

Selektion seltener Ereignisse

in Experimenten der Schwerionenphysik

Jens Berger IKF

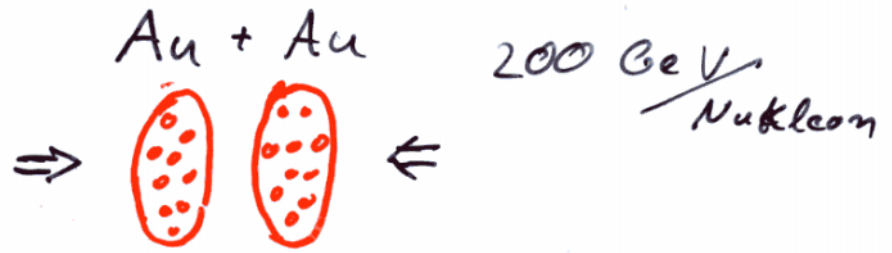
* Seltene Ereignisse

* Datenaufnahme zur effektiven Erfassung seltener Ereignisse

- Test im NA49 Experiment

- Einsatz im STAR Experiment

S-TAR-Experiment am RHIC Collider



Produktion von Teilchen:

HOHE Teilchenanzahl
Ereignis

Au + Au → HADRONEN
 π, K, Λ

$\approx \frac{2000 \text{ Teilchen}}{\text{Ereignis}}$

n. 1000 Ereignisse
ergeben ausreichende
Statistik

$\frac{1 \text{ Ereignis}}{\text{Sec}} \Rightarrow 85000 \frac{\text{Ereignisse}}{\text{Tag}}$

$\frac{1 \text{ Ereignis}}{\text{Sec}} \Rightarrow \frac{10 \text{ MB}}{\text{Sec}}$



Massenspeicherung

GERINGE Teilchenanzahl
Ereignis

Au + Au → $J/\psi \rightarrow e^+e^-$

$\approx 6 J/\psi / 10000 \text{ Ereignisse}$

Au + Au → $\phi \rightarrow e^+e^-$

$\approx 30 \phi / 10000 \text{ Ereignisse}$

n. 10^6 Ereignisse
sind erforderlich

$\frac{1 \text{ Ereignis}}{\text{Sec}} \Rightarrow \text{mehrere Monate}$

$\frac{100 \text{ Ereignisse}}{\text{Sec}} \Rightarrow \text{mehrere Tage}$

$\frac{100 \text{ Ereignisse}}{\text{Sec}} \Rightarrow \frac{10 \text{ TB}}{\text{Sec}} \Rightarrow ?$



Selektion von
interessanten
Ereignissen



Datenreduktion

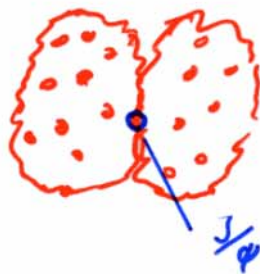
Warum ist Produktion von Teilchen mit
geringer Anzahl / Ereignis interessant?

J/ψ

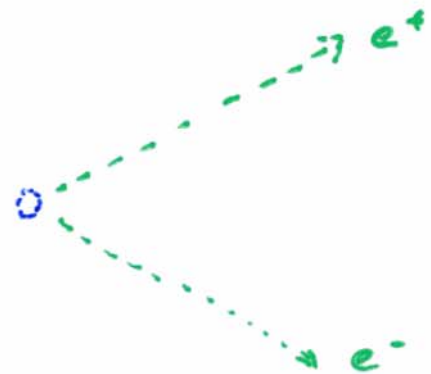
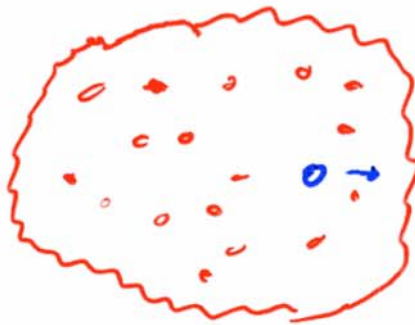
Au + Au 200 GeV



T. MATSUI & H. Satz
Phys. Lett. B 178 (1986)



J/ψ entsteht aufgrund
seiner hohen Masse
zu Beginn der Kollision



* Befindet sich im Reaktionsvolumen
ein Zustand ungebundener Quarks
(Quark-Gluon-Plasma) wird das J/ψ
unterdrückt.

Wie können Ereignisraten von $100 \text{ Ereignisse/sec}$ mit 10 MB/Ereignis verarbeitet werden?

* Selektion einzelner interessanter Ereignisse durch Echtzeit-Verarbeitung der Daten:

Selektionskriterium erfüllt \Rightarrow Ereignis speichern

