

# Ausbau des ATLAS-Myonspektrometers für hohe LHC-Luminositäten

Bernhard Bittner<sup>1</sup> Jörg Dubbert<sup>1</sup> Oliver Kortner<sup>1</sup>  
Hubert Kroha<sup>1</sup> Robert Richter<sup>1</sup> Philipp Schwegler<sup>1</sup>

Otmar Biebel<sup>2</sup> Albert Engl<sup>2</sup> Ralf Hertenberger<sup>2</sup> André Zibell<sup>2</sup>

philipp.schwegler@cern.ch

<sup>1</sup>Max-Planck-Institut für Physik, München

<sup>2</sup>Ludwig-Maximilians-Universität, München

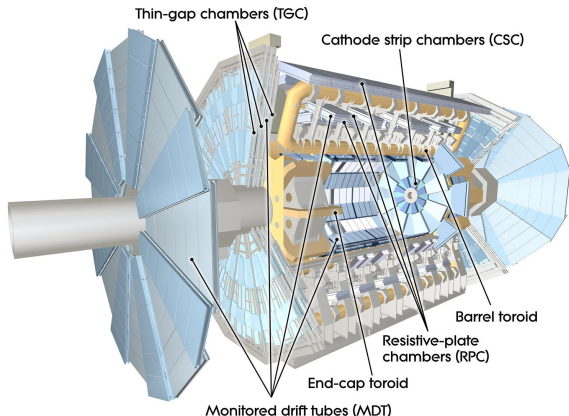


Max-Planck-Institut für Physik  
(Werner-Heisenberg-Institut)

DPG Frühjahrstagung  
Göttingen, 1. März 2012



# Das ATLAS Myonspektrometer



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

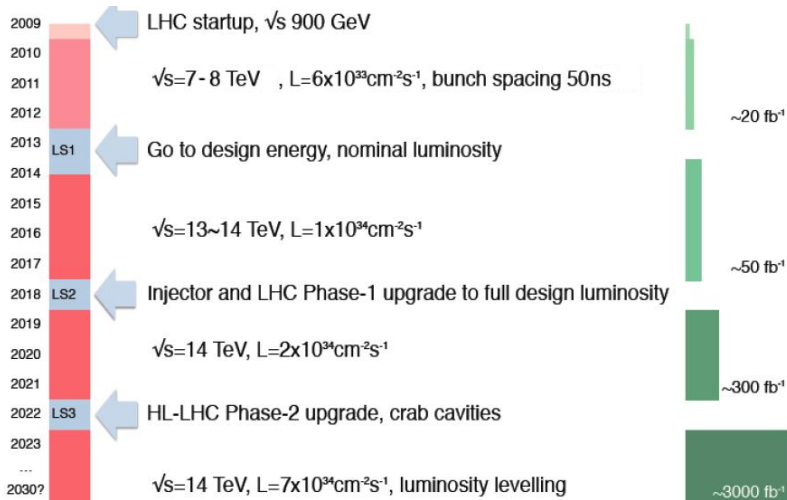
## Präzisionskammern

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

## Triggerkammern

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

# LHC Langzeitplanung



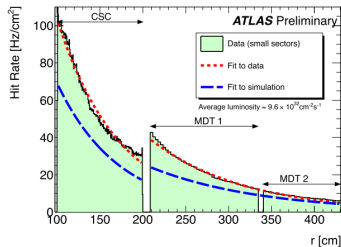
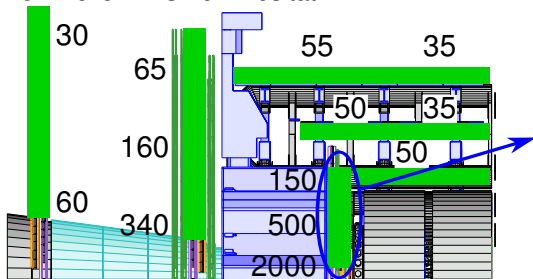
# Hochratenproblematik I

## Untergrundtreffer im ATLAS Myonspektrometer

- Neutronen,  $\gamma$ '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/cm<sup>2</sup> bei nomineller LHC Luminosität:



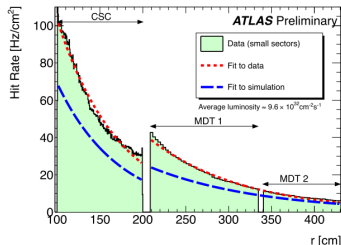
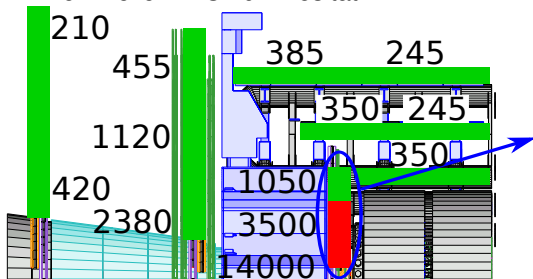
# Hochratenproblematik I

