

Ausbau des ATLAS-Myonspektrometers für hohe LHC-Luminositäten

Bernhard Bittner¹, Jörg Dubbert¹, Oliver Kortner¹, Sandra Kortner¹, Hubert Kroha¹,
Jörg v. Loeben¹, Robert Richter¹, Philipp Schwegler¹,
Otmar Biebel², Ralf Hertenberger²

¹MPI für Physik - Werner-Heisenberg-Institut, München, ²Ludwig-Maximilians-Universität, München

DPG Frühjahrstagung, Karlsruhe, April 2011

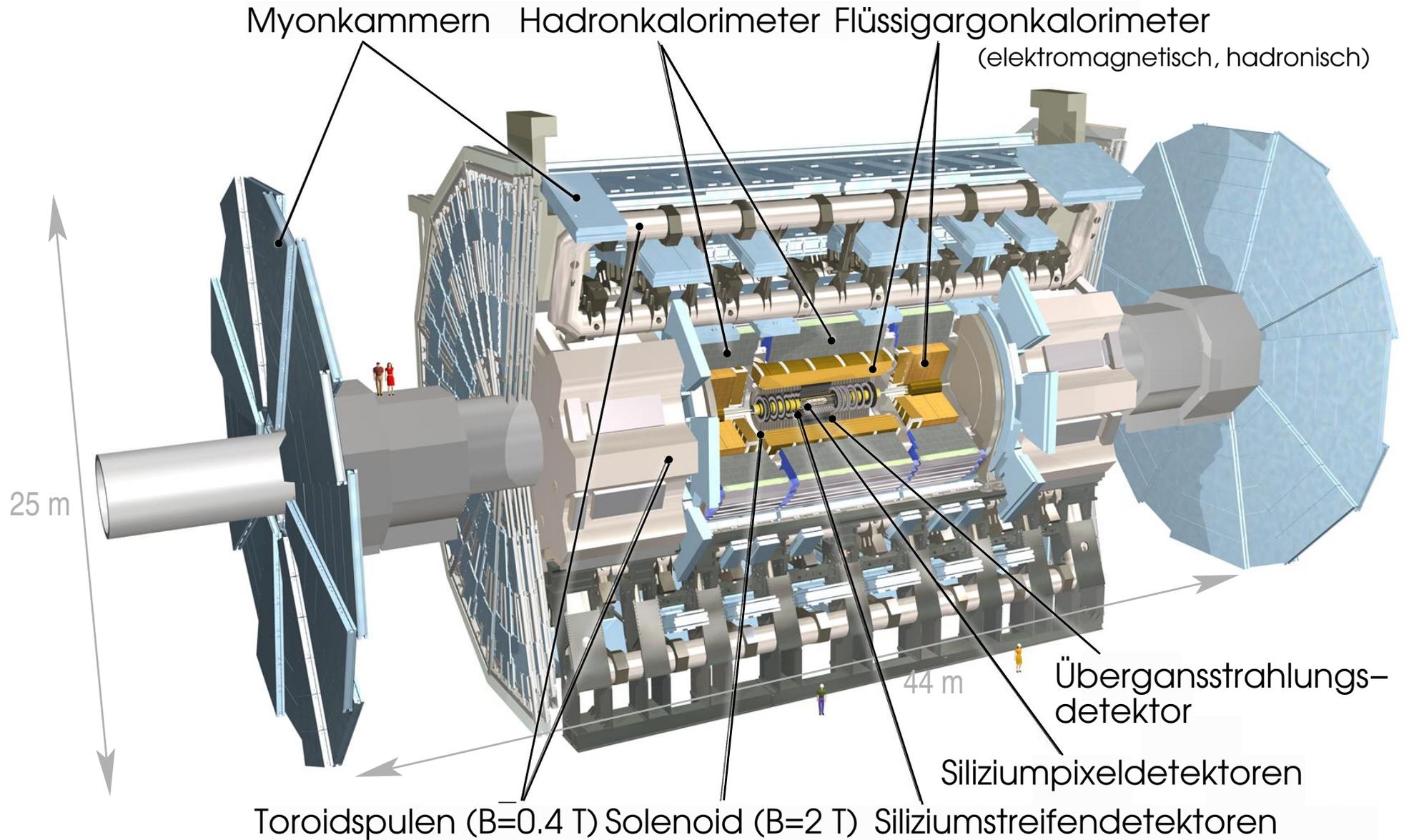


Max-Planck-Institut für Physik
(Werner-Heisenberg-Institut)



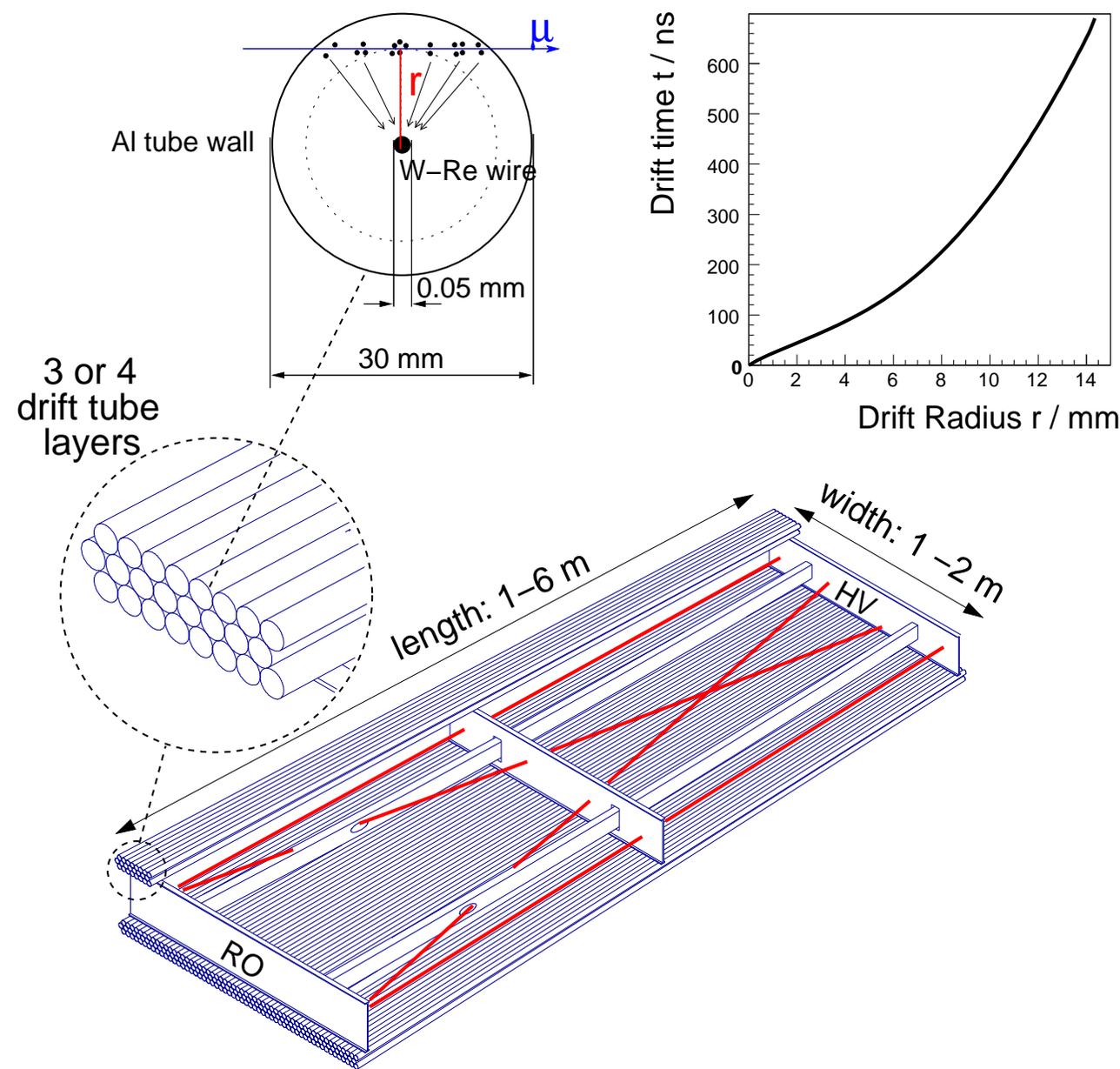
- 1 Untergrundraten bei normaler LHC und sLHC Luminosität
 - LHC Upgrade Pläne
 - Erwartete Probleme
- 2 Unser Ansatz: Driftrohrkammern mit kleinerem Rohrdurchmesser
 - Aufbau Prototypkammer
- 3 Tests mit den 15 mm Durchmesser Rohren
 - Teststrahl Messung
 - Hochratentests (γ)
 - Integration mit Triggerkammern (RPC & TGC)
- 4 Zusammenfassung

Der ATLAS Detektor am LHC



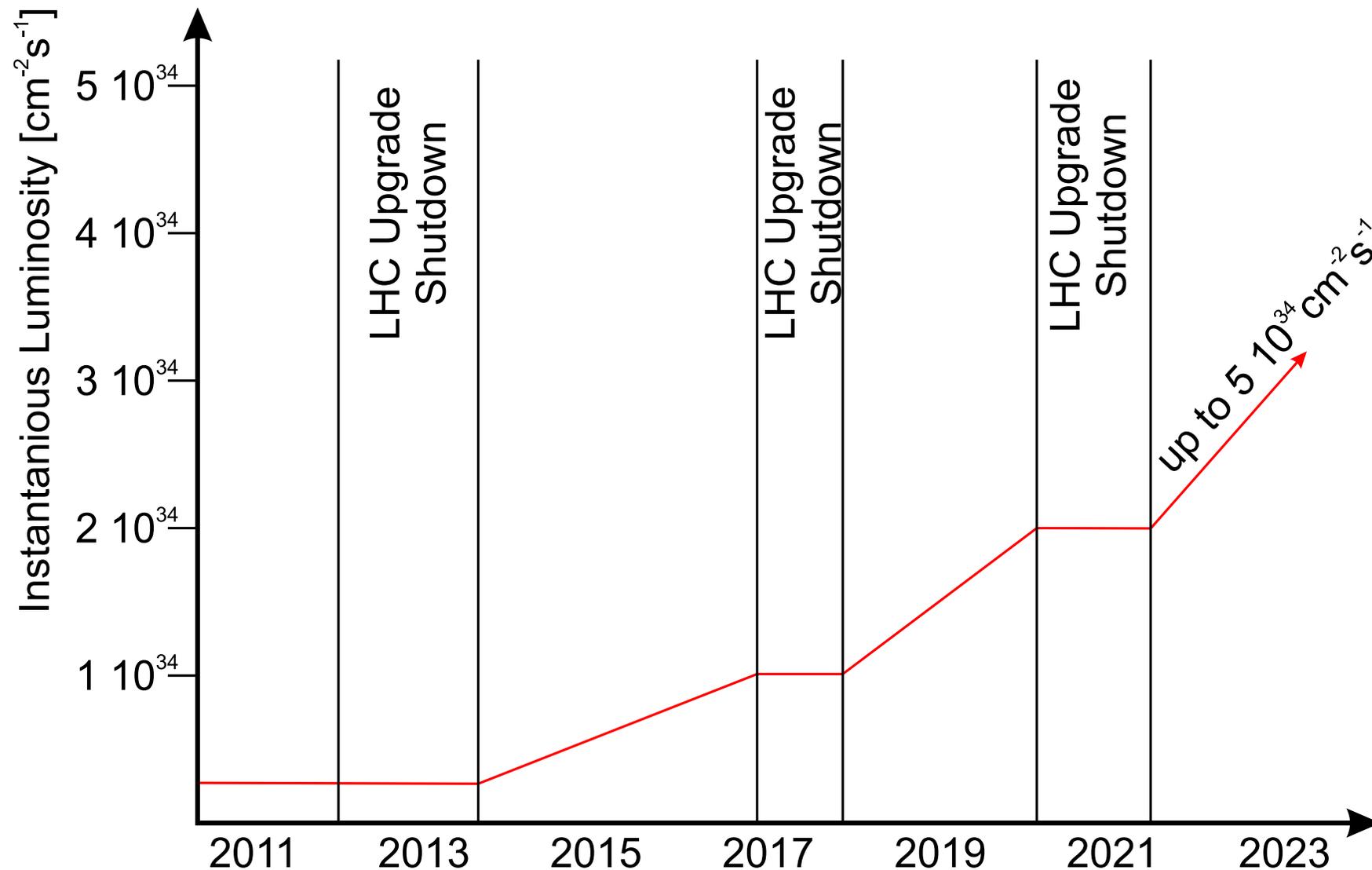
Myonimpulsauflösung beträgt 10% bei $p_T(\mu) = 1\text{ TeV}$

