



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

Serienfertigung der Driftrohrkammern für das ATLAS-Myonspektrometer

[Sandra Horvat](#), Jörg Dubbert, Oliver Kortner, Serguei Kotov,
Hubert Kroha, Susanne Mohrdieck-Möck, Robert Richter

ATLAS-Myonspektrometer

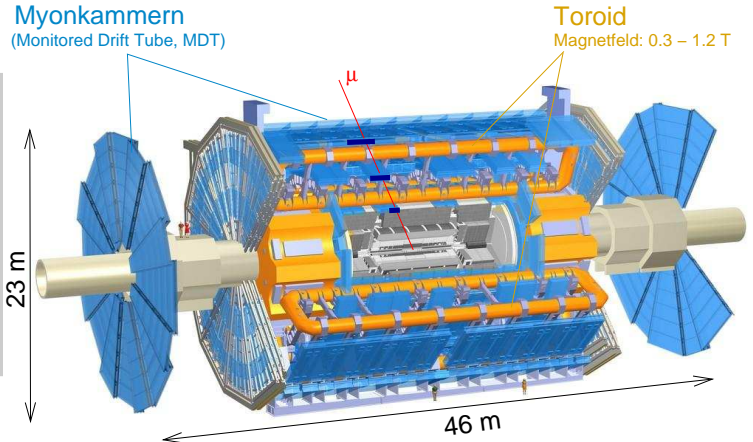
Genauere Messung der Myonimpulse im toroidalen Magnetfeld:
(2700 Triggerkammern, 1200 Präzisionskammern)

Anforderungen:

$$\frac{\Delta p_T}{p_T} = 3-10\% \text{ für } p_T = 10-1000 \text{ GeV}/c$$

↓
Auflösung der
Spurkrümmung
in 3-Kammer-Türmen:

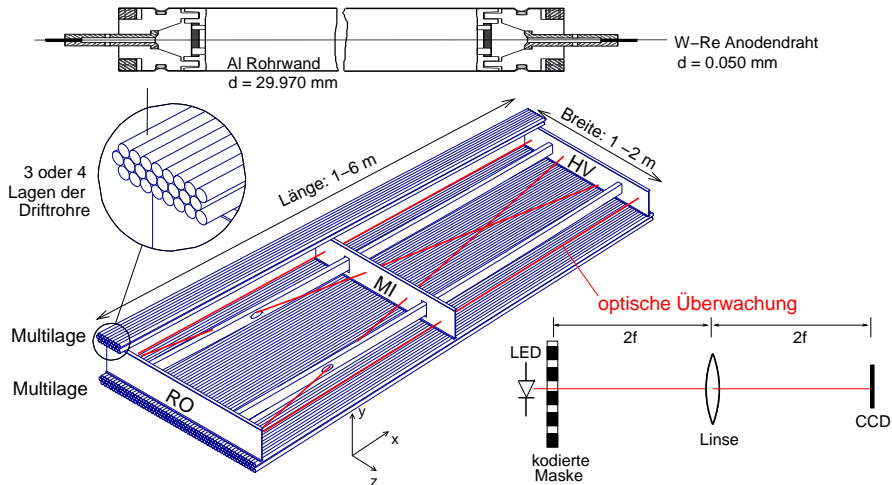
50 μm .



88+13 Präzisionskammern für die äußerste Lage des Barrelbereiches
(BOS, Barrel Outer Small) wurden 2001-2005 am MPI gefertigt.

