

# Detektion kosmischer Myonen

Steffen Litzinger

# Agenda

---

- Myonen
- Scintillatoren & Photomultiplier
- Detektion von Myonen – NIM Elektronik
- “Random Coincidence”
- VMEbus Standard/Datentransfer
- VMEbus Programming
- Komplettes DAQ System

# Myonen

- Elementarteilchen des *Standardmodells*
- Klassifiziert als *Lepton*
- “*schweres Elektron*”
- “*Wer hat das bestellt?*”  
- I. Rabi 1936

Drei Generationen der Materie (Fermionen)

	I	II	III	
Masse →	2,4 MeV	1,27 GeV	171,2 GeV	0
Ladung →	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	0
Spin →	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
Name →	<b>u</b> up	<b>c</b> charm	<b>t</b> top	<b><math>\gamma</math></b> Photon
	4,8 MeV	104 MeV	4,2 GeV	0
	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	0
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
	<b>d</b> down	<b>s</b> strange	<b>b</b> bottom	<b>g</b> Gluon
	<2,2 eV	<0,17 MeV	<15,5 MeV	91,2 GeV
	0	0	0	0
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
	<b><math>\nu_e</math></b> Elektron-Neutrino	<b><math>\nu_\mu</math></b> Myon-Neutrino	<b><math>\nu_\tau</math></b> Tau-Neutrino	<b><math>Z^0</math></b> schwache Kraft
	0,511 MeV	105,7 MeV	1,777 GeV	80,4 GeV
	-1	-1	-1	$\pm 1$
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
	<b>e</b> Elektron	<b><math>\mu</math></b> Myon	<b><math>\tau</math></b> Tau	<b><math>W^\pm</math></b> schwache Kraft

Quarks

Leptonen

Eichbosonen

# Myonen

- Bestandteil *sekundärer* kosmischer Strahlung
- Entstehung in der oberen Erdatmosphäre
- Wegen der sehr kurzen Lebenszeit ( $2 \mu\text{s}$ ) ist eine Detektion nur dank *Zeitdilatation* möglich
- *Praktischer Beweis der Relativitätstheorie*



# Szintillator

---

- ◉ *lat. scintillare = funkeln, flackern*
- ◉ Material, das bei Anregung durch energiereiche Teilchen *Licht* emittiert
- ◉ Anorganisch und Organisch
- ◉ Durchlässigkeit für eigenerzeugtes Licht ist wichtig



# Photomultiplier

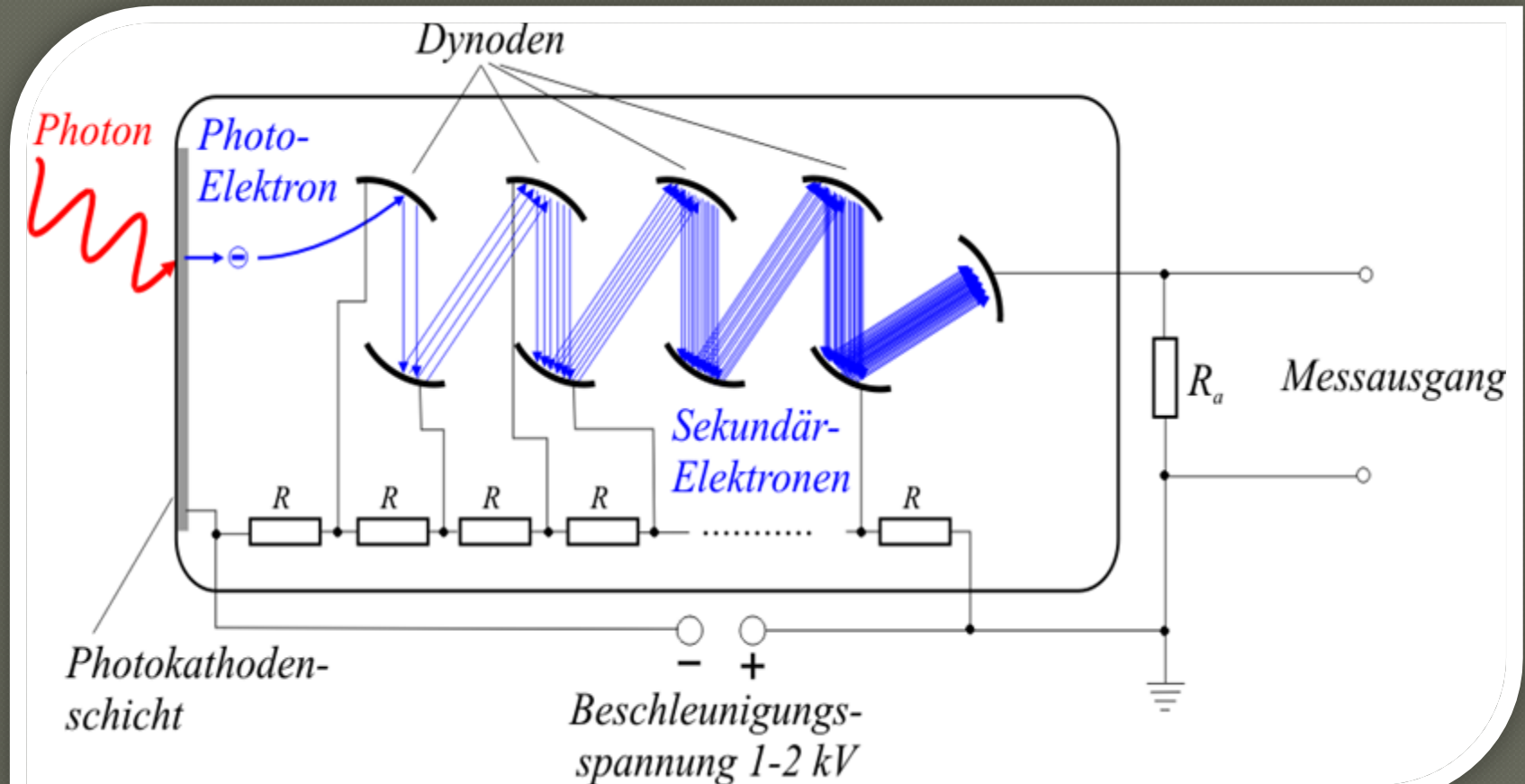
- “Multiplier” = Verstärker
- Wandelt das Photonensignal des Szintillators in eine elektrische Ladung um und verstärkt es