Design der ATLAS Myondriftrohrkammern



- Gasmischung: Ar/CO₂ = 93/7
- Druck: 3 bar
- Gasverstärkung: $2 \cdot 10^4$
- Max. Driftzeit: ≈ 700 ns
- Einzelrohrauflösung: $80 \mu\text{m}$
- Genauigkeit der Zähl drahtposition: $20 \mu\text{m}$
- Kammerauflösung: $35 \mu\text{m}$

LHC Upgrade Zeitplan

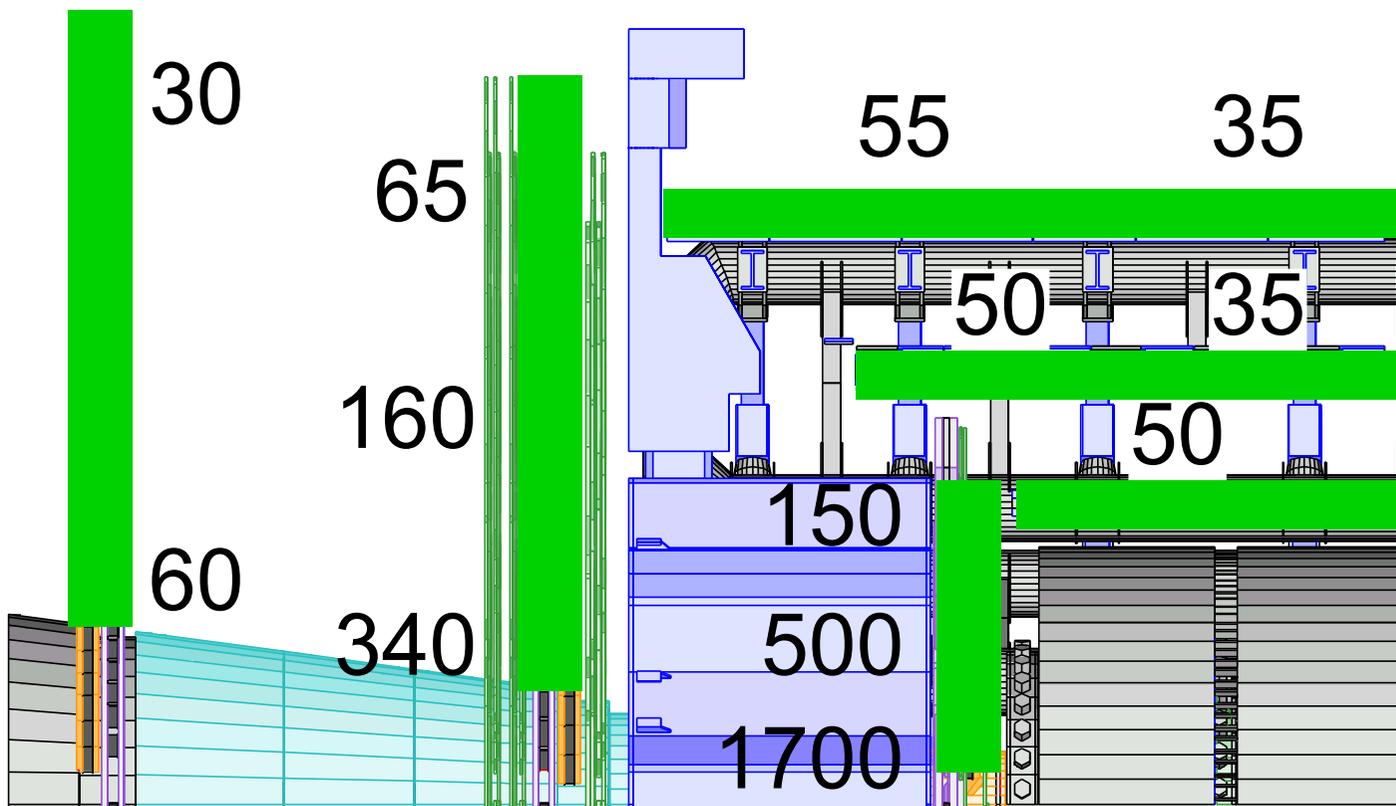


Höhere Luminositäten führen auch zu erhöhter Untergrundstrahlung
⇒ Auch die Detektoren müssen 2017 für den Betrieb bei “Ultimate Luminosity” bereit sein!

Untergrundraten im ATLAS-Myonspektrometer

Der Untergrund besteht hauptsächlich aus Photonen und Neutronen ($\bar{E} \approx 1 \text{ MeV}$) aus Sekundärreaktionen mit Kalorimetern, Abschirmungen, Strahlröhre und anderen Detektorkomponenten.

Erwartete Raten [Hz/cm^2] für nominelle LHC Luminosität ($\mathcal{L} = 10^{34} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$):



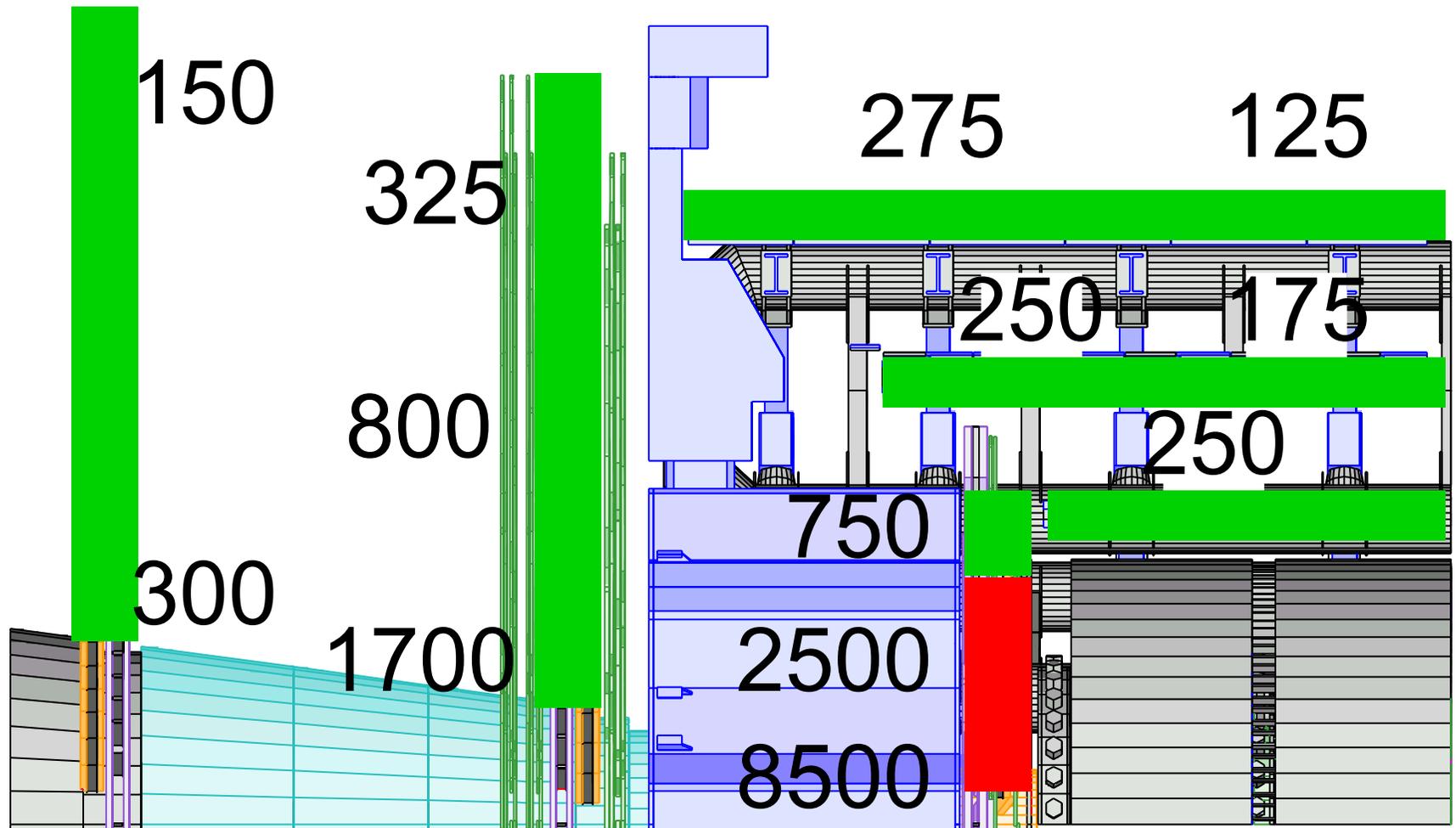
Große Unsicherheiten in den Simulationen \Rightarrow die berechneten Raten beinhalten einen Sicherheitsfaktor von 5!

Raten am (geplanten) sLHC sind ~ 5 mal höher ...

Vor allem in der Vorwärtsregion werden sehr hohe Raten erwartet (bis zu $1.7 \text{ kHz}/\text{cm}^2$)!

