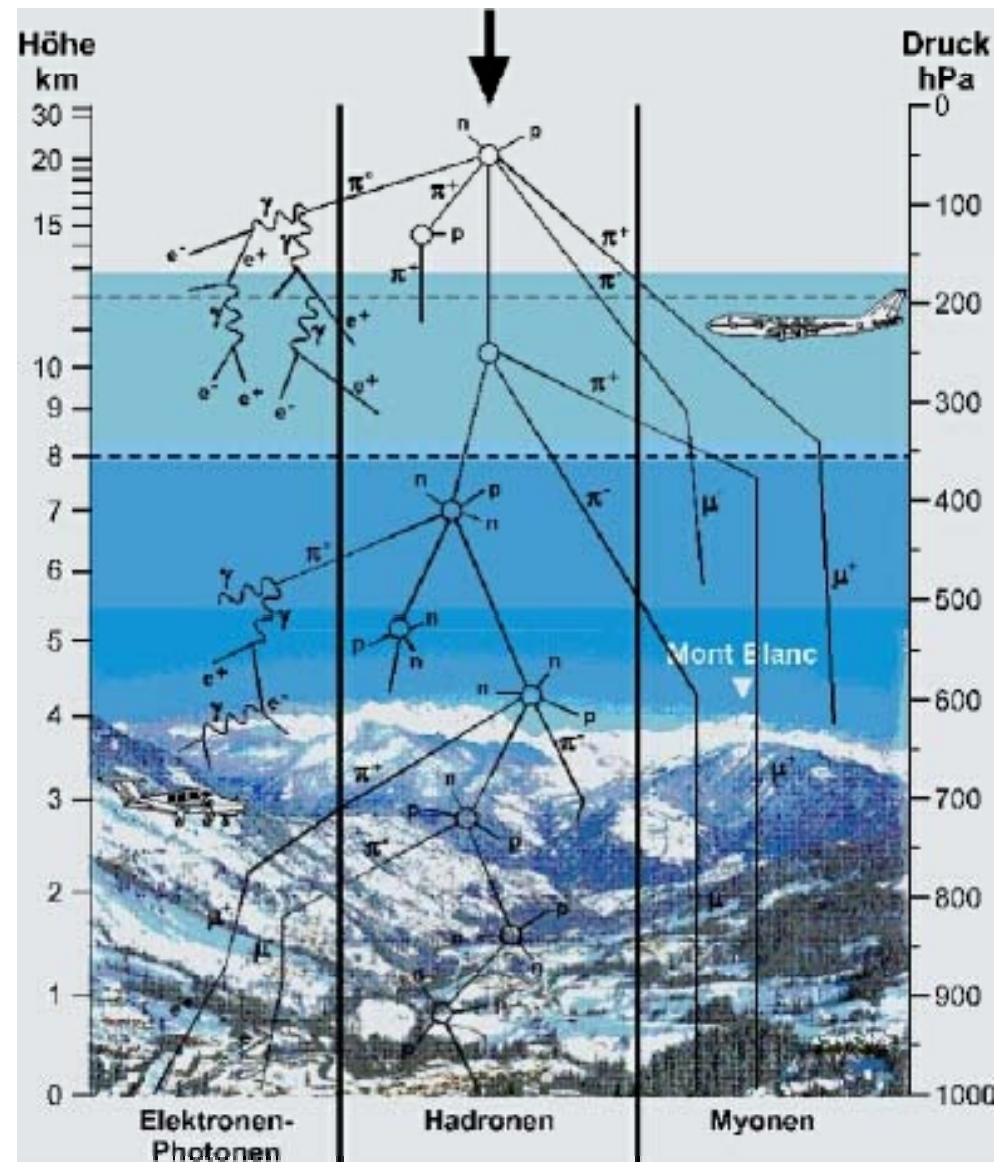


# Detection of Cosmic Muons

Detektion kosmischer Myonen

# Gliederung

- ▶ Myonendetektion
  - Szintillatoren
  - NIM
  - VME
  - Steuerung der Datenerfassung
  - Auswertung
- ▶ Anwendung
  - Vulkane
  - Cern
- ▶ (VMEbus)
- ▶ Quellen