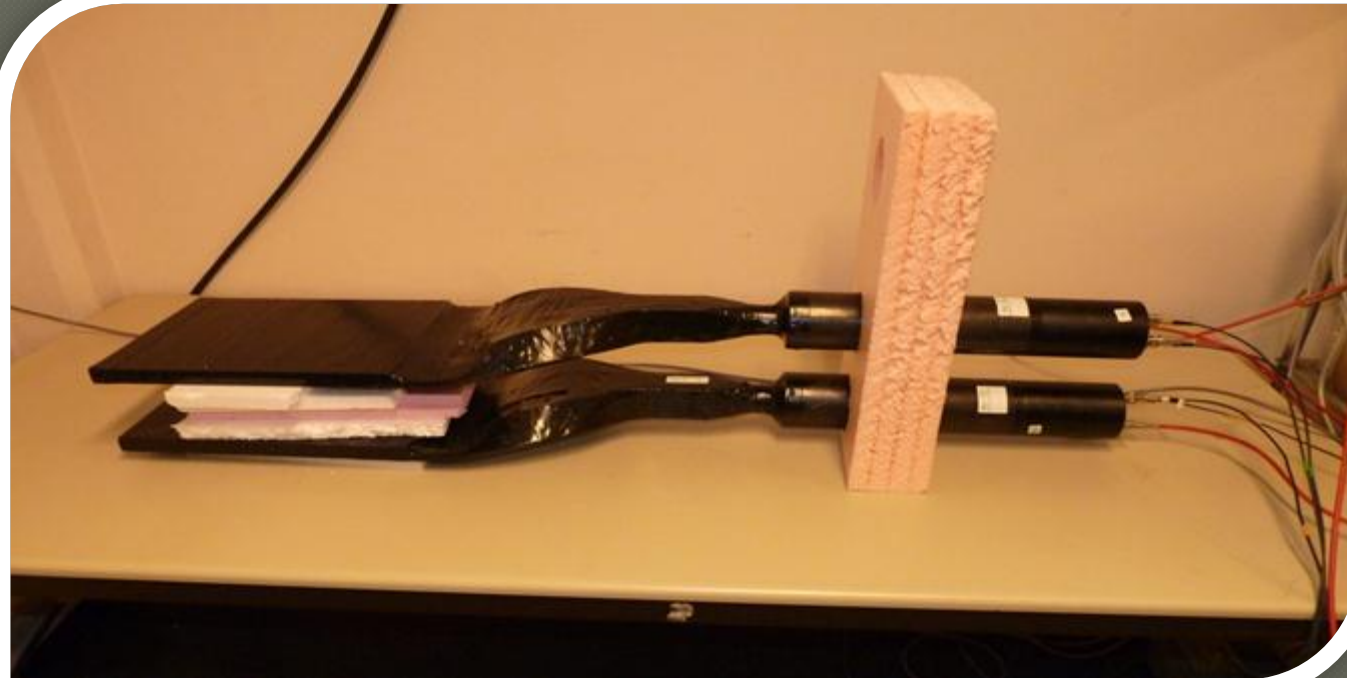
# Photomultiplier

## ○ Funktionsweise:



# Versuchsaufbau - Detektor

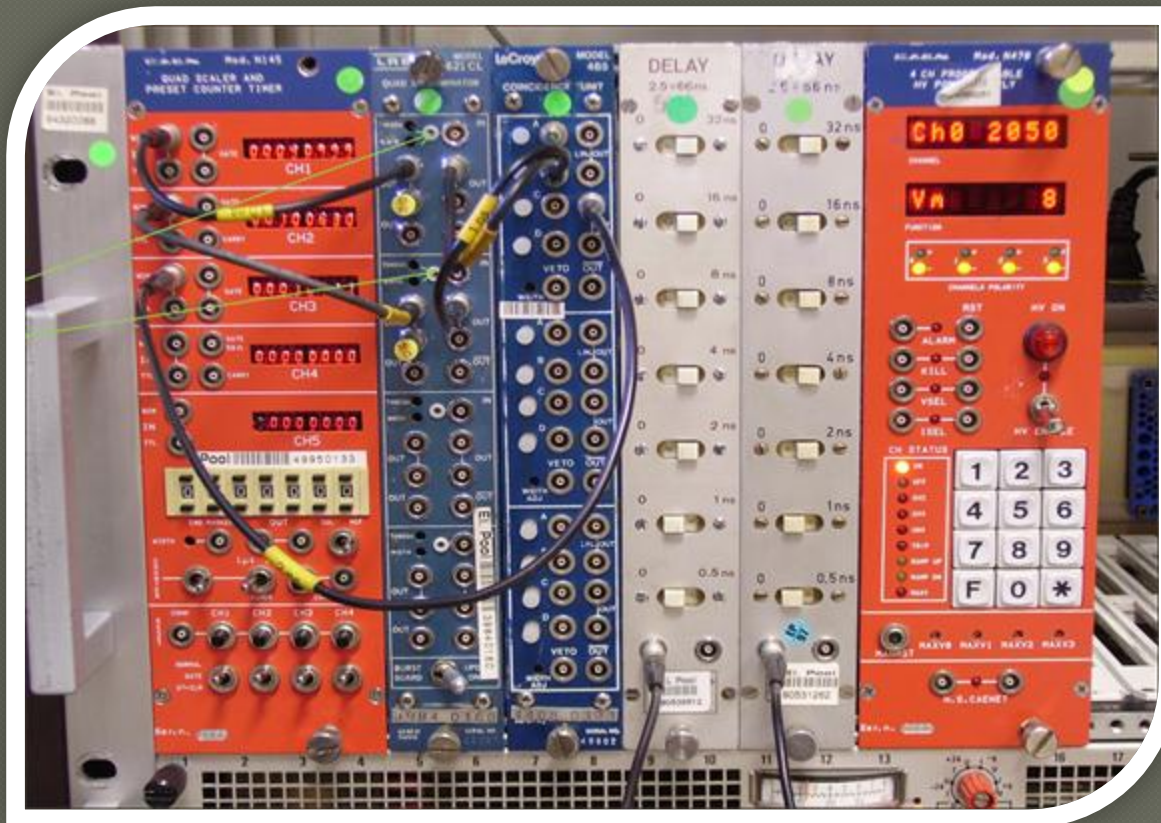
- Szintillatoren und Photomultiplier:
- Detektorfläche ca.  $1/16 \text{ m}^2$   
=> erwarteter Myonenfluss ca. 6Hz





