

Entwicklung hochauflösender Myondetektoren für sLHC

Bernhard Bittner¹, Jörg Dubbert¹, Oliver Kortner¹, Hubert Kroha¹, Robert Richter¹,
Federica Legger^{1,2}, Stefanie Adomeit², Otmar Biebel², Albert Engl², Ralf
Hertenberger², Felix Rauscher², Andre Zibell²

¹MPI für Physik, München, ² Ludwig-Maximilians-Universität, München

DPG Frühjahrstagung, Bonn, März 2010

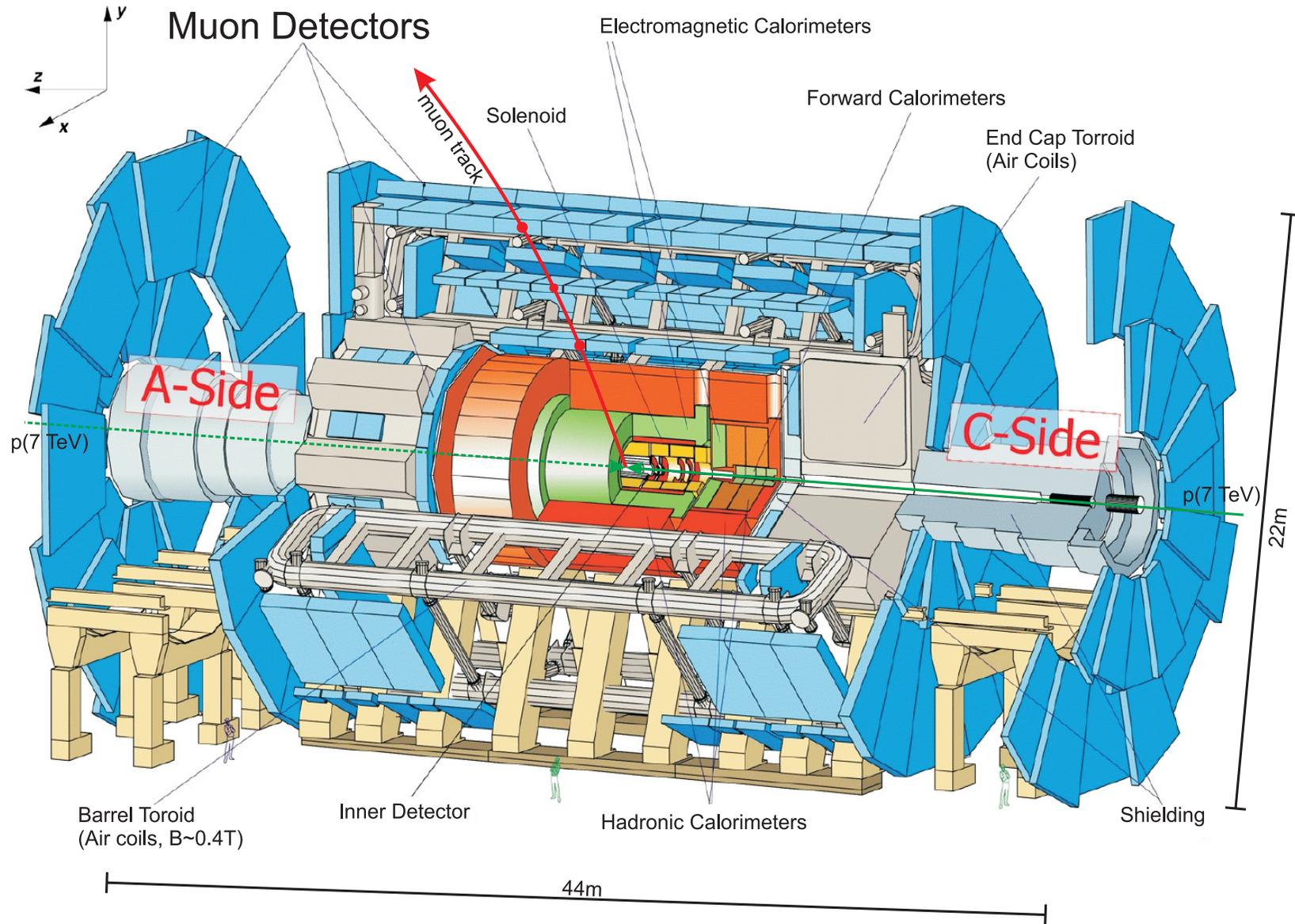


Max-Planck-Institut für Physik
(Werner-Heisenberg-Institut)



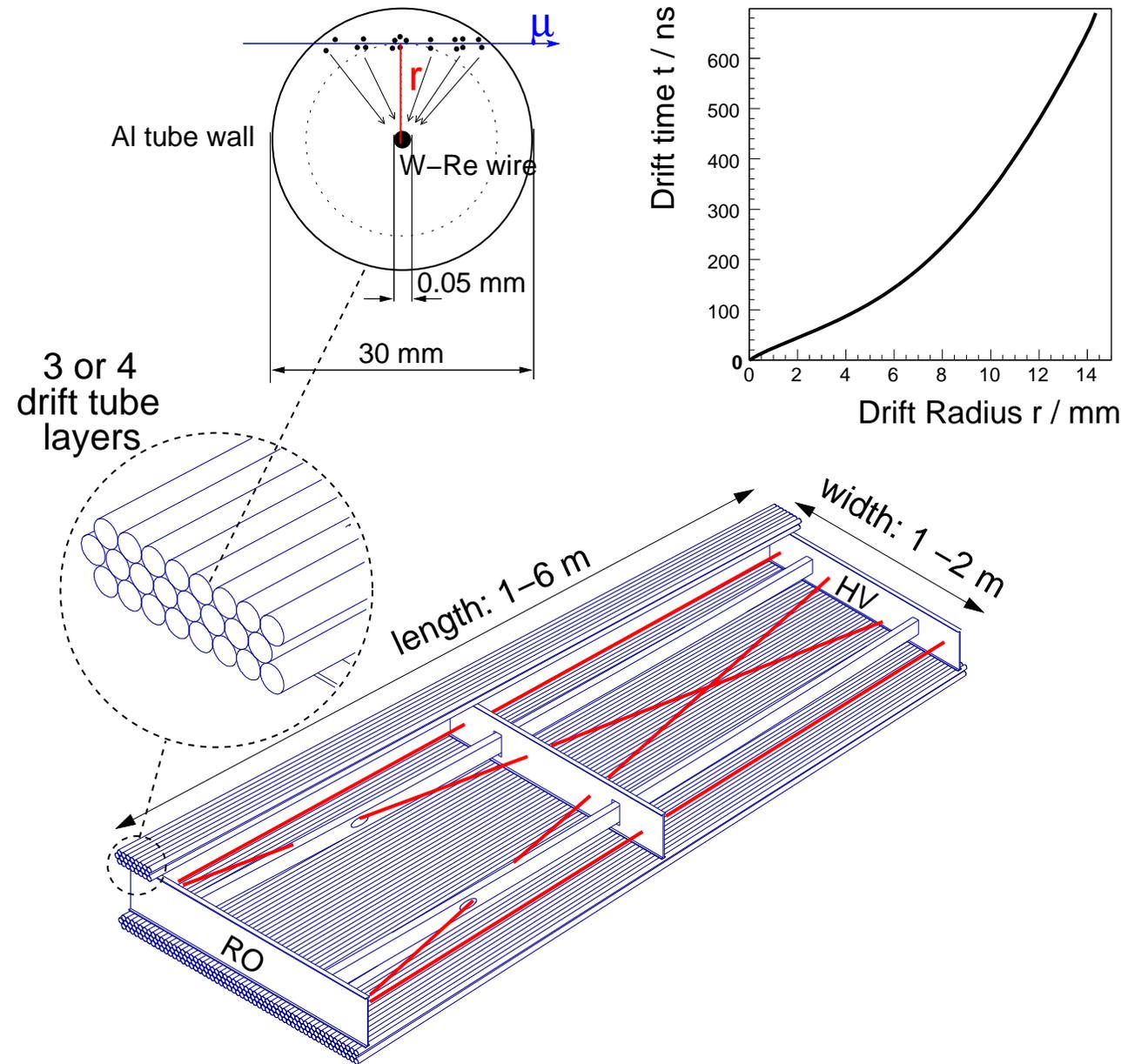
- 1 Untergrundraten bei normaler LHC und sLHC Luminosität
 - Erwartete Probleme
- 2 Unser Ansatz
- 3 Erste Tests mit den 15 mm Rohren
 - Tests in der GIF
 - Der erste Prototyp
 - Tests im hochenergetischen Myonenstrahl
 - Tests in der GIF (Teil II)
- 4 Zusammenfassung