MDT-Driftrohrkammern

Driftrohr: Ar:CO₂ (93:7), Gasverstärkung $2 \cdot 10^4$ (3080 V)



Genauigkeit der Drahtpositionierung in einer Kammer: $20 \mu\text{m}$ (r.m.s)
⇒ strenge Anforderungen an die Kammermontage

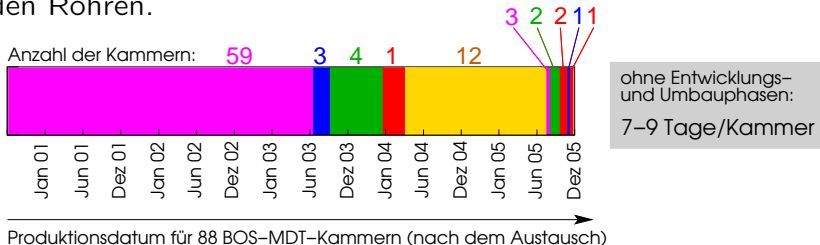
Kammerproduktion am MPI

88 sechslagige Kammern, 3920 mm Länge, verschiedene Breiten:

- 62 × 2160 mm
- 4 × 1920 mm
- 6 × 1440 mm
- 4 × 1200 mm
- 12 × 1920 mm mit Ausschnitt

10 von 13 zusätzliche Reservekammern als Ersatzkammern benötigt:

- 4 Kammern ausgetauscht wegen Verformungen nach der Montage.
- 6 Kammern ausgetauscht wegen Risse in den Verschlussstopfen an den Rohren.

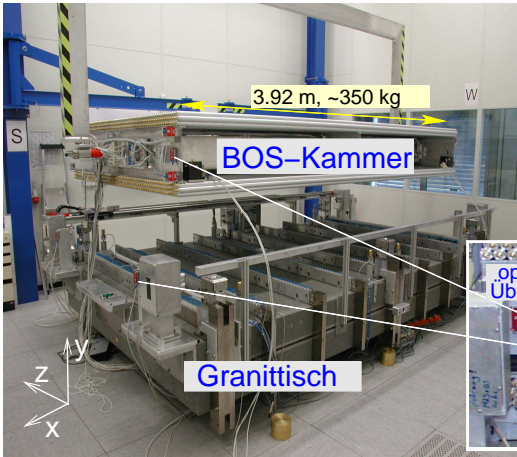


Kammermontage im Reinraum

Driftrohrlagen werden nacheinander an die Tragestruktur geklebt.

Vorgehensweise für jede Driftrohrlage:

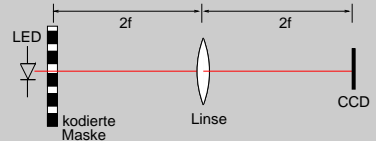
- Drahtzentrierung im Rohr: $7 \mu\text{m}$
- Rohrpositionierung in Kämmen: $5 \mu\text{m}$, Verteilung des Klebstoffs auf die Rohre
- Tragestruktur abgesetzt auf den Tisch, 6 Stütztürme ermöglichen eine Positionierungsgenauigkeit von $5 \mu\text{m}$
- Kammverformung unter Eigenlast kompensiert anhand der Druckluftzylinder



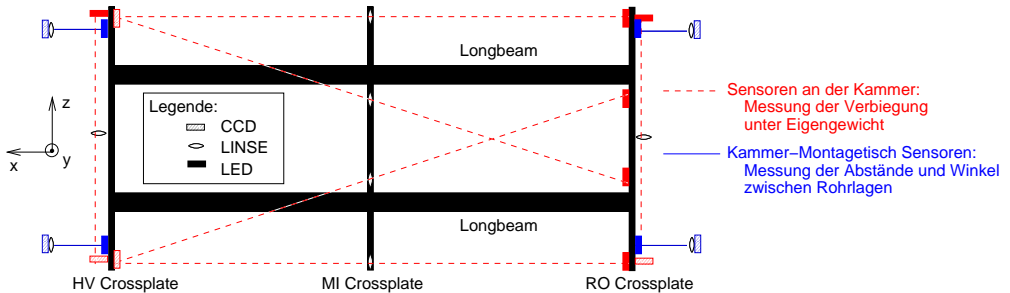
- mechanische und optische Positionsüberwachung, Genauigkeit $10 \mu\text{m}$ \Rightarrow

