

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

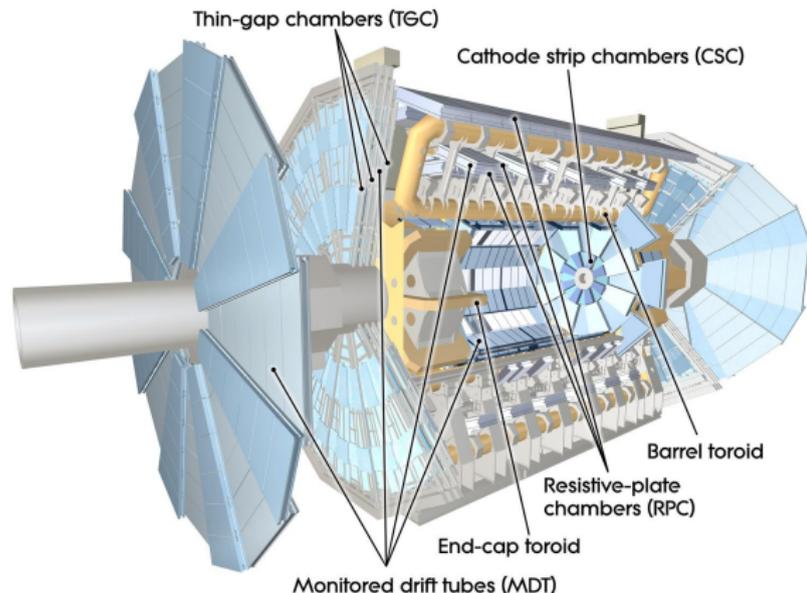


Max-Planck-Institut für Physik
(Werner-Heisenberg-Institut)

