

Herausforderungen bei der Messung der Myon-Lebensdauer mit einem einfachen Cherenkov-Detektor

Ulrich Blum, Michael Geldermann, Thomas Hildebrand,
Barbara Valeriani-Kaminski

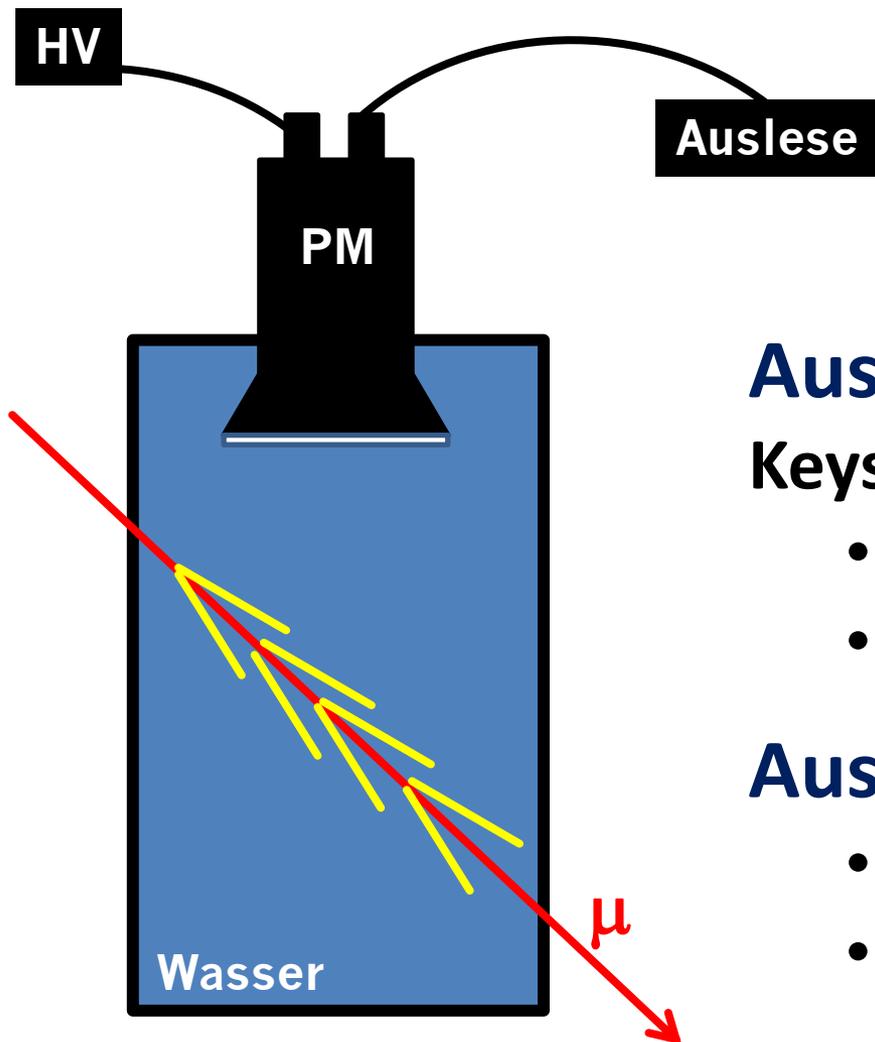
DPG Tagung Würzburg
19. - 23. März 2018

Ziel

Optimierung der Lebensdauerermessung mit einem Cherenkov-Detektor:

- Didaktisch klar (s. Vortrag T. Hildebrand)
- Hohe Rate
 - Demonstration in 1-2 Unterrichtsstunden
 - statistisch relevante Messung innerhalb weniger Tage
- Wenig Untergrund, Unterdrückung von:
 - Afterpulsing des Photomultipliers
 - zufälligen Koinzidenzen

Versuchsaufbau



Auslese

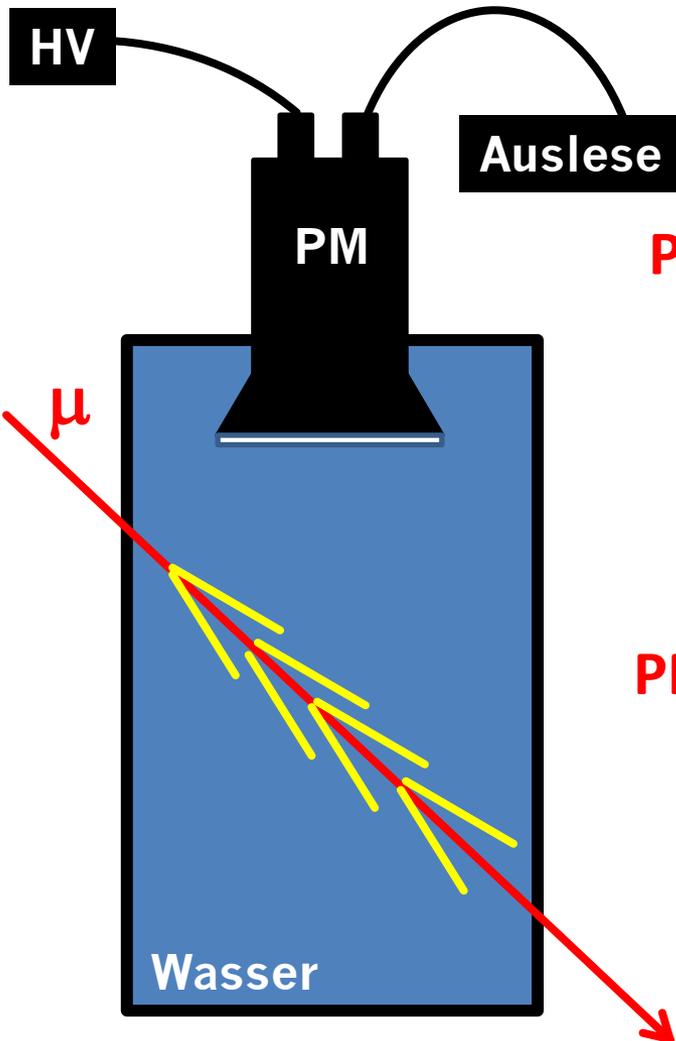
Keysight MSOX3012T Oszilloskop

- 100 MHz bis 5 GSa/s
- 4 MPts segm. Speicher

Ausgabe

- Rohdaten (ascii-Datei)
- Bildschirm-Bilder

Versuchsaufbau



2 Photomultiplier (Hamamatsu, Bialkali)

PM-7cm ->

R1307

$\varnothing = 76$ (70) mm

$\lambda(\text{Max.}) = (420 \pm 30)$ nm

Q.E. (Max.) = 30%

Rise time = 8 ns

PM-11cm ->

R877-100 (preselected)

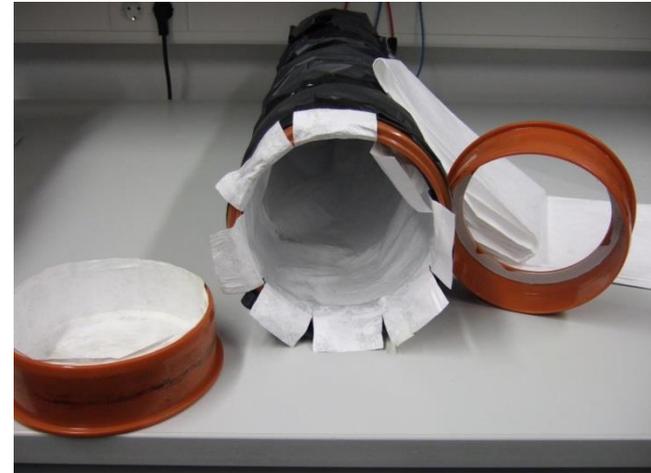
$\varnothing = 133$ (111) mm

$\lambda(\text{Max.}) = 400$ nm

Q.E. (Max.) = 24%

Rise time = 20 ns

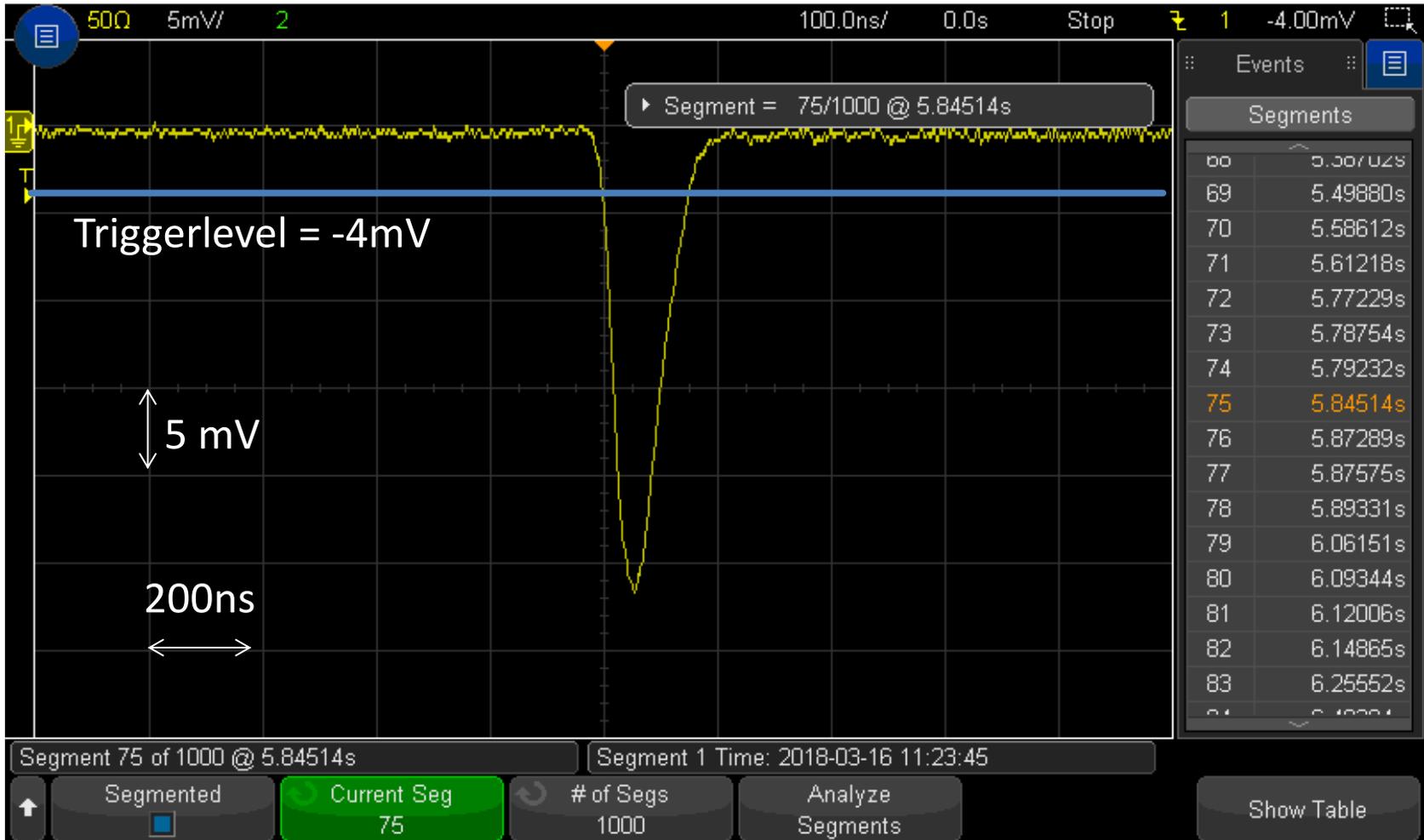
Versuchsaufbau



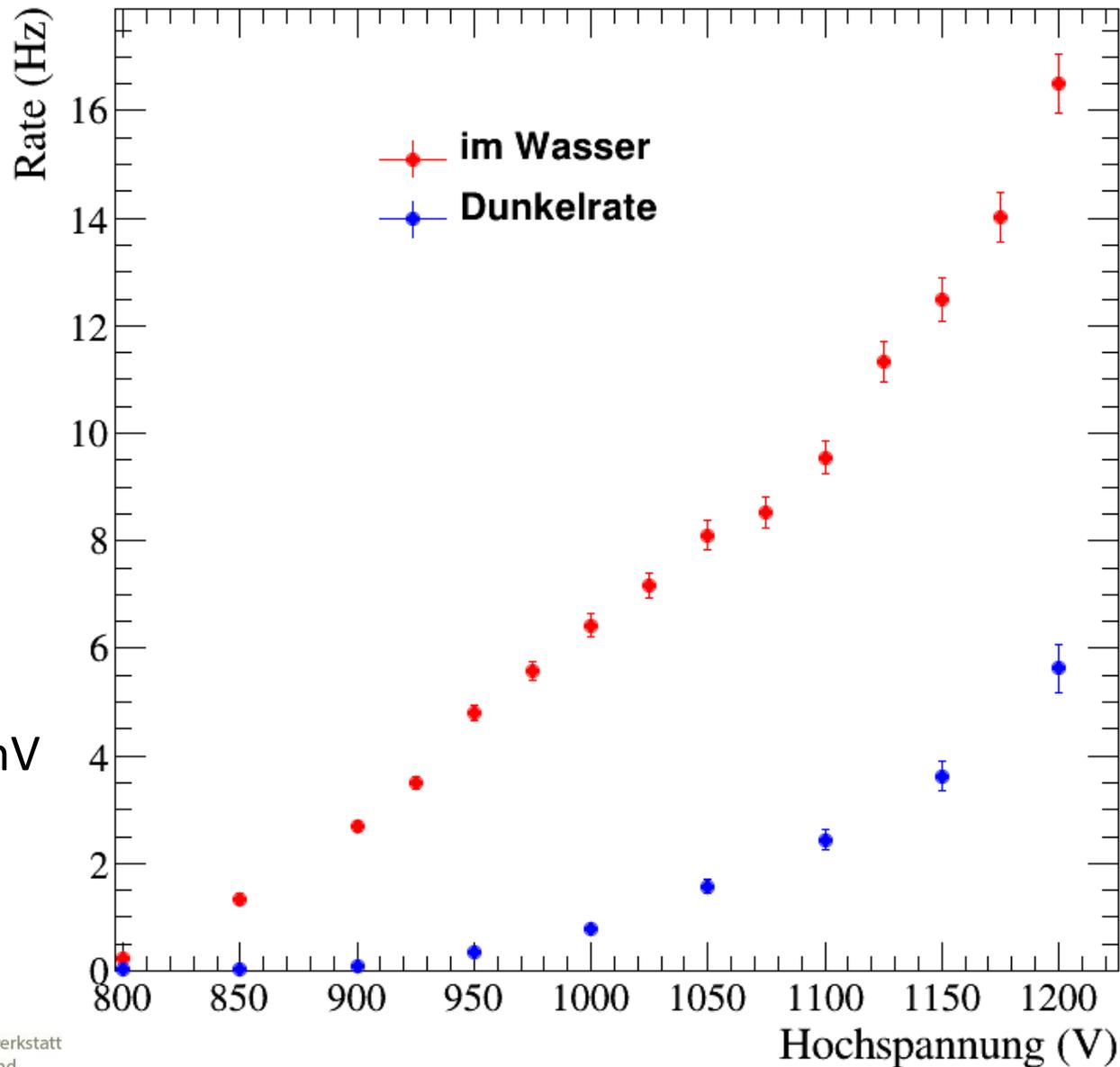
Charakterisierung der Photomultiplier



MSO-X 3012T, MY56310239, 04.08.2016071801: Fri Mar 16 11:31:25 2018



Charakterisierung von PM-11cm



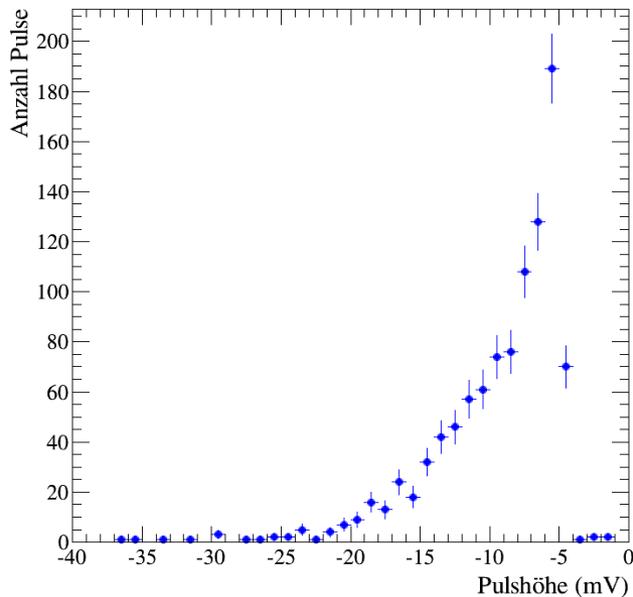
Abhängigkeit der Rate einzelner Pulse von der Hochspannung

- 60 cm-Rohr
- Schwelle = 5 mV

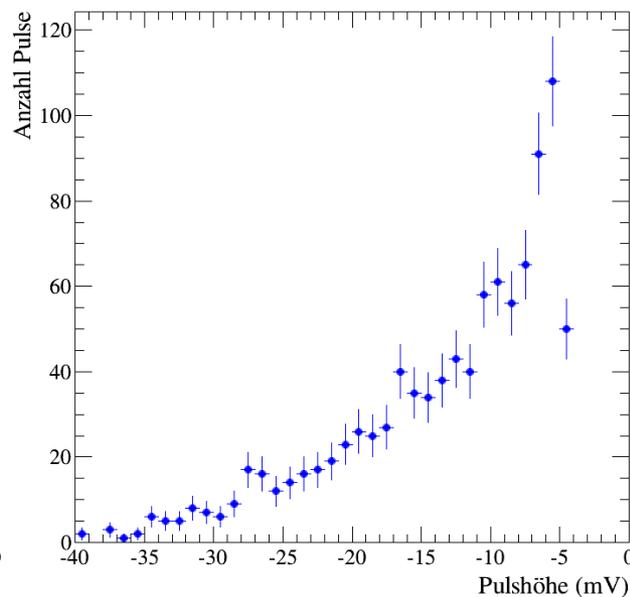
Charakterisierung von PM-11cm

Verteilung der Höhe einzelner Pulse bei unterschiedlicher Hochspannung

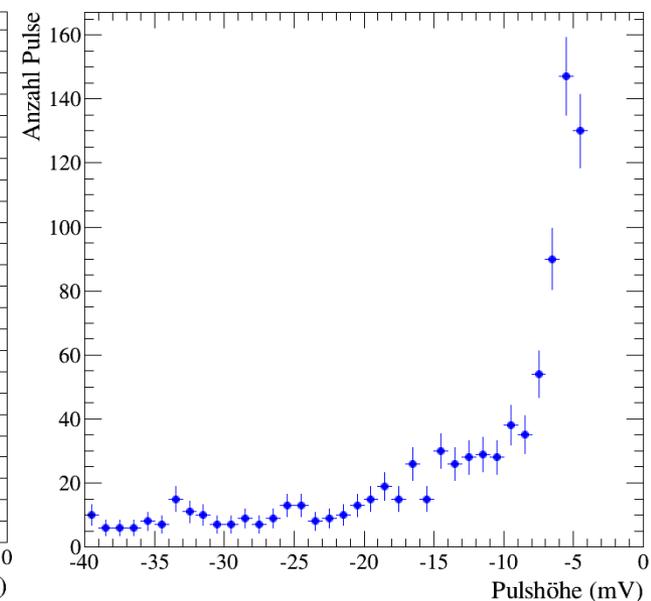
Hochspannung = 1000 V



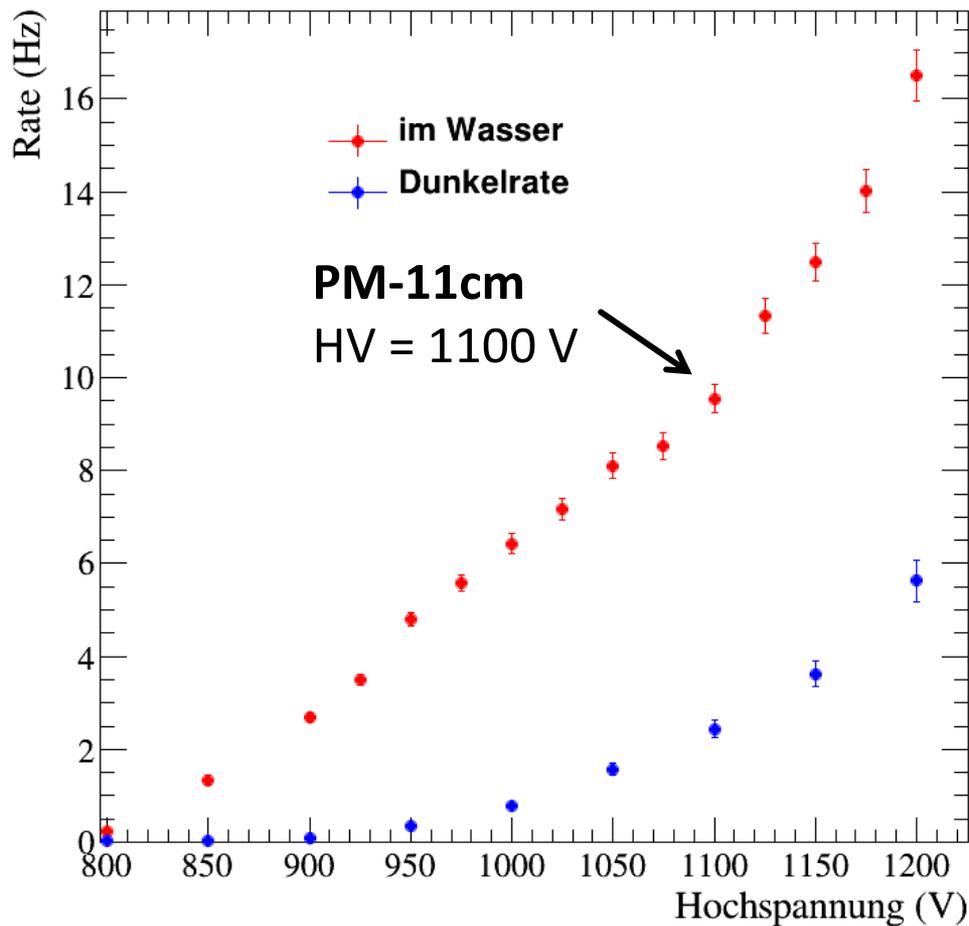
Hochspannung = 1100 V



Hochspannung = 1200 V



Charakterisierung der Photomultiplier



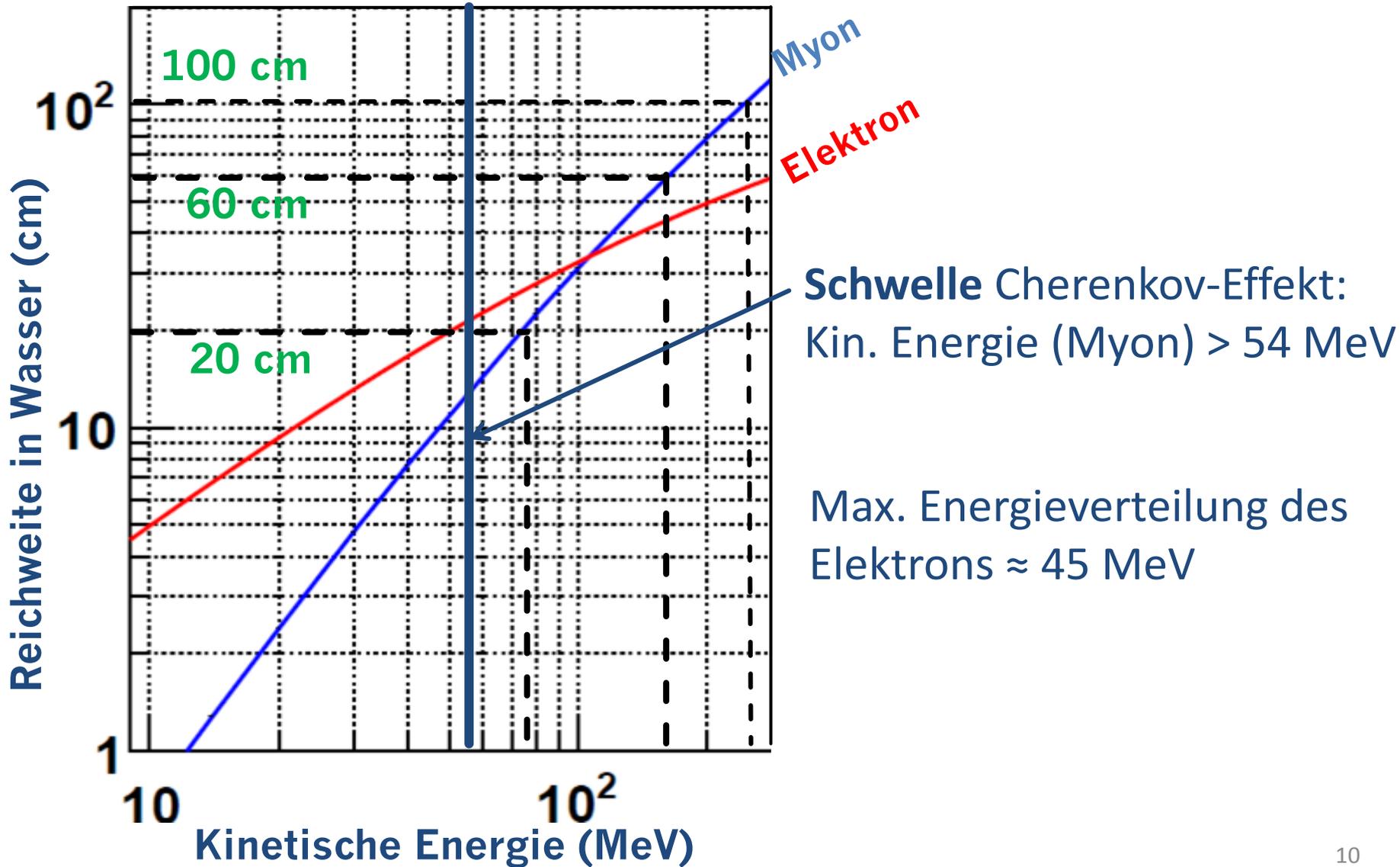
Arbeitspunkt PM-7cm

HV = 950 V

Dunkelrate (Hz):

PM-7cm	PM-11cm
$0,58 \pm 0,03$	$2,4 \pm 0,1$

Abhängigkeit von der Geometrie

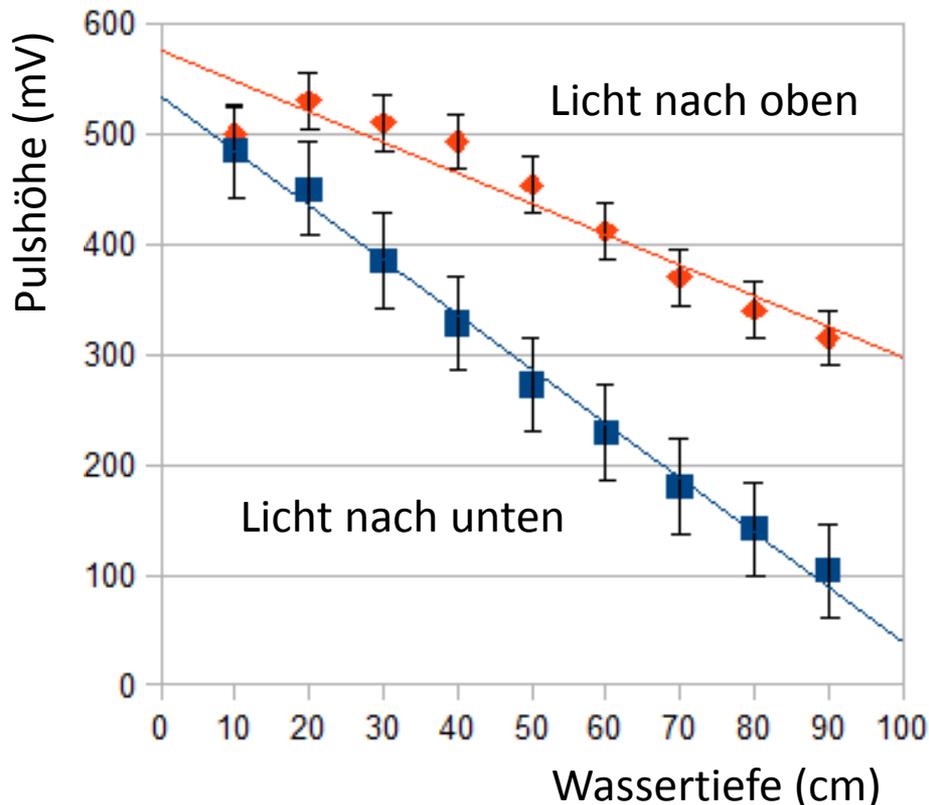


Abhängigkeit von der Geometrie

Messungen mit einer LED

- (405 ± 30) nm, Öffnungswinkel: 16° , Frequenz = 10 kHz

Abhängigkeit der Signalhöhe von der Tiefe



Umrechnung für Myonen-Pulse

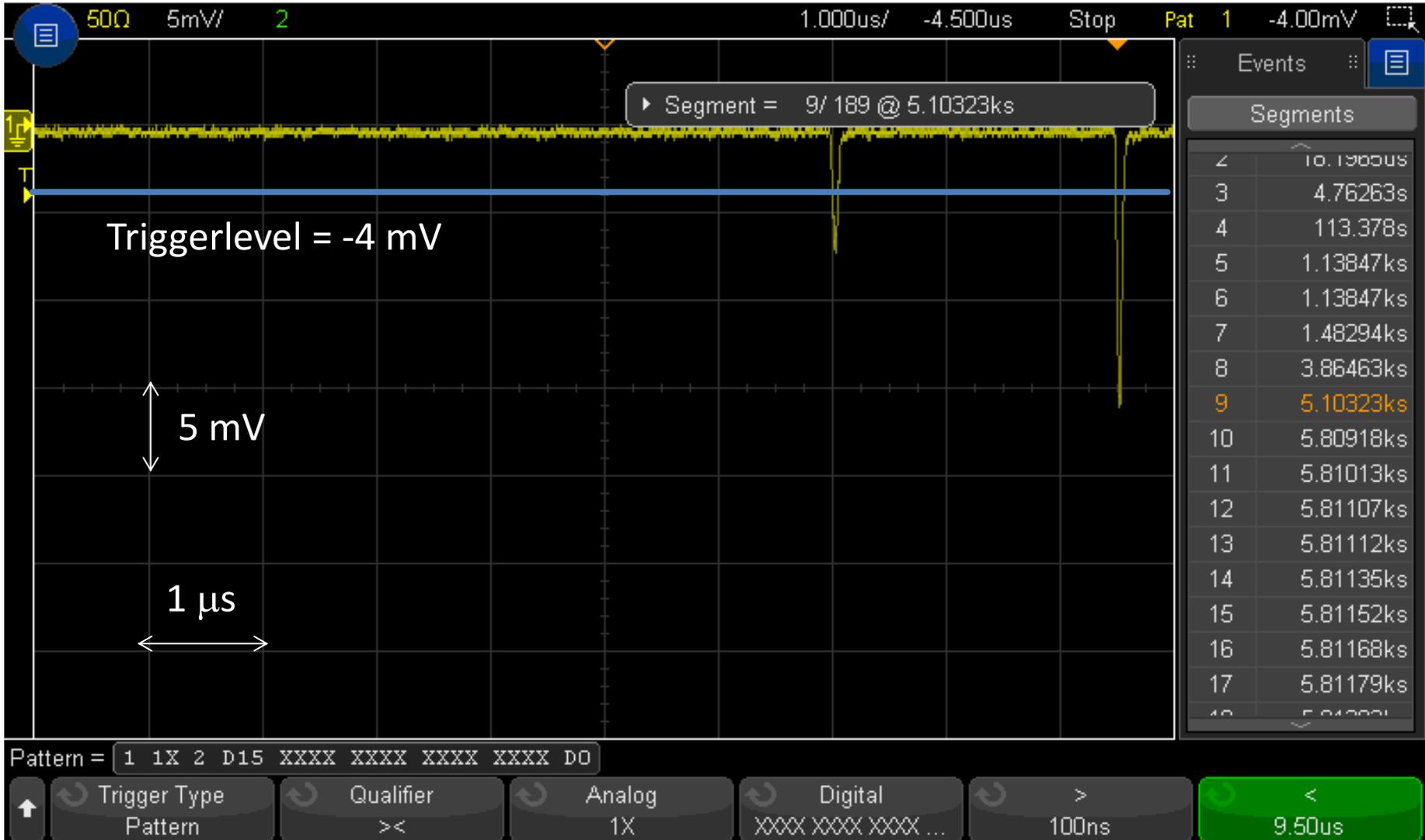
- Höhe der Pulse: 5-10 mV
- Für Wassertiefe > 60 cm: Pulse < 4-5 mV (Schwelle)

Rate (Hz)	PM-7cm	PM-11cm
Thermoskanne	$3,4 \pm 0,1$	
60 cm-Rohr	$10,3 \pm 0,5$	$8,1 \pm 0,3$
100 cm-Rohr	$10,7 \pm 0,5$	$11,7 \pm 0,3$

Doppelpulse!



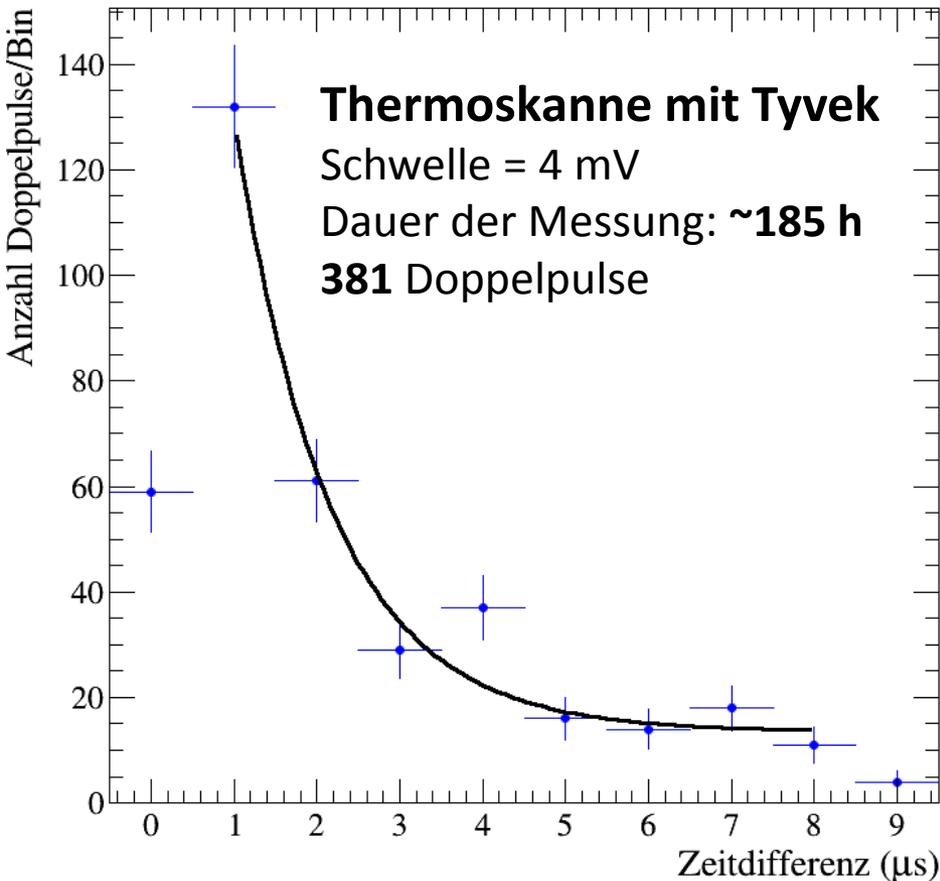
MSO-X 3012T, MY56310239, 04.08.2016071801: wed Mar 14 18:38:46 2018



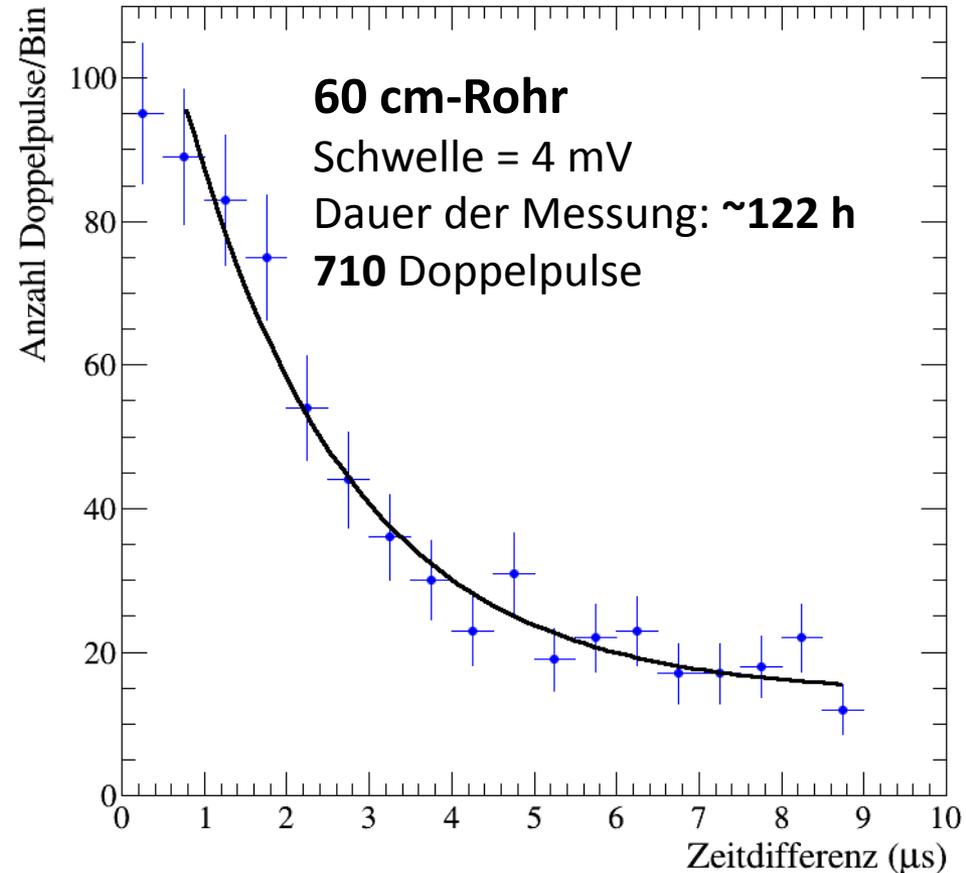
Rate der Doppelpulse

	Schwelle = 4 mV	Schwelle = 5 mV
Thermoskanne PM-7cm		$(0,61 \pm 0,03)$ Doppelpulse/h
Thermoskanne mit Tyvek-Papier PM-7cm	$(2,06 \pm 0,02)$ Doppelpulse/h	
60 cm-Rohr PM-7cm	$(5,8 \pm 0,7)$ Doppelpulse/h	(6 ± 2) Doppelpulse/h
60 cm-Rohr PM-11cm	$(16,0 \pm 1,5)$ Doppelpulse/h	$(10,0 \pm 0,4)$ Doppelpulse/h

Messung der Lebensdauer des Myons (PM-7cm)



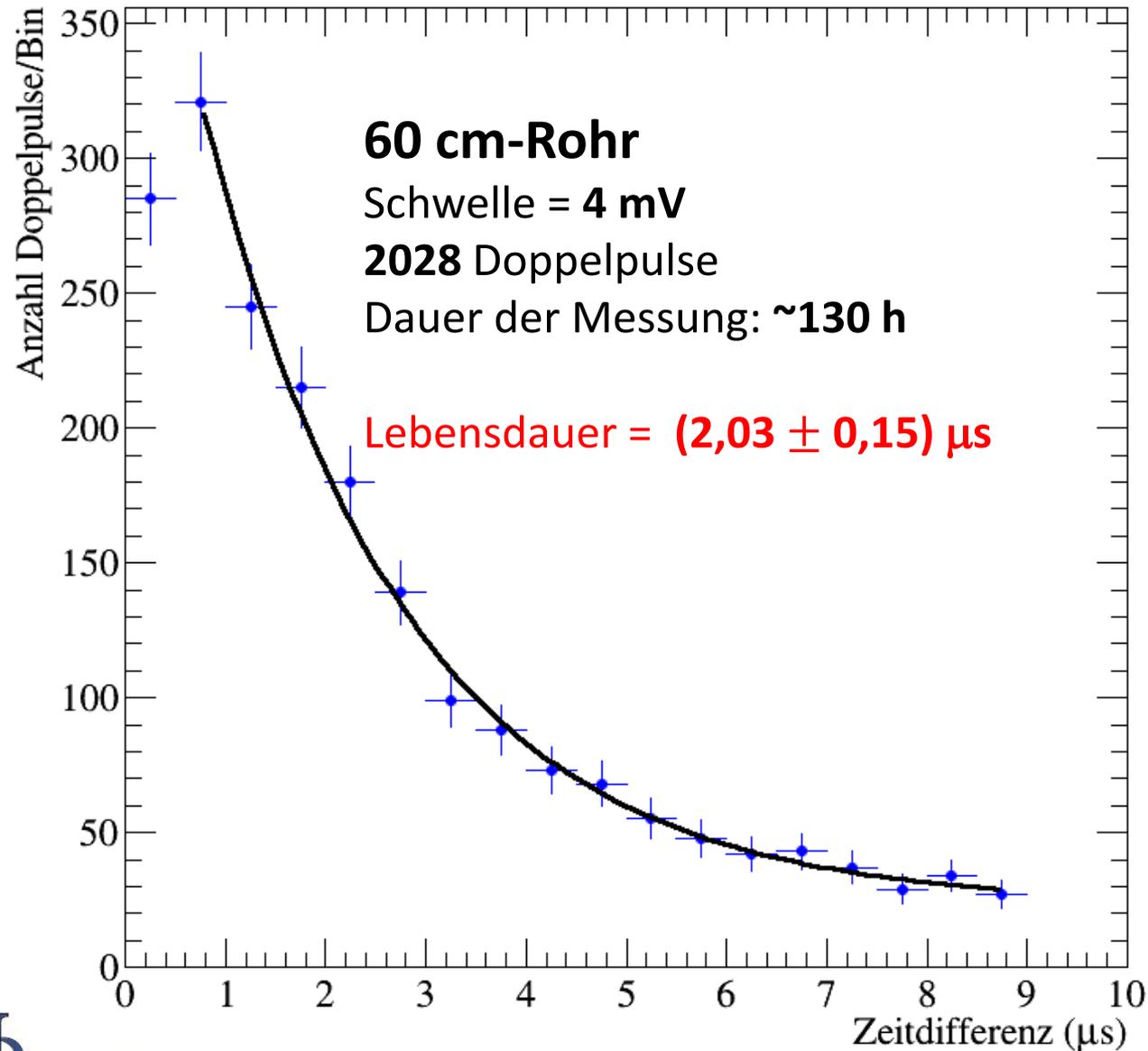
Lebensdauer = $(1,2 \pm 0,2) \mu\text{s}$



Lebensdauer = $(2,0 \pm 0,3) \mu\text{s}$

Anpassung= e-Funktion + Konstante!

Messung der Lebensdauer des Myons (PM-11cm)



Zusammenfassung

- Systematik des Experiments verstanden
- Neuer Aufbau kompatibel mit Schulanforderungen:
 - 60 cm-Rohr
 - Hohe Rate
 - Lebensdauerermessung mit beiden PMs in ca. 1 Woche möglich
 - Klare Signatur der Doppelpulse

Ausblick

- Offset besser verstehen
- Geometrie optimieren
 - Photomultiplier unter Wasservolumen!