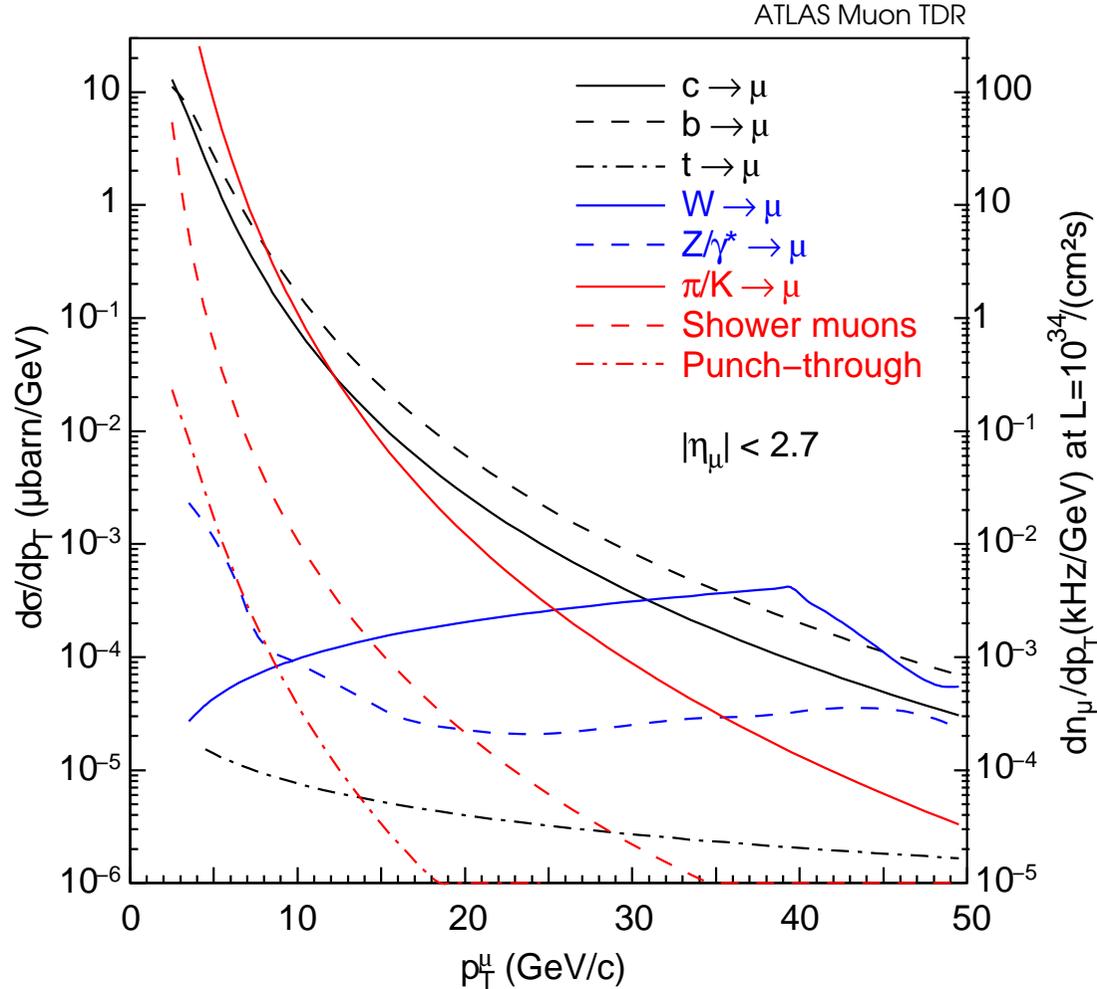
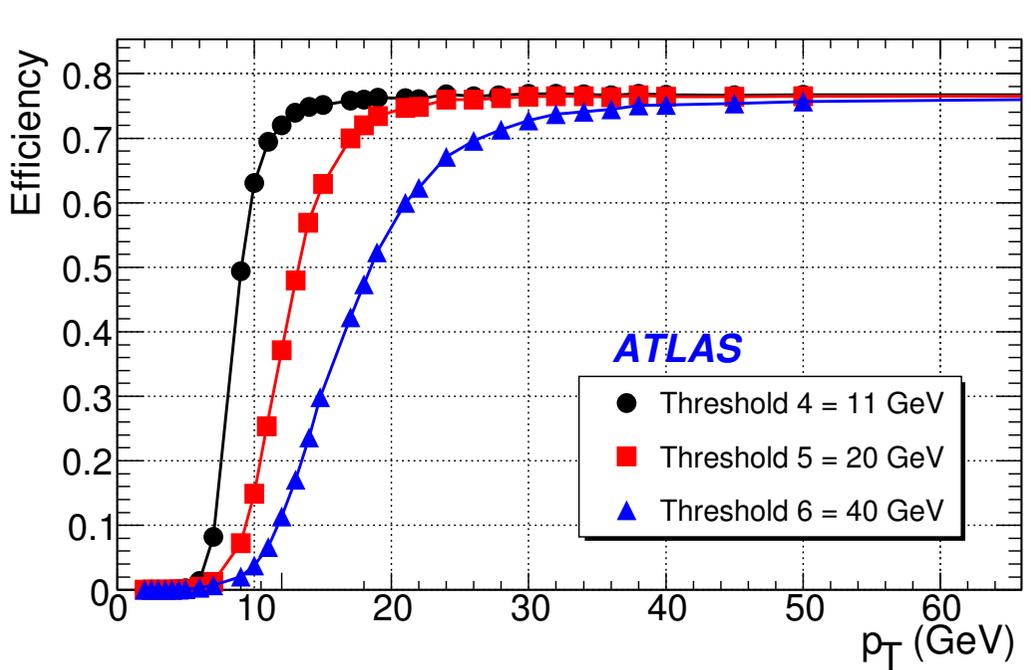
Belegungsrate der Myonkammern bei sLHC-Luminosität

Effiziente Spurrekonstruktion für eine Belegungsrate von 30% oder weniger (grün)



Max. Luminosität von $\mathcal{L} = 5 \cdot 10^{34} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1} \Rightarrow$ Teil der Kammern in Vorwärtsrichtung muss ersetzt werden (rot)

Probleme bei hohen Myonraten - Trigger

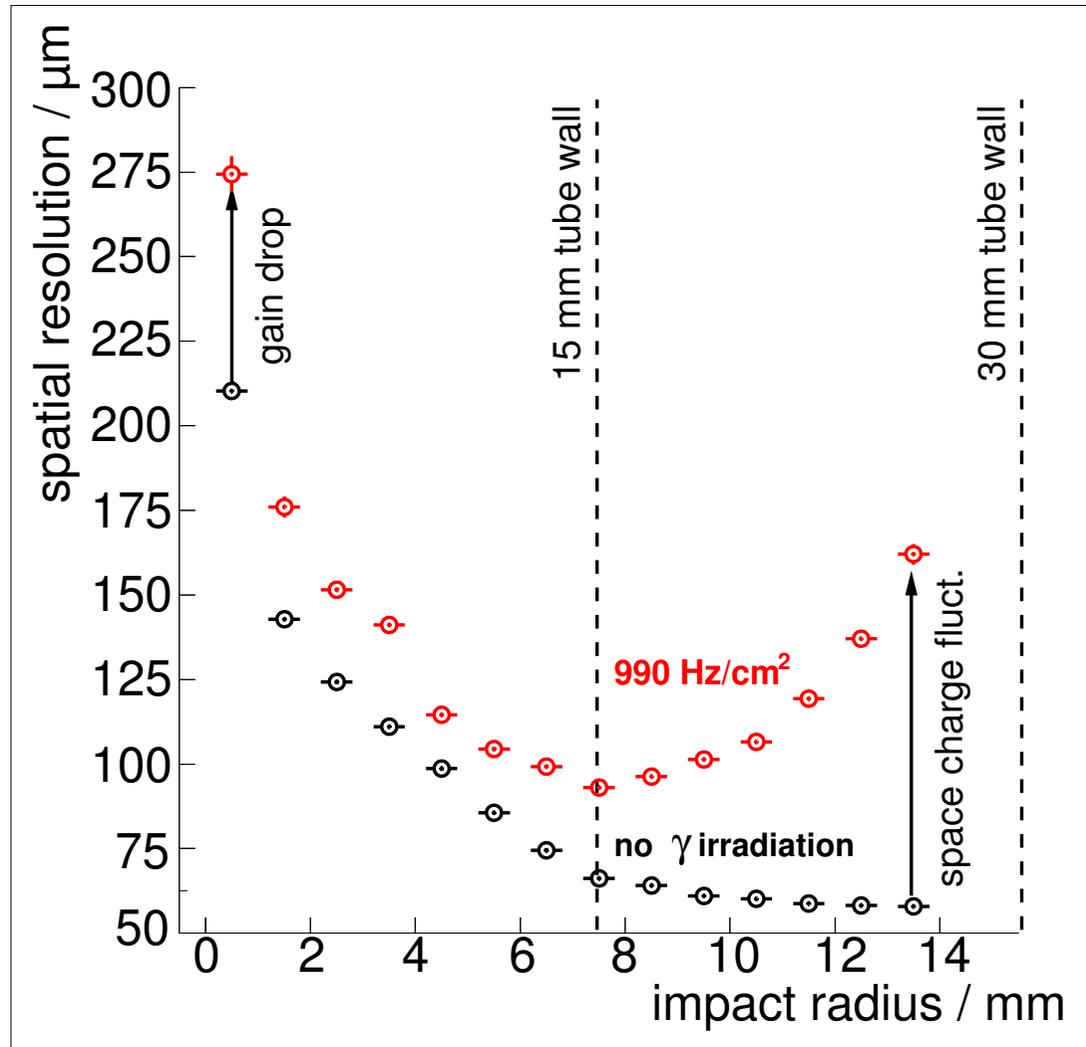
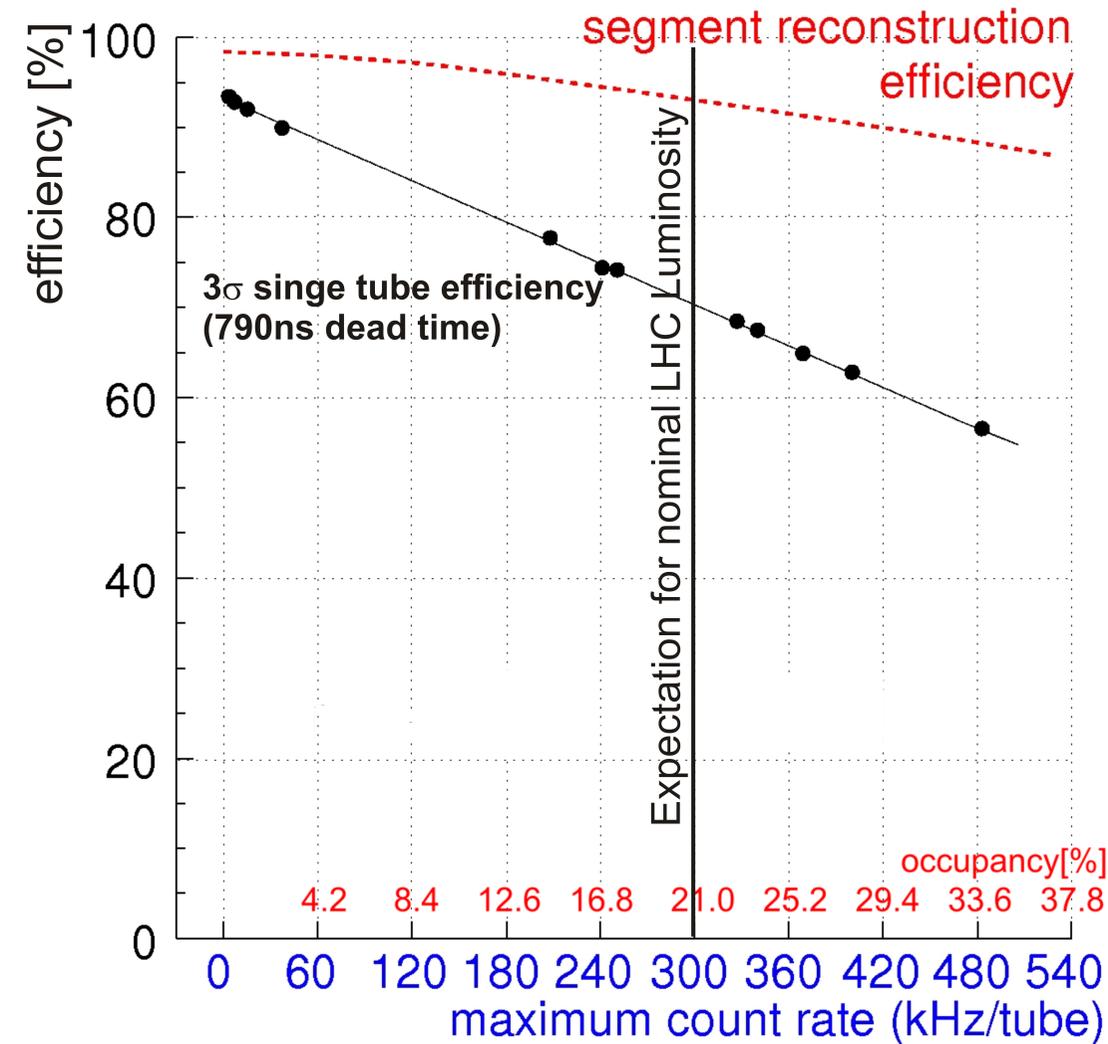