Der ATLAS Detektor am LHC



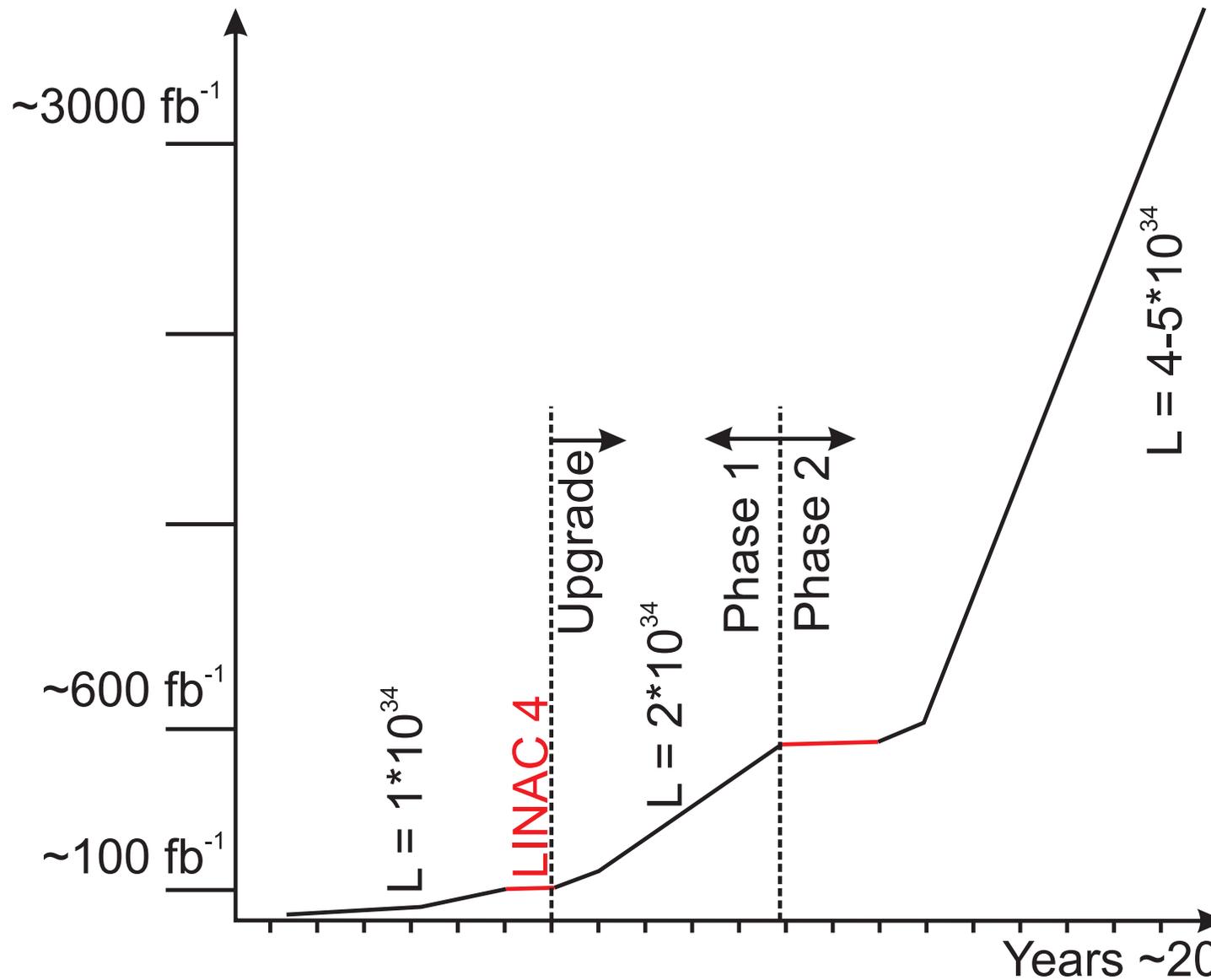
Myonimpulsauflösung beträgt 10% bei $p_T(\mu) = 1 \text{ TeV}$

Derzeitiges Design der Myondriftrohrkammern



- Gasmischung: $\text{Ar}/\text{CO}_2 = 93/7$
- Gasverstärkung: $2 \cdot 10^4$
- Max. Driftzeit: ≈ 700 ns
- Einzelrohrauflösung: $80 \mu\text{m}$
- Mechanische Genauigkeit: $20 \mu\text{m}$
- Kammerauflösung: $35 \mu\text{m}$

Aktueller Zeitplan für LHC & sLHC

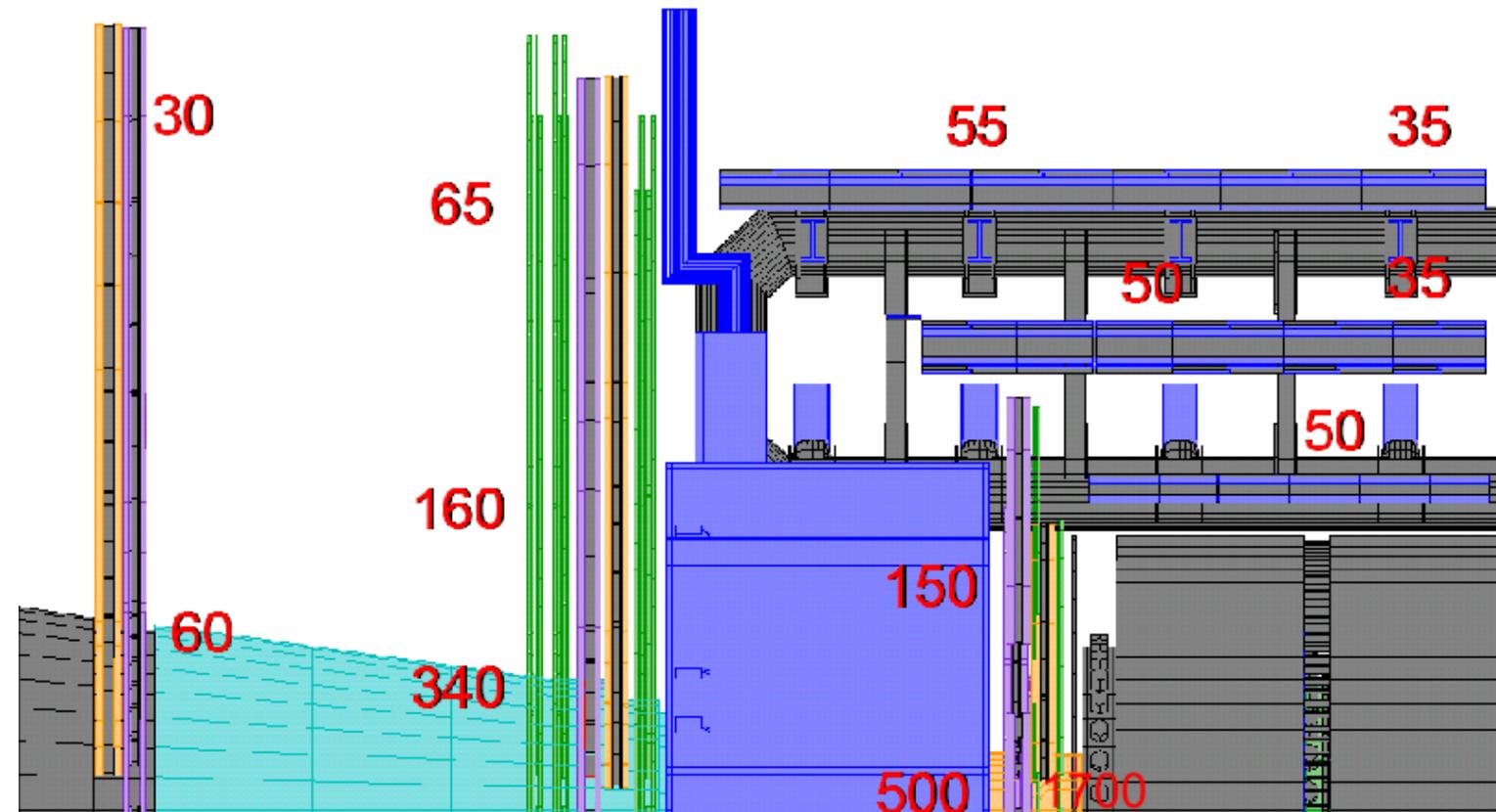


Quelle: Vortrag von Marzio Nessi (LHC Performance Workshop - Chamonix 2010)

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 ($\mathcal{L} = 10^{34} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$):

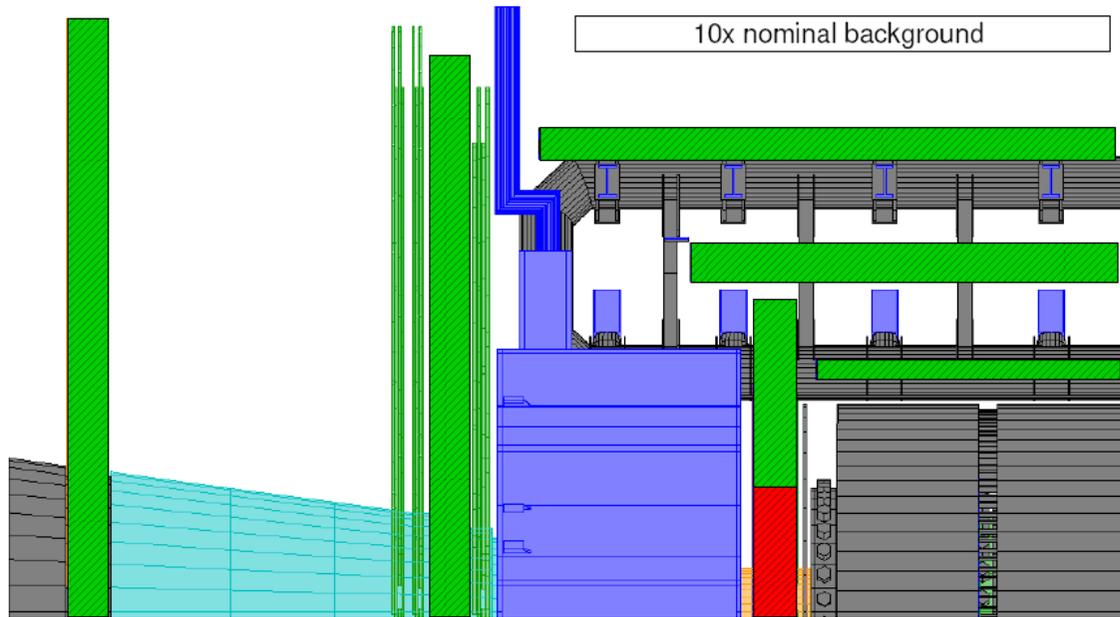


Große Unsicherheiten in den Simulationen \Rightarrow die berechneten Raten beinhalten einen Sicherheitsfaktor von 5!
Raten am (geplanten) sLHC sind ~ 5 mal höher
...