Optische Geometrieüberwachung

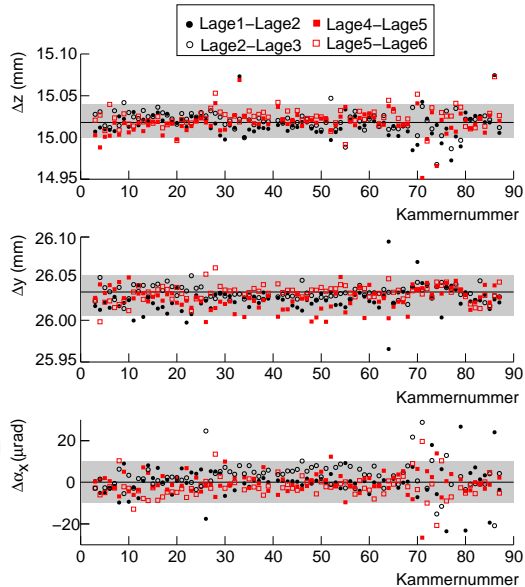
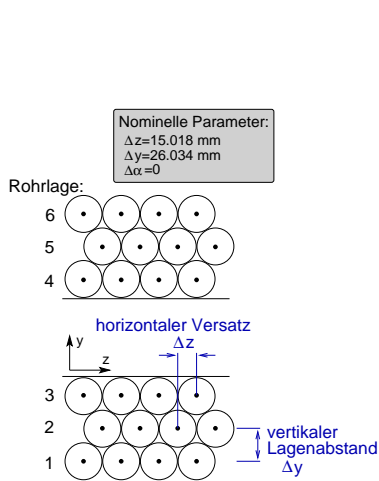
Optisches Überwachungssystem "RASNIK":



RASNIK-Lichtachsen an der Kammer und am Montagetisch:
(Ansicht von oben)

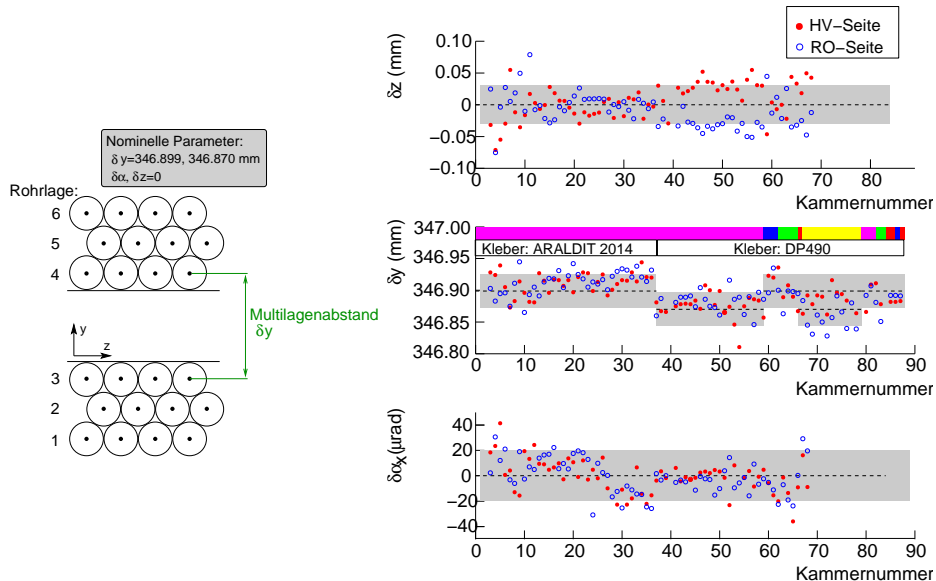


Geometrieüberwachung: benachbarte Rohrlagen



- $\sigma(\Delta z) = 9 \mu\text{m}$, $\sigma(\Delta y) = 12 \mu\text{m}$, $\sigma(\Delta \alpha) = 5 \mu\text{rad}$