Sehr weiche Schwelle für 40 GeV Myonen und hauptsächlich niederenergetische Myonen

Gesamte Triggerrate muss unter 100 kHz bleiben \Rightarrow schärfere Schwelle wird benötigt

Für Details siehe Vortrag T 75.6

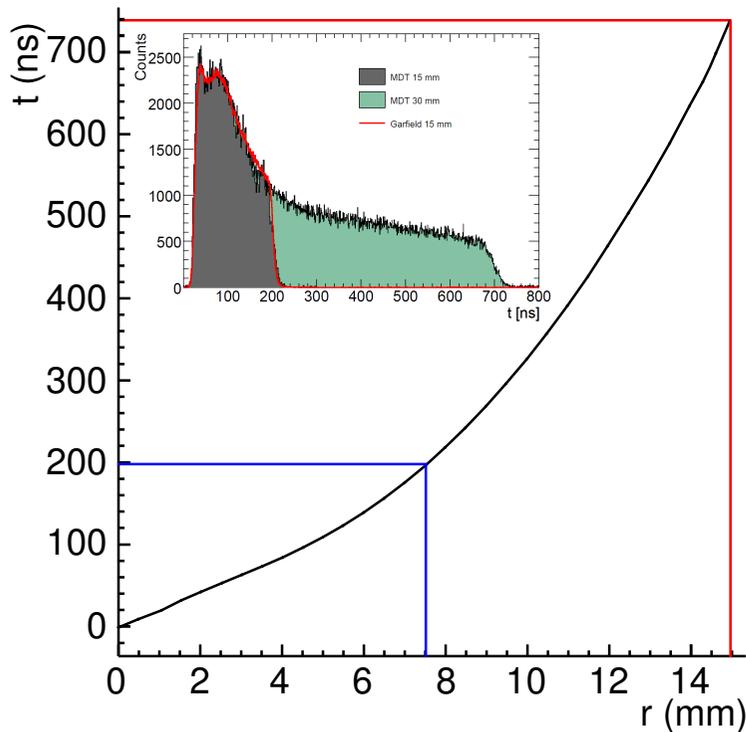
Probleme bei hohen Untergrundraten - Driftrohre



Auch die Effizienz (hier für 2 m Rohrlänge) fällt mit der Untergrundzählrate

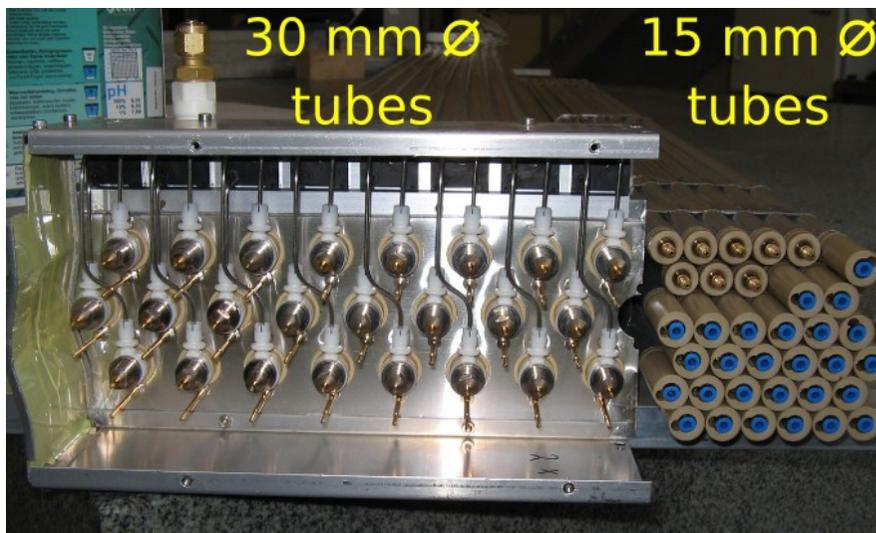
Verschiedene Effekte verschlechtern die Ortsauflösung der Driftrohre bei Untergrundstrahlung

Unser Ansatz: Verkleinerung des Rohrdurchmessers



Durch Reduktion des Rohrdurchmessers von **30** auf **15 mm** erreichen wir eine kürzere maximale Driftzeit und eine linearere Orts-Driftzeit-Beziehung

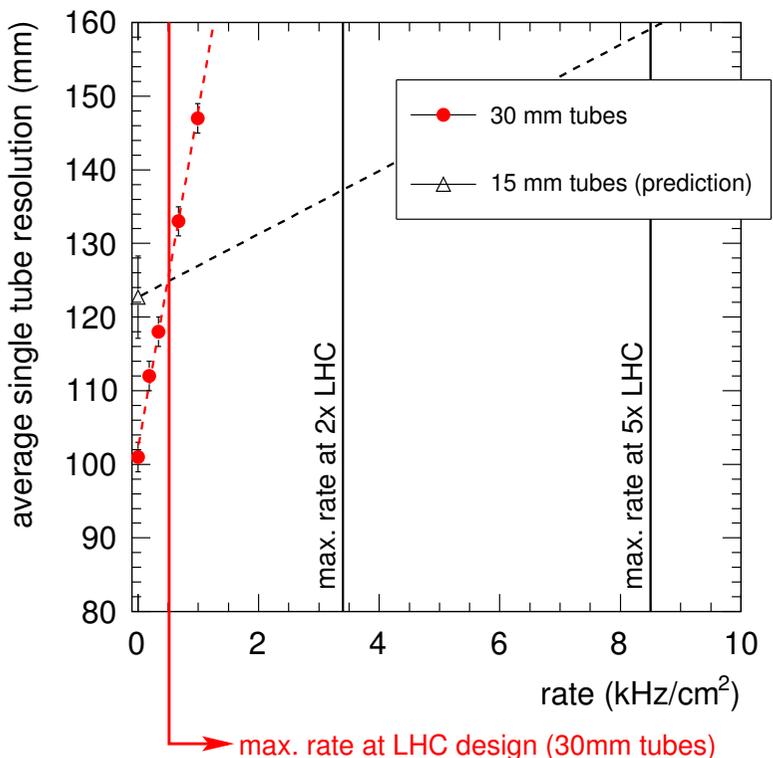
- Maximale Driftzeit um Faktor **3.5** reduziert (**700 ns** → **200 ns**)
- Kleinerer Radius resultiert auch in **2x** weniger Untergrundtreffern (weniger Fläche pro Rohr)
⇒ Insgesamt erreichen wir eine **7** mal niedrigere Belegungsrate



Weitere Vorteile:

- Anzahl der Lagen wird verdoppelt ⇒ höhere Redundanz beim Spurfitt
- Einbußen bei der Auflösung durch hohe Zählraten werden um Faktor 10 reduziert

Parameter und Erwartungen für 15 mm Rohre



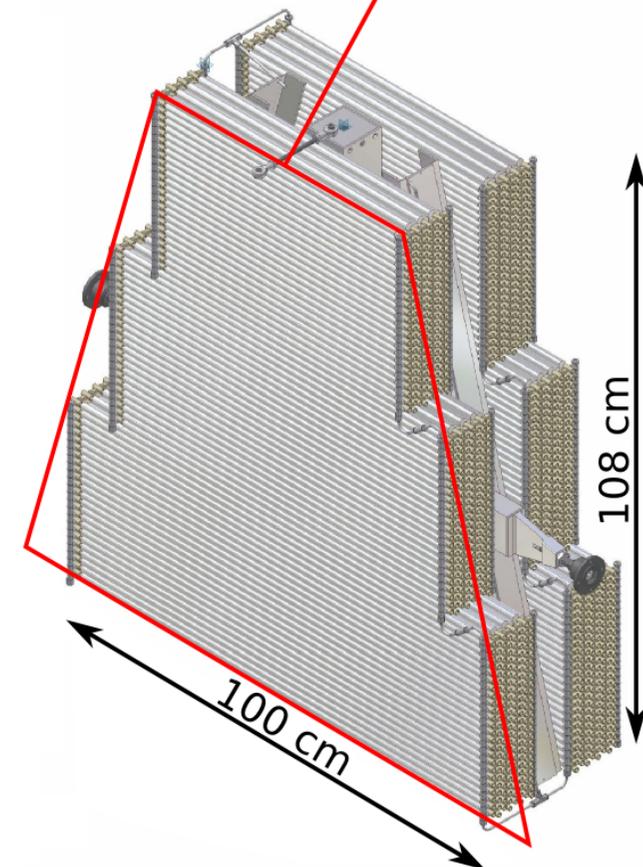
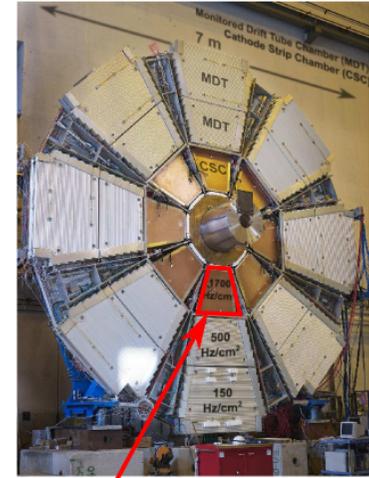
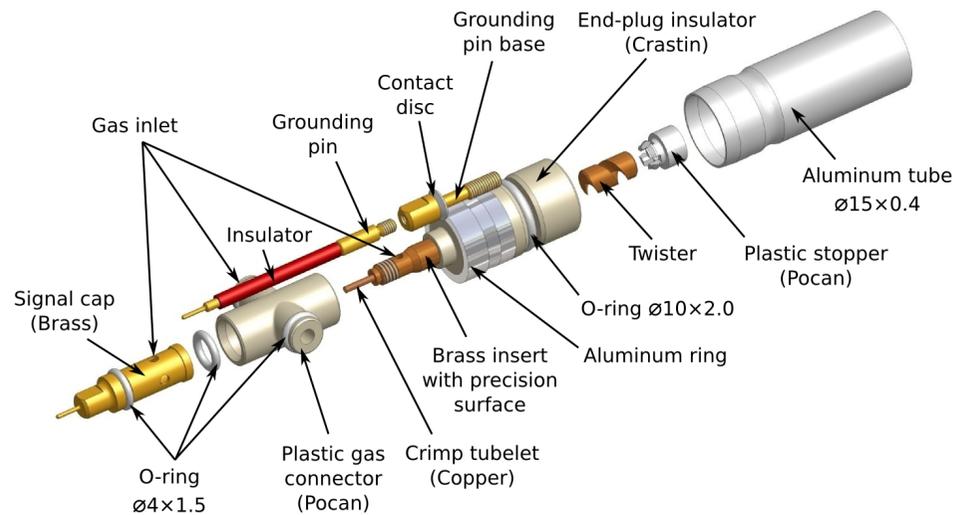
- Beibehalten von so vielen Parametern wie möglich um eine Integration in bestehende Systeme zu vereinfachen (Nur HV Anpassung für gleiche Gasverstärkung)
- Gut bekannte Betriebsparameter mit vielen Referenzmessungen

