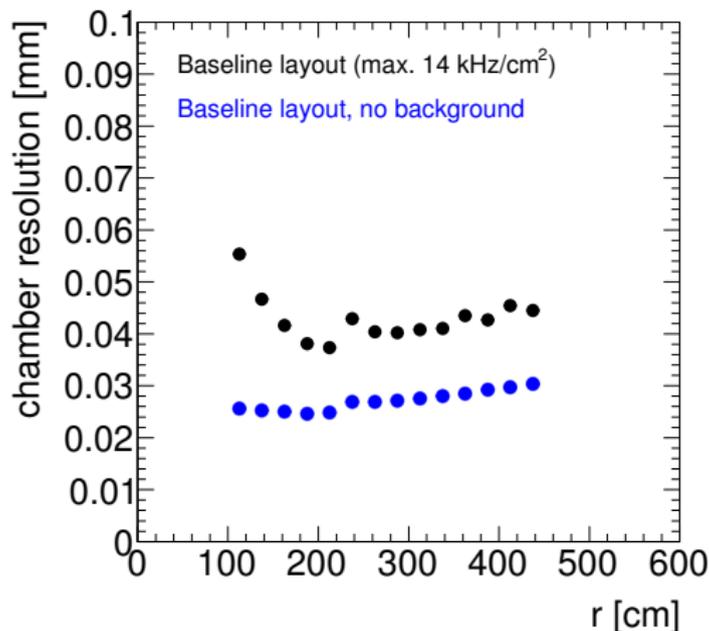
Bau neuer Small Wheels mit hochratenfähigen Spurrekonstruktions- und Triggerkammern



Performance der neuen Small Wheels

Einzelrohrergebnisse in Monte Carlo Simulation

⇒ Vorhersage für Ortsauflösung in neuen Small Wheels:



Konzept erfüllt die geforderte Ortsauflösung von 60 μm bei den höchsten erwarteten Untergrundraten von 14 kHz/cm².

Zusammenfassung

- Steigerung der LHC-Luminosität nach 2022 um den **Faktor 7** gegenüber der nominellen Luminosität geplant.
- Detektoren der innersten Lage in Vorwärtsrichtung des ATLAS-Myonspektrometers (Small Wheels) müssen **bis 2018** durch neue hochratenfähige Detektoren ersetzt werden.
- Über 97 % der Präzisionskammern im ATLAS-Myonspektrometer sind MDT-Kammern. Sie arbeiten sehr zuverlässig und bieten bis zur LHC-Designluminosität sehr gute Spurrekonstruktion.
- sMDT-Kammern mit halbiertem Rohrdurchmesser sind
 - in der **Entwicklung abgeschlossen**,
 - fertig **getestet** und gut geeignet,
 - leicht in die **existierende Infrastruktur** zu integrieren,
 - **jetzt bereit** für den Beginn der Produktion
 - und daher die natürlichen Kandidaten für ein Upgrade.
- Nach einer Erhöhung der LHC-Luminosität über den Designwert wird die Selektivität der erste Myontriggerstufe in ATLAS nicht mehr ausreichend sein \Rightarrow interessante Ereignisse werden verpasst.
- Durch Hinzunehmen von MDT-Information in einem schnellen Auslesekanal kann die Triggerimpulsauflösung und somit die Selektivität auf das nötige Niveau verbessert werden.