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

Belegung der Myonkammern bei sLHC-Luminosität

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



Szenarium 1: $\mathcal{L} = 2 \cdot 10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$

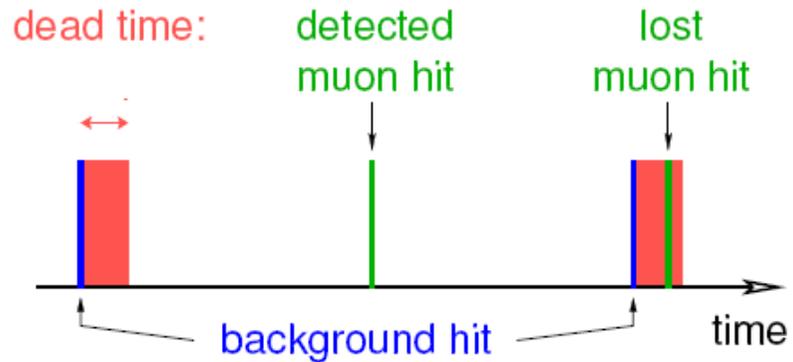
- Nur ein kleiner Teil der Kammern muss ersetzt werden (rot)
- Derzeitige Elektronik ausreichend



Szenarium 2: $\mathcal{L} = 5 \cdot 10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$

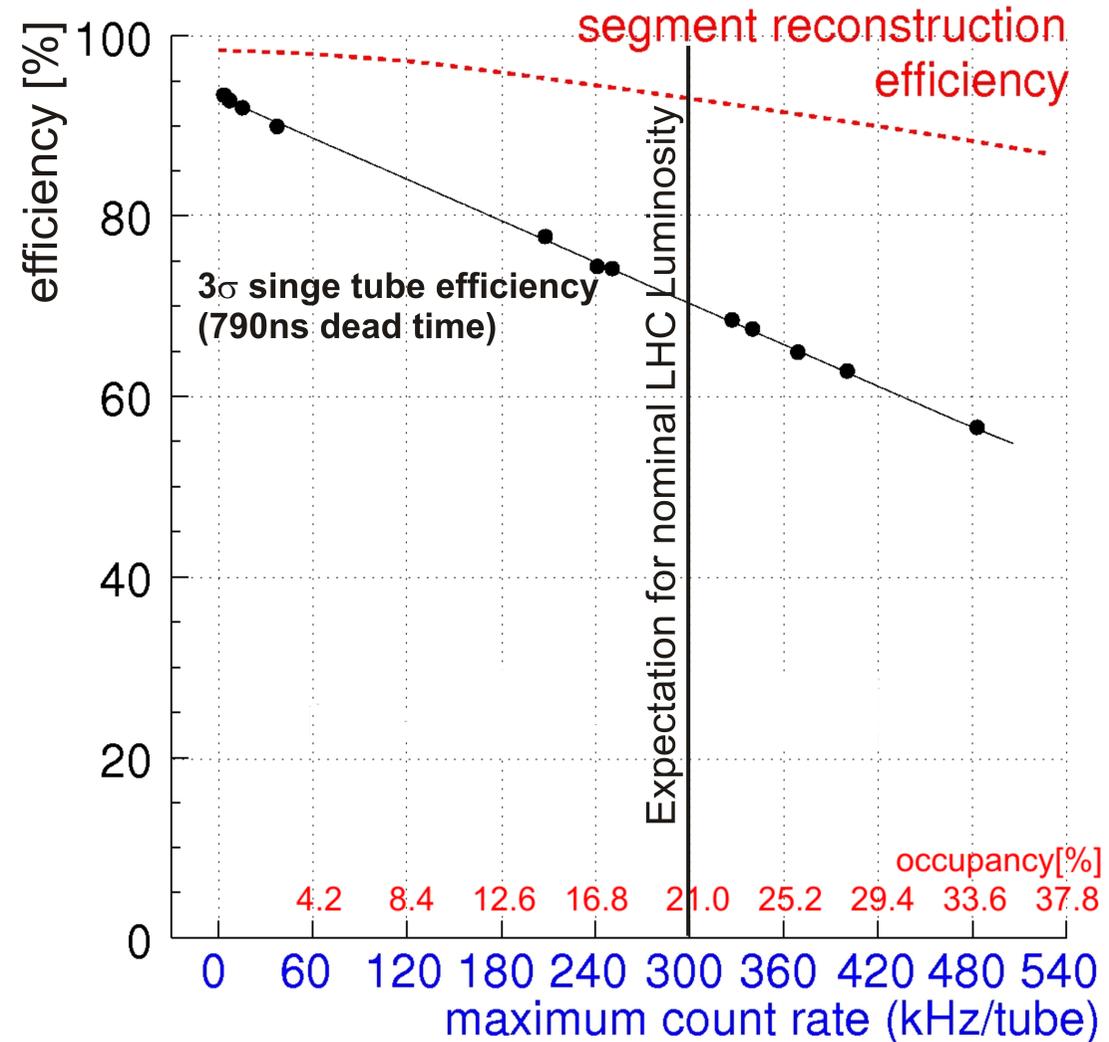
- Großer Teil der Kammern in Vorwärtsrichtung muss ersetzt werden (rot)
- Die Elektronikkomponenten müssen strahlenhärter werden

Effizienzprobleme bei hohen Untergrundraten

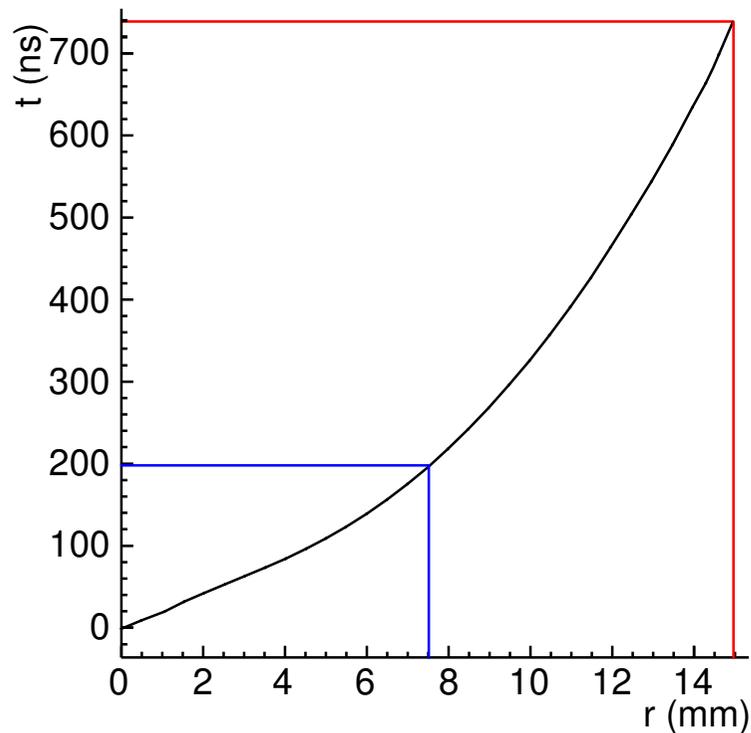


Die Totzeit ist von 200 ns bis 790 ns einstellbar.