Max. Belegungsrate und Rate für unterschiedliche Untergrundraten

Luminosität [cm ⁻² s ⁻¹]	Untergrundrate [kHz/cm ²]	Zählrate [kHz] 2m Rohre	Belegungsrate 2m Rohre	Belegungsrate 2m Rohre
Rohr ø		15 mm	15 mm	30 mm
1 × 10 ³⁴	0.5	150	3%	21%
2 × 10 ³⁴	1.0	300	6%	42%
5 × 10 ³⁴	2.5	750	15%	>1

Aufbau der Prototypkammer

- Kammergröße $\approx 1,1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$
- Trapezform für Einbau im inneren "Small Wheel"-Bereich
- 3 Rohrlängen: 560, 760 und 960 mm
- 2×8 Rohrlagen
- insgesamt 1152 Rohre
- neue Auslese- und Hochspannungsverteilerkarten
- Noch Standard ATLAS-Ausleseelektronik

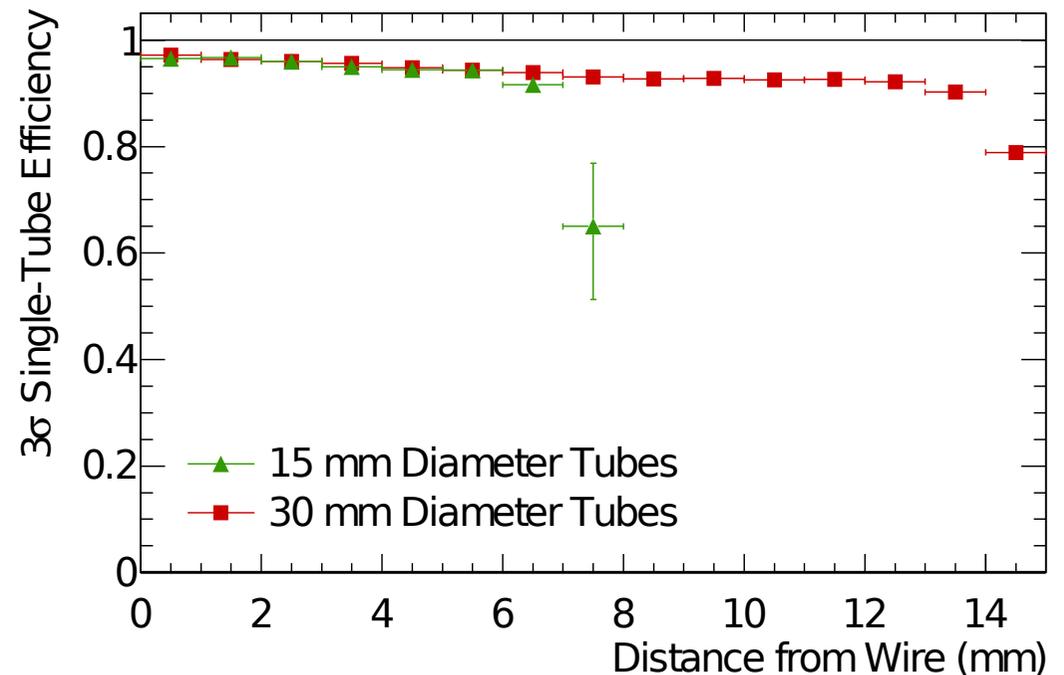
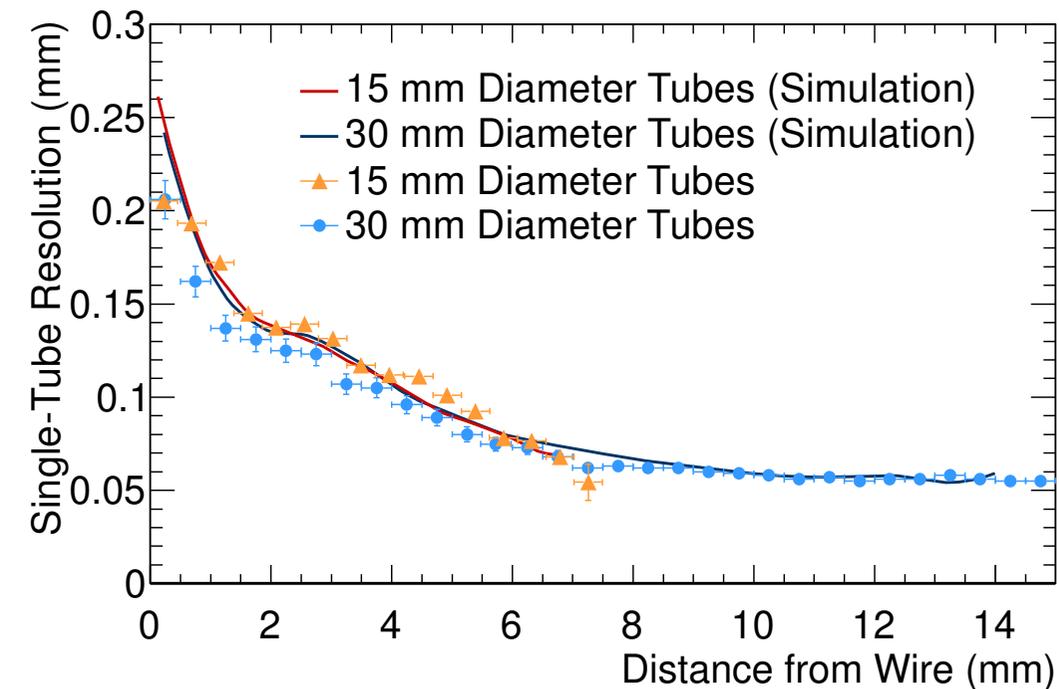


siehe Vortrag T69.6

Teststrahl Messungen (180 GeV Myonstrahl)

Stabiler Betrieb der Testkammer für über eine Woche:

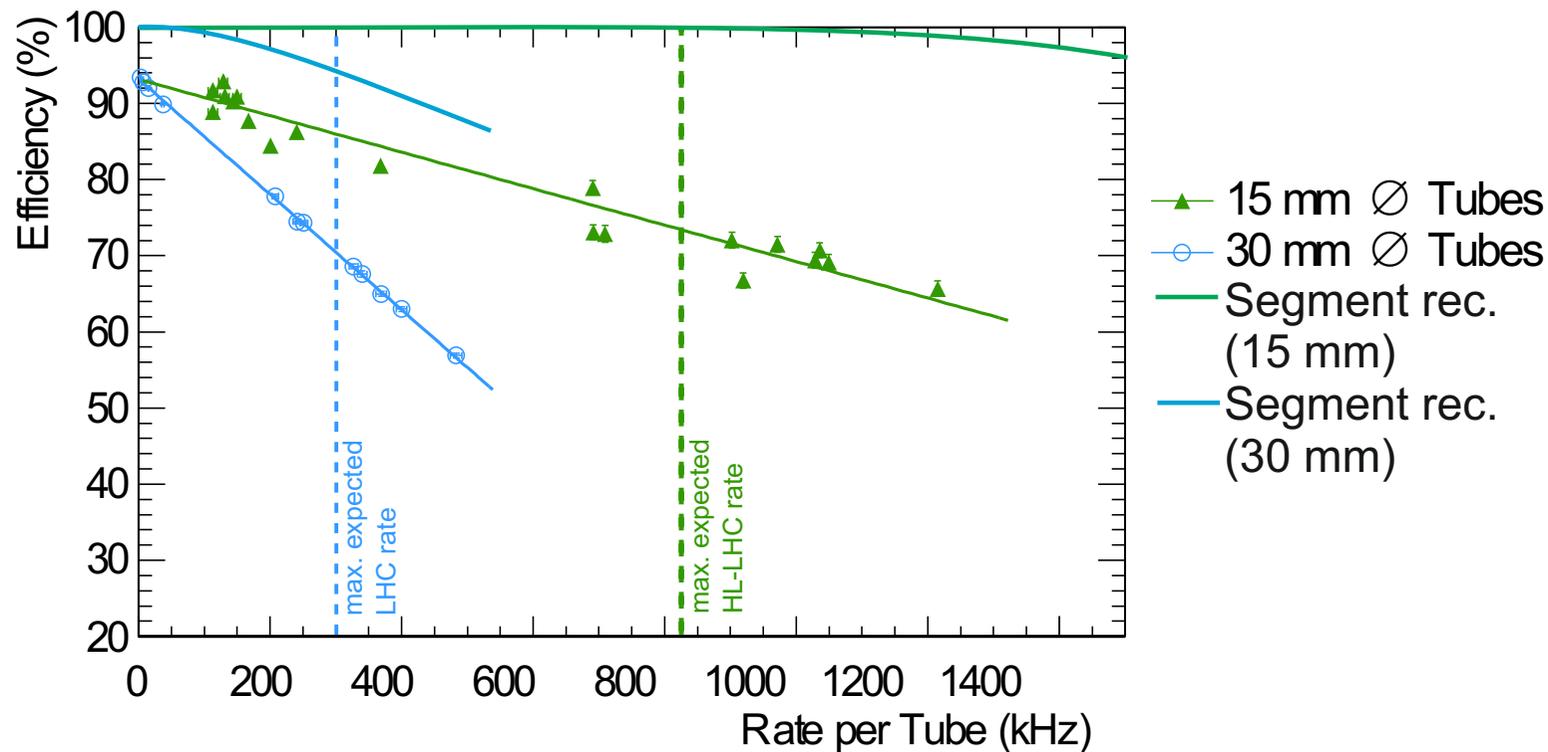
- Mehr als 30 Mio Ereignisse aufgezeichnet
- Keine Probleme mit elektronischem Rauschen oder HV/Gasversorgung
- Gemessene Auflösung und Effizienz erfüllen alle Ansprüche



Für Details siehe Vortrag T 70.1

Herausforderungen:

- Auflösung ist durch Vielfachstreuung und Ungenauigkeiten in der Spurextrapolation dominiert \Rightarrow verbesserter Aufbau in Planung
- Ergebnisse der Effizienzmessung entsprechen den Erwartungen