DPG Frühjahrstagung
Göttingen, 1. März 2012



Das ATLAS Myonspektrometer



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

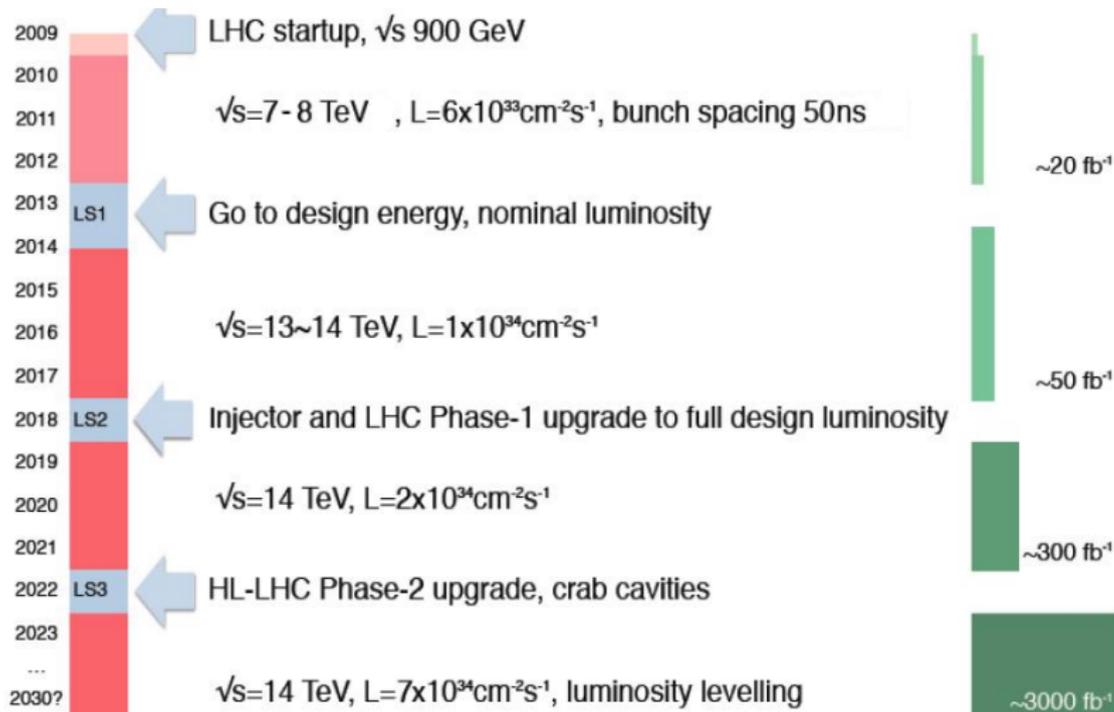
Präzisionskammern

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

Triggerkammern

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

LHC Langzeitplanung



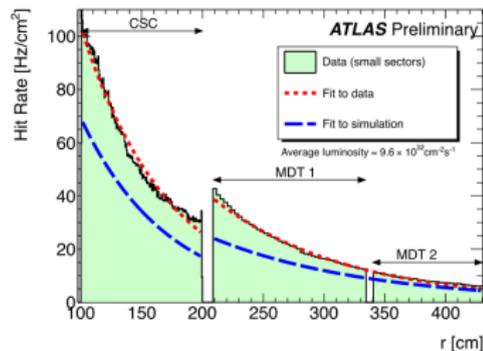
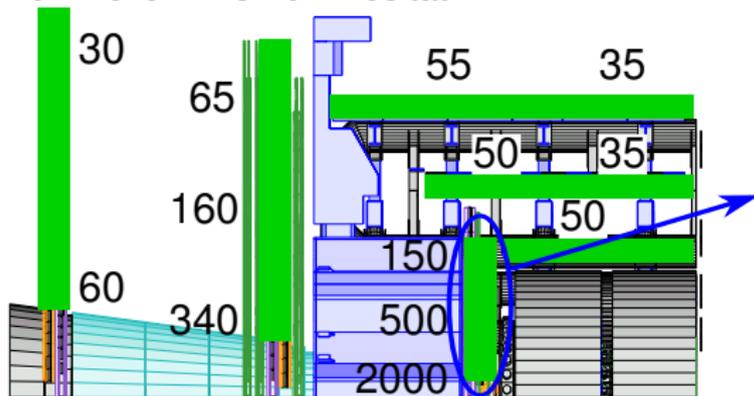
Hochratenproblematik I

Untergrundtreffer im ATLAS Myonspektrometer

- Neutronen, γ 's und geladene Teilchen 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:



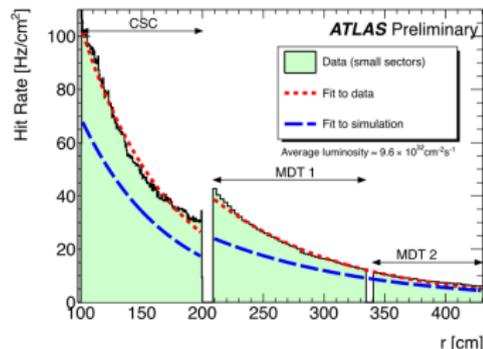
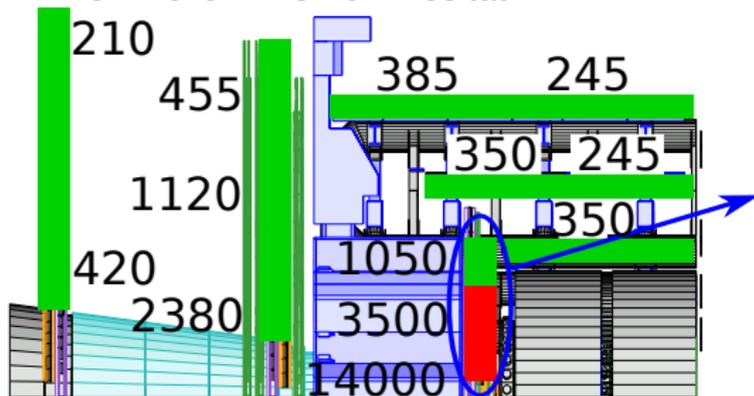
Hochratenproblematik I