# Versuchsaufbau - NIM

- Detektion der Myonen mithilfe solcher NIM – Elektronikmodule:



# Versuchsaufbau - NIM

---

## ◉ **Module:**

- ***Discriminator:***

Analog/Digital Wandler, einstellbare Grenzspannung (*Threshold*)

- ***Coincidence:***

*AND – Einheit*, sendet logische 1 wenn alle Eingänge 1 eingeben

- ***Zähler:***

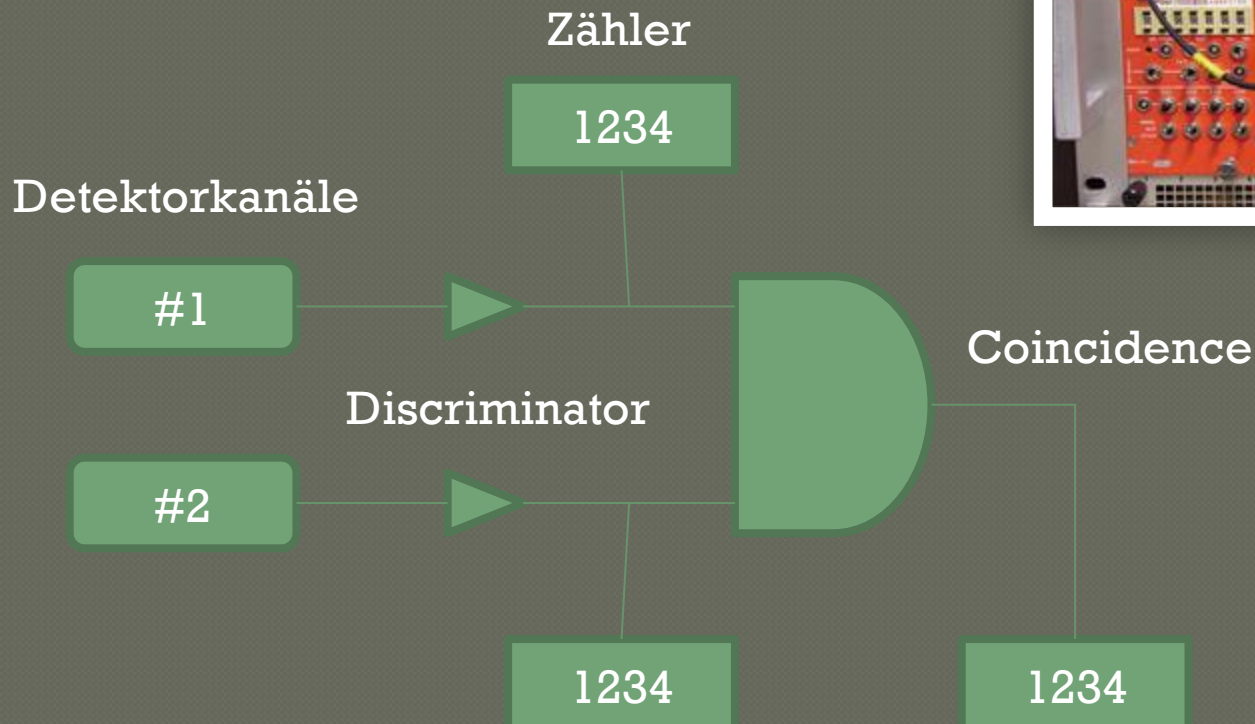
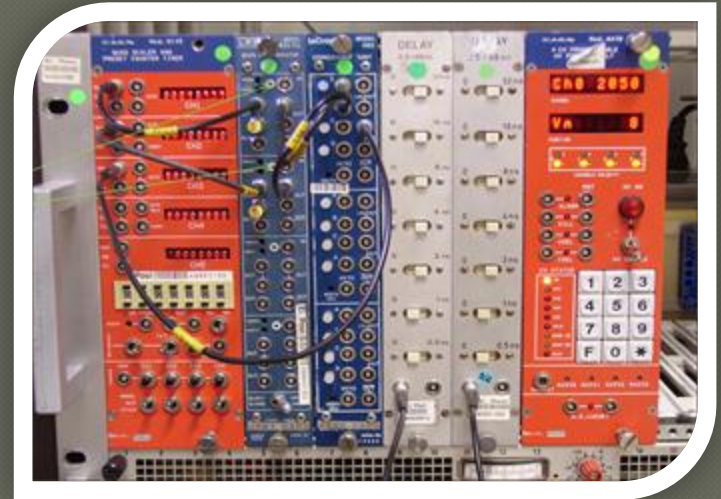
digitaler Signalzähler

- ***Spannungsversorgung:***

legt Hochspannung (2kV) an die Photomultiplier an

# Versuchsaufbau - NIM

- Zugehöriges Schaltbild:



# Myonendetektion

---

- ◉ Wenn ein Signal gleichzeitig von beiden Kanälen gemessen wird: *Myonenkandidat*
- ◉ *Coincidence* stellt die notwendige UND - Verknuepfung dar
- ◉ *Herausfilterung* der Myonen aus allen Signalen
- ◉ *Aufbau ermöglicht die Bestimmung der Myonenrate per Zähler*

# “Random Coincidence”?

---

- “Random Coincidence“ = Zufällige  
Gleichzeitigkeit zweier Störsignale (*Rauschen*)

→ “Schein-Myon“

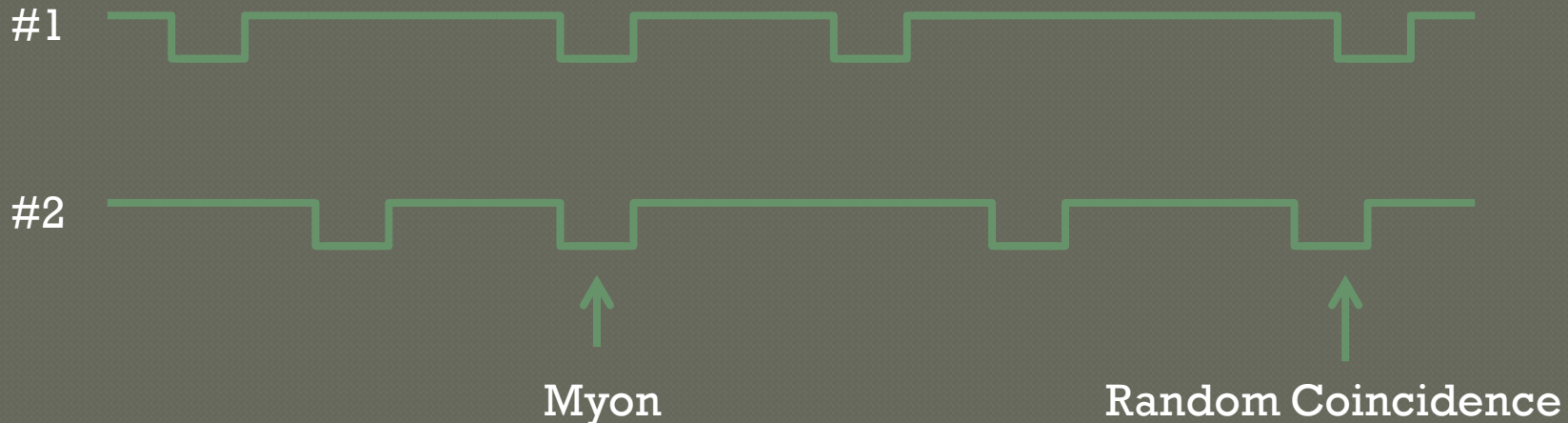
- Verfälschung des Messergebnisses?



# “Random Coincidence”?

---

- Detektorkanäle:



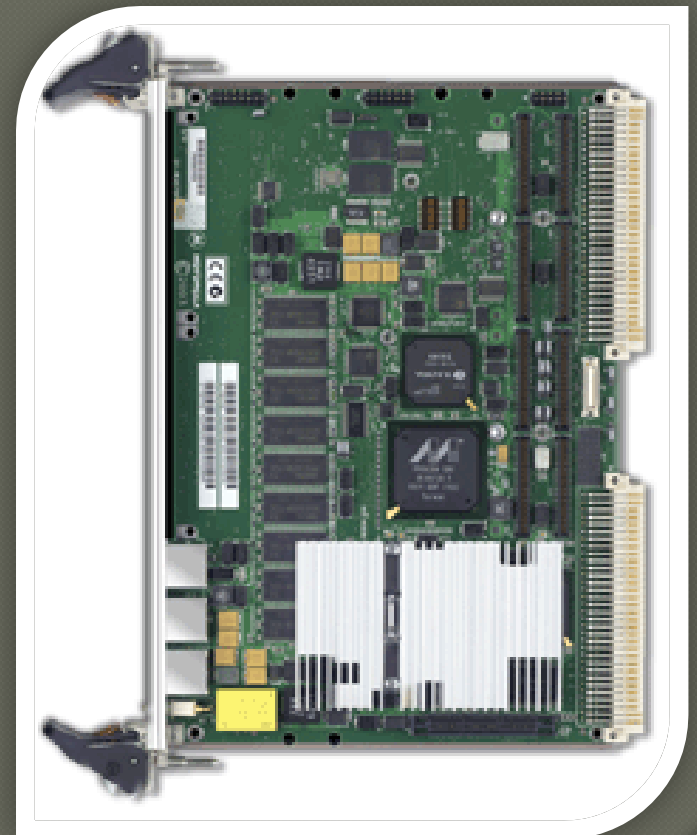
- Mithilfe stochastischer Berechnungen, ergibt sich eine sehr geringe Wahrscheinlichkeit für eine *Random Coincidence* (*>1 mal pro Tag*)  
= *kein wichtiger Störfaktor in diesem Experiment*