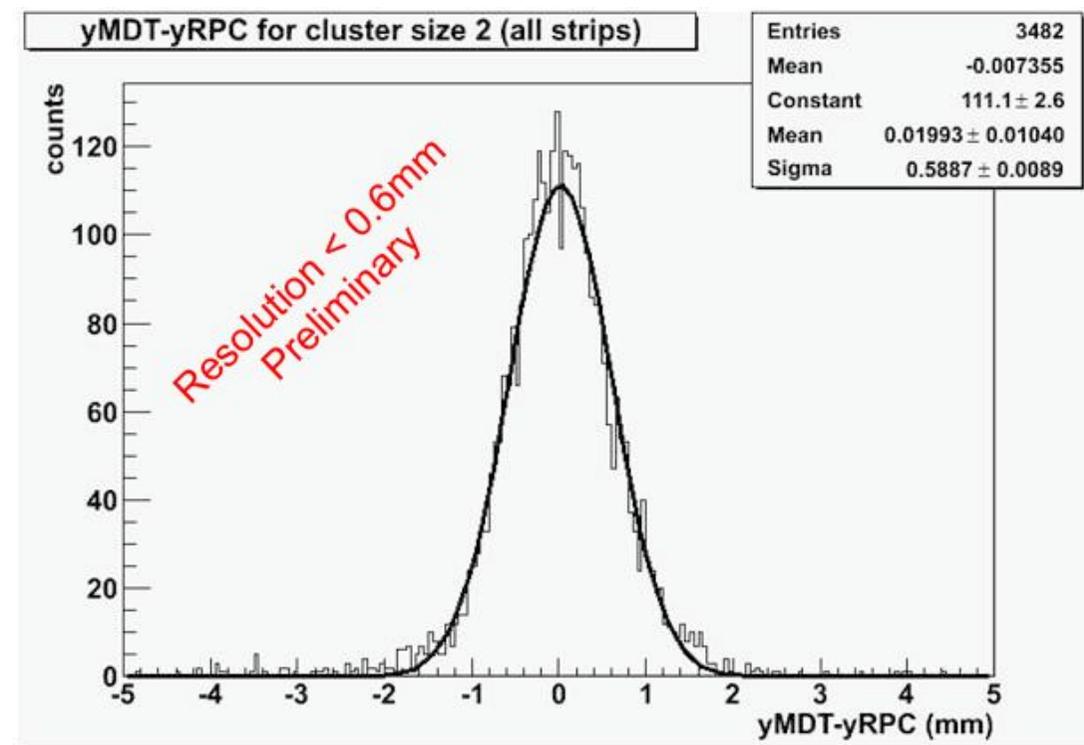
Erfolgreiche Segmentrekonstruktion bei mindestens 4 guten Spurtreffern (12 Lagen 15 mm Rohre gegen 8 Lagen 30 mm Rohre)

Für Details siehe siehe Vortrag T 69.7

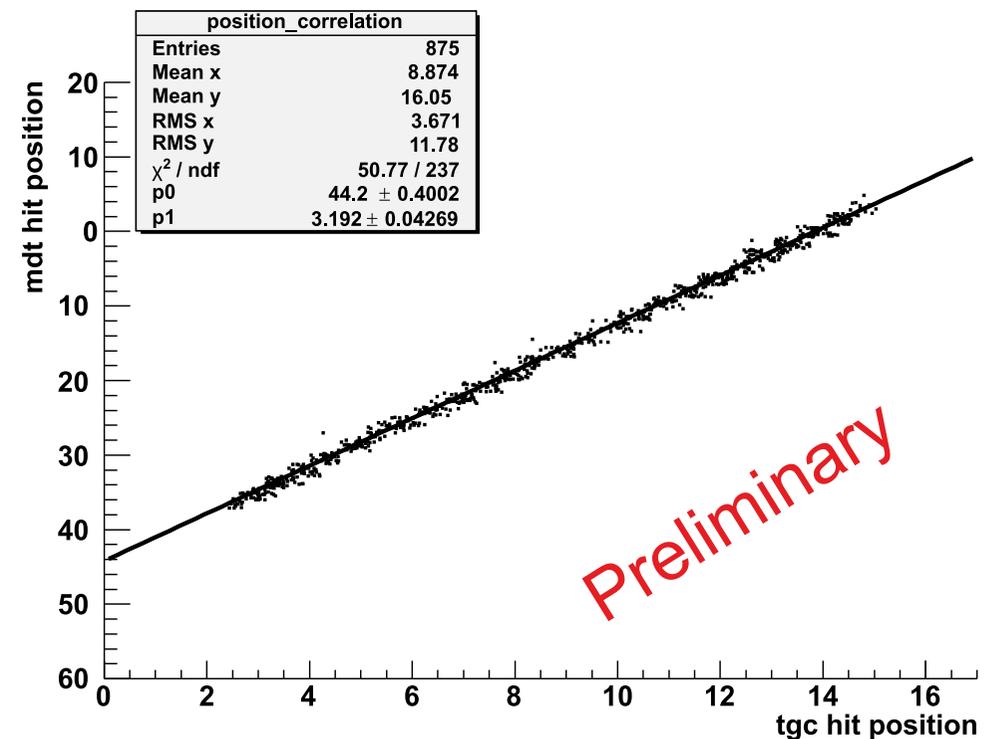
Integration mit Triggerkammern (RPC & TGC)

Auch RPC und TGC Kammern werden weiterentwickelt \Rightarrow Versuch der Integration von Konstruktion, Auslese und Analyse

Erster Test: Auslese der RPC mit MDT Elektronik und Verwendung der genauen MDT Spur als Referenz in RPC (Position) und TGC (Position und Winkel)



G. Aielli for the ATLAS RPC collaboration
(University of Roma and INFN Tor Vergata)



Israel SuperTGC collaboration

Zusammenfassung

- Nach dem LHC Zeitplan müssen neue Detektortechnologien für das ATLAS-Myonspektrometer bis 2017 einsatzbereit sein \Rightarrow Entwicklung muss bald abgeschlossen werden
 - **Ansatz:** Driftrohrkammern aus Rohren mit 15 mm Durchmesser
 - Hochratentests zeigen eine gute Übereinstimmung mit den Erwartungen
 - Die 15 mm Rohre können auch bei den höchsten zu erwartenden Untergrundraten noch in allen Bereichen des ATLAS Myonspektrometers zuverlässig arbeiten
 - **Vorteile:** Dies ist eine etablierte Technologie und auch auf große Flächen anwendbar.
- \Rightarrow Ein Kandidat für das ATLAS-Myonspektrometer Upgrade

Zusammenfassung

- Nach dem LHC Zeitplan müssen neue Detektortechnologien für das ATLAS-Myonspektrometer bis 2017 einsatzbereit sein \Rightarrow Entwicklung muss bald abgeschlossen werden
 - **Ansatz:** Driftrohrkammern aus Rohren mit 15 mm Durchmesser
 - Hochratentests zeigen eine gute Übereinstimmung mit den Erwartungen
 - Die 15 mm Rohre können auch bei den höchsten zu erwartenden Untergrundraten noch in allen Bereichen des ATLAS Myonspektrometers zuverlässig arbeiten
 - **Vorteile:** Dies ist eine etablierte Technologie und auch auf große Flächen anwendbar.
- \Rightarrow Ein Kandidat für das ATLAS-Myonspektrometer Upgrade

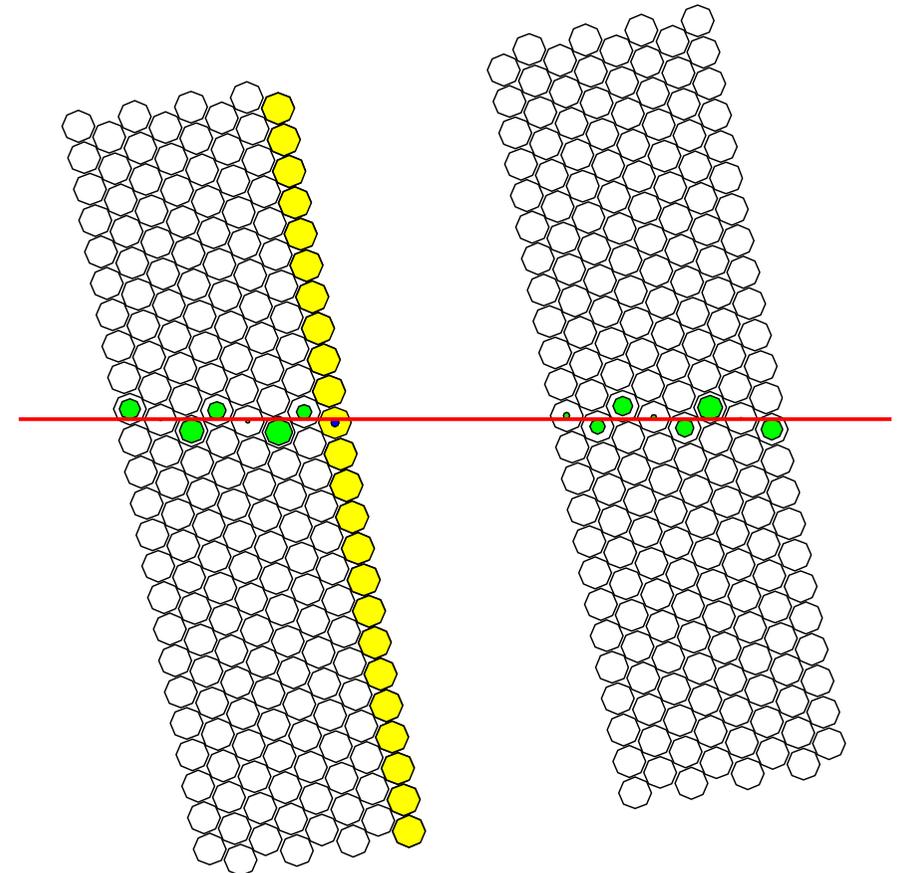
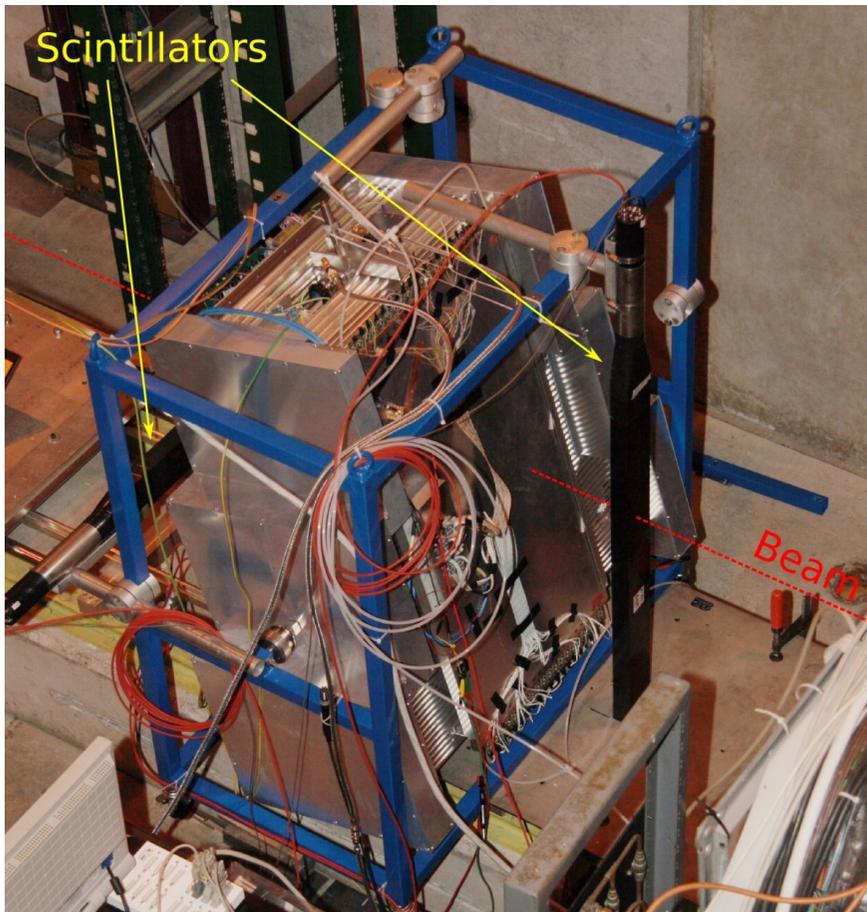
Herzlichen Dank!