Untergrundtreffer im ATLAS Myonspektrometer

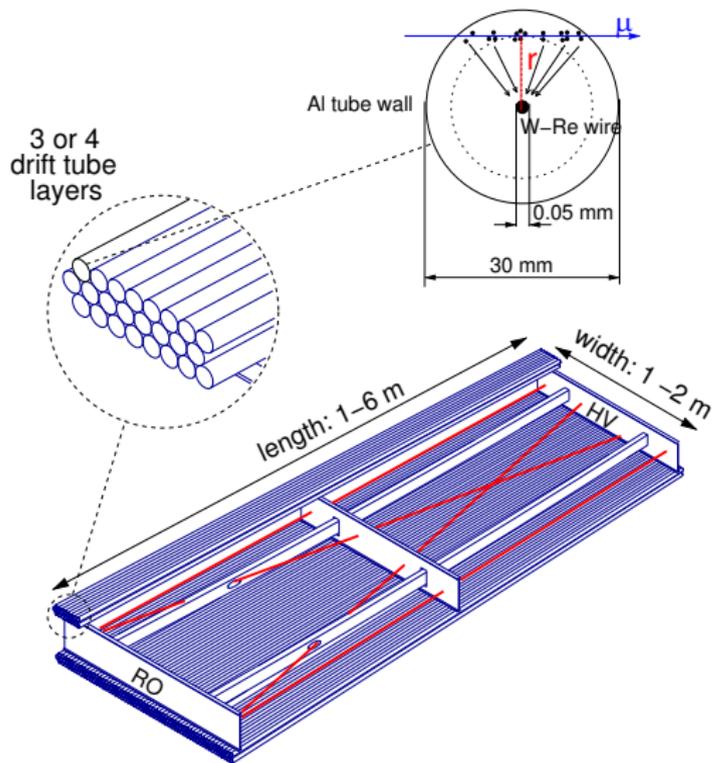
- Neutronen, γ 's und geladene Teilchen aus Sekundärreaktionen in Detektorkomponenten und Abschirmung verursachen hohe Untergrundrate.
- Untergrundrate steigt proportional mit dem Luminositätsanstieg.

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

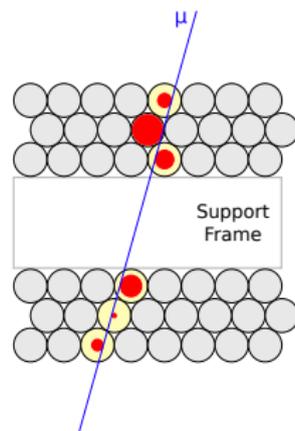
Erwartete Rate in Hz/cm² bei
7× nomineller LHC Luminosität:



Die ATLAS MDT-Kammern

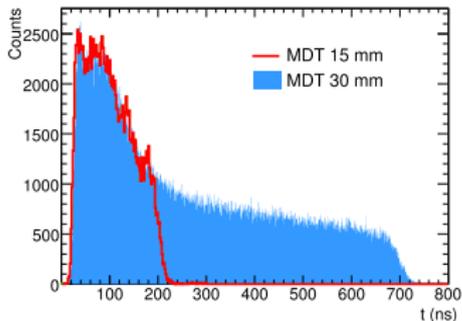


- Gasgemisch: Ar/CO₂ (93/7)
- bei 3 bar absolutem Druck
- Max. Driftzeit: ≈ 700 ns
- Einzelrohrauflösung: 80 μ m
- Genauigkeit der Drahtpositionierung: ≈ 20 μ m
- Spurrekonstruktionsauflösung einer Kammer: ≈ 40 μ m



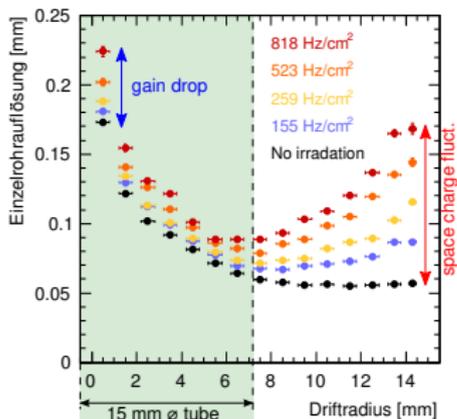
Entwicklung neuer hochratenfähiger Myondetektoren

SMDT-Kammern mit reduziertem Rohrdurchmesser



Halbieren des äußeren Rohrdurchmessers:

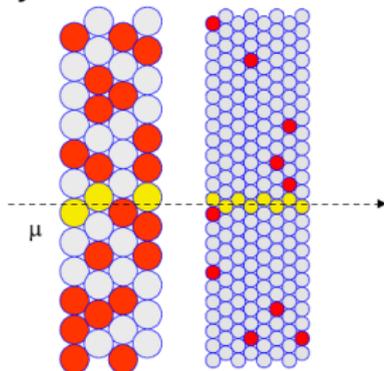
- $7.4\times$ geringere Belegungsrate
 - kürzere max. Driftzeit (700 \rightarrow 185 ns)
 - Rohrdurchmesser (14.6 \rightarrow 7.1 mm)
- unempfindlicher auf Raumladung
- mehr Rohrlagen im gleichen Volumen \Rightarrow robustere Spurrekonstruktion