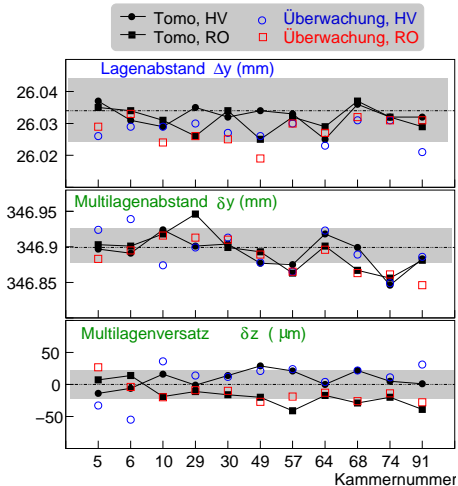
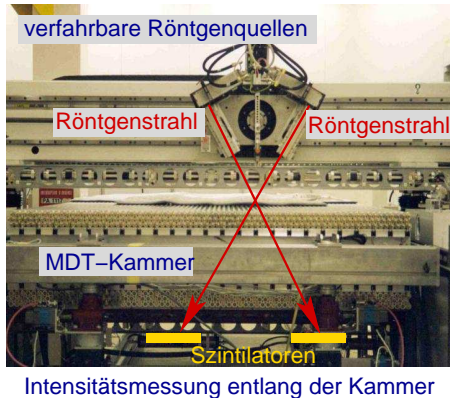
Geometrieüberwachung: Multilagen



• $\sigma(\delta z) = 20 \mu\text{m}$, $\sigma(\delta y) = 20 \mu\text{m}$, $\sigma(\delta \alpha) = 30 \mu\text{rad}$

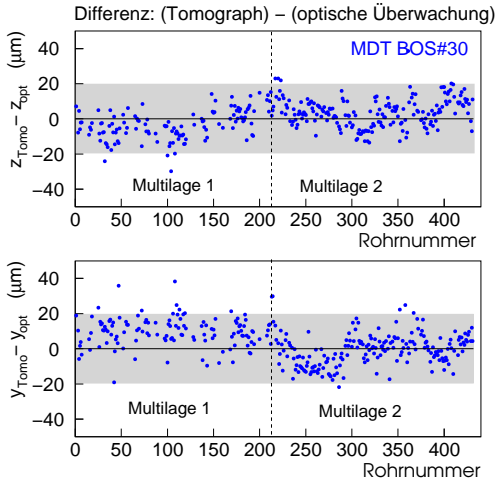
Vergleich mit der Messung am Röntgentomographen

- 15% der Kammern vermessen am Röntgentomographen am CERN
- Messgenauigkeit des Tomographen: $2 \mu\text{m}$ (stat.) + $2 \mu\text{m}$ (syst.)



Auflösung rekonstruierter Drahtpositionen

- optische Überwachung + Drahtposition relativ zur Rohrmitte = Drahtposition (y_{opt}, z_{opt}) in der Kammer



Alle geröntgten Kammern:

$$\sigma(P_{Tomog} - P_{opt}) = 11.3 \mu\text{m}$$

$$\sigma(P_{Tomog} - P_{nominell}) = 13.8 \mu\text{m}$$

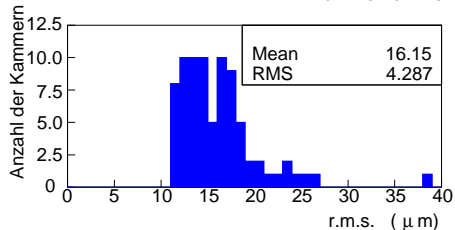
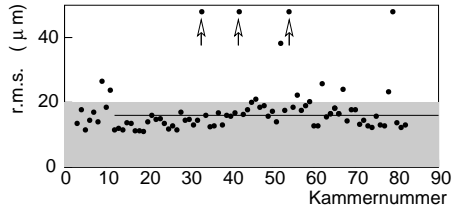
$$\sigma(P_{opt} - P_{nominell}) = 16.5 \mu\text{m}$$