Backup

Test Beam Measurements

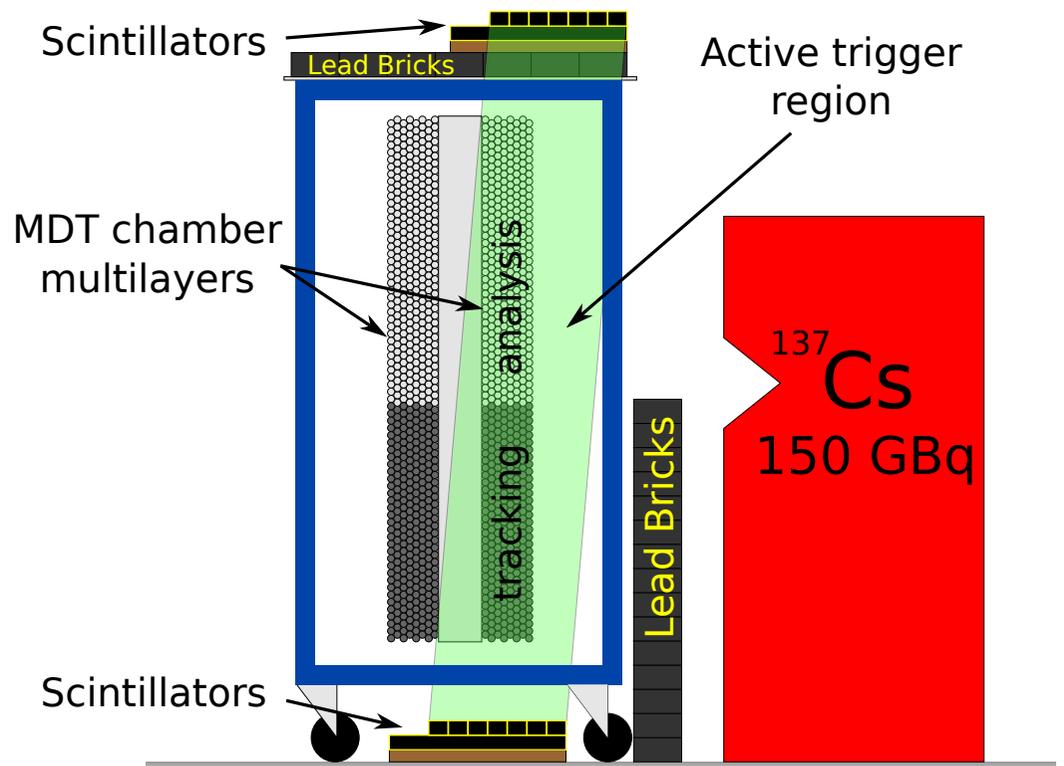
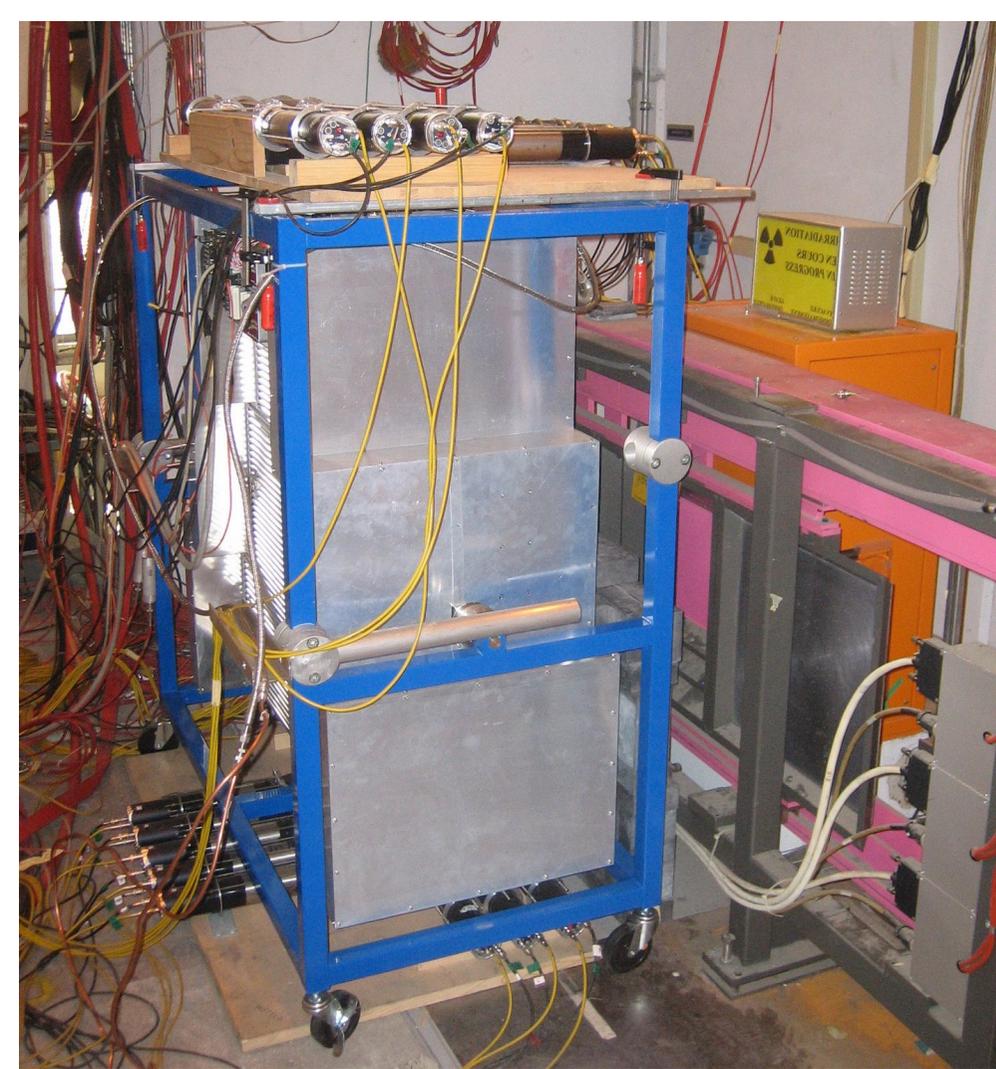
Ziele:

- Erster Betrieb einer 15 mm Driftrohrkammer in voller Größe
- Optimierung der Betriebsparameter
- Messung der Ortsauflösung und Effizienz ohne Untergrundstrahlung in einem 180 GeV Myonstrahl



Hochratentests in der Gamma Irradiation Facility (GIF)

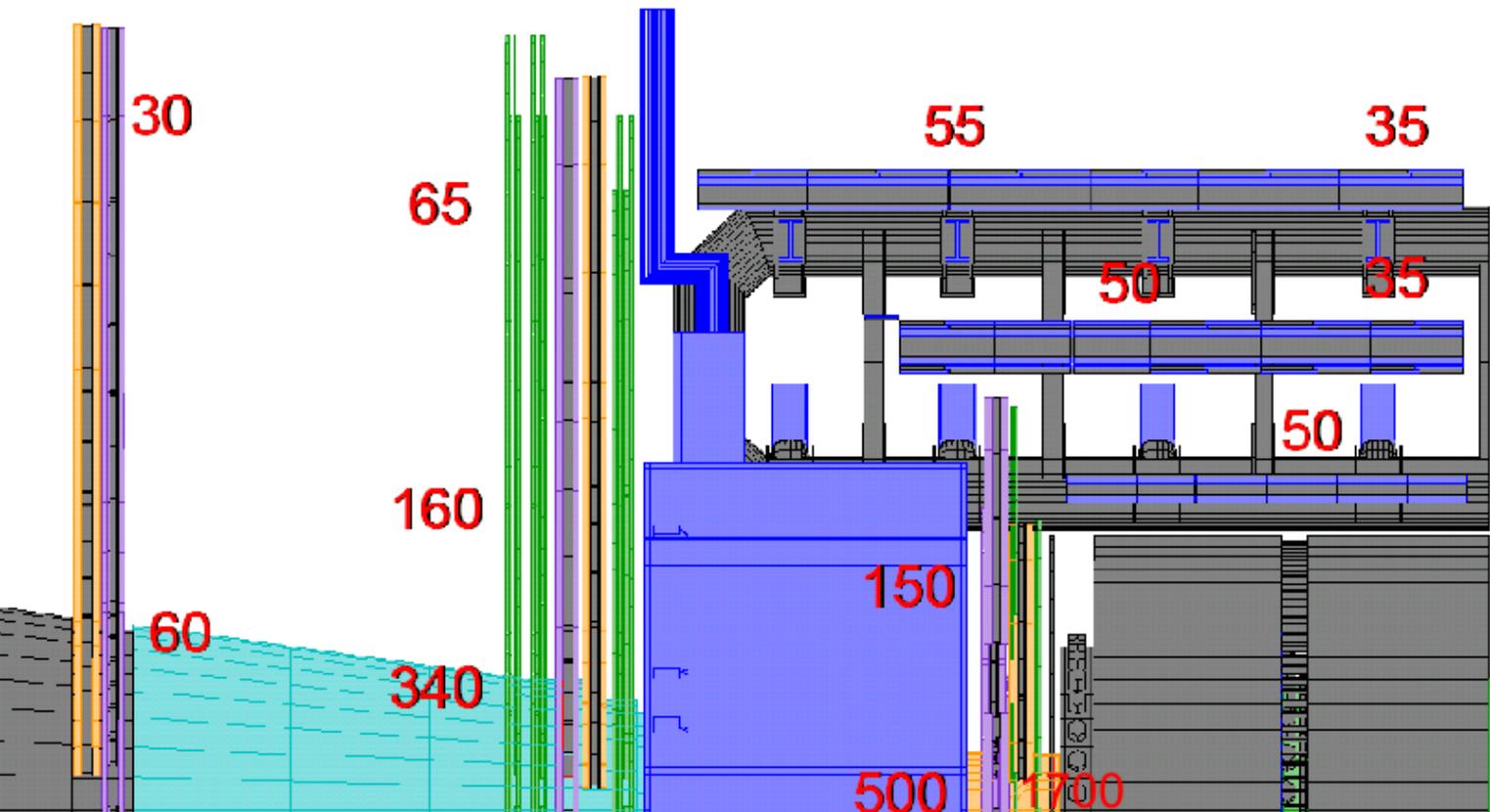
Ziel:
Messung der Ortsauflösung und Effizienz in Abhängigkeit der Unterzählgrundrate



Untergrundraten im ATLAS-Myonspektrometer

Der Untergrund besteht hauptsächlich aus Photonen und Neutronen ($\bar{E} \approx 1 \text{ MeV}$) aus Sekundärreaktionen mit Kalorimetern, Abschirmungen, Strahlröhre und anderen Detektorkomponenten.