Einige Myonentreffer werden durch Untergrundtreffer verdeckt. Bei der Belegungsrate von 21% ist die Spurrekonstruktionseffizienz aufgrund der redundanten Messung mit 6 Lagen aber noch bei $\approx 93\%$



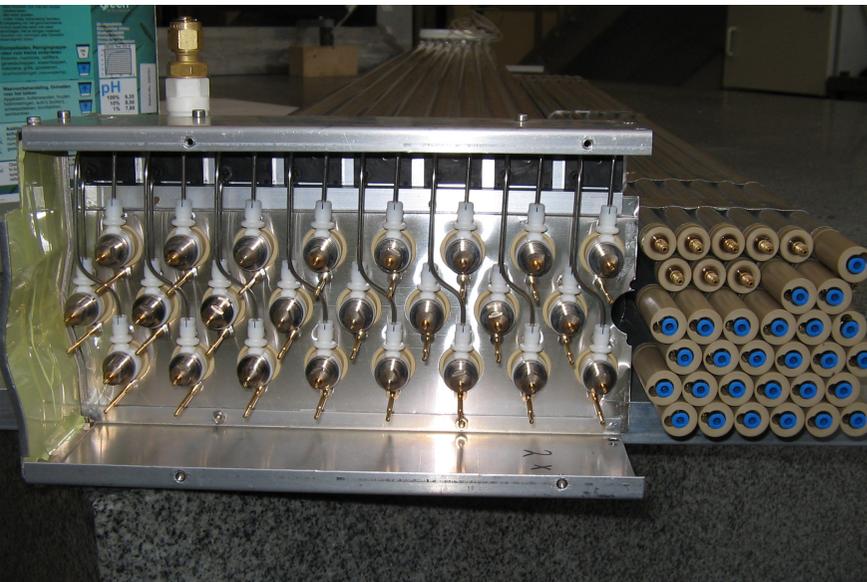
Unser Ansatz: Verkleinerung des Rohrdurchmessers



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** \rightarrow **200 ns**)
- Kleinerer Radius resultiert auch in **2x** weniger Untergrundtreffern (weniger Fläche pro Rohr)

\Rightarrow Gesamtfaktor von 7 (nötig wäre 4-5)



Gleizeitig wird die Anzahl der Rohrlagen verdoppelt \Rightarrow bessere Spurrekonstruktion durch mehr Redundanz in den Spurpunkten

Parameter and Erwartungen für 15 mm Rohre

Rohr \varnothing	15 mm	30 mm
Gas	93:7 Ar/CO ₂	93:7 Ar/CO ₂
Druck	3 bar	3 bar
Draht	50 μm W-Re	50 μm W-Re
Rohrwand	0.4 mm Al	0.4 mm Al
HV	2730	3080
Max. Driftzeit	200 ns	700 ns
Gasverstärkung	$2 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^4$

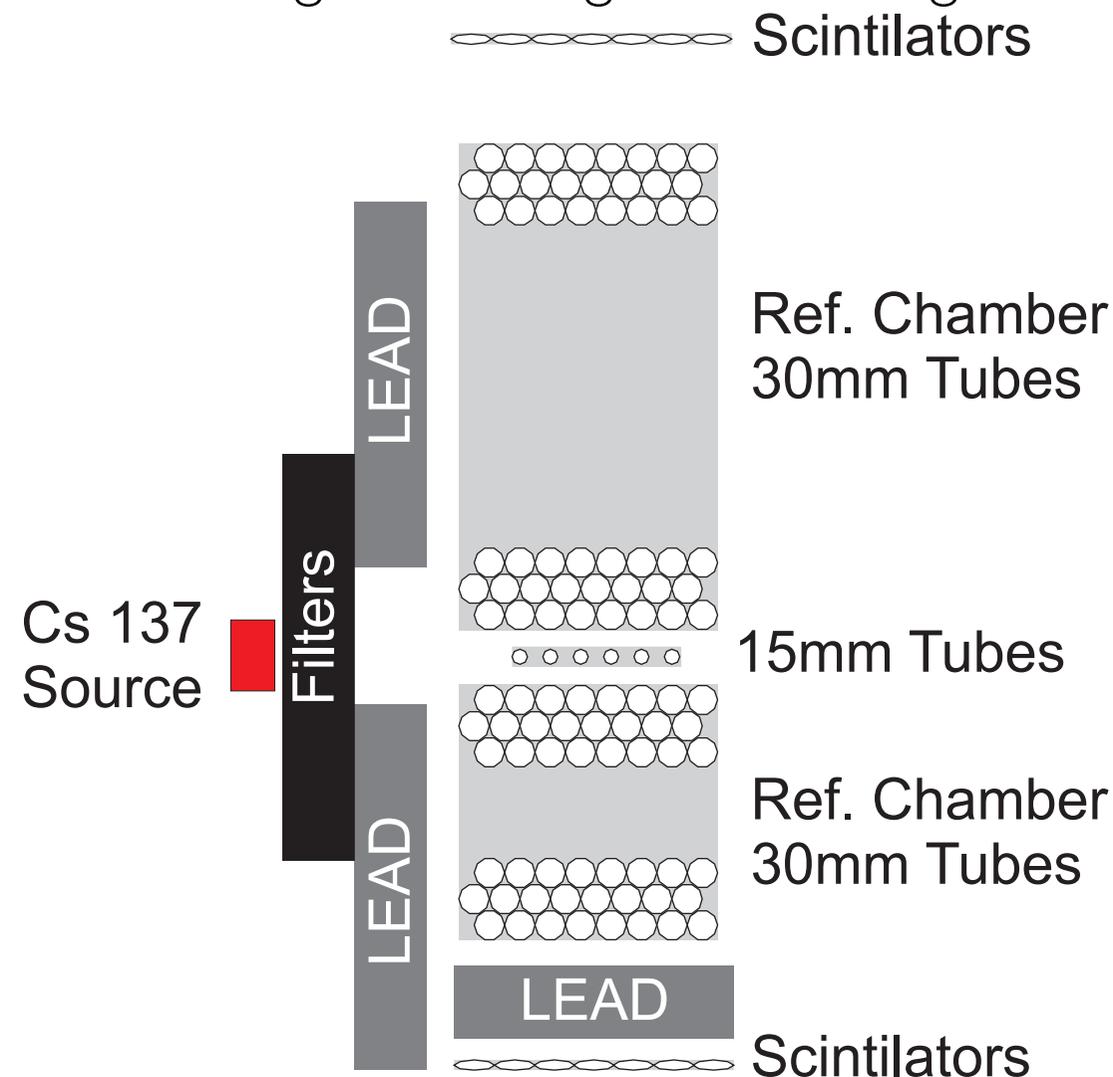
- Beibehalten von so vielen Parametern wie möglich um eine Integration in bestehende Systeme zu vereinfachen
- Gut bekannte Betriebsparameter mit vielen Referenzmessungen

Erwartete Belegung und Rate für unterschiedliche Untergrundraten

Luminosity [cm ⁻² s ⁻¹]	Counting rate 1m tubes [Hz]	Occupancy 15 mm	Occupancy 30 mm
Tube \varnothing	15 mm	15 mm	30 mm
1×10^{34}	250	2.5%	35%
2×10^{34}	500	5%	60%
5×10^{34}	1250	12.5%	100%

Hochratentests am CERN (GIF)

Simulation der Untergrundstrahlung durch eine sehr starke γ Quelle (~ 570 GBq)