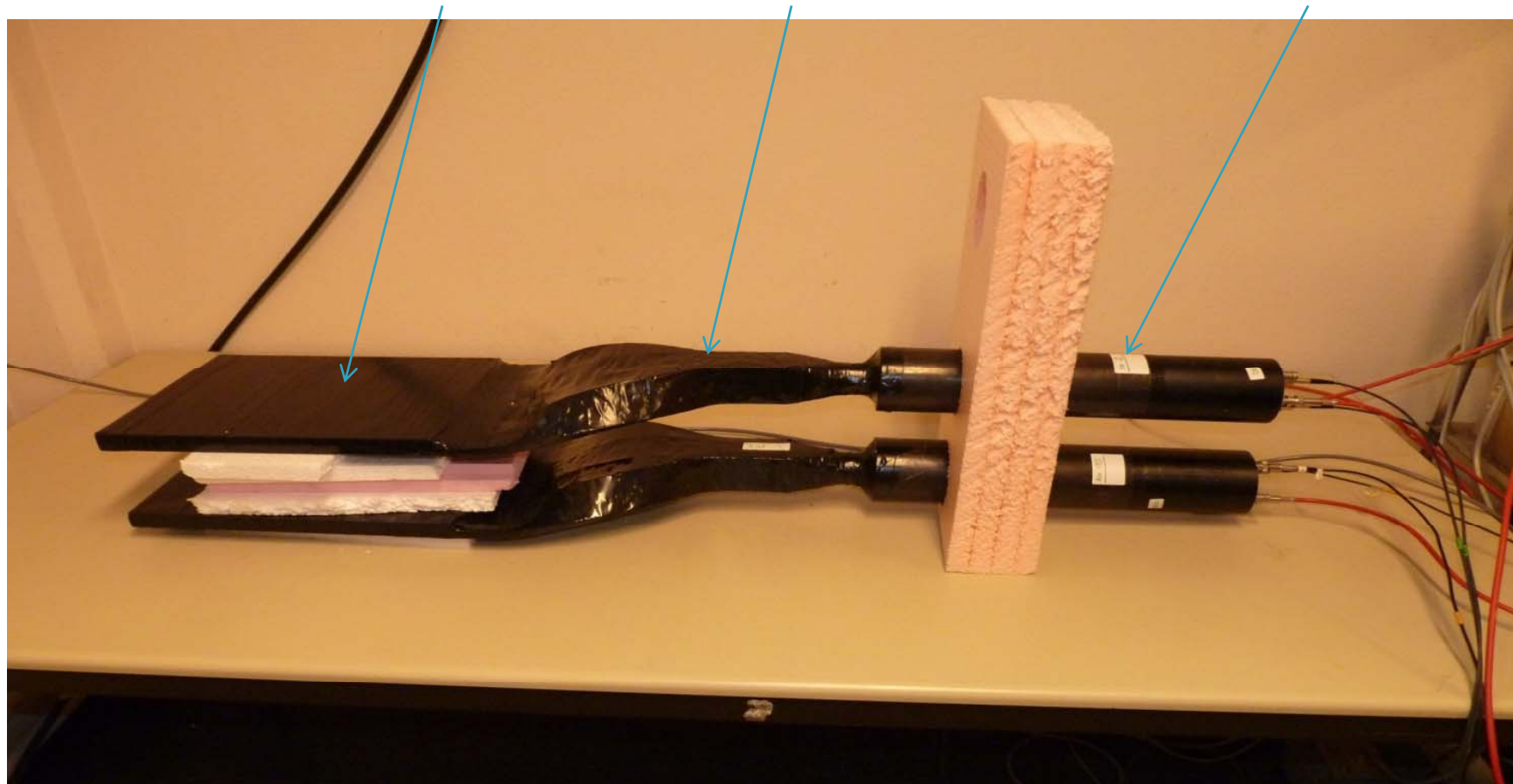


# Szintillatoren

Szintillatorfläche

Lichtleiter

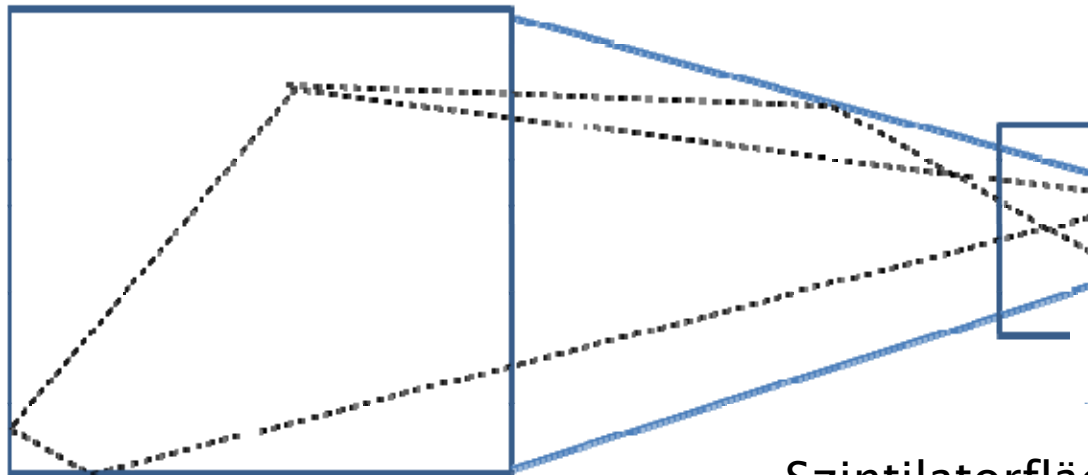
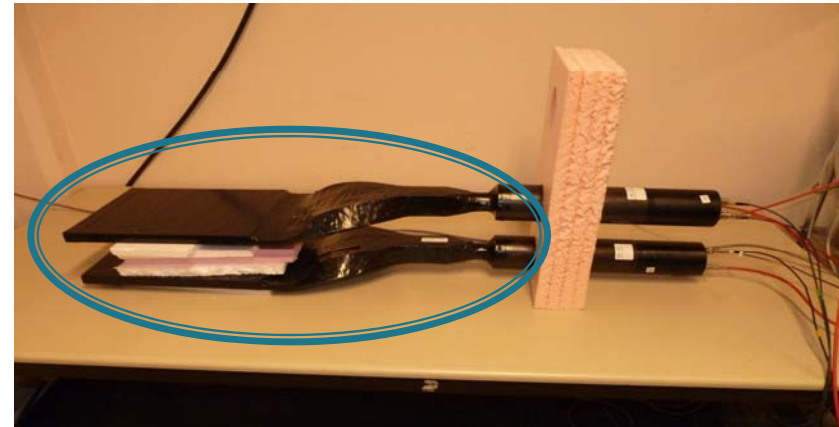
Photonendetektor (PMT)



# Szintillatoren

Bestandteile:

- Kunststoff
- Aluminiumfolie
- schwarzes Klebeband



Szintillatorfläche:

Myon setzt Photonen frei  
Photonen werden gesammelt



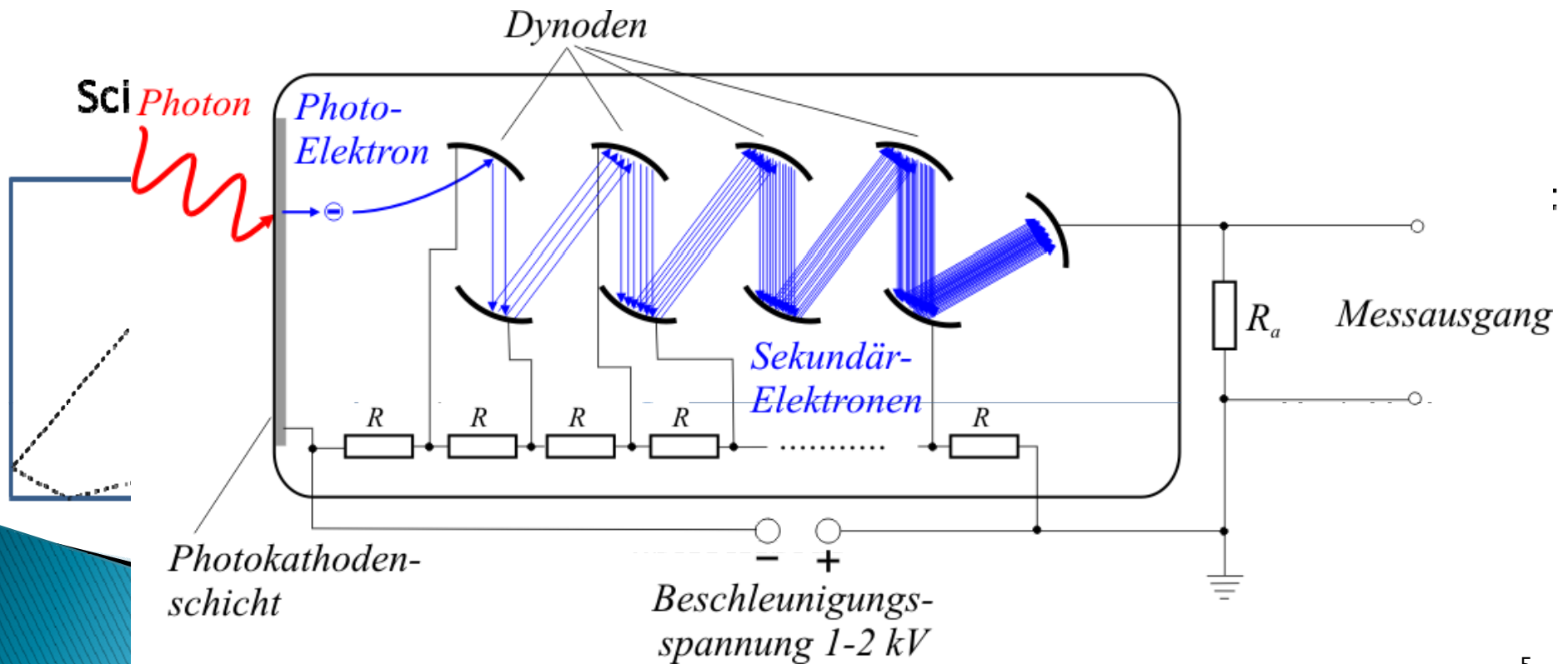
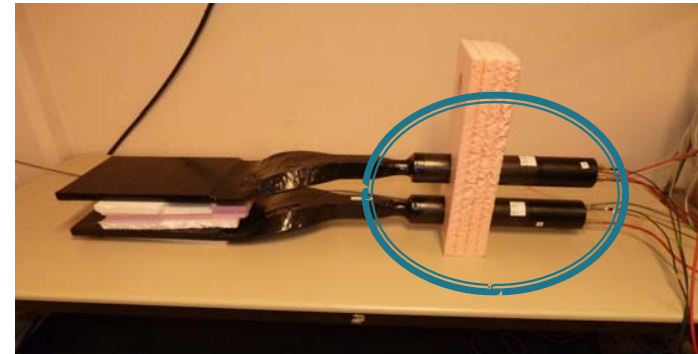
# Photonendetektor

Photokathode

Photon  $\rightarrow$  Elektron

Dynoden unter Hochspannung (2 kV)