$$\sigma_{opt} = \sigma(P_{opt} - P_{wahr}) = (11 \pm 1) \mu\text{m}$$

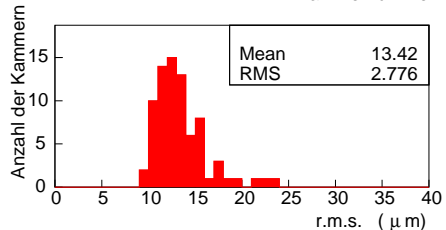
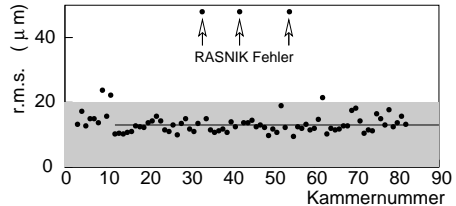
- opt. Überwachung empfindlich auf Geometrieabweichungen

Mechanische Kammerpräzision

Abweichung der Drahtpositionen vom nominellen Gitter



Abweichung der Drahtpositionen vom gemessenen Gitter (Multilagenpar.)

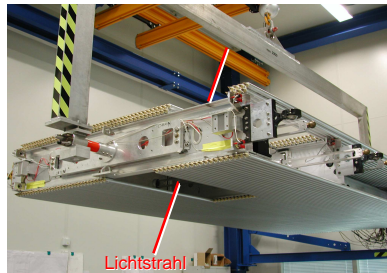
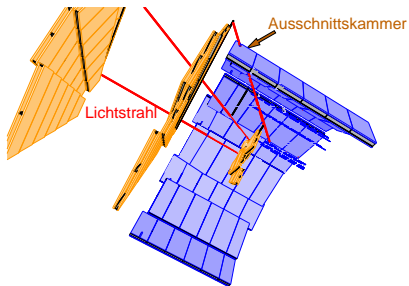


ATLAS-Software ermöglicht eine Umstellung der nominellen Kammergeometrie auf die gemessenen Multilagenparameter:

Mechanische Präzision ist innerhalb der Toleranz.

Ausschnittskammern

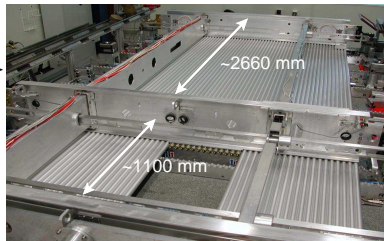
Ausschnitte am Rande des Barrelbereiches, fürs optische Alignment.



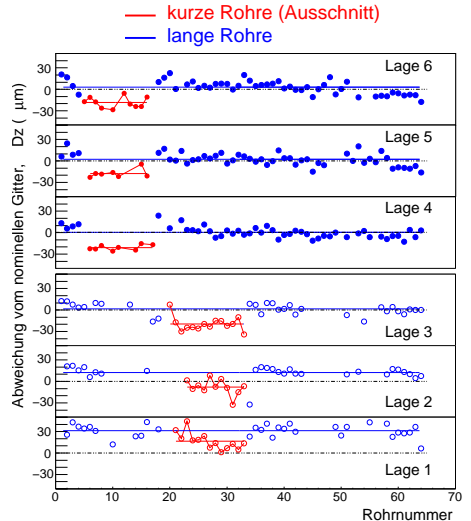
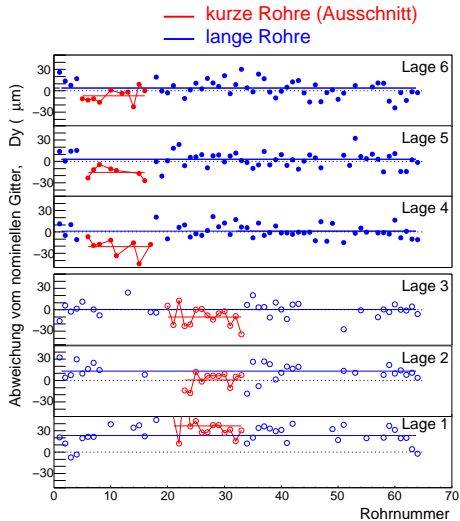
Wesentliche Veränderungen des Kammerdesigns und der Montage
(MI-Crossplate, Stütztürme, RASNIK-Masken, Durchhangkompensierung)