Rate: ~ 3 kHz / cm²

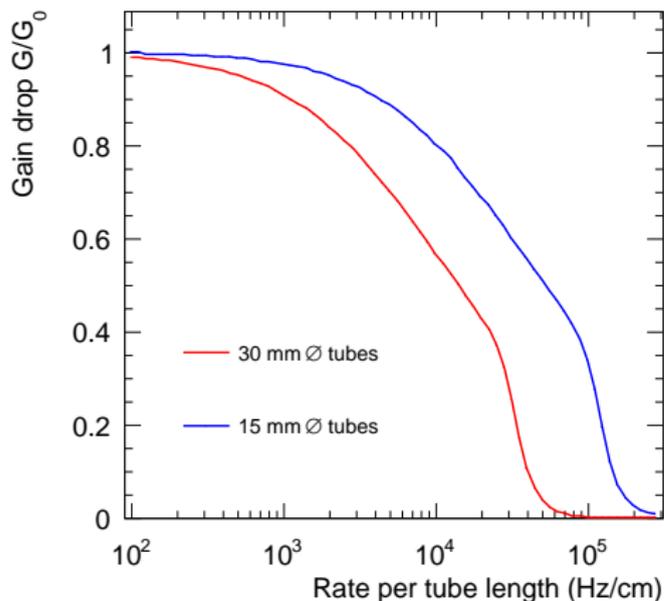
Occupancy: 42%

5%



Raumladungseffekte

Abnahme der Gasverstärkung bei Photonbestrahlung:



Raumladung

$\sim R^3$ für Photonen

$\sim R^4$ für geladene Teilchen

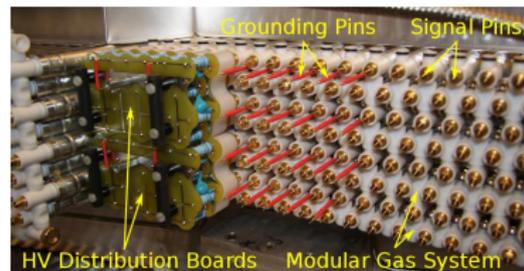
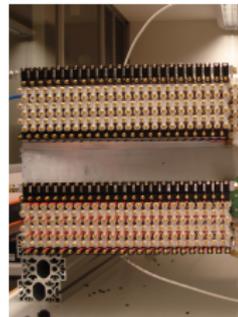
Verbesserung um:

- Faktor 8 für Photonuntergrund.
- Faktor 16 für geladene Teilchen.

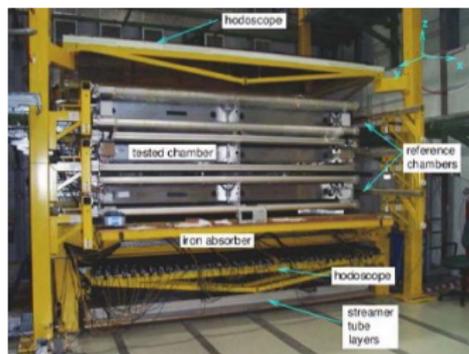
Erste sMDT-Prototypkammer in voller Geometrie