Erwartete Raten [Hz/cm^2] für nominelle LHC Luminosität ($\mathcal{L} = 10^{34} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$):

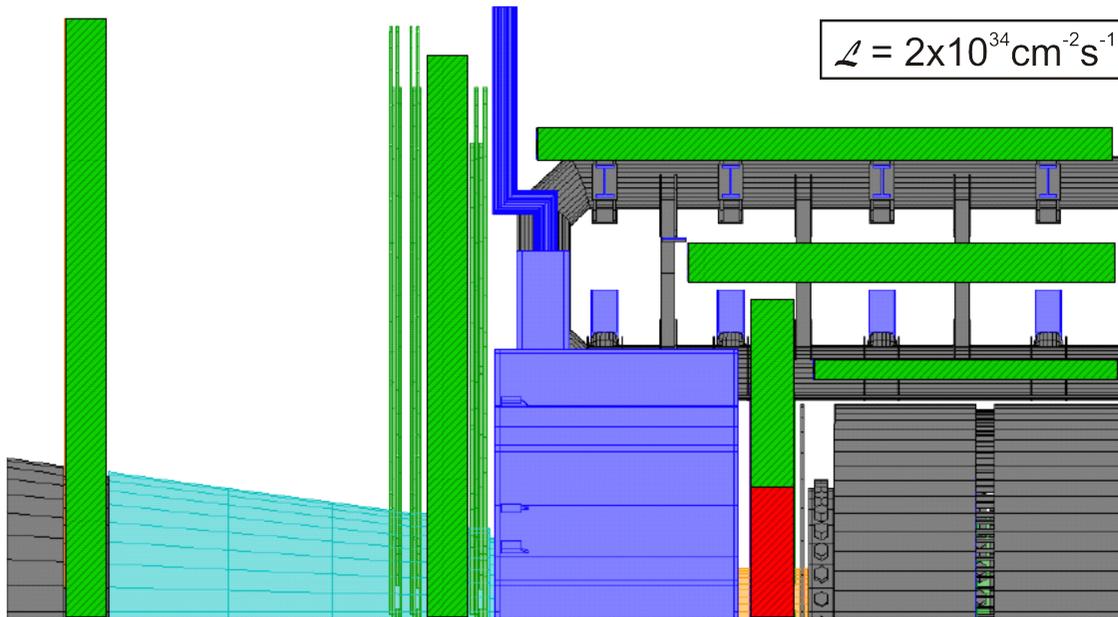


Große Unsicherheiten in den Simulationen \Rightarrow die berechneten Raten beinhalten einen Sicherheitsfaktor von 5!
Raten am (geplanten) sLHC sind ~ 5 mal höher
...

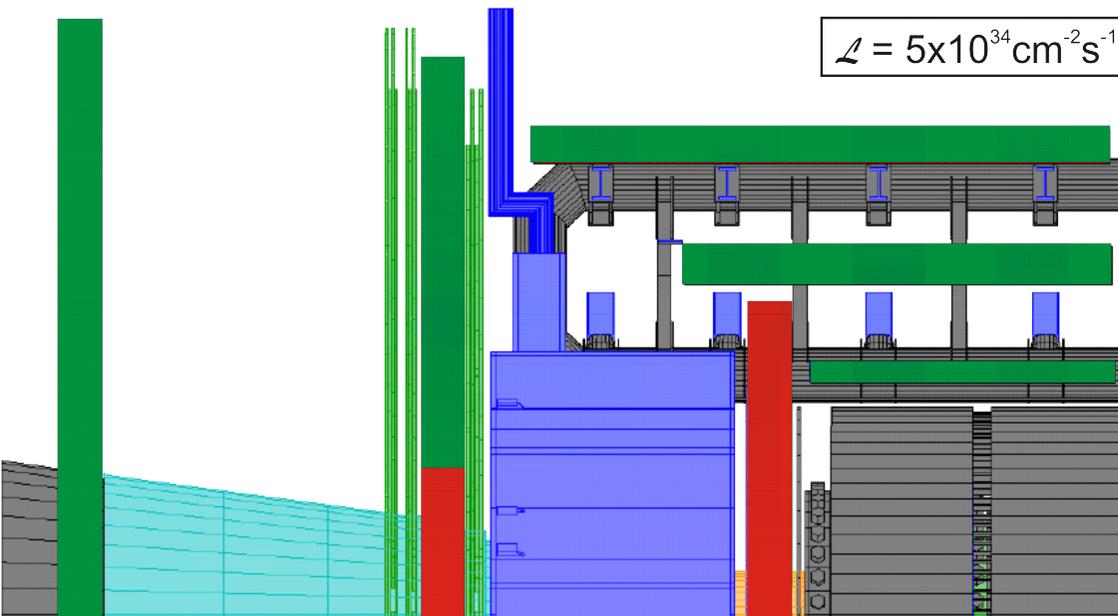
Vor allem in der Vorwärtsregion werden sehr hohe Raten erwartet (bis zu $1.7 \text{ kHz}/\text{cm}^2$)!

Belegungsrate der Myonkammern bei sLHC-Luminosität

Gute Spurrekonstruktionseffizienz für eine Belegungsrate von 30% oder weniger (grün)



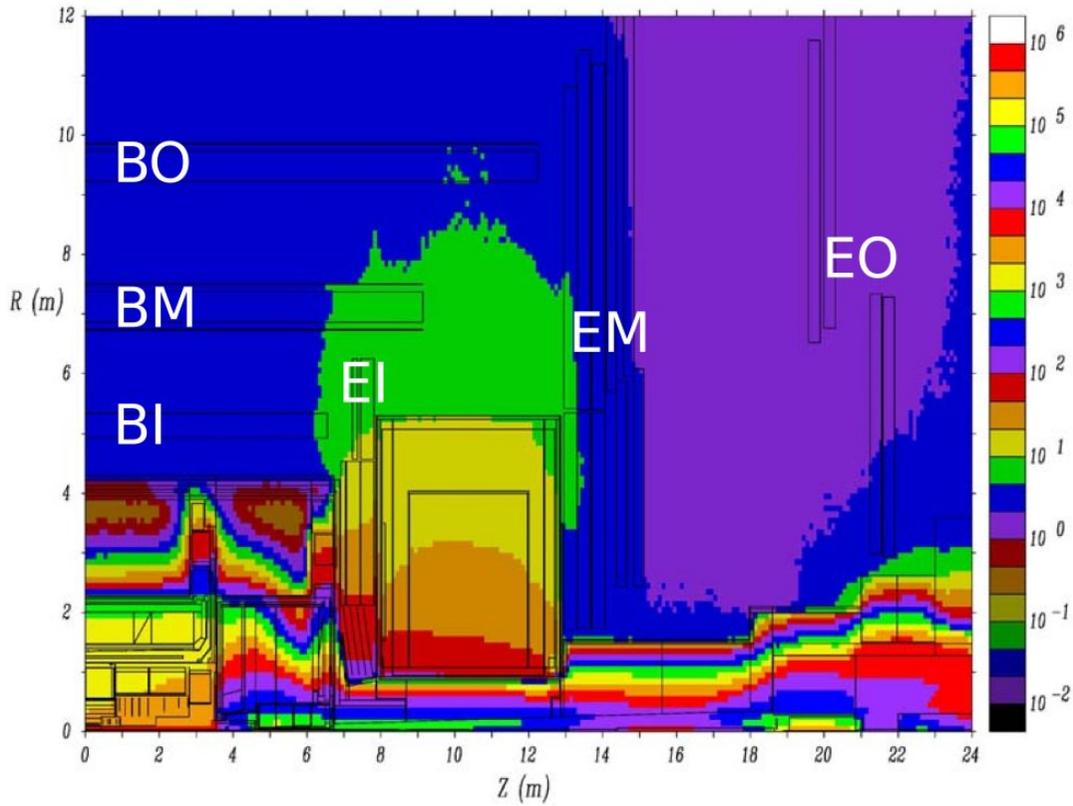
Szenarium 1: $\mathcal{L} = 2 \cdot 10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$
⇒ Nur ein kleiner Teil der Kammern muss ersetzt werden (rot)



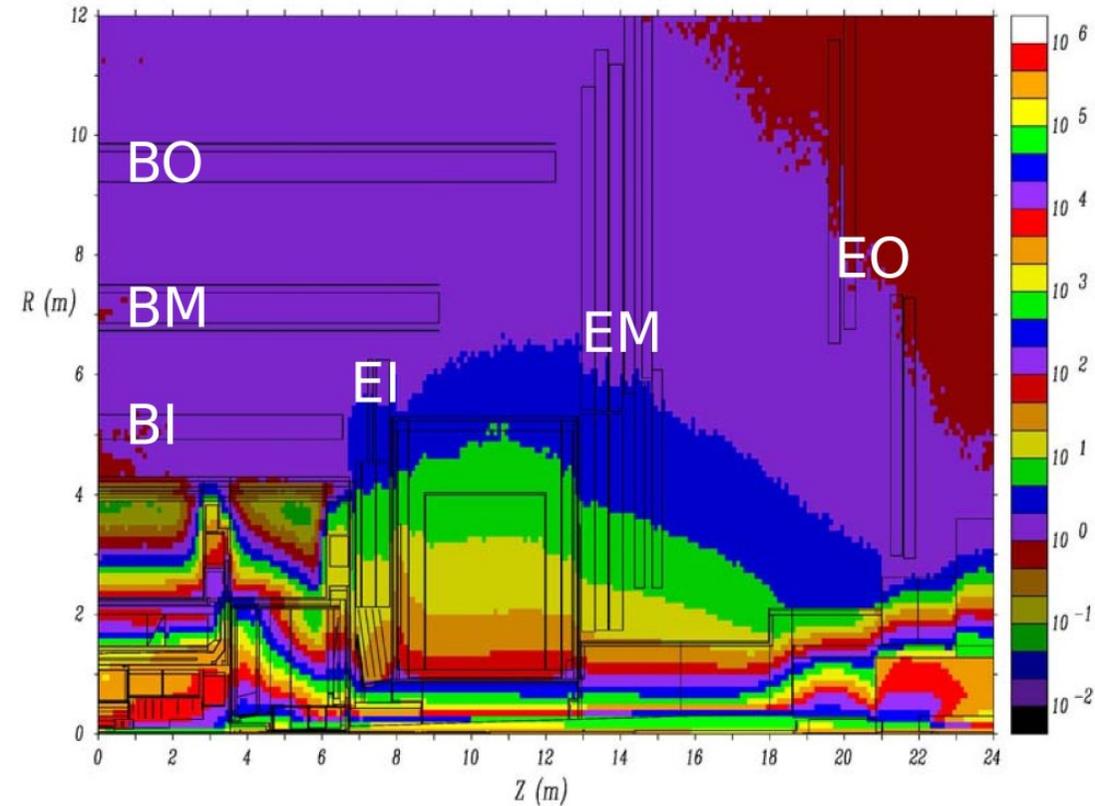
Szenarium 2: $\mathcal{L} = 5 \cdot 10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$
⇒ Großer Teil der Kammern in Vorwärtsrichtung muss ersetzt werden (rot)

Neutron and Photon Flux

Jan03 Base (24620) - Neutron Flux, $\text{KHz}/\text{cm}^{**2}$



Jan03 Base (24620) - Photon Flux, $\text{KHz}/\text{cm}^{**2}$



Proposed Position of First 15 mm Modules