Endgültiges Design ⇒

Einjährige Entwicklung und Tests, 3 Dummy-Kammern.



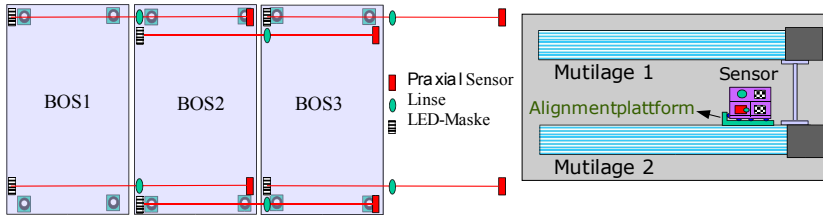
Mechanische Präzision der Ausschnittskammer



Ausschnittsbereich nur leicht versetzt im Vergleich zu den langen Rohren, innerhalb der strengen Toleranz.

Positionierung der Alignmentplattformen

Praxialsensoren zur Überwachung relativer Kammerpositionen in einer Barrellage:

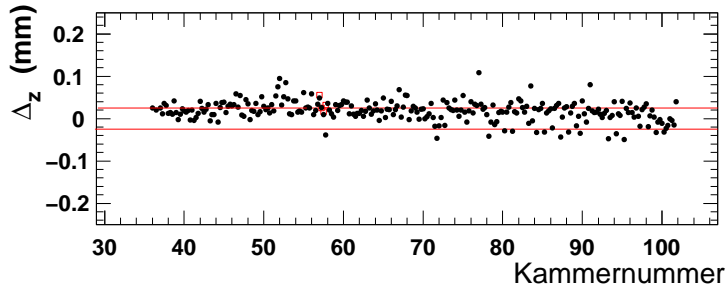
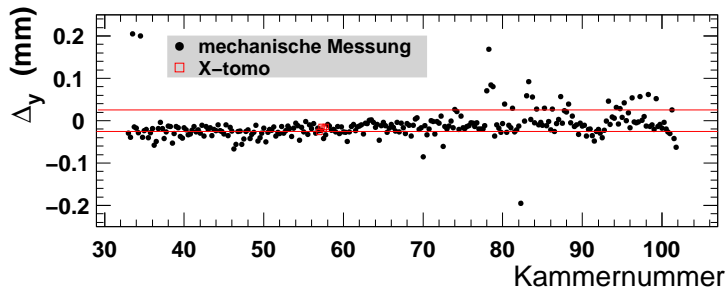


Messung der Plattformposition

- Präzision:
50 μ rad / 5 μ m in θ_x , θ_z und y
100 μ rad / 10 μ m in θ_y und z



Genauigkeit der Plattformpositionierung



Streuung der Plattformpositionen ist innerhalb (strenger) Toleranz.

(Kein) Ende

Mehrjährige anspruchsvolle **Produktion der MDT-Driftrohrkammern** am MPI wurde **erfolgreich abgeschlossen**.

- **Mechanische Kammerpräzision zertifiziert** durch die Positionsüberwachung während der Kammermontage, so wie Messungen am Röntgentomographen und am Höhenstrahlmesstand (LMU, T 704.5).
- **Einbau in den ATLAS-Detektor** ist gerade unterwegs.