Gasverteilungssystem und
Elektronikkarten



Kammertests



MDT-Teststand der LMU in Garching

Ziel Messung der individuellen Drahtpositionen mit kosmischen Myonen

Ergebnis geforderte Genauigkeit erreicht

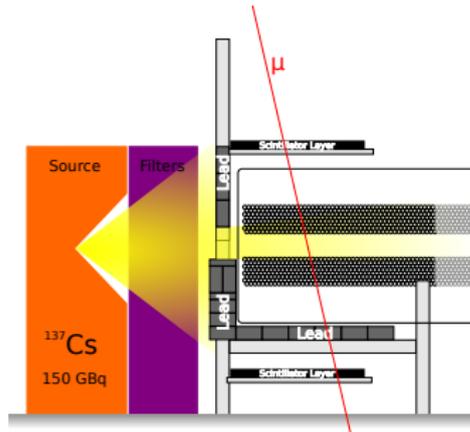
mehr T 61.2 - Do 17:05

Gamma Irradiation Facility (GIF), CERN

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

Ergebnis Einzelrohrauflösung $< 160 \mu\text{m}$, Einzelrohr-effizienz $> 70\%$

mehr T 62.3 - Fr 9:15



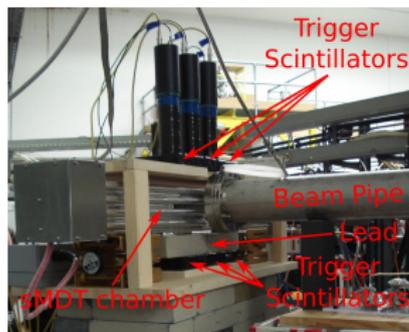
Kammertests



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

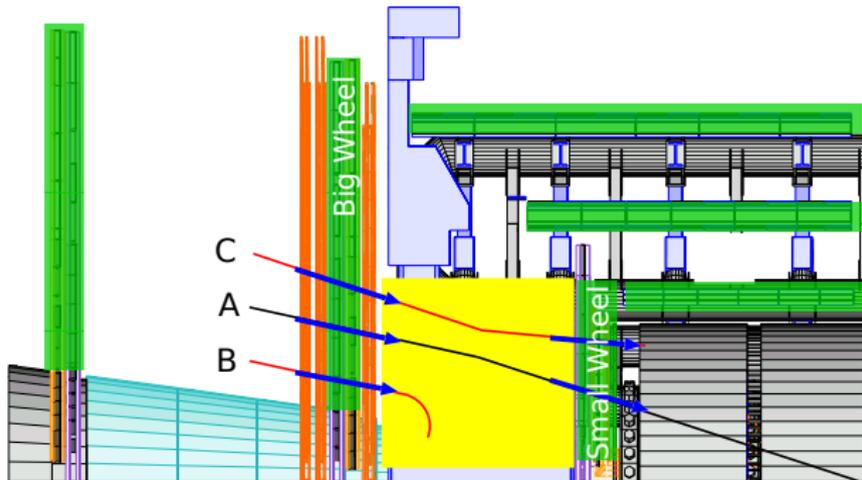
aktuell laufend: Alterungstest mit ^{90}Sr -Quelle

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*.

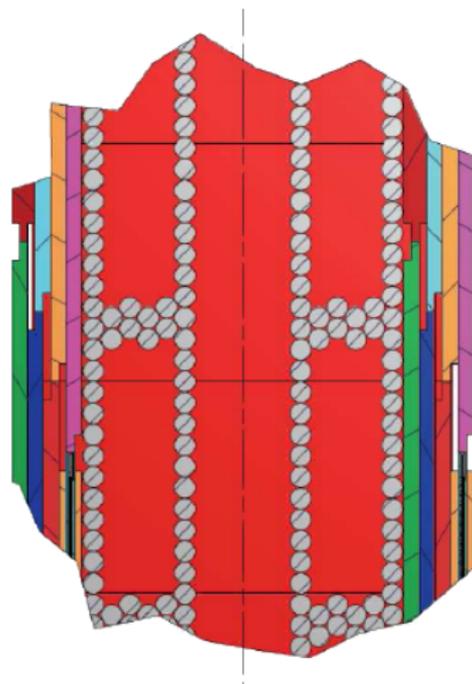
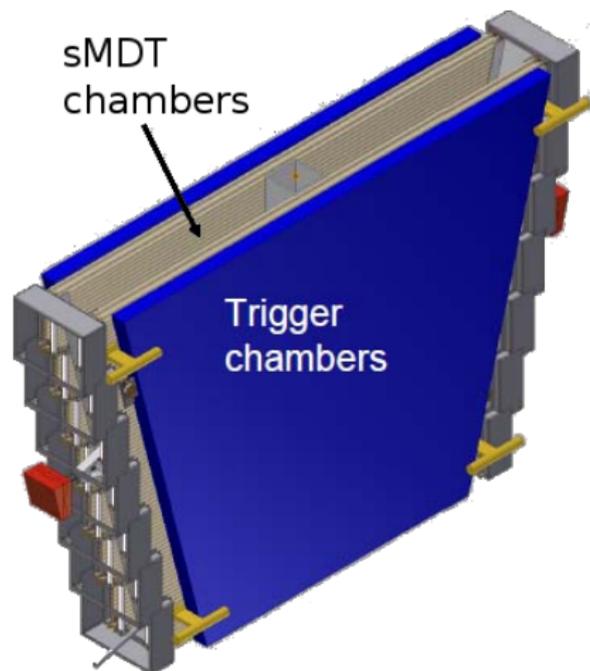


vorgesehene Abhilfe:

zusätzlich Lagen von Triggerkammern mit Winkelauflösung besser 1 mrad im Small Wheel.

