

# Gaskühlung eines dünnen Silizium-Pixeldetektors für das Mu3e-Experiment

Adrian Herkert  
für die Mu3e-Kollaboration

Physikalisches Institut  
Universität Heidelberg

26.03.2014



# Das Mu3e-Experiment

Suche nach dem Zerfall  $\mu^+ \rightarrow e^+ e^- e^+$



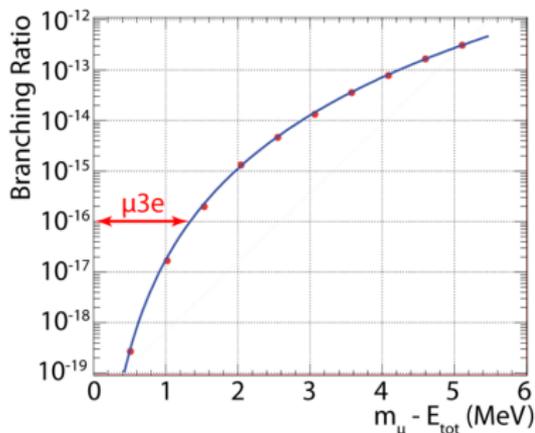
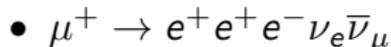
- angestrebte Sensitivität für das Verzweigungsverhältnis:  $10^{-16}$
- wird durchgeführt am PSI
- Phase I ab 2015:  $\sim 10^8$  Myonen/s
- Phase II ab 2019:  $> 10^9$  Myonen/s (HiMB)

# Das Mu3e-Experiment

## Untergrund



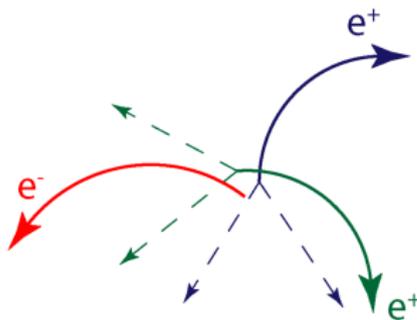
### Interne Konversion



→ hohe Impulsauflösung  
notwendig

### Zufällige Ereignisse

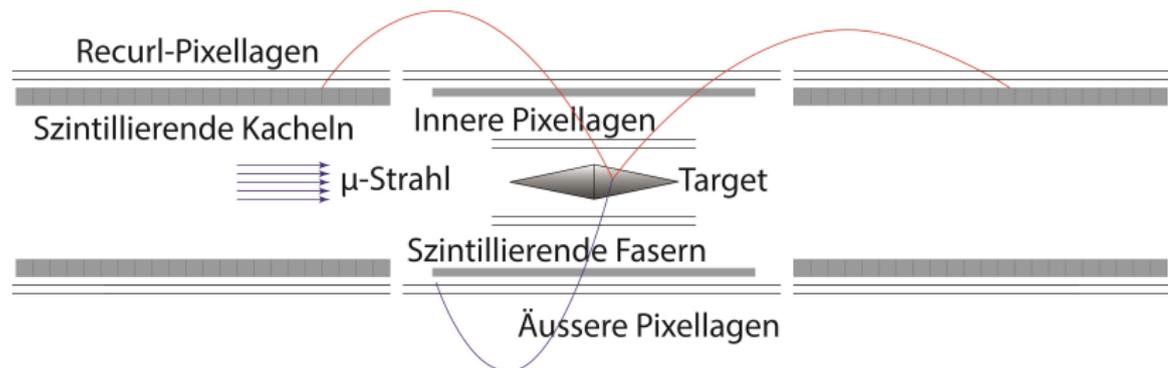
- Kombination aus  
gewöhnlichem Myonzerfall  
und zusätzlichem  $e^-$



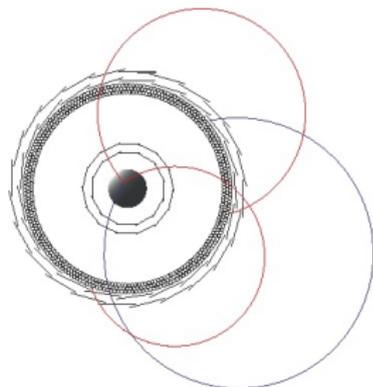
→ hohe Impuls-, Zeit- und  
Verteauslösung notwendig

# Das Mu3e-Experiment

## Detektordesign



- $B = 1 \text{ T}$
- Spurdetektor: 4 zylindrische Lagen dünner Silizium-Pixelsensoren
- Zeitmessung:
  - Szintillierende Fasern ( $\sigma_t \sim 1 \text{ ns}$ )
  - Szintillierende Kacheln ( $\sigma_t \sim 100 \text{ ps}$ )



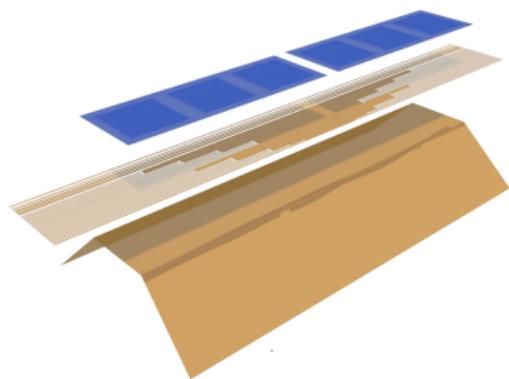
# Der Spurdetektor



Energie der Zerfallselektronen  $\leq 53 \text{ MeV}$

→ Mehrfachstreuung dominiert

→ Detektor aus Minimum an Material



- High Voltage Monolithic Active Pixel Sensors (HV-MAPS)
  - schnell (Driftzeit  $< 10 \text{ ns}$ )
  - können auf  $50 \mu\text{m}$  gedünnt werden

(s. T88.9, L. Huth & T115.4, M. Kiehn)

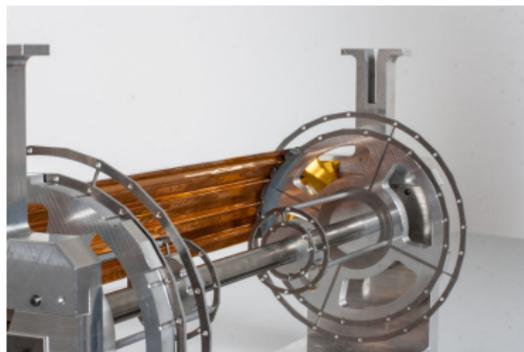
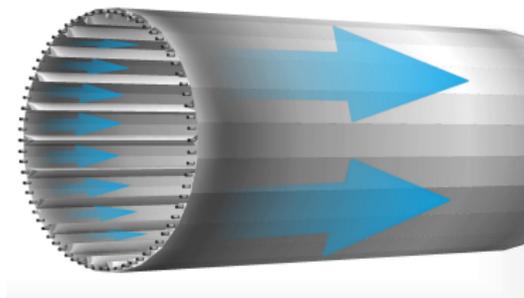
- $25 \mu\text{m}$  Kapton Flexprint
- Tragestruktur aus  $25 \mu\text{m}$  dickem Kapton

→ Gesamtdicke  $< 0,1\%$  von  $X_0$

# Kühlkonzept

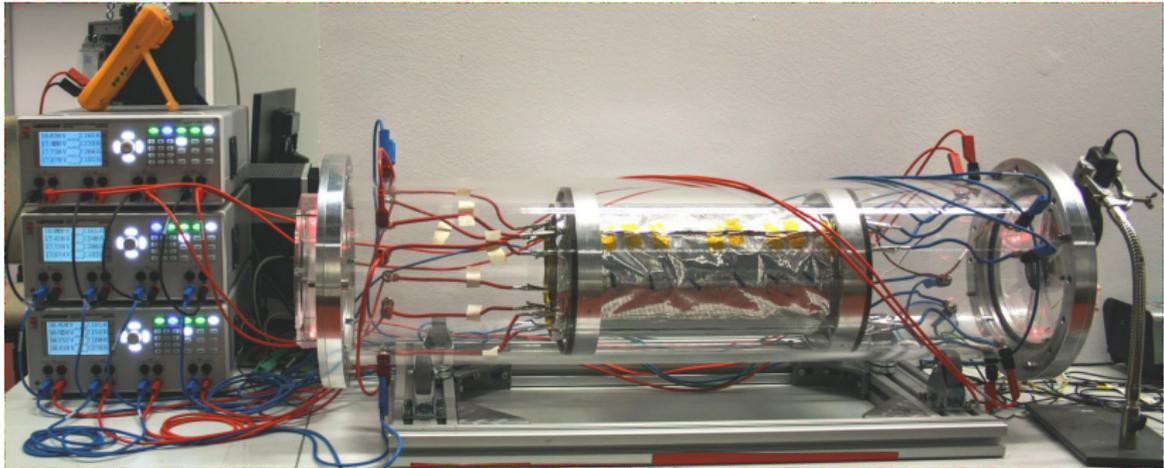


- HV-MAPS heizen aufgrund aktiver Komponenten mit  $\sim 150 \text{ mW/cm}^2$
- Betriebstemperatur  $< 70^\circ \text{C}$
- Kühlung mit **gasförmigem Helium**, um Streuung der Zerfallsprodukte zu minimieren



# Experimenteller Test des Kühlkonzepts

## Setup



- Modell der zwei äußeren Detektorlagen
- Laminierte Folie
  - $25\ \mu\text{m}$  Aluminium auf  $25\ \mu\text{m}$  Kapton
- Widerstandsheizbar ( $R \sim 13\ \Omega$ )
- Mechanisch stabil



# Simulationen

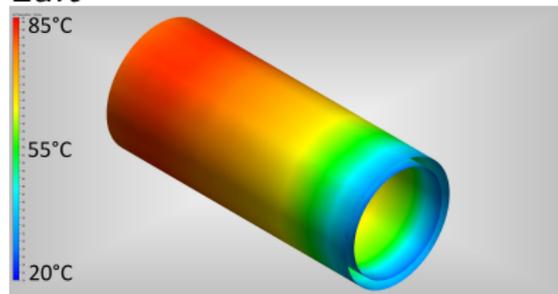


## CFD Simulation

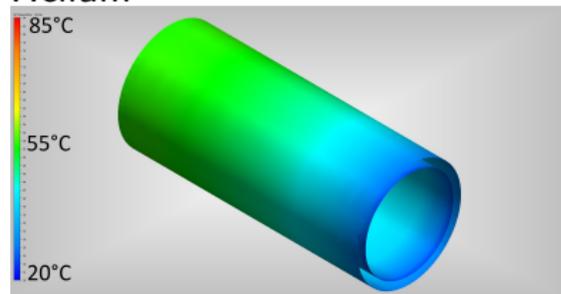
- CAD Modell mit Autodesk AutoCAD 2014
- Autodesk Simulation CFD 2014 (FEM)



## Luft



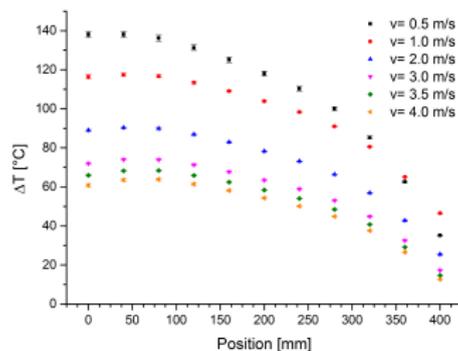
## Helium



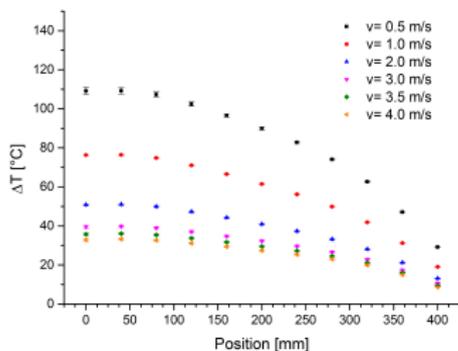
# Simulierte Temperaturprofile



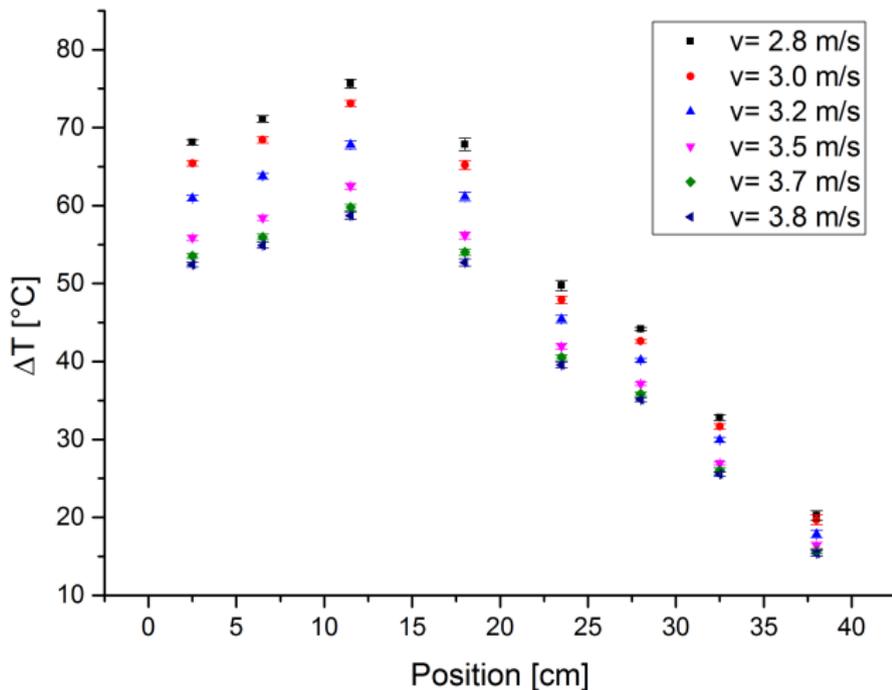
## Luft



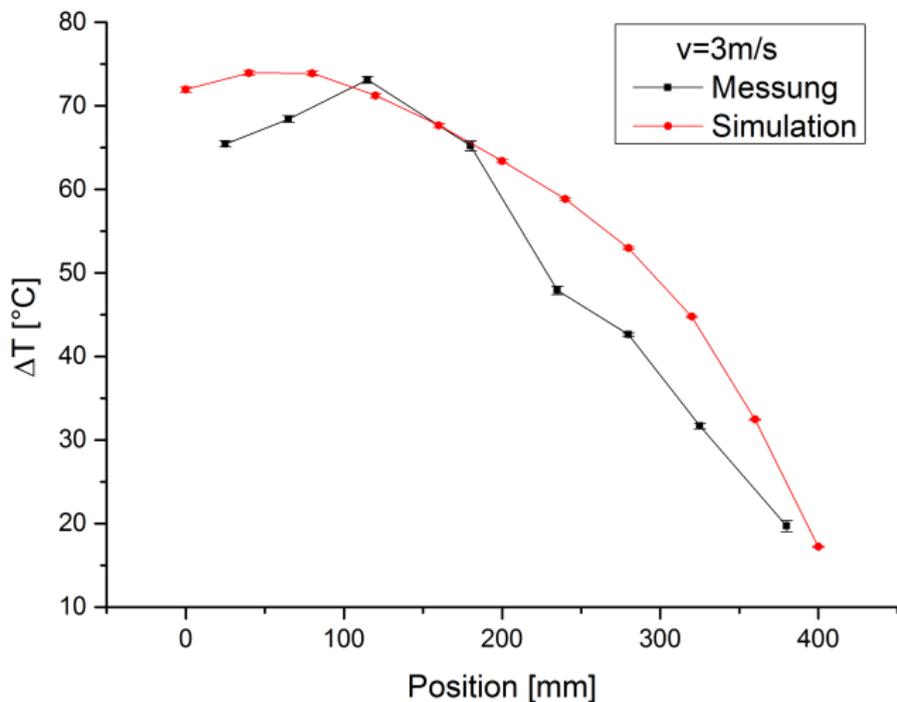
## Helium



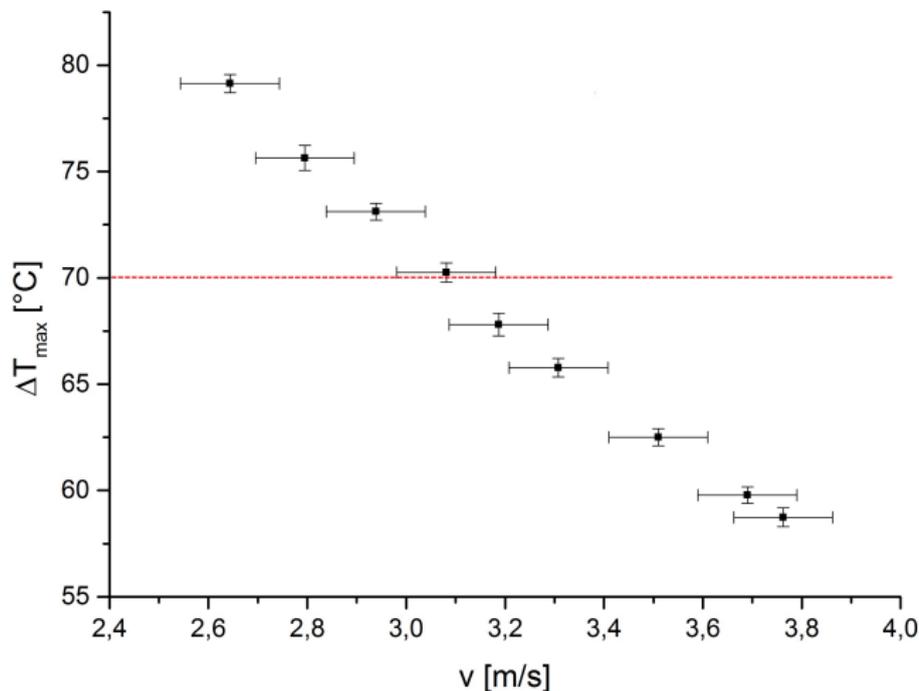
# Gemessene Temperaturprofile



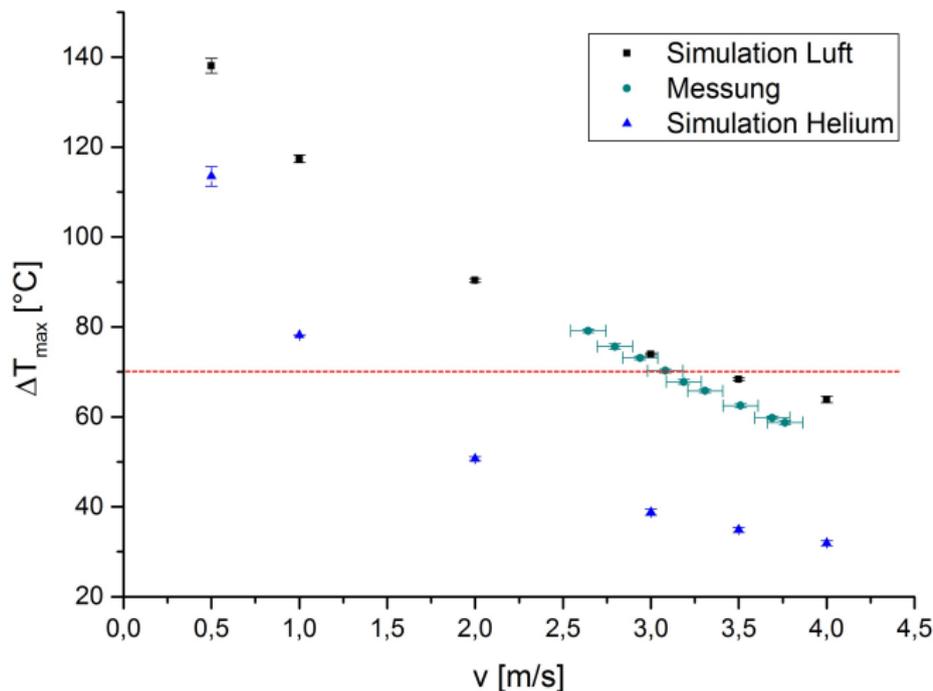
# Vergleich der gemessenen und simulierten Temperaturprofile



# Gemessene Maximaltemperaturen abhängig von der Windgeschwindigkeit $v$



# Vergleich der gemessenen und simulierten Maximaltemperaturen





- Nach den bisherigen Tests scheint das Kühlkonzept für den Mu3e-Spurdetektor zu tragen
- Die nächsten Schritte:
  - Messung mit Helium
  - Test der mechanischen Stabilität