

# HV-MAPS Performance Tuning am Beispiel des Prototypen MuPix6

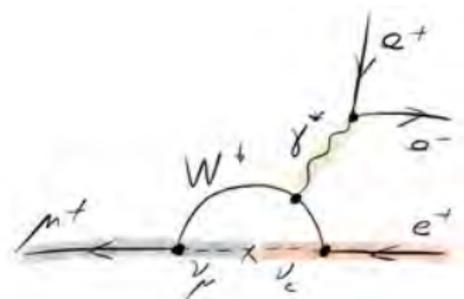
Jan Hammerich  
für die Mu3e Kollaboration

Physikalisches Institut Heidelberg

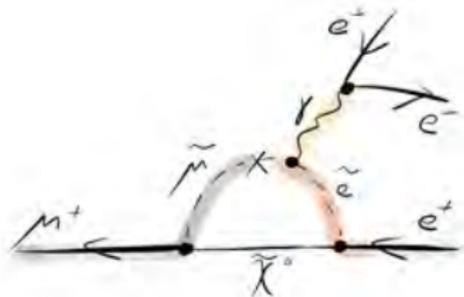
DPG Frühjahrstagung Wuppertal



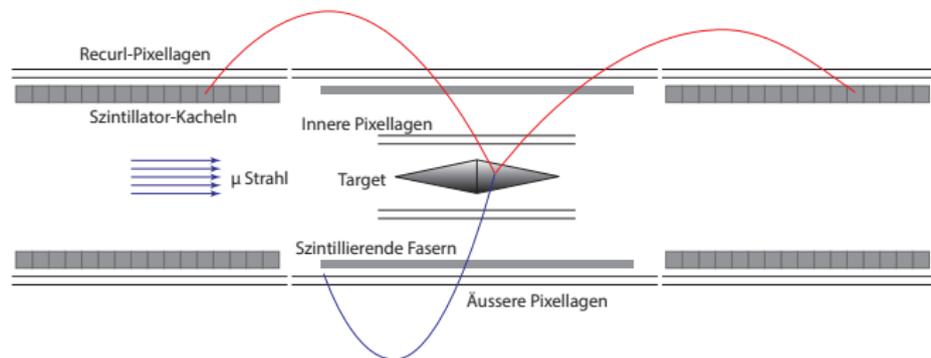
# Mu3e Physik Motivation



- $\mu^+ \rightarrow e^+ e^- e^+$  ist im Standard Model um  $< 10^{-54}$  unterdrückt
- Aktuelle exp. Grenze: BR  $< 10^{-12}$  (SINDRUM)
- Ziel ist eine Sensitivität von 1 in  $10^{16}$  Zerfälle
- Signal wäre ein Zeichen für neue Physik

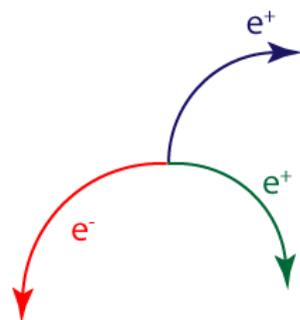


# Das Mu3e Experiment

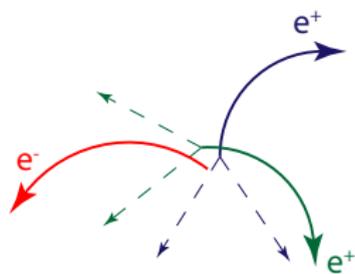


- Myonen zerfallen in Ruhe:  $\Sigma \vec{p} = 0$
- 1T Magnetfeld
- $p_e \leq \frac{m_\mu c}{2} = 53 \frac{\text{MeV}}{c}$  (Energie-Impuls-Erhaltung)
- Rekonstruktion der invarianten Masse aus den Signalen

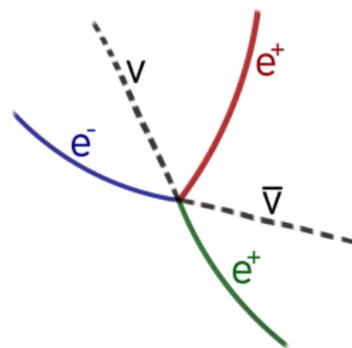
# Hintergrundprozesse



Signal



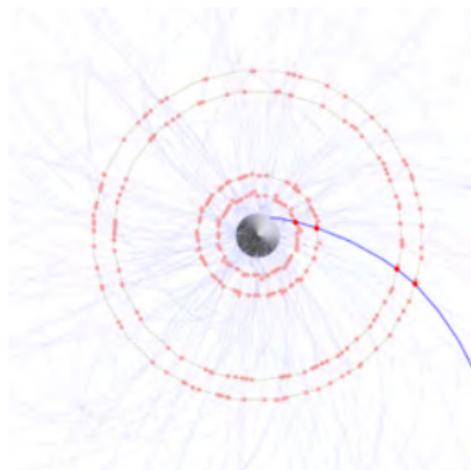
kombinatorisch



Interne Konversion

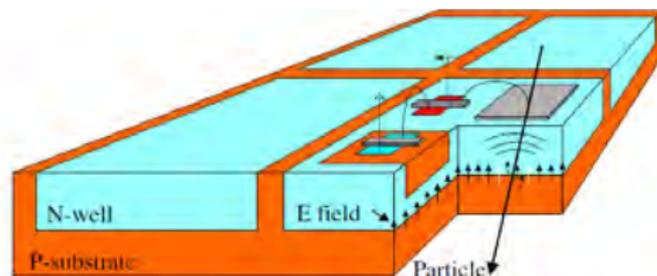
- $10^9$  Zerfälle pro Sekunde
- Zufälliger Hintergrund
- Interne Konversion

# Detektoransprüche



- Gute Vertexpfauflösung
- Gute Zeitaufauflösung
- Gute Impulsaufauflösung
- Mehrfachstreuung dominiert
- PixelgröÙe:  $80 \times 80 \mu\text{m}^2$
- Zeitaufauflösung:  $< 20\text{ns}$
- Materialbudget:  $\leq 1\text{‰}X_0$
- Effizienz:  $> 99\%$

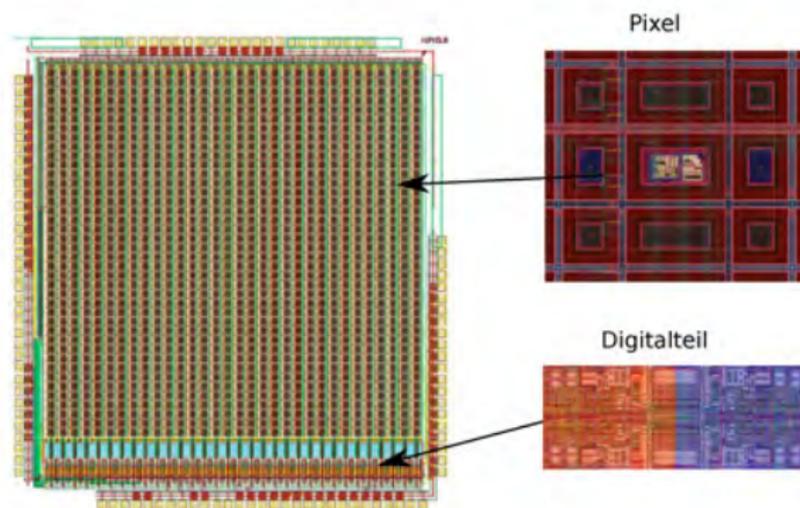
# Hochspannung monolithische aktive Pixelsensoren



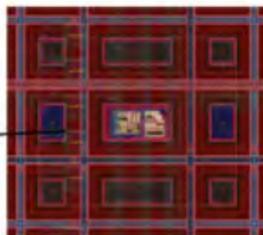
I. Peric, P. Fischer et al., NIM A 582 (2007) 87

- Tiefe n-Wanne in p-dotiertem Substrat mit Hochspannung in Sperrrichtung
- Verarmungszone ist das aktive Sensorvolumen
- Schnelle Ladungssammlung via Drift
- Sensor kann auf  $\leq 50\mu\text{m}$  gedünnt werden

# Der Chip



Pixel

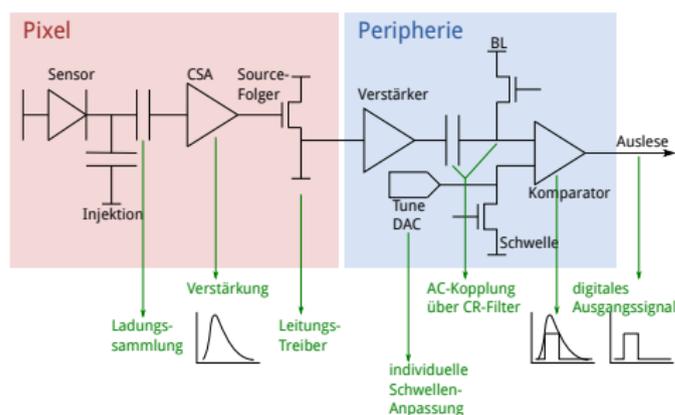


Digitalteil



- 32 x 40 Pixel
- 80 x 102  $\mu\text{m}$

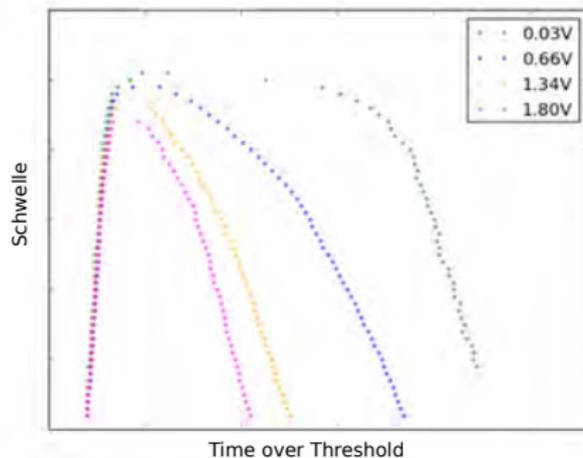
# Pixel Elektronik



- Ladungssensitive Verstärker im Pixel
- Komparator in der Peripherie
- Digitale Auslese
- Verhalten wird von Bias-Strömen kontrolliert
- Komparatorschwelle kann pro Pixel individuell angepasst werden (tuning)

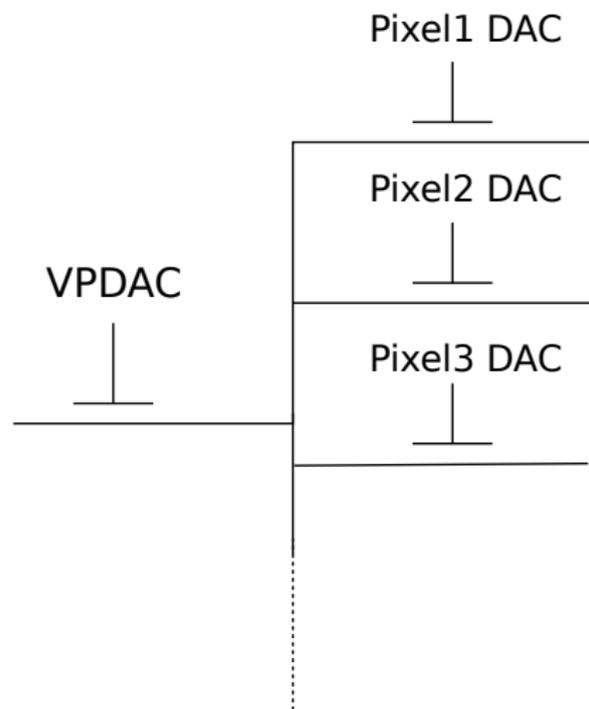
# Pulsformung

Pulsform für verschiedene BLRes Werte



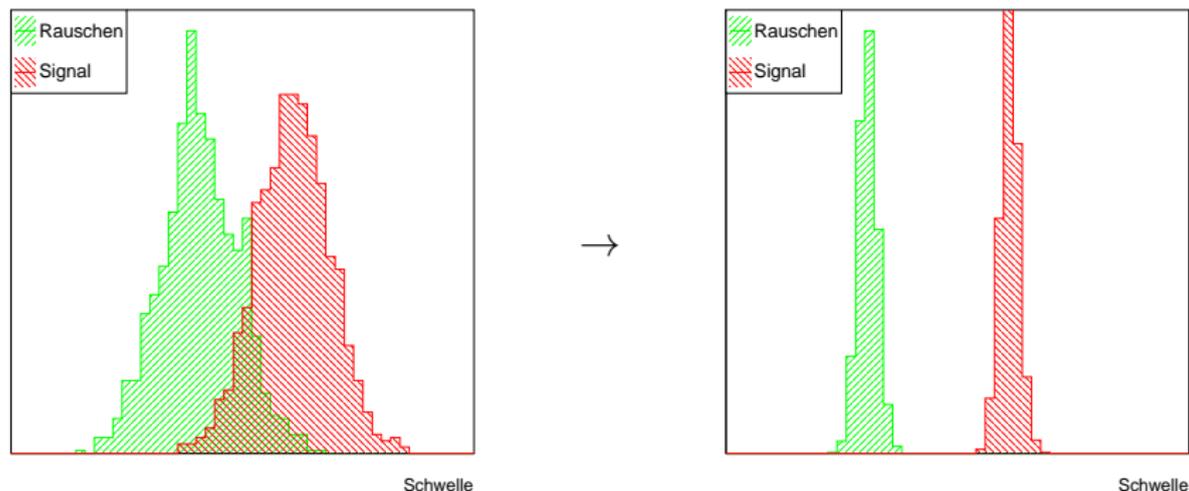
- Ströme steuern die Verstärkung und die Pulsform
- Dominieren den Stromverbrauch
- Kürzere Pulse erlauben kürzere Totzeiten

# Pixel-Tuning



- Jedes Pixel hat einen eigenen 4-Bit DAC
- TuneDACs werden von einem globalen Bias Strom versorgt
- Bias Strom fließt in jedes Pixel
- verbraucht viel Leistung/Strom
- soll minimal aber groß genug sein

# Methodik

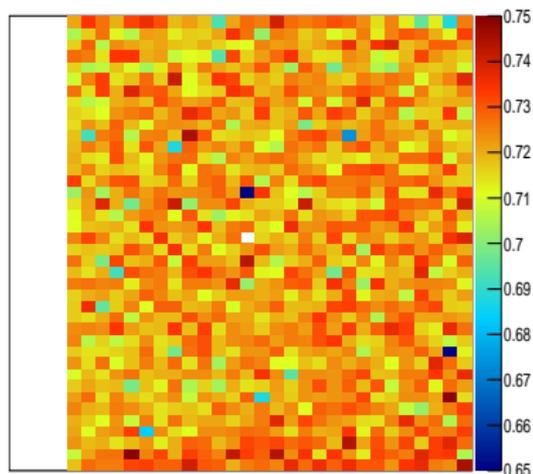


Messung der Rauschschwelle (50%)

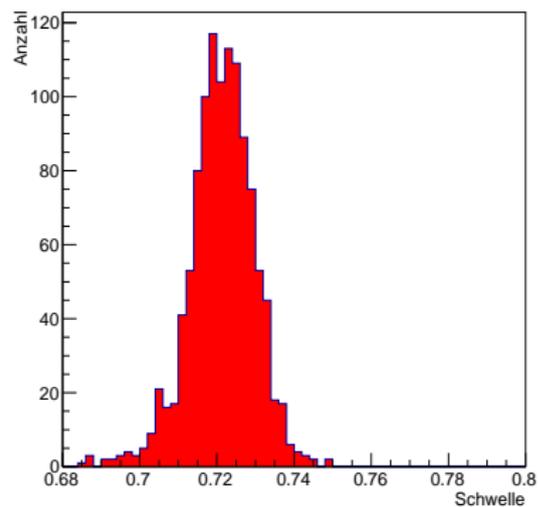
Schiebe mit dem TDAC bis zu einer gewählten Schwelle

## Vorher

Baseline Map

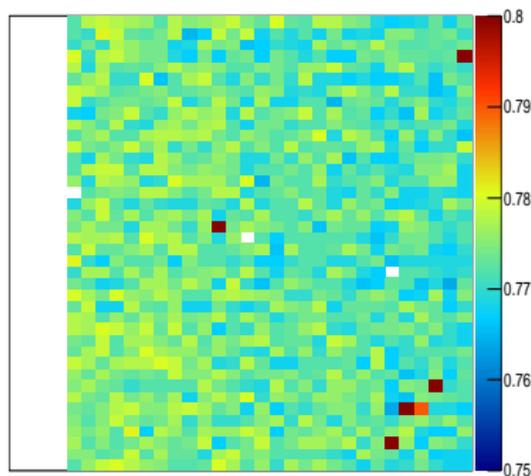


Baseline Verteilung

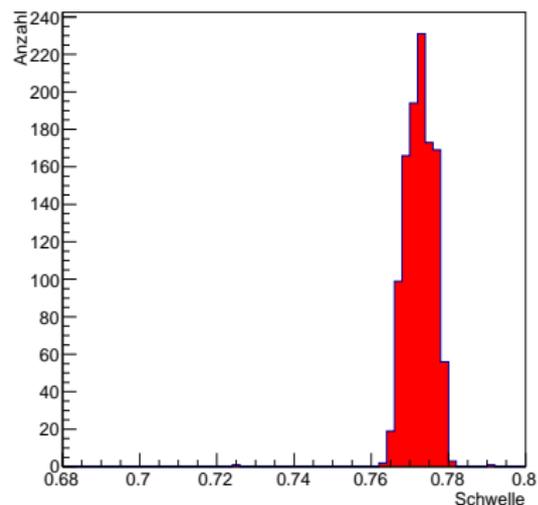


# Nachher

## ■ Baseline Map

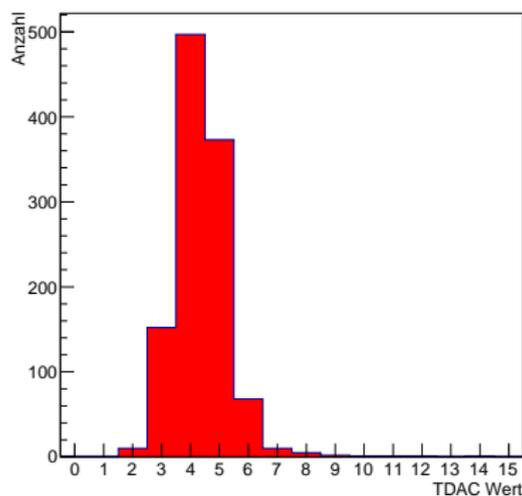


## Baseline Verteilung



# Ergebnisse

## TDAC Verteilung



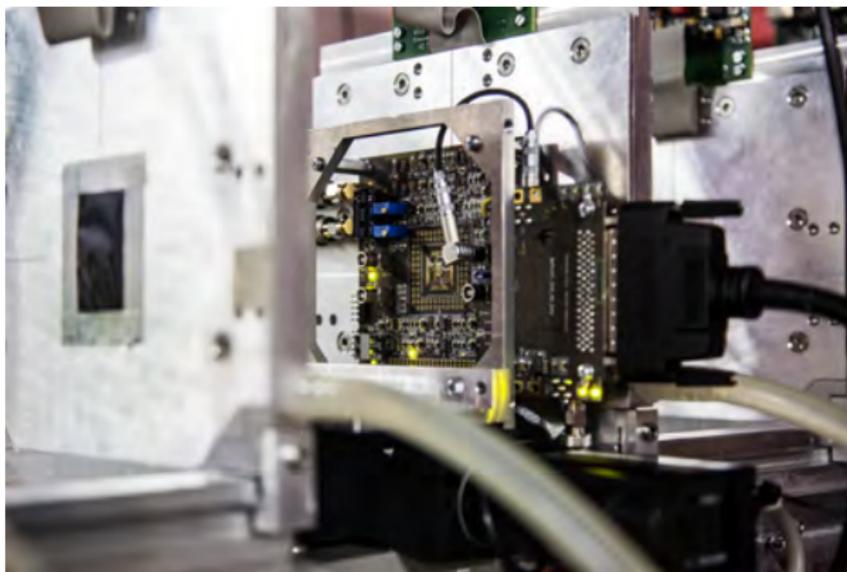
- Baseline Verteilung viel schmaler
- Mehr Effizienz
- Einige Ausreißer
- Methoden müssen noch weiter verbessert werden

# Zusammenfassung

- Erste Tuningansätze zeigen vielversprechende Ergebnisse
- Effizienzsteigerung wird mit Testbeam-Messungen untersucht
- Weitere signalgetriebene Tuningmethoden werden untersucht
- Erste Tuningergebnisse bestätigen großes Potenzial der HV-MAPS Technologie

# Ausblick

- Analyse des Testbeams März @ Desy
- MuPix7 serielle Auslese und interne State Machine
- Nächste MuPix Generationen mit größeren Chips



# MuPix Generationen

	MuPix2	MuPix4	MuPix6	MuPix7
#Pixel	$42 \times 36$	$40 \times 32$	$40 \times 32$	$40 \times 32$
Pixelgröße	$30 \times 39 \mu m^2$	$80 \times 92 \mu m^2$	$80 \times 102 \mu m^2$	$80 \times 102 \mu m^2$
Aktive Fläche	$1.7 mm^2$	$9.4 mm^2$	$10.4 mm^2$	$10.4 mm^2$
#DACs	8	9	12	12
Neuheit	Funktionsbeweis	digitale Auslese	2. Verstärker	Serieller Ausgang, interne State Machine
Auslese	Rolling Shutter	Priorität	Priorität	Priorität