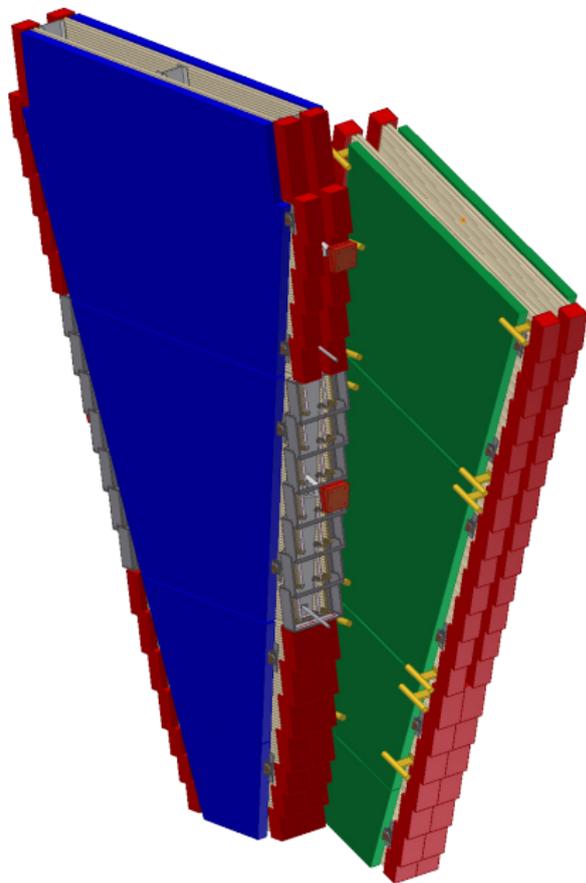
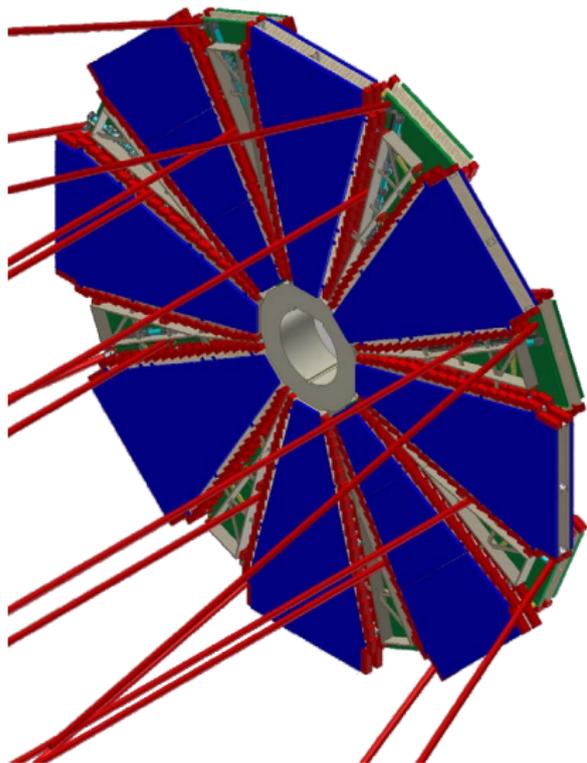
Konzeptionelles Design neue Small Wheels

Bau neuer Small Wheels mit hochratenfähigen Spurrekonstruktions- und Triggerkammern



Konzeptionelles Design neue Small Wheels

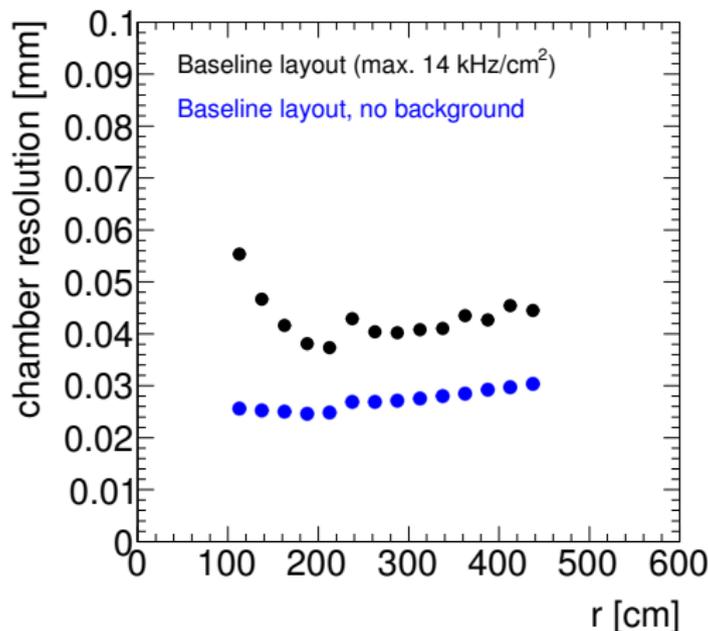
Bau neuer Small Wheels mit hochratenfähigen Spurrekonstruktions- und Triggerkammern