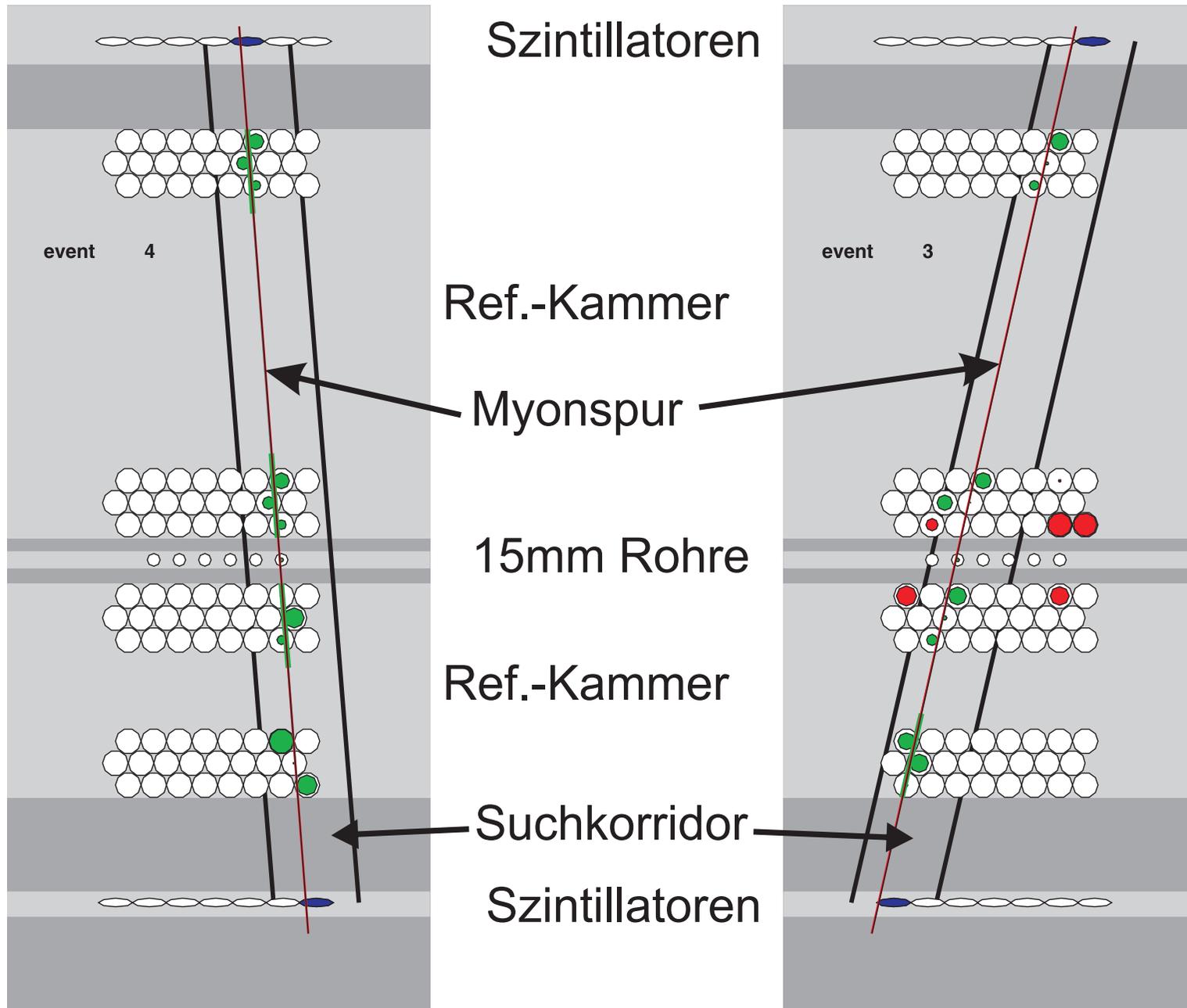


- Untergrundraten bis zu 1850 kHz/Rohr
- Härten des Myonspektrums mittels Bleiabsorbers
- Oberste und unterste Lagen der Referenzkammern sind von der Strahlung abgeschirmt \Rightarrow gute Spurrekonstruktion möglich
- Bestimmung von potentiellen Spurtreffern durch eine Vorauswahl mittels Szintillatoren (Vortrag T 56.6 von S. Adomeit, Dienstag Abend)

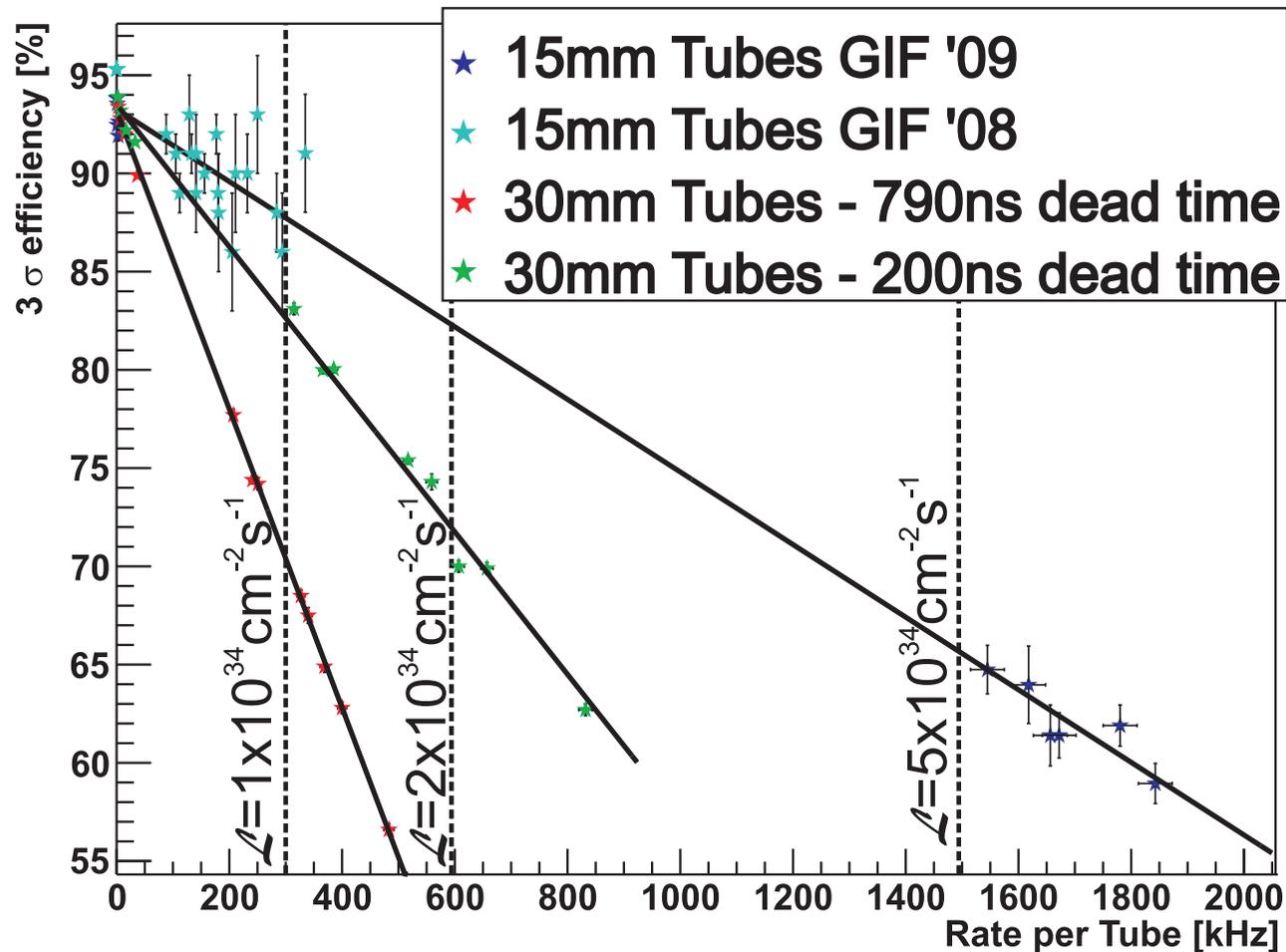
Beispielereignisse mit und ohne γ -Bestrahlung

Ohne Bestrahlung

Max. Bestrahlung



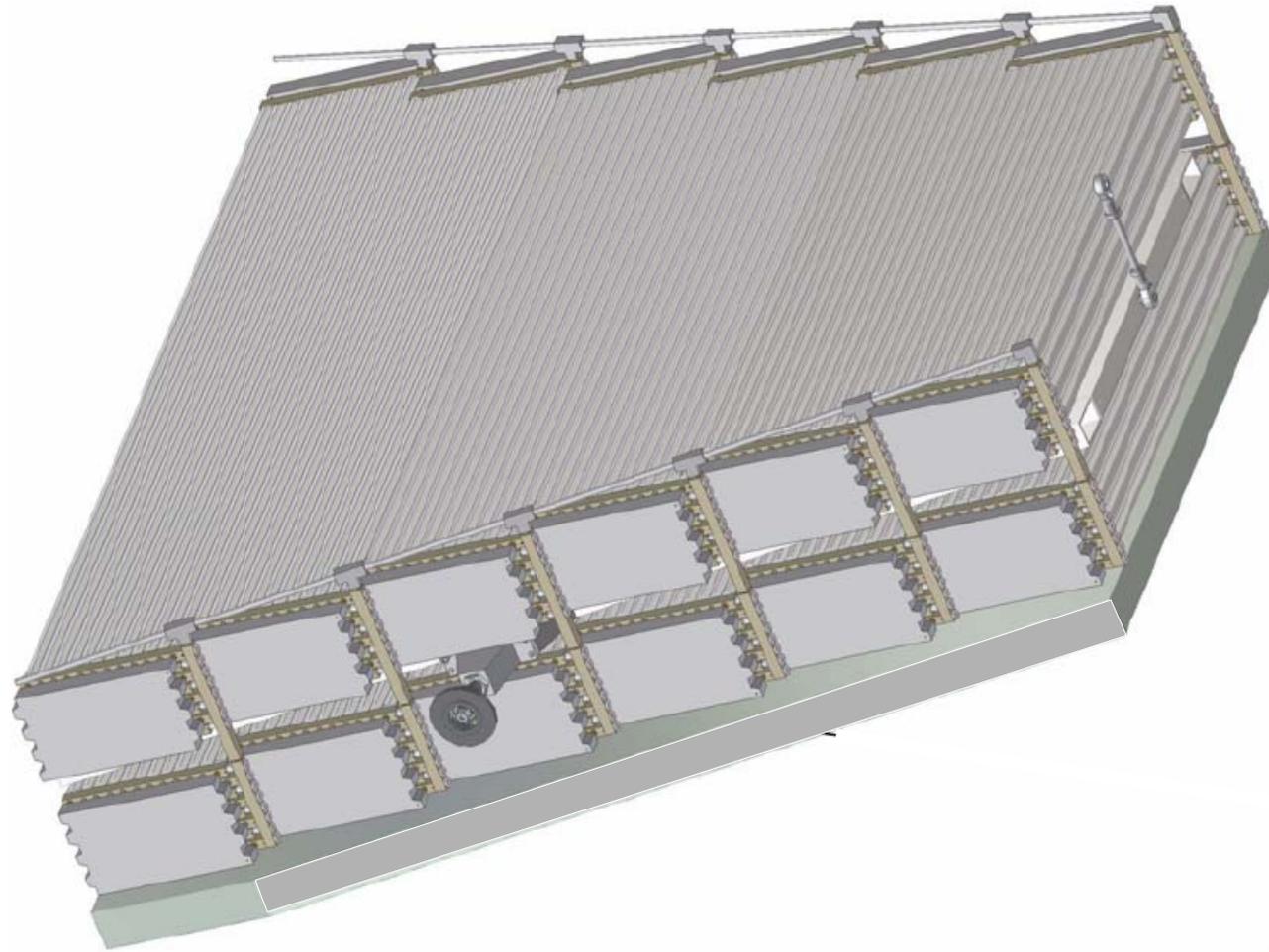
Ergebnisse der GIF-Tests – Einzelrohreffizienz