## Untergrundtreffer im ATLAS Myonspektrometer

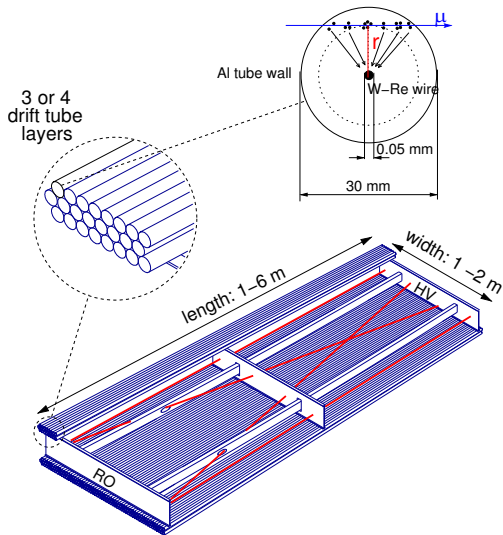
- Neutronen,  $\gamma$ 's und geladene Hadronen aus Sekundärreaktionen in Detektorkomponenten und Abschirmung verursachen hohe Untergrundrate.
- Untergrundrate steigt proportional mit dem Luminositätsanstieg.

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

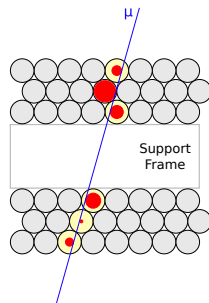
Erwartete Rate in Hz/cm<sup>2</sup> bei  
7× nomineller LHC Luminosität:



# Die ATLAS MDT-Kammern

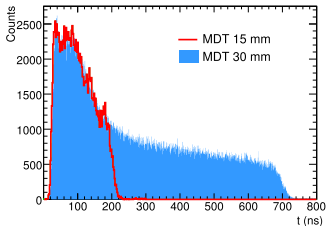


- Gasgemisch: Ar/CO<sub>2</sub> (93/7)
- bei 3 bar absolutem Druck
- Max. Driftzeit:  $\approx 700$  ns
- Einzelrohrauflösung: 80  $\mu$ m
- Genauigkeit der Drahtpositionierung:  $\approx 20$   $\mu$ m
- Spurrekonstruktionsauflösung einer Kammer:  $\approx 40$   $\mu$ m



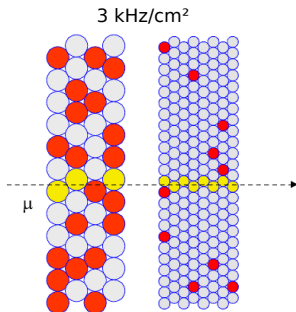
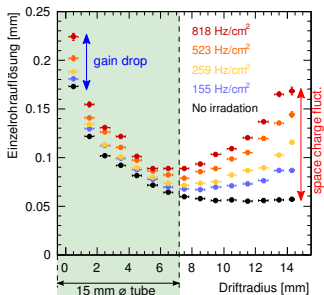
# Entwicklung neuer hochratenfähiger Myondetektoren

## SMDT-Kammern mit reduziertem Rohrdurchmesser



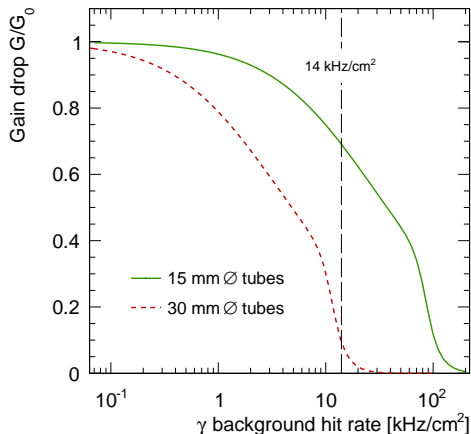
Halbieren des äußeren Rohrdurchmessers:

- $7.8\times$  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:

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

$E_{\text{wire}}$  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

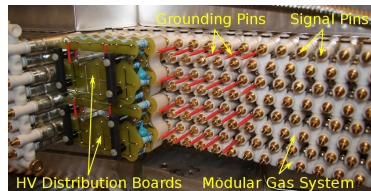
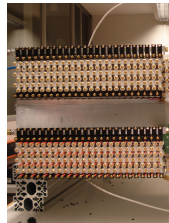
$\sim R^4$  für geladene Hadronen  $\Rightarrow$  Verbesserung um Faktor 16