# VMEbus Standard

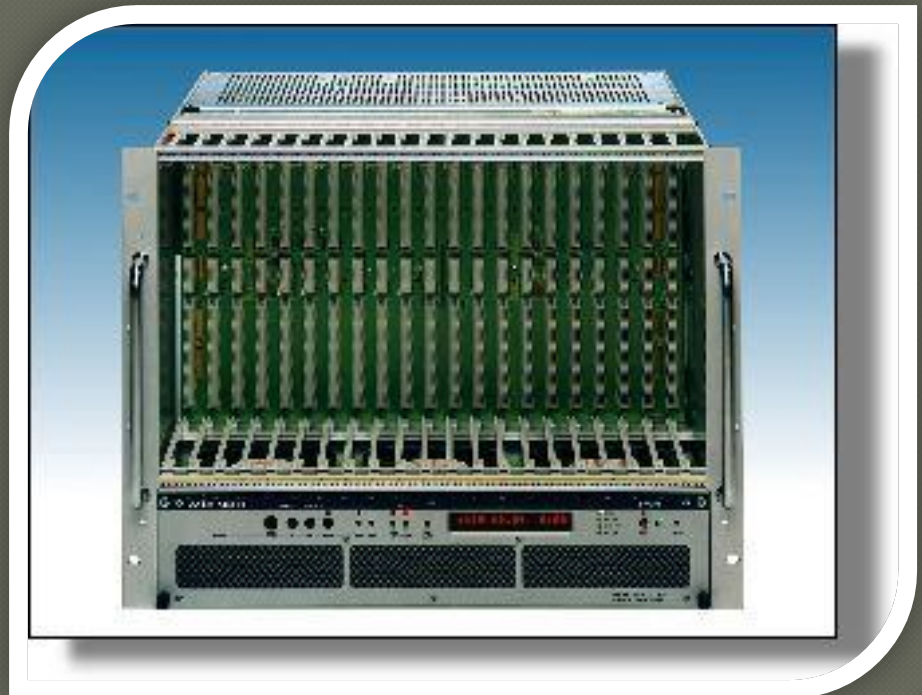
---

- Bus-Standard, viele Varianten, 1982 etabliert
- Verwendet in diversen Experimenten am CERN
- Auslese, Weiterleitung, Bearbeitung von Daten



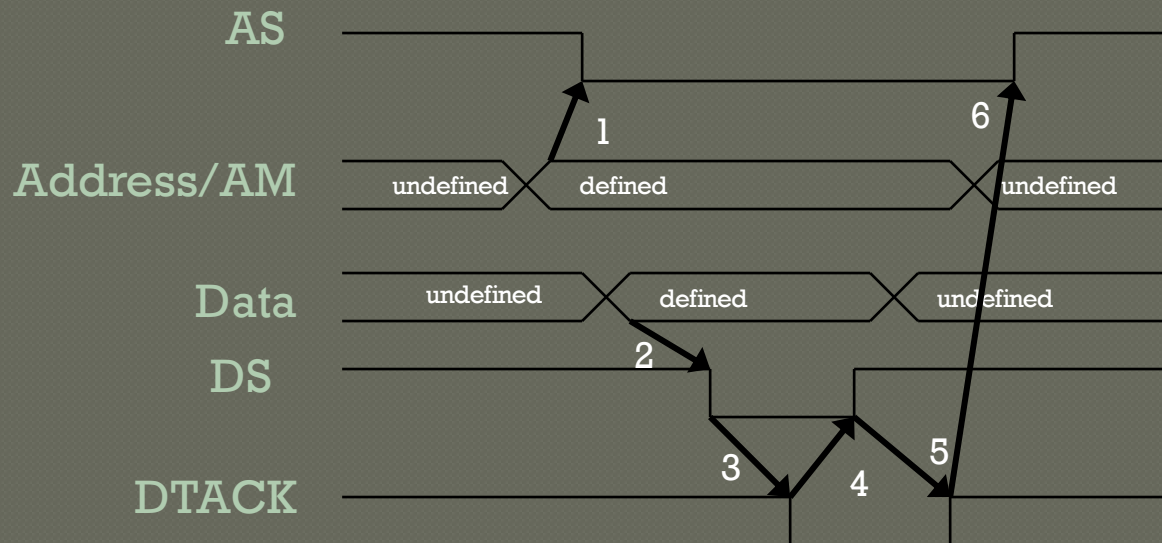
# VMEbus Standard

- Basiert auf einzelnen Steck-Modulen, die unabhängig agieren
- Verbindung über sog. „Backplane“
- *Master & Slave* in der Datenübertragung



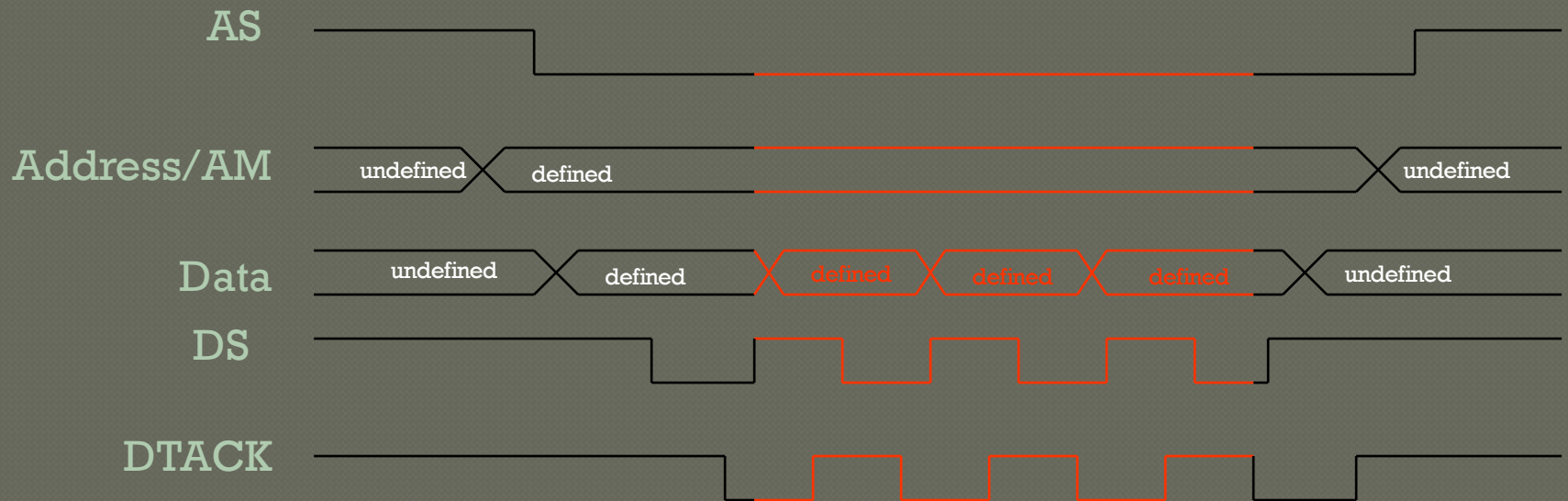
# VMEbus Datentransfer

- Übersicht über die Vorgänge bei einem einzelnen Datentransfer:



# VMEbus Datentransfer

- Übersicht über die Vorgänge bei einem Blocktransfer:

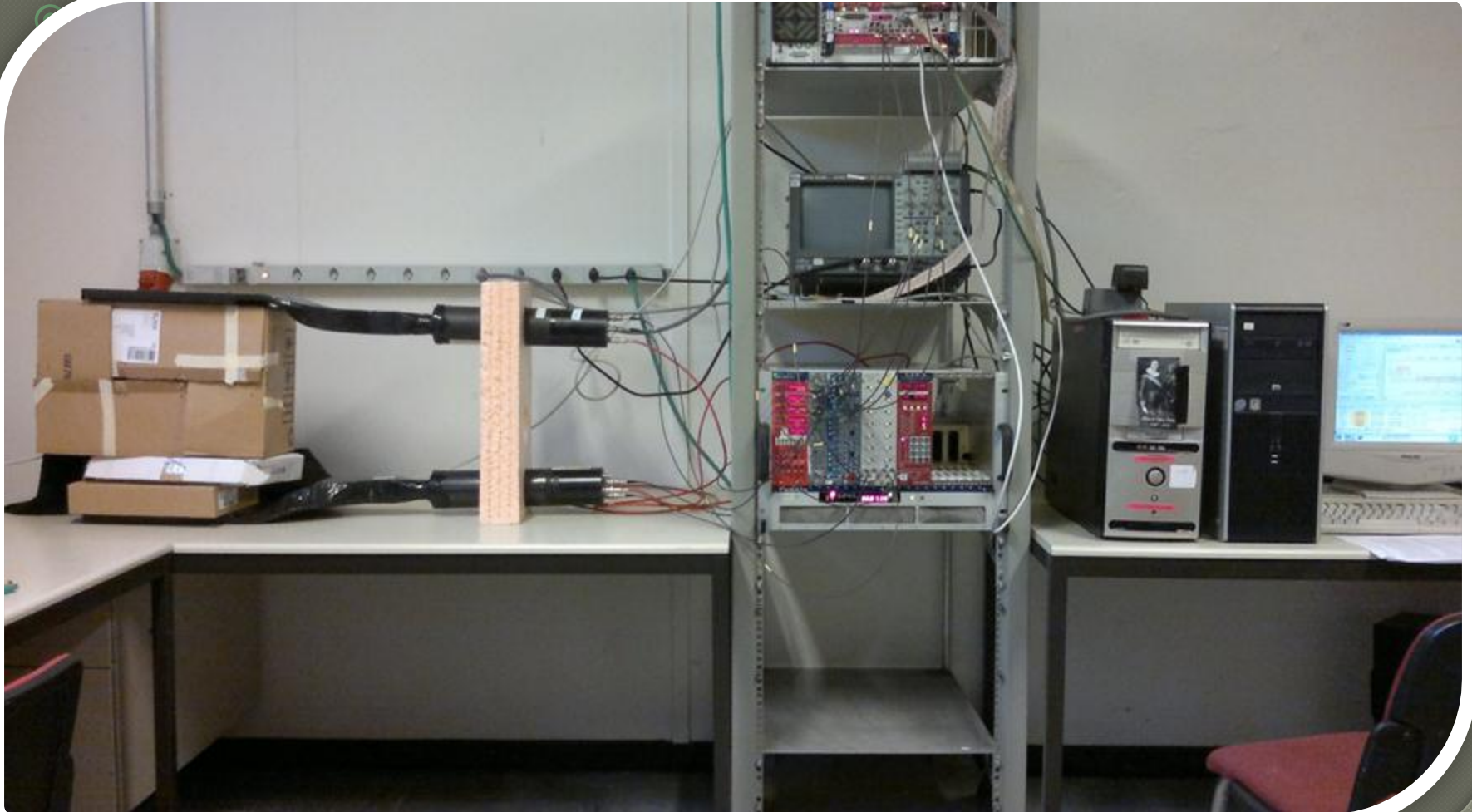


# VMEbus Programmierung

---

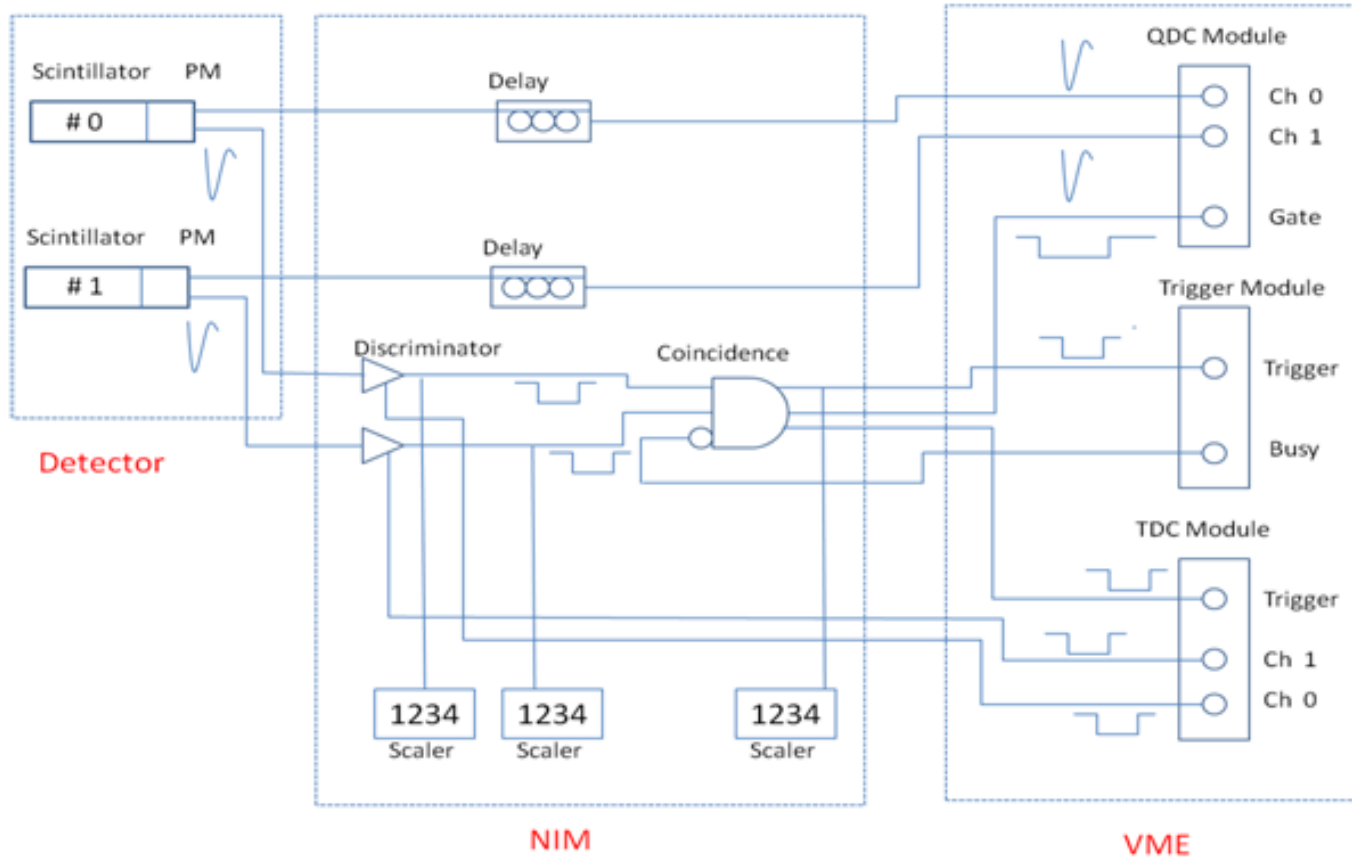
- Programmieruebungen mit den verschiedenen Arten des Datentransfers
- Vergleich der Geschwindigkeiten ergibt:
- *Single Cycle* ist im Vergleich zum Blocktransfer langsam → großer Softwareanteil