Performance der neuen Small Wheels

Einzelrohrergebnisse in Monte Carlo Simulation

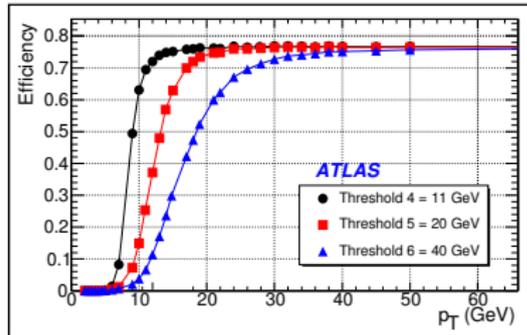
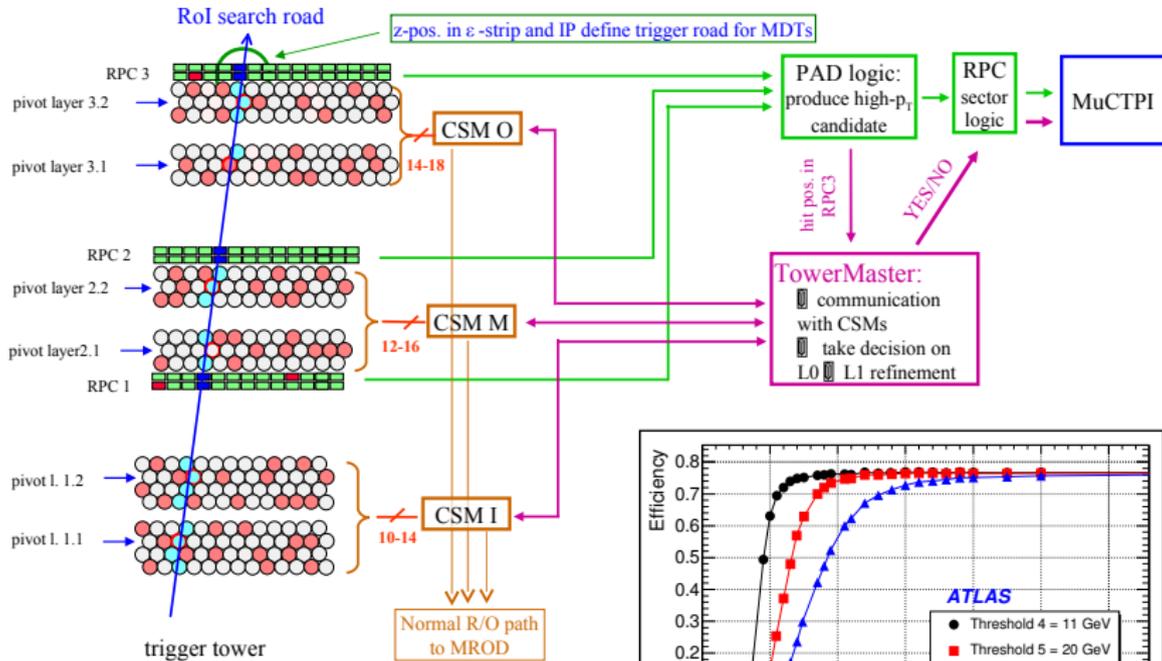
⇒ Vorhersage für Ortsauflösung in neuen Small Wheels:



Konzept erfüllt die geforderte Ortsauflösung von 60 μm bei den höchsten erwarteten Untergrundraten von 14 kHz/cm^2 .

L1-Trigger-Upgrade

Verbesserung der Selektivität der ersten Myontriggerstufe mit Hilfe der MDTs



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.