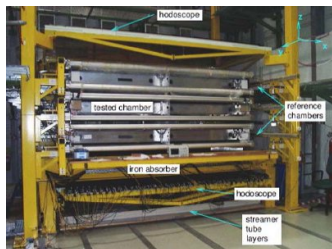
# Erste sMDT-Prototypkammer in voller Geometrie



Gasverteilungssystem und  
Elektronikkarten



# Kammertests



## MDT-Teststand der LMU in Garching

Ziel Messung der individuellen Drahtpositionen mit kosmischen Myonen

Ergebnis geforderte Genauigkeit erreicht

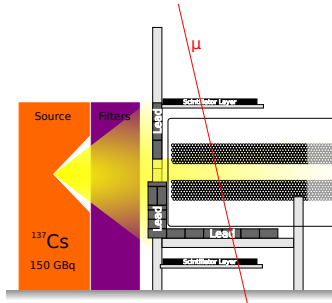
mehr T 61.2 - Do 17:05

## Gamma Irradiation Facility (GIF), CERN

Ziel Messung von Auflösung und Effizienz bei Untergrundraten bis  $20 \text{ kHz/cm}^2$

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

mehr T 62.3 - Fr 9:15



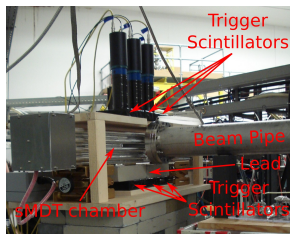
# Kammertests



## 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

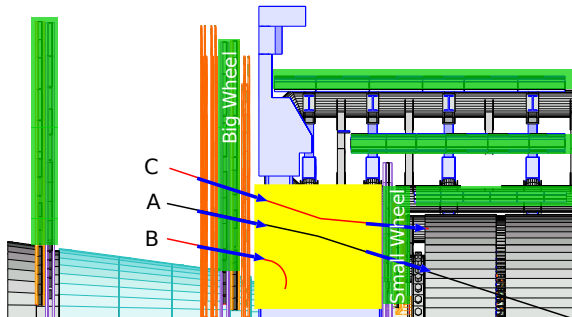
## aktuell laufend: Alterungstest mit $^{90}\text{Sr}$ -Quelle

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

# Hochratenproblematik II

## Level-1-Triggerraten im ATLAS Myonspektrometer

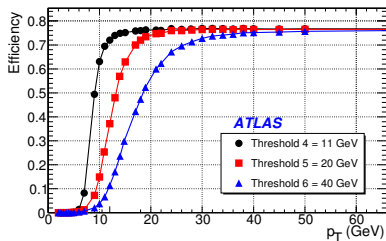
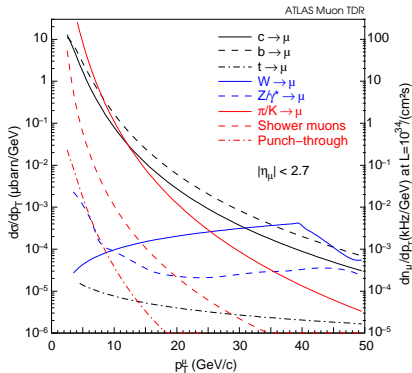
- Fake-Triggerrate im Endkappenbereich ist  $\approx 10\times$  höher als erwartet.
- Triggerkammern im Endkappenbereich sitzen ausschliesslich auf der mittleren Detektorlage, den *Big Wheels*.



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.