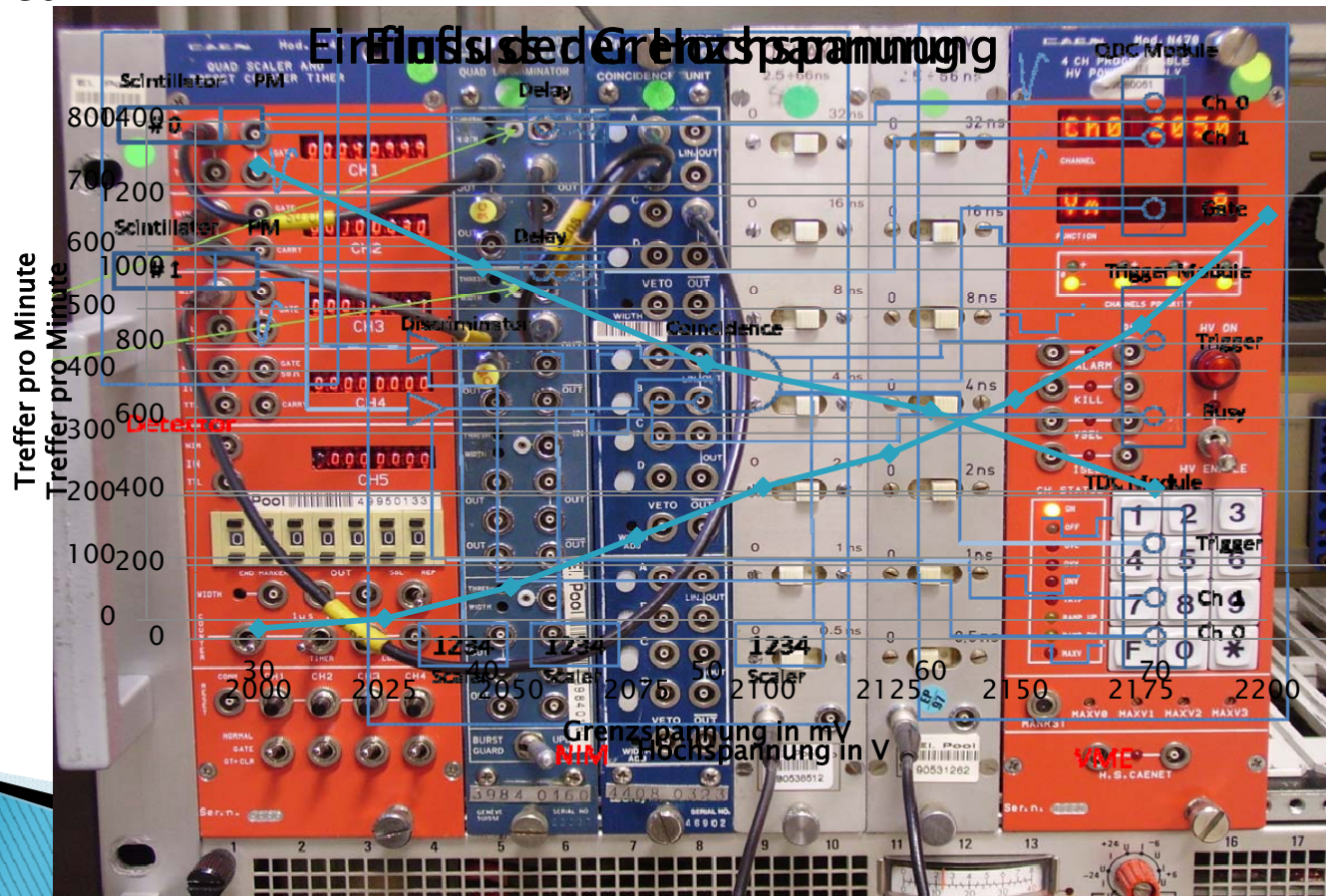
Beschleunigung +  
Vervielfachung der  
Elektronen + (Hintergrund)



# NIM

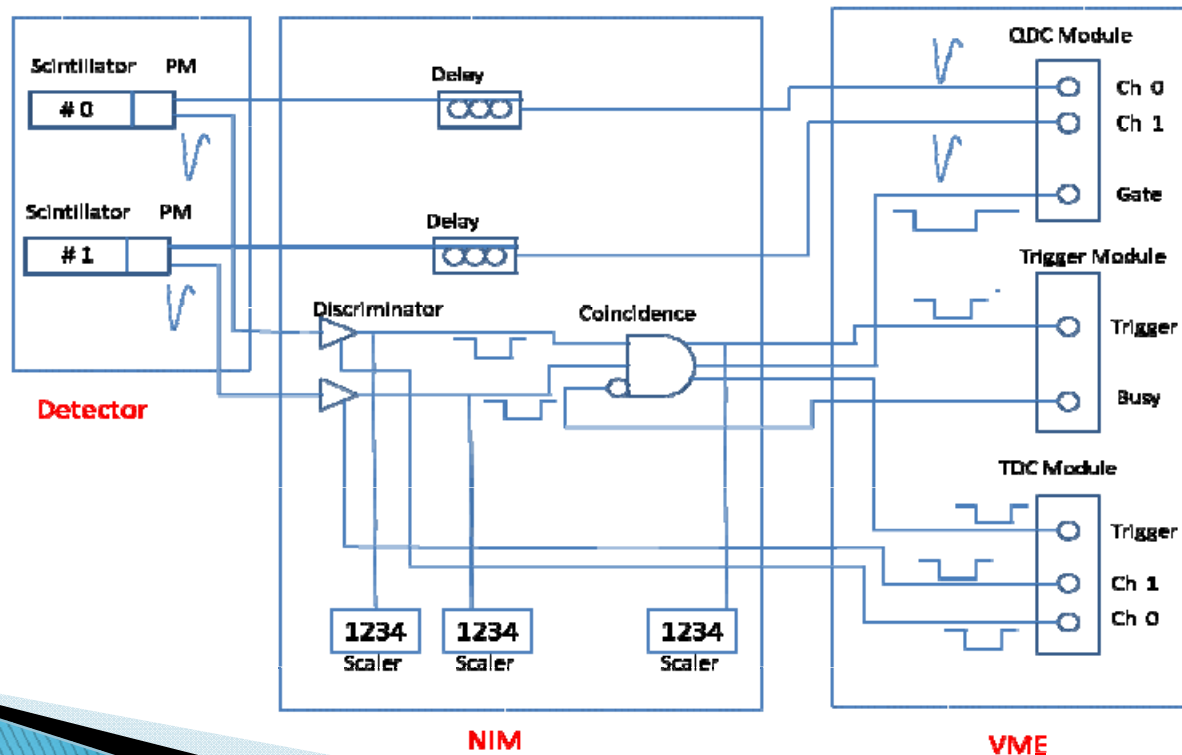
Signale aus den PMTs werden durch Diskriminatoren und Coincidence verarbeitet und für die Datenerfassung als Trigger verwendet

- ▶ Diskriminator
  - Umwandeln des analogen Signals in digitales Signal (->Grenzspannung)
- ▶ Coincidence
  - Herausfiltern der Events, bei denen zeitgleich im oberen und unteren Szintillator Treffer gemessen wurden (->Hintergrundunterdrückung)



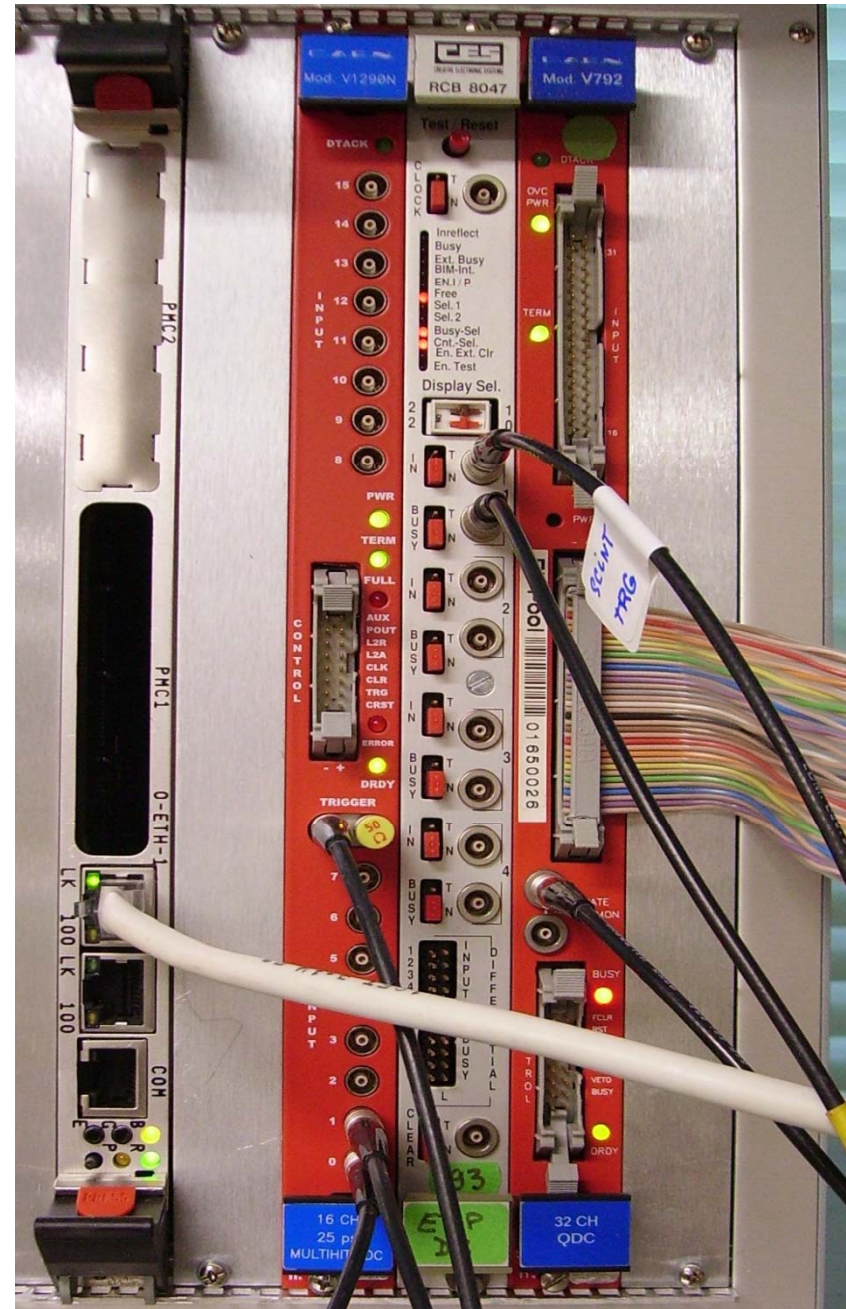
# VME I/O Module

- ▶ Ladungs-Digital-Converter (QDC)
- ▶ Time - Digital-Converter (TDC)
- ▶ Trigger Modul
  - unterbricht Datenstrom, wenn verarbeitet wird





# VME





# Steuerung der Datenerfassung

- ▶ ATLAS TDAQ Software
  - für ATLAS-Experiment entwickelt
  - ist auf beliebig kleine Systeme anwendbar

The screenshot displays the ATLAS TDAQ Software interface for a Scintillator partition. The window title is "ATLAS TDAQ SOFTWARE - Partition part\_Scintillator". The interface is divided into several panels:

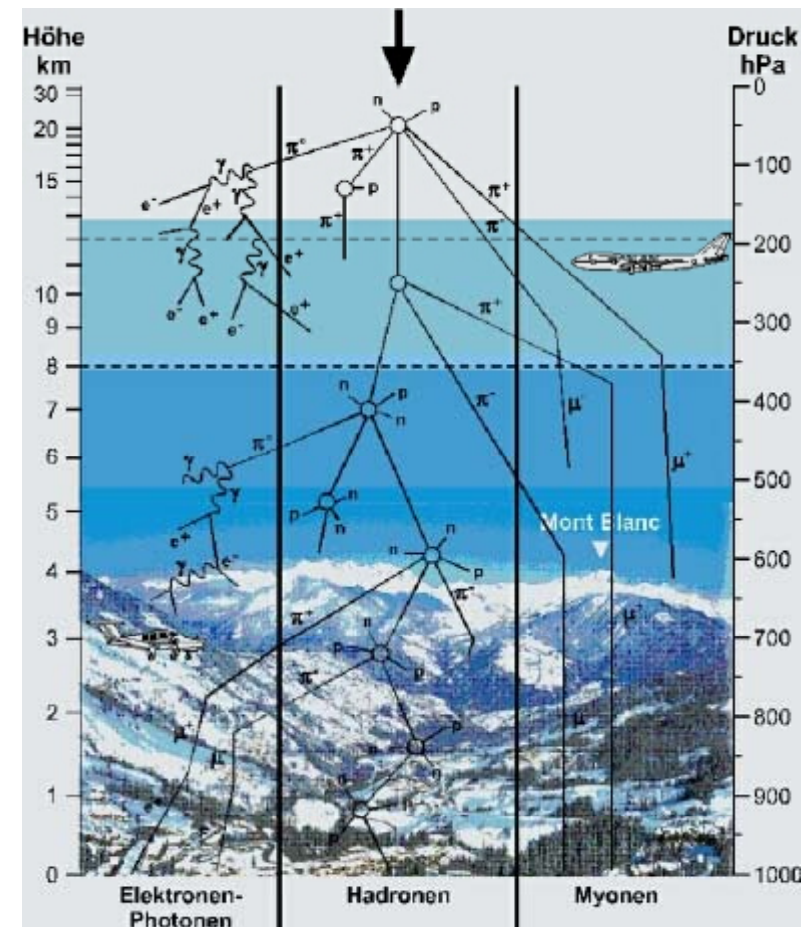
- Run Control State:** Currently set to "NONE".
- Run Control Commands:** A grid of buttons including SHUTDOWN, BOOT, TERMINATE, INITIALIZE, UNCONFIG, CONFIG, STOP, START, HOLD TRG, and RESUME TRG.
- Beam Stable:** A green indicator light is on, with "Warm Start" and "Warm Stop" buttons.
- Run Information & Settings:** Fields for Run type (Physics), Run number (1257947892), Super Master Key, Detector Mask (0), Recording (Disabled), Start time (11-Nov-2009 14:58:12), Stop time (11-Nov-2009 15:01:53), and Total time (0 h, 3 m, 41 s).
- Run Control Panel:** Shows a tree view with "NONE" selected for "RootController" and "ABSENT" for "ScintillatorSegment".
- System Diagram:** A diagram on the right shows the "RootController" connected to "HW", "PMG", and "Infrastructure" components.
- Subscription criteria:** Checkboxes for WARNING, ERROR, FATAL, INFORMATION, and Expression.
- Message Log:** A table showing system messages.

TIME	SEVERITY	APPLICATION	NAME	MESSAGE
15:13:30	INFORMATION	IGUI	INTERNAL	All done! IGUI is going to appear...
15:13:29	INFORMATION	IGUI	INTERNAL	Waiting for the "Dataset Tags" panel to initialize...
15:13:29	INFORMATION	IGUI	INTERNAL	Waiting for the "Segments & Resources" panel to initialize...

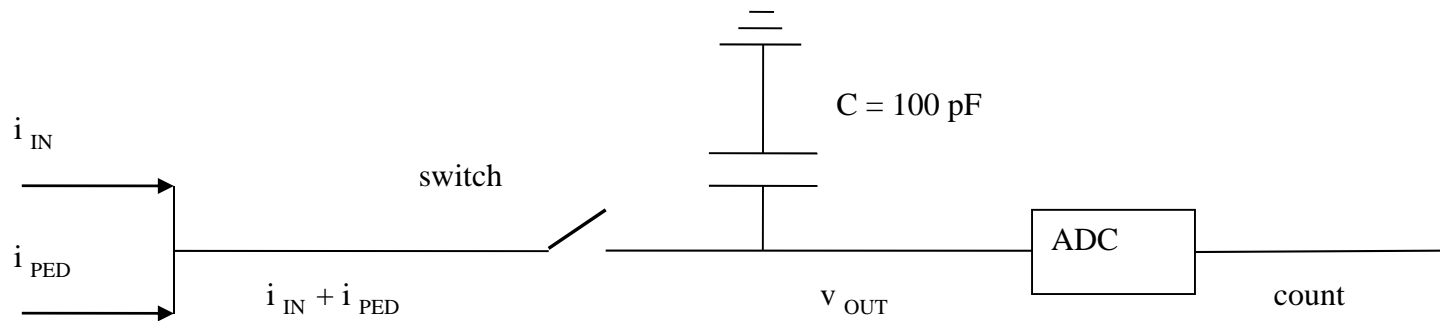
At the bottom, there are controls for "Clear", "Message format", "Number of visible rows" (set to 100), and "Current MRS subscription" (WARNING|ERROR|FATAL).

# Auswertung: Anzahl Myonen

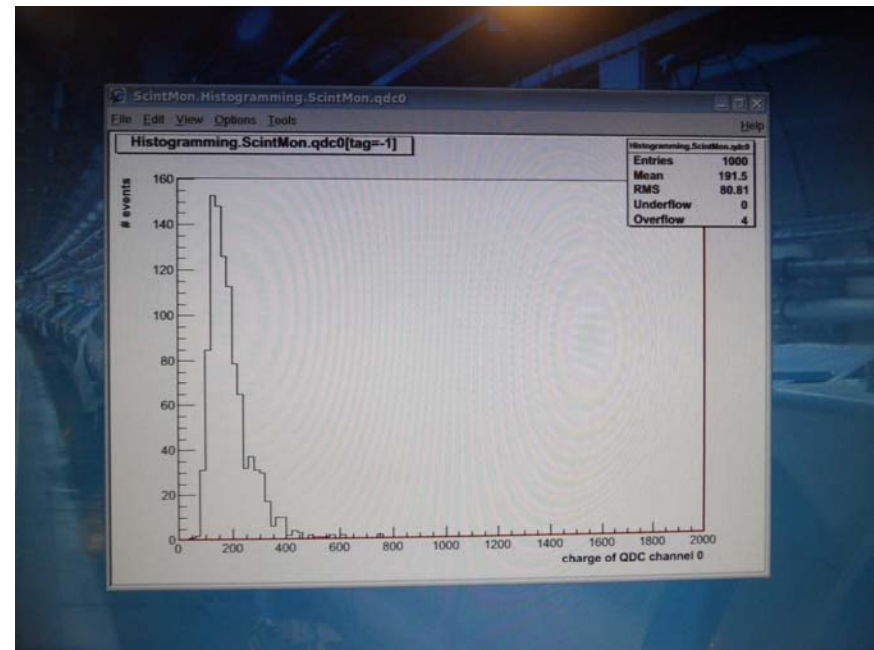
- ▶ Warum koennen wir auf der Erdoberflaeche Myonen detektieren?
  - Lebenszeit:  $2,197 \mu\text{s}$
  - Resultierende Wegstrecke: 600m mit c nach klassischer Physik
  - Entstehungsort: 20–30 km über NN
    - Zeit ist relativistisch
    - $v_{\text{min}}=99,976\%$  von c
- Datenerfassung misst Myonenfluss mit Frequenz (f) von 5–6Hz auf einer Szintillatorflaeche (A) von  $1/16 \text{ m}^2$
- Messhaufigkeit:  $f/A = 80\text{--}96 \text{ 1}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$
- Erwarteter Wert:  $\sim 100 \text{ 1}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$



# Auswertung: Ladungsmessung mit V792



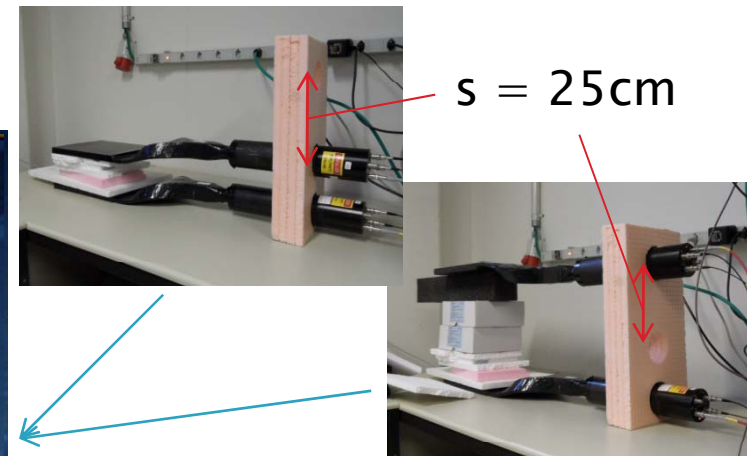
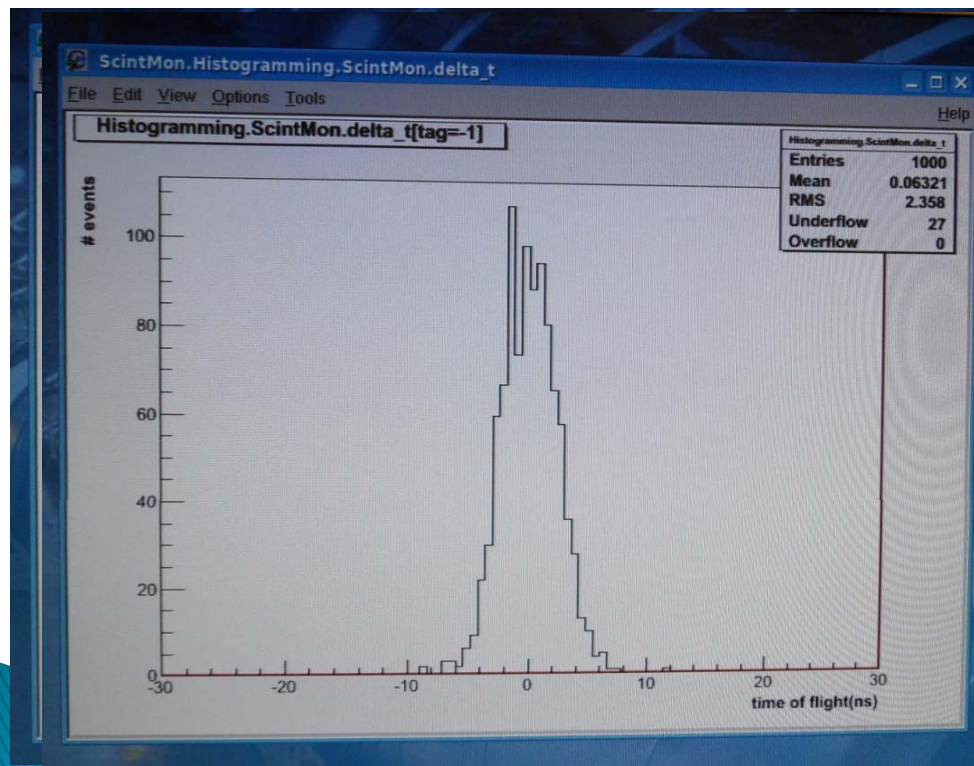
- ▶ Count Q1 = 191.5
- ▶ Count Q2 = 201.4
- ▶ Count Q1 hintergrund = 23
- ▶ Count Q2 hintergrund = 70.04
- ▶ Über Formel ( $Q = 0.1 * (\text{count Q} - \text{Count Q hintergrund}) * \text{pC}$ ):
  - Q1 = 16.85 pC
  - Q2 = 13.14 pC





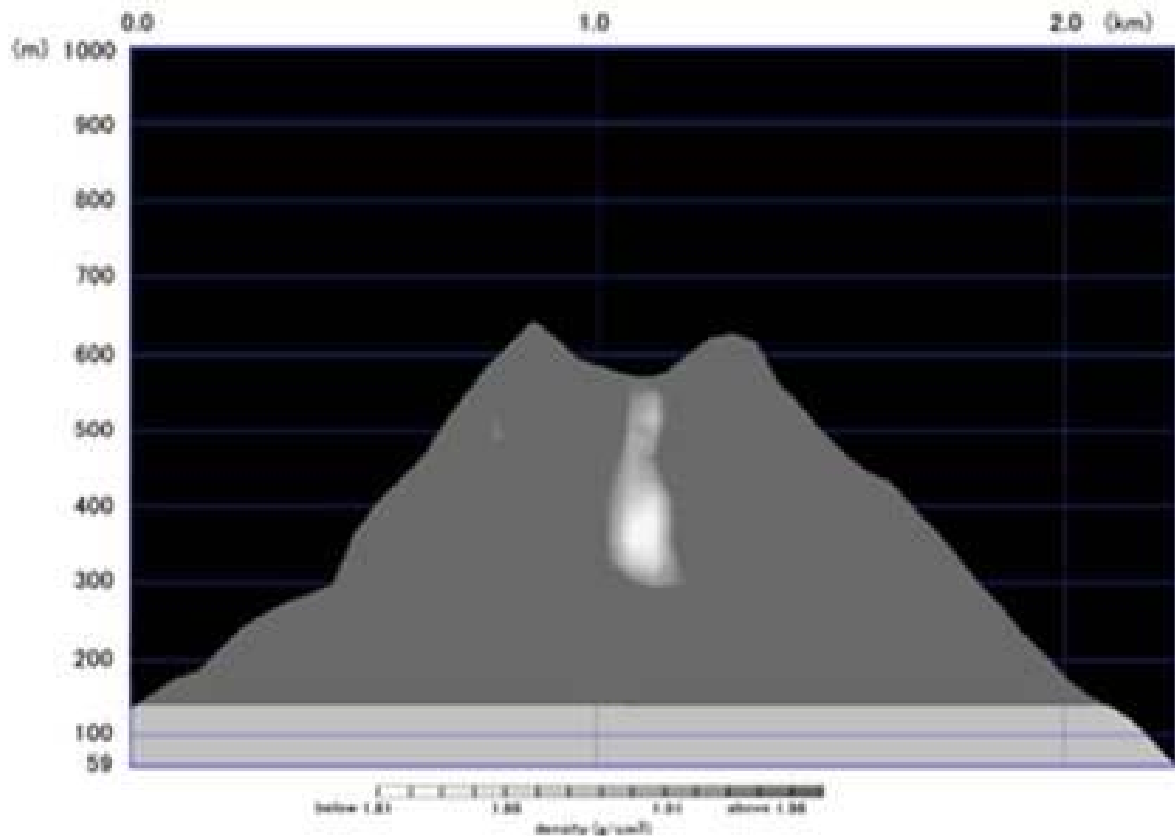
# Auswertung: Zeitunterschied

- ▶ TDC modul misst Myon Flugzeit (Zeitsignale von 2 Szintillatoren)
  - Messfehler durch z.B. unterschiedliche Kabellängen
- ▶ Fehlerkompensation: 2 Messungen mit unterschiedlichen Abstand (s) der Detektoren
- ▶ Bildung der Differenz der 2 Zeiten ( $\Delta t$ )
- ▶  $v = s/\Delta t$



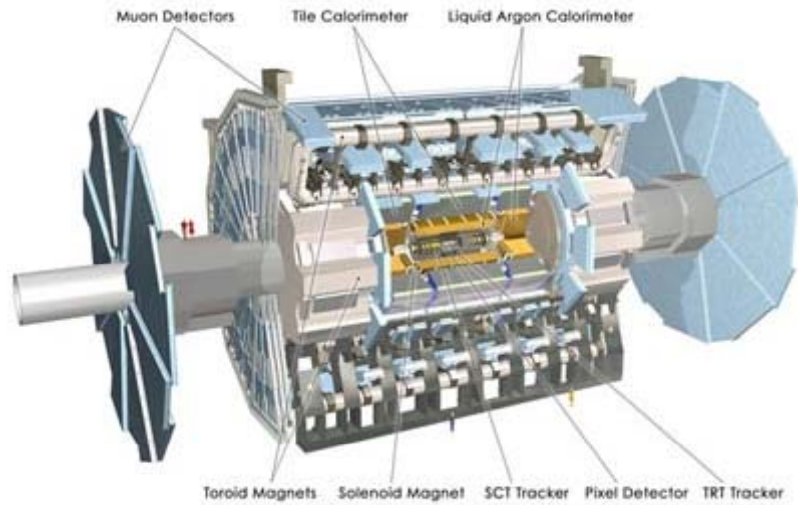
- $s = 25\text{cm} = 0.25\text{m}$
- $\Delta t = 0.11\text{ns} - (-0.81\text{ns}) = 0.92\text{ns} = 9.2 \cdot 10^{-10}\text{s}$
- $v = 2.72 \cdot 10^8 \text{ m/s} = 2.72 \cdot 10^5 \text{ km/s}$

# Anwendung – Vulkanforschung

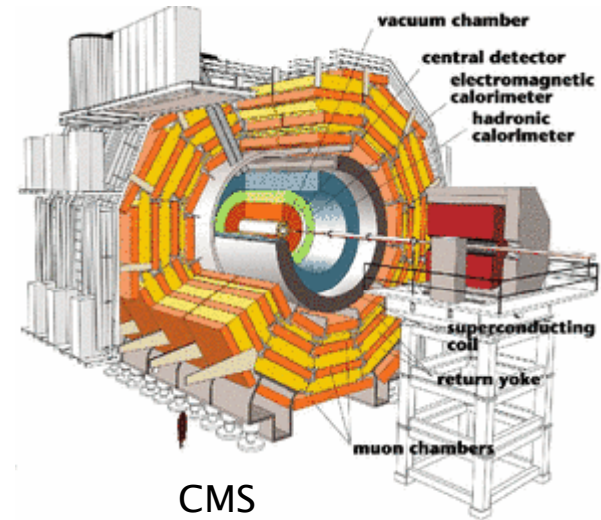


Gestein / Lava hat unterschiedliche Transparenz fuer Myonen  
Über tomographische Verfahren kann man in den Vulkan schauen

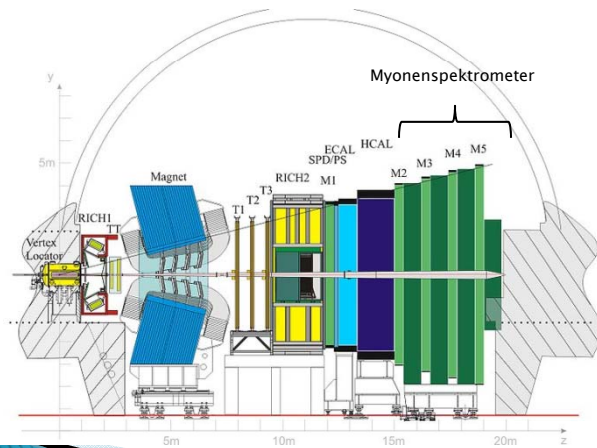
# Anwendung – Cern



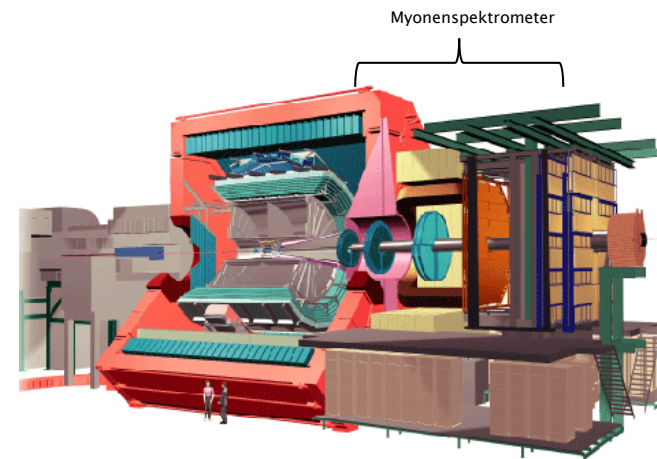
ATLAS



CMS



LHCb



ALICE



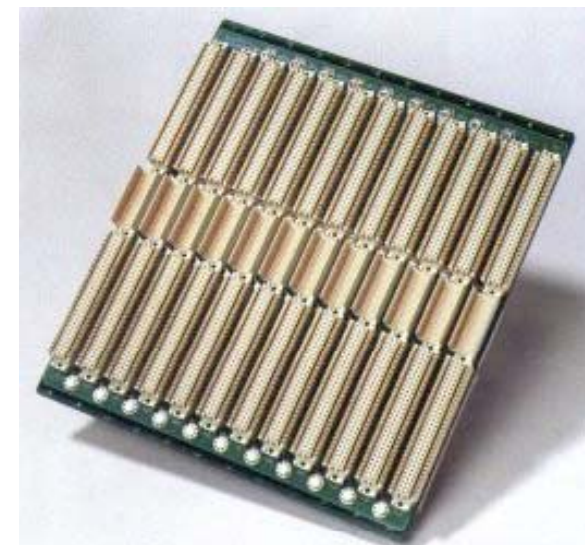
# VMEbus

- Wird haeufig in der Datenerfassung verwendet um Daten aus den Detektoren auszulesen
  - Besteht aus einem Datenbus, welcher aus einzelnen Leitungen besteht, an welche VME-Karten angeschlossen sind
  - 21 der 84 Datenleitungen werden zur Zugriffskontrolle verwendet
  - 32 Datenleitungen
  - 31 Adressleitungen
  - Controller steuert den Zugriff auf VMEbus
  - I/O Karten (slaves) erhalten Signale von Detektoren und digitalisieren diese
  - Auslesekarte (bus analyzer) zeigt an, welchen Zustand die einzelnen Leitungen haben
- Schreibvorgänge
- VMEbus System ähnlich wie Computer aufgebaut
  - Prozessor + Linux + externe I/O Module
  - Zeitliche Aufteilung bei einem Schreibvorgang:

	Softwareseite	VMEbus Aktion
Schreiben	21 $\mu$ s	1 $\mu$ s
Lesen	20 $\mu$ s	1 $\mu$ s



VMEbus Gehäuse



VMEbus bus-Platine (backplane)

# VMEbus

- Auslagern der Schreib-/Lesefunktion: +4  $\mu$ s
- Leistungsanalyse der S/W
  - Treiber (kernel) und eigentliches C-Programm (user) teilen sich den Prozessor
  - es kann nur einer den Prozessor gleichzeitig nutzen
  - bei Nutzerwechsel (context switch) müssen Prozessdaten gespeichert werden
  - um Zeit zu sparen möglichst wenige Nutzerwechsel
  - Einfluss dieser auf die Verarbeitungszeit

	Softwareseite (je nach CPU)	VMEbus	Gesamt
Sicheres Schreiben (4 Byte)	20 $\mu$ s	0.5 $\mu$ s	21 $\mu$ s
Schnelles Schreiben (4 Byte)	0.28 $\mu$ s	0.5 $\mu$ s	0.78 $\mu$ s
Blocktransfer Schreiben	overhead: 20 $\mu$ s	~150 ns / 8 byte (50 MB/s)	z.B. 39 $\mu$ s für 1kB
Sicheres Lesen (4 Byte)	19 $\mu$ s	1 $\mu$ s	20 $\mu$ s
Schnelles Lesen(4 Byte)	0.8 $\mu$ s	1 $\mu$ s	1.8 $\mu$ s
Blocktransfer Lesen	overhead: 20 $\mu$ s	~150 ns / 8 byte (50 MB/s)	z.B. 39 $\mu$ s für 1kB

Safe: Treiber & user code  
 Fast: Nur user code  
 Blocktransfer: spezielle H/W (DMA controller) entlastet CPU

# Quellen

- ▶ <http://indico.cern.ch/scripts/SSLPdisplay.py?stddate=2009-06-29&nbweeks=8>
- ▶ <http://atlas.ch/fact-sheets-view.html>
- ▶ <http://indico.cern.ch/getFile.py/access?resId=1&materialId=slides&confId=57337>
- ▶ <http://cdsweb.cern.ch/record/844564/files/ROS-MAG-RT2005.pdf>
- ▶ <http://cdsweb.cern.ch/record/991113/files/daq-conf-2006-016.pdf>
- ▶ <https://twiki.cern.ch/twiki/bin/view/Sandbox/DaqSchoolExercise2>
- ▶ <http://www.e12.physik.tu-muenchen.de/stud/vorlesungen/kruecken/KT-Skript/6-Detektoren.pdf>
- ▶ [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/ab/Photomultiplier\\_schema\\_de.png](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/ab/Photomultiplier_schema_de.png)
- ▶ [http://de.wikipedia.org/wiki/Constant\\_Fraction\\_Discriminator](http://de.wikipedia.org/wiki/Constant_Fraction_Discriminator)
- ▶ [http://pages.unibas.ch/physikdidaktik/DPK\\_TEILCHEN\\_01/MyonImWeb/myflussweb/Beschreibung\\_Ver1\\_4.pdf](http://pages.unibas.ch/physikdidaktik/DPK_TEILCHEN_01/MyonImWeb/myflussweb/Beschreibung_Ver1_4.pdf)
- ▶ <http://www.ptb.de/de/org/6/64/flugdosis/hoehenstrahlung/hoehe.htm>
- ▶ <http://www.lhc-facts.ch/index.php?page=szintillator>

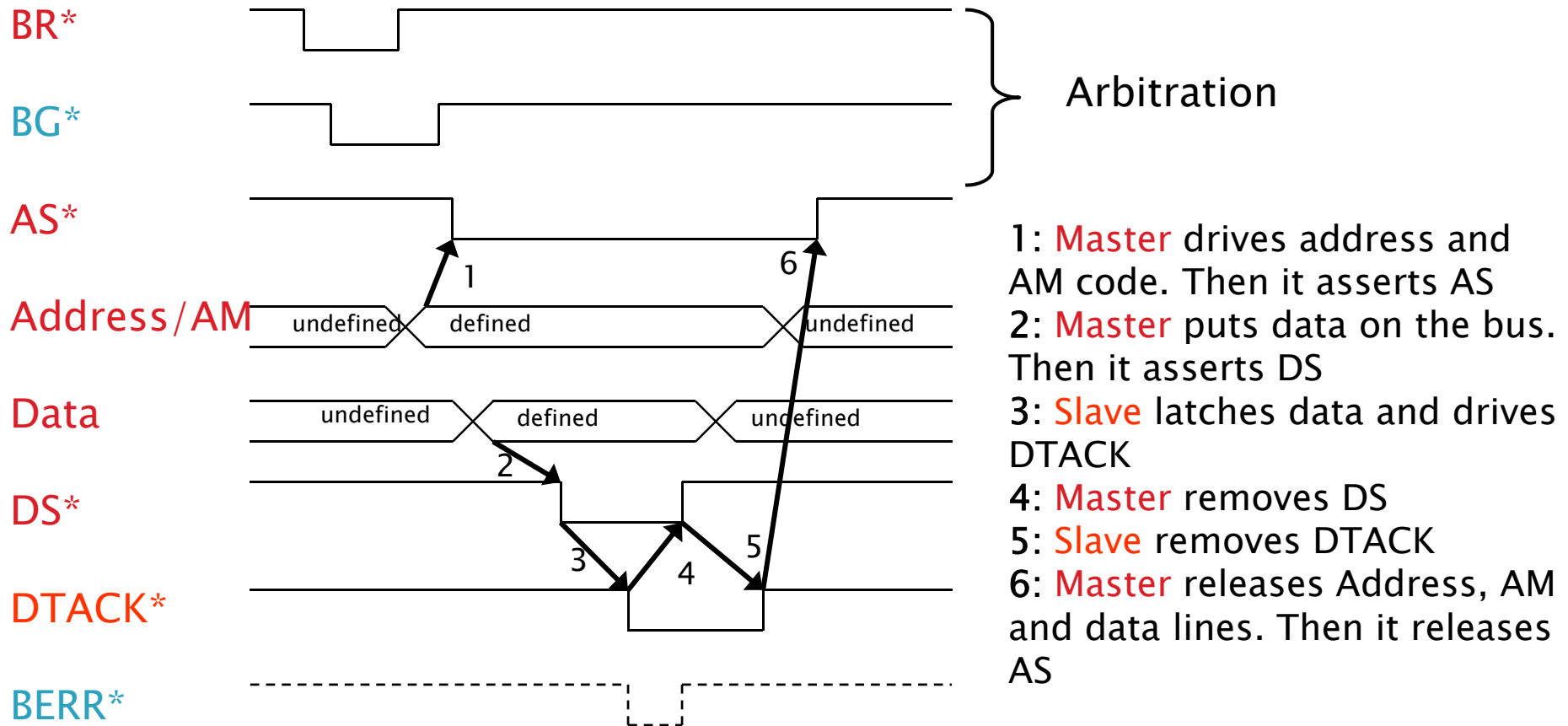


# Einzelne VMEBuskanäle

Name	Description
BBSY*	Bus Busy. Once a master has been granted the bus it drives BBSY*. As long as BBSY* is asserted no other master can get the bus
A[31..1]	Address lines (can carry data in D64 multiplexed transfers). A00 does not exist
D[31..0]	Data lines
AM[5..0]	Address modifier. Defines the number of valid address bits and the cycle type
DS0* and DS1*	Data strobes. Tell the slave when the master is ready. Also encode the number of bytes to be transferred
LWORD*	Contributes to the definition of the transfer size and carries data in multiplexed block transfers
AS*	Address Strobe. Tells the slaves when the address on the bus is valid
WRITE*	Defines the direction of the data transfer
DTACK*	Data acknowledge. Used by a slave to tell the master that it has read / written the data
BERR*	Bus error. Used by slaves or arbiters to signal errors
IRQ1* .. IRQ7*	Interrupt request lines. Asserted by the interrupter
IACK*	Interrupt acknowledge. Used by the interrupt handler to retrieve an interrupt vector from the interrupter

# Single cycles

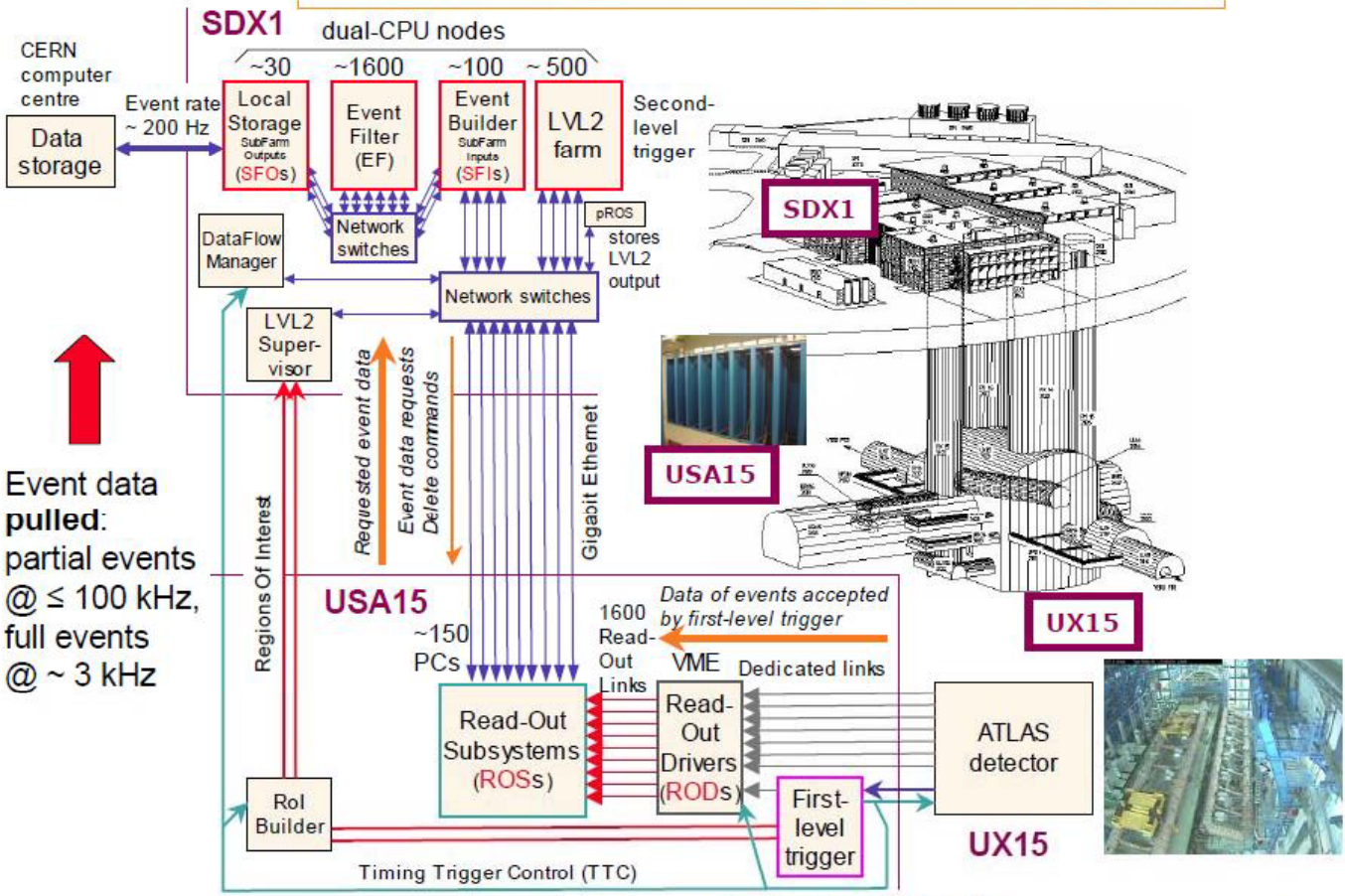
Example: (Simplified) write cycle



Color code: Master - Slave - Arbitrer

# Datenverarbeitung ATLAS

ATLAS Trigger / DAQ DataFlow Overview



Event data **pulled**:  
partial events  
@  $\leq 100$  kHz,  
full events  
@  $\sim 3$  kHz

Event data **pushed** @  $\leq 100$  kHz,  
1600 fragments of  $\sim 1$  kByte each



# Q-Diagramme