Deutliche Verbesserung des Hochratenverhaltens:

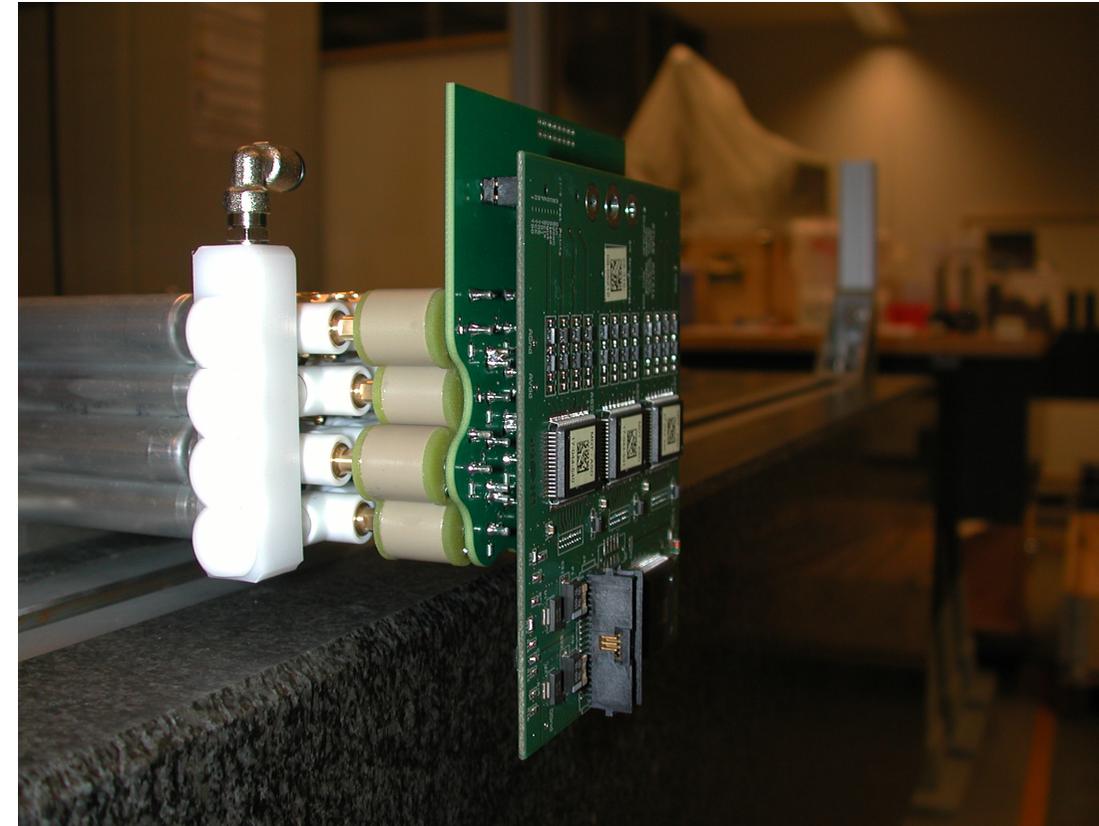
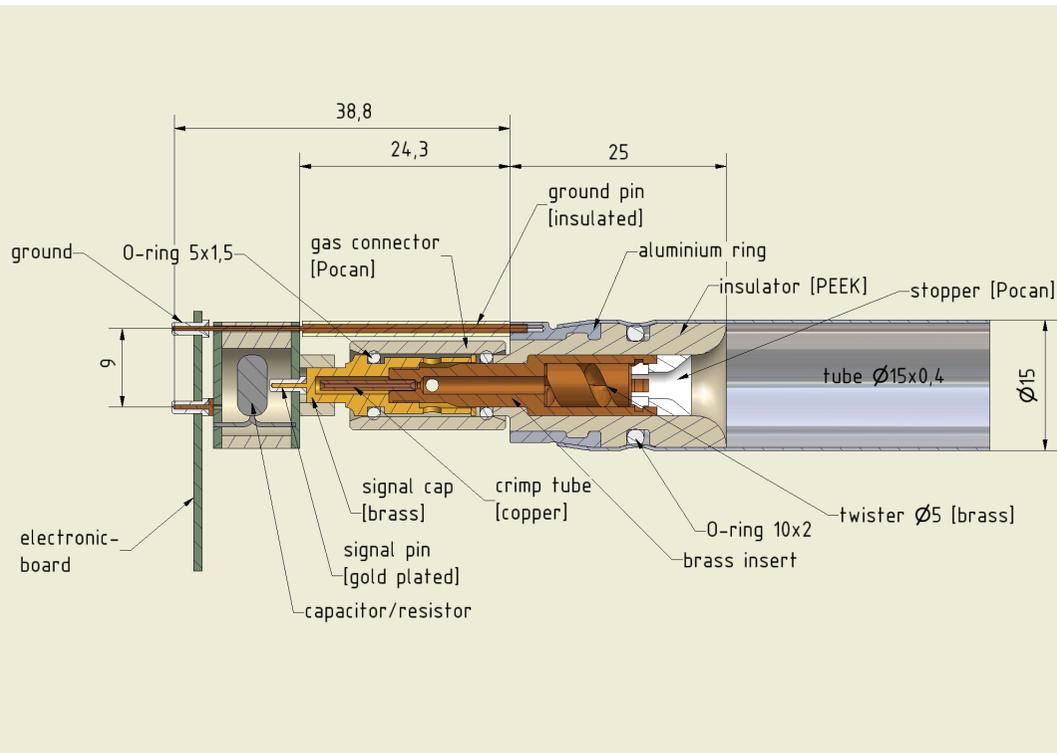
- Effizienz bei $\mathcal{L} = 5 \cdot 10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ vergleichbar mit $\mathcal{L} = 1 \cdot 10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ und 30 mm Rohren
- Höhere Spurrekonstruktionseffizienz wegen doppelter Redundanz

Entwurf für eine Kammer



Eine Kammer besteht aus zwei Multilagen mit je 8 Lagen 15 mm Rohre.
Trapezförmiges Design wegen der angedachten Einbauposition in den ATLAS
Myonspektrometer-Endkappen.
Eine erste Kammer soll bereits im Sommer im CERN Myonstrahl getestet werden.

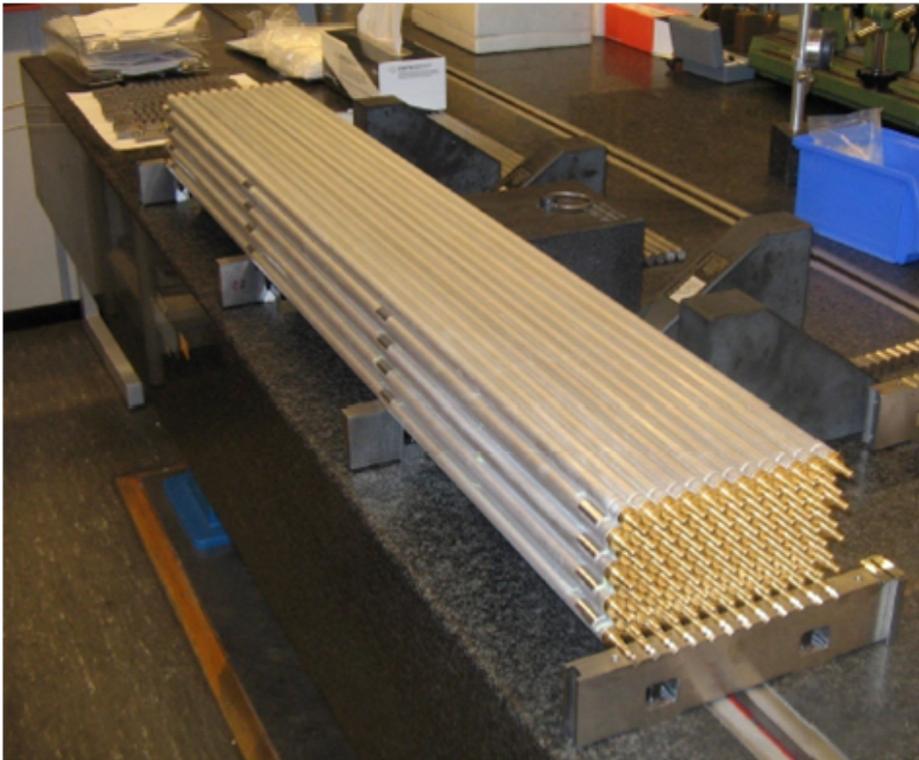
Design der Endstopfen und neuen Elektronikarten



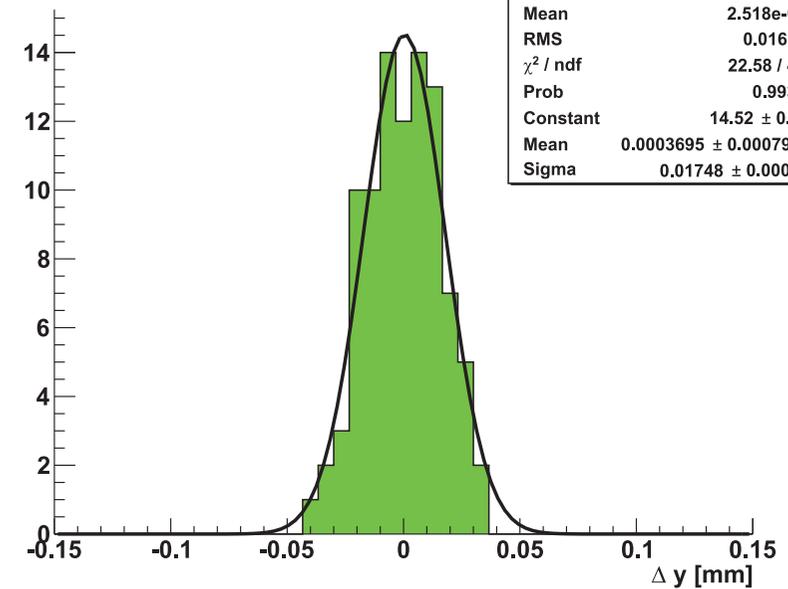
- Separate Tests der Elektronikkomponenten waren erfolgreich
- Zur Zeit wird ein Test der kompletten Infrastruktur vorbereitet, alle Komponenten sind bereits angefertigt
- Zeitgleich wird die Produktion eines weiteren Prototypen in voller Größe (1 m^2 , mehr als 1000 Rohre) vorbereitet

Drahtpositionierungsgenauigkeit

Konstruktion eines 8x12 Rohrbündels



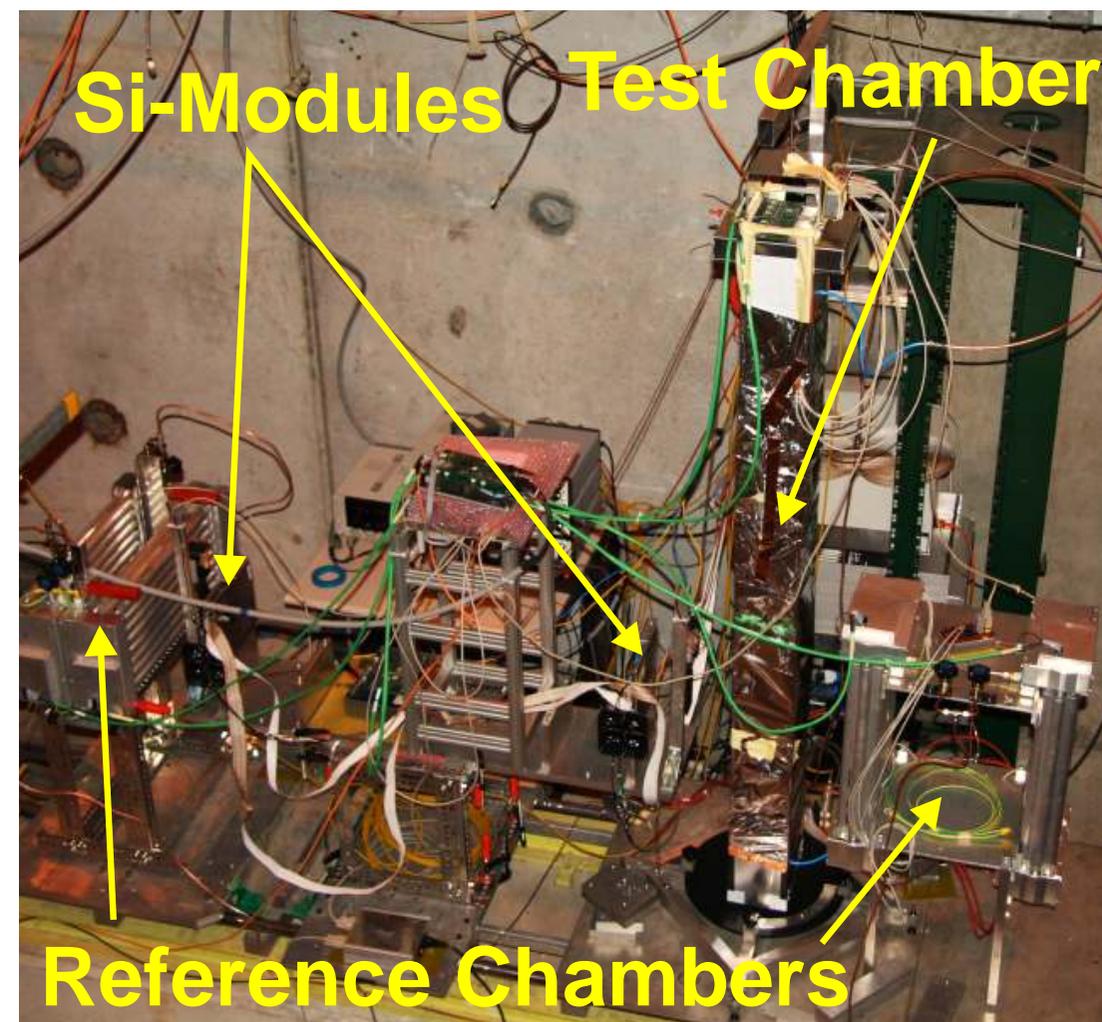
Wire Displacement



- Nutzung von Standard ATLAS-MDT Elektronik

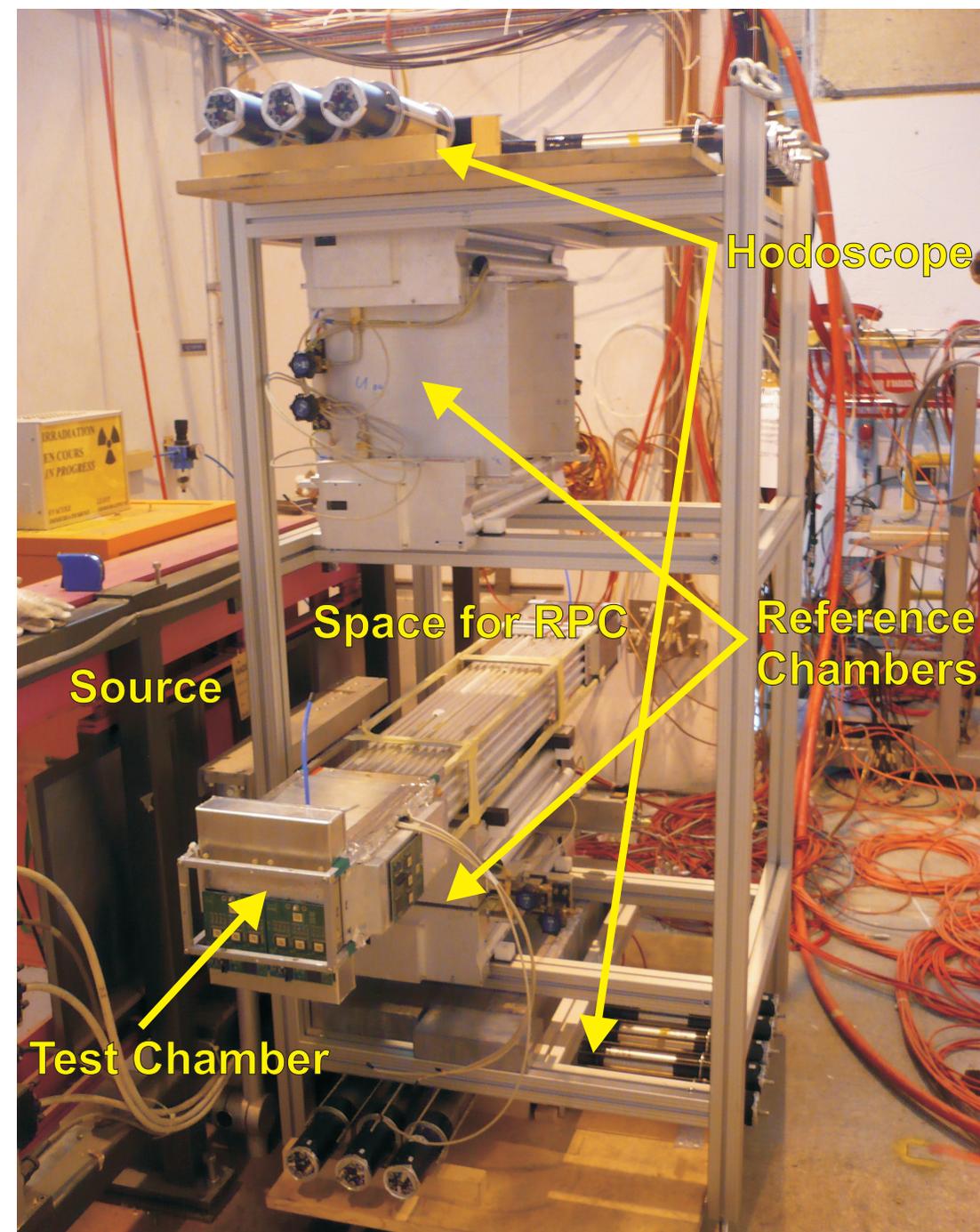
- Konstruktionsgenauigkeit besser als $20 \mu\text{m}$ (Vermessung wie bei Standard ATLAS Myonkammern)
- Die Gitterabstände sind in allen Lagen gleich
- Keine Ausreißer \Rightarrow sehr homogenes Gitter

Tests mit dem 96 Rohrbündel im Myonenstrahl am CERN



- Drehbar gelagerte Kammer zur Untersuchung verschiedener Spurwinkel
 - Siliziumstreifen-Detektoren als genaue Referenz
 - Referenz-MDT-Kammer für zusätzliche Spurpunkte und Vergleiche mit dem Prüfling
 - Datennahme mit verschiedenen Parametern (Diskriminatorschwellen, HV, etc)
- ⇒ Bestimmung der Ortsauflösung und Spurrekonstruktionsgenauigkeit

⇒ Vortrag von A. Engl (T 69.3, Donnerstag Abend)



- Prinzipiell der gleiche Aufbau wie im Frühjahr/Sommer '09, jedoch mit mehr Platz für $\frac{1}{2}$ Prüflinge zwischen den Referenzkammern
 - ⇒ Möglichkeit die Spurrekonstruktionseffizienz bei hohen Untergrundraten zu testen
- Datennahme und Auswertung laufen noch ...

Zusammenfassung

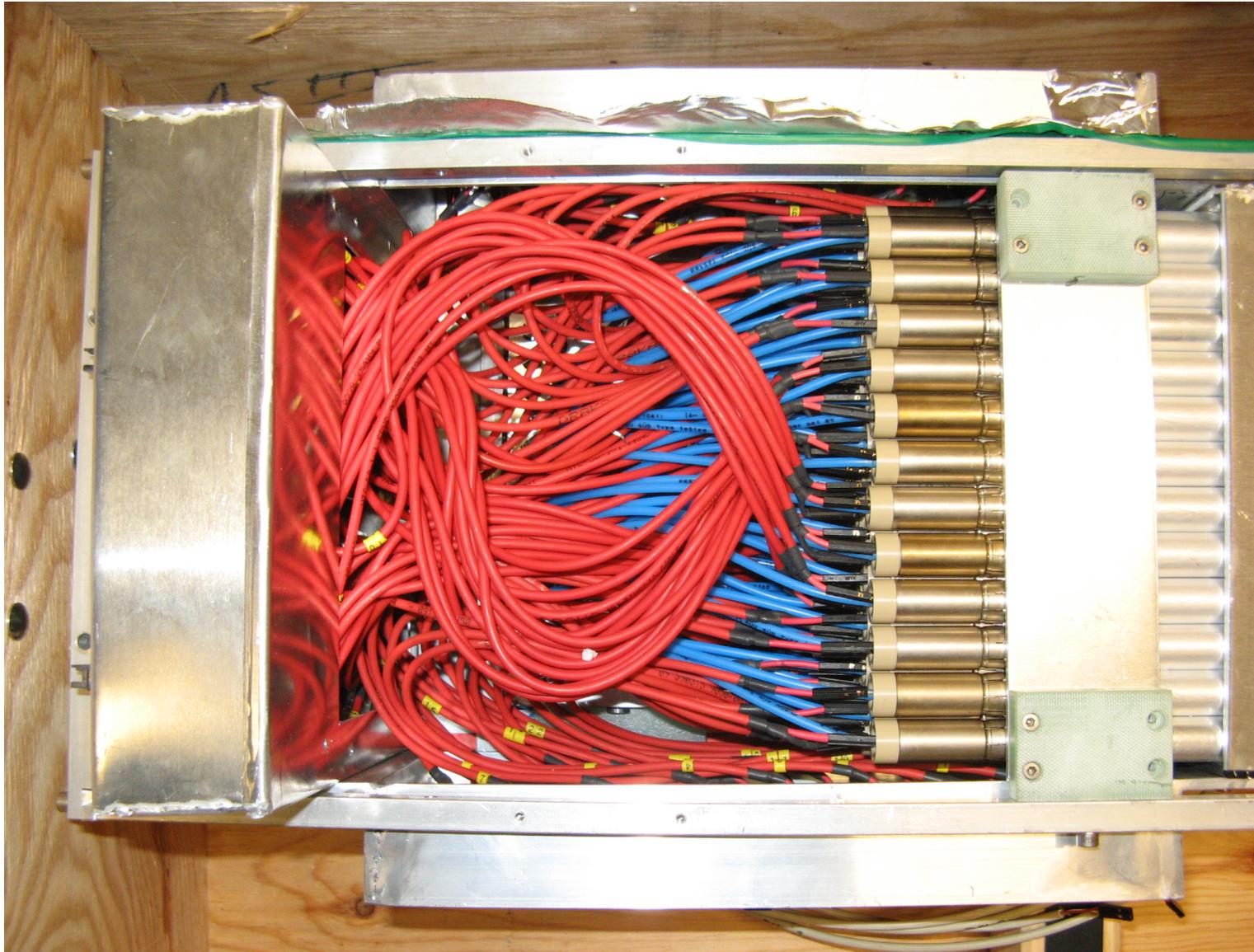
- Nach dem LHC Zeitplan müssen neue Detektortechnologien für das ATLAS-Myonspektrometer bis 2017 einsatzbereit sein \Rightarrow Entwicklung muss bald abgeschlossen werden
 - **Ansatz:** Driftrohrkammern aus Rohren mit 15 mm Durchmesser
 - Hochratentests zeigen eine gute Übereinstimmung mit den Erwartungen
 - 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!

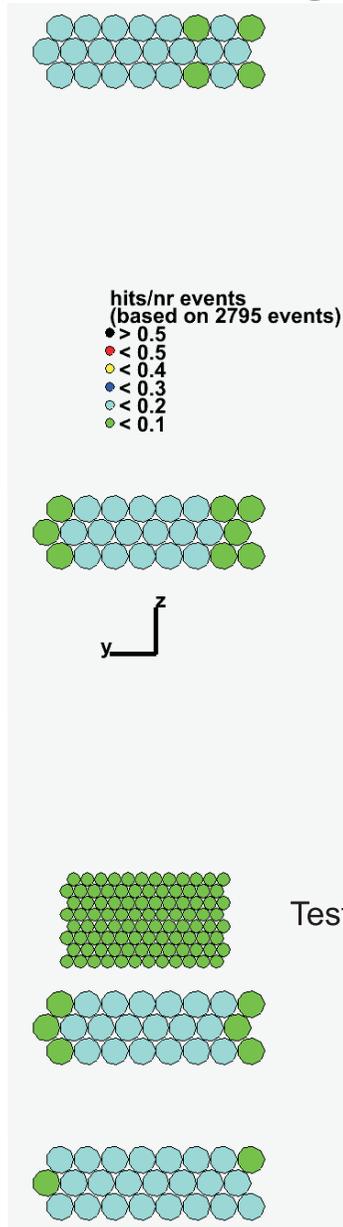
Backup



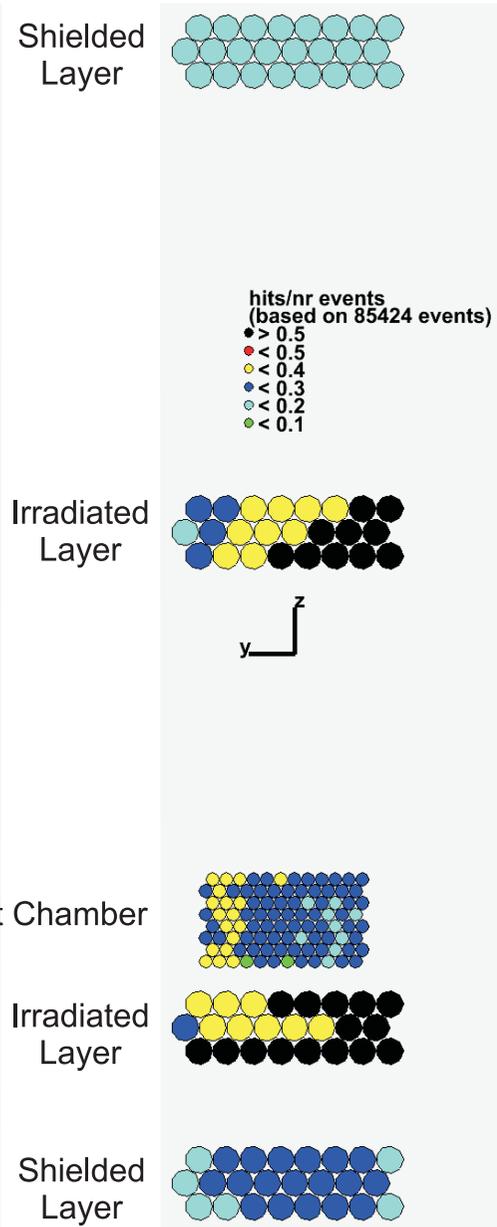
Anschlüsse über Kabel und Schläuche da noch keine neuen Elektronik- und Gaskomponenten zur Verfügung standen

Trefferverteilung mit und ohne γ Bestrahlung

Keine Strahlung



Max. Bestrahlung



- Oberste und unterste Lage der Referenzkammern sind abgeschirmt \Rightarrow gute Spurrekonstruktionsgenauigkeit
- Mittlere Lagen sind nicht abgeschirmt \Rightarrow schlechte Effizienz in den 30 mm Rohren und echte Myonentreffer sind schwer zu finden
- Die niedrigere Belegung in der Testkammer (am nächsten an der Quelle) ist deutlich sichtbar!