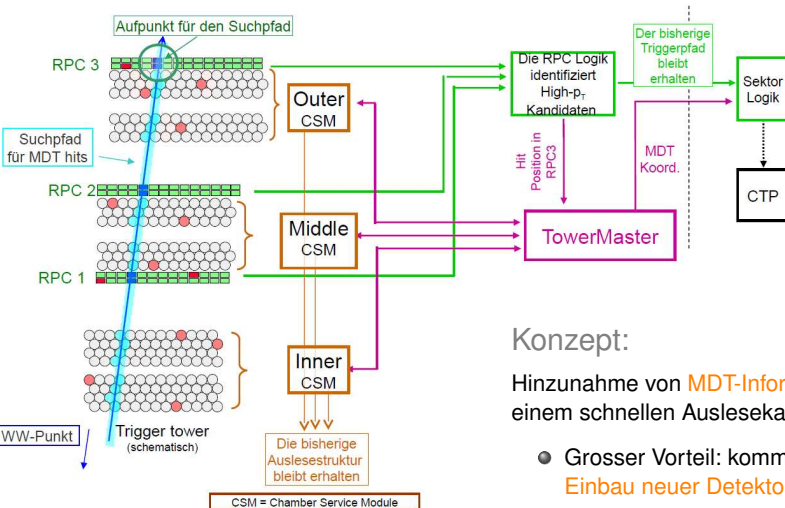
# Nebenbemerkung: L1-Trigger-Upgrade



- 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



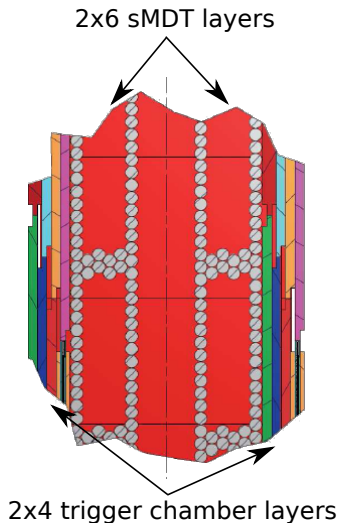
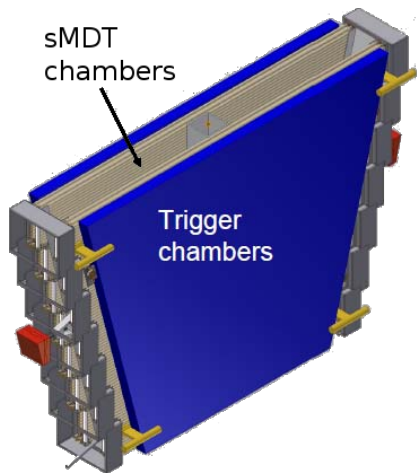
Konzept:

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

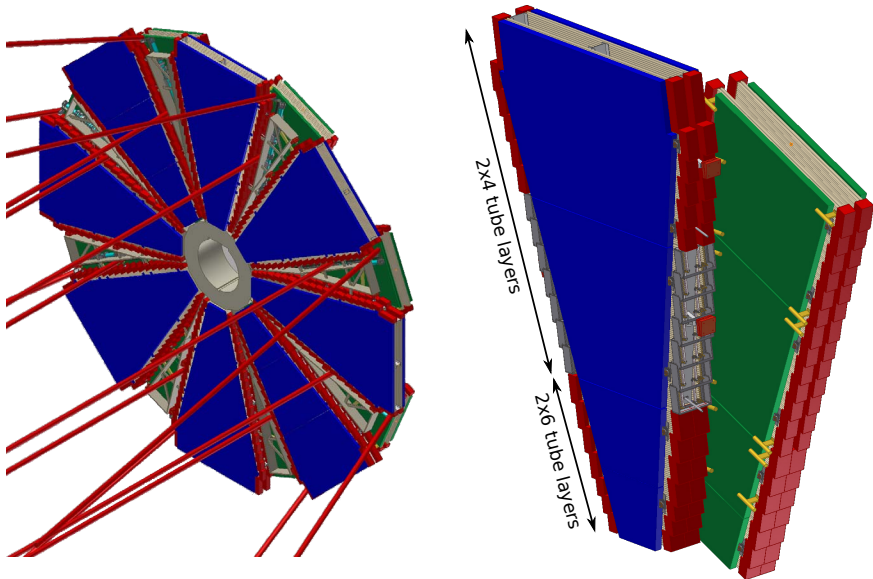
# Konzeptionelles Design neue Small Wheels

Bau neuer Small Wheels mit hochratenfähigen Spurrekonstruktions- und Triggerkammern



# Konzeptionelles Design neue Small Wheels

Bau neuer Small Wheels mit hochratenfähigen Spurrekonstruktions- und Triggerkammern

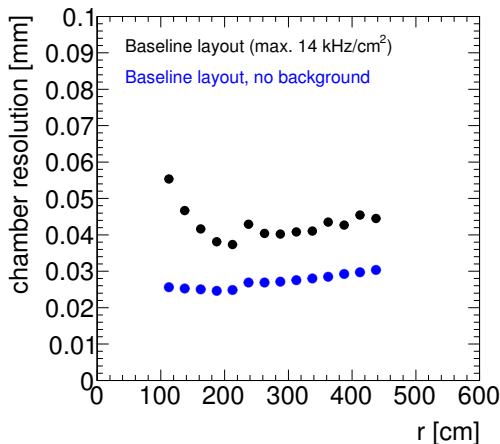




# Performance der neuen Small Wheels

Einzelrohrergebnisse in Monte Carlo Simulation

⇒ Vorhersage für Ortsauflösung in neuen Small Wheels:



Konzept erfüllt die geforderte Ortsauflösung von 60  $\mu\text{m}$  bei den höchsten erwarteten Untergrundraten von 14 kHz/cm<sup>2</sup>.

# 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.