# Komplettes DAQ System



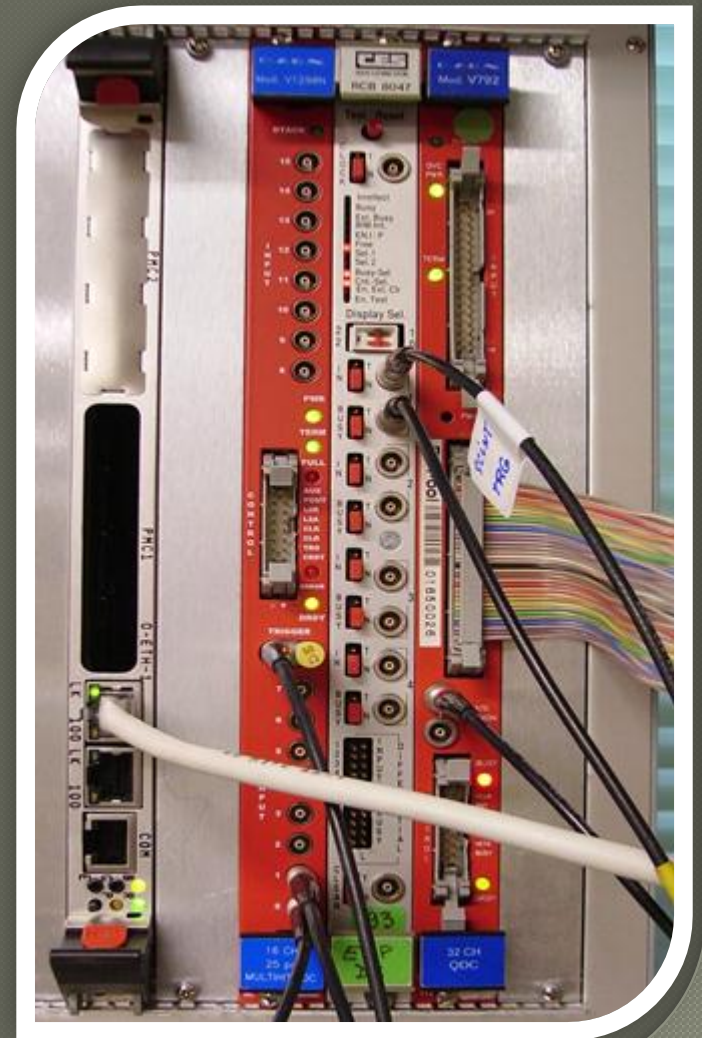


# Komplettes DAQ System



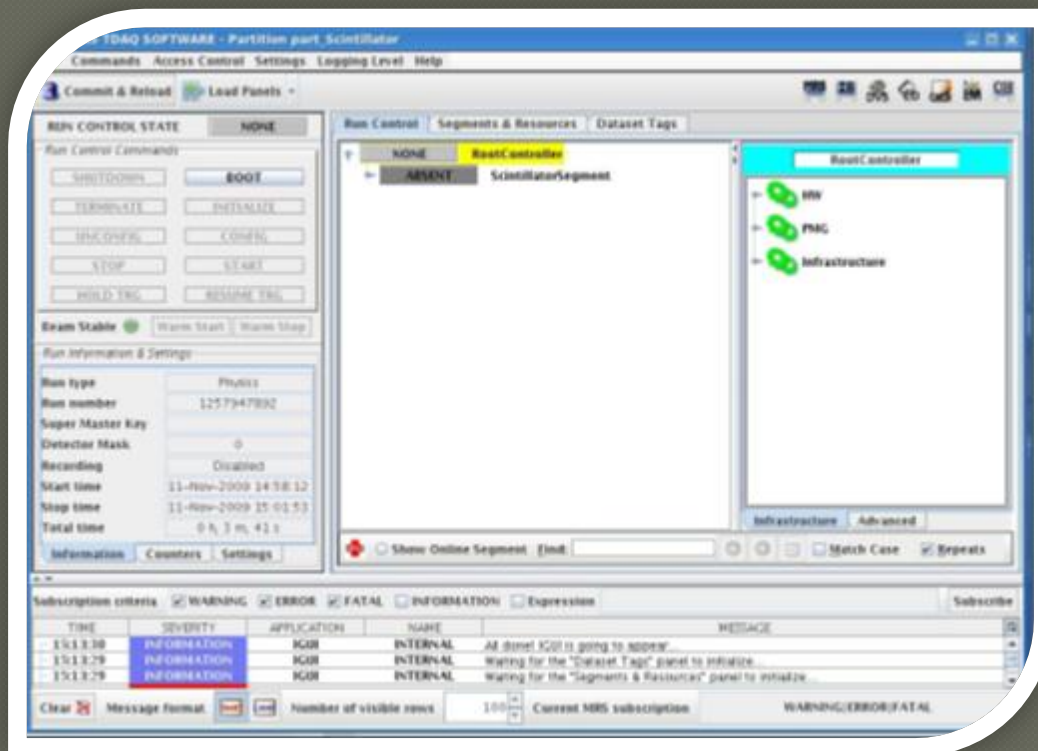
# VME - Messmodule

- SBC – Single Board Computer
  - Eigentliche CPU, Master des Systems, mit dem Server ueber Ethernet verbunden
- Ladungs-Digital-Converter (QDC)
  - Misst die von den Photomultipliern ankommende Ladung
- Time – Digital-Converter (TDC)
  - Misst die Zeitdifferenz der beiden einkommenden Signale
- Trigger Modul
  - Coincidence Signal gibt den Start der Messungen an



# ATLAS TDAQ - Software

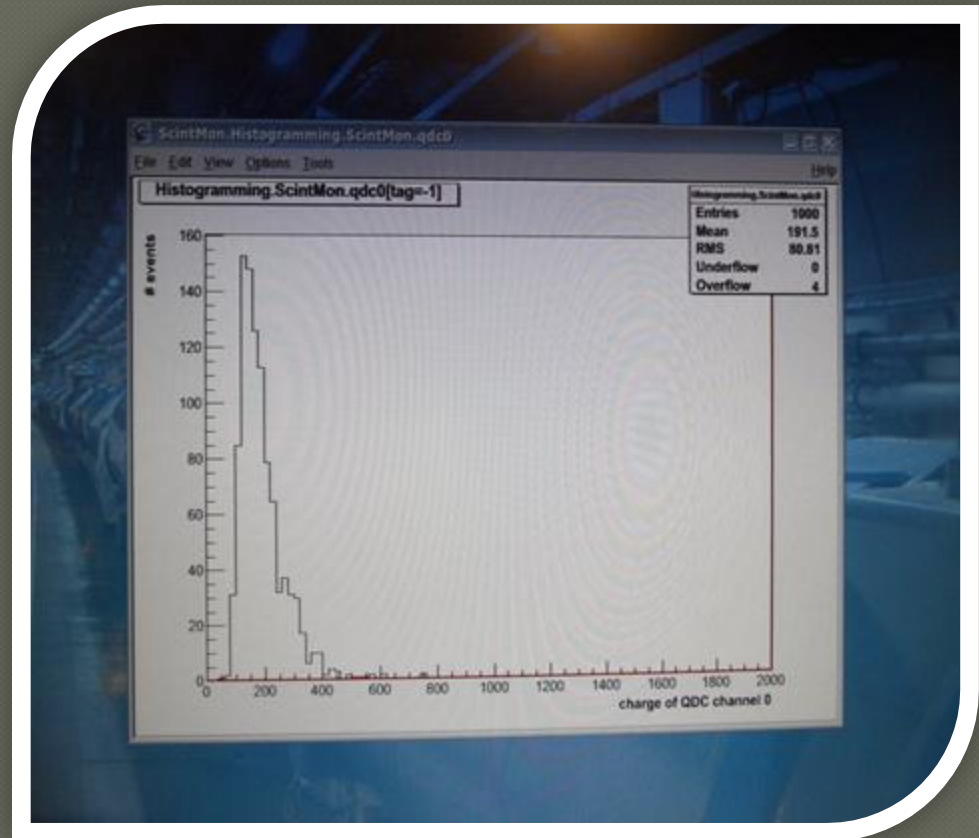
- Datenerfassungssoftware des Atlasesperiments
- Auf beliebig kleine Systeme anwendbar



# Ladungsmessung QDC

- Durchschnitt ca. 200mV
- Rueckrechnung: ca. 1300 Photonen pro Signal

Anzahl Elektronen,  
Verstärkung der PM,  
Quanteneffizienz



# Flugzeitmessung TDC

---

- Erwarteter Wert: ca. 1 ns fuer 30 cm
- Wert bei kleinem Anstand der Szintillatoren:
  - 1,484 ns
- Wert bei 30 cm größerem Abstand:
  - 2,394 ns
- Da der systematische Fehler (Kabellängen usw) gleich bleibt, erhaelt man durch Bildung der Differenz der Werte in etwa den gesuchten Wert



# Quellen

---

- ◉ *Vielen Dank fuer eure Aufmerksamkeit*
- ◉ <http://www.lhc-facts.ch>
- ◉ <http://de.wikipedia.org>
- ◉ *Techniques for nuclear and particle Physics Experiments,  
W.R.Leo*
- ◉ *Steffen Litzinger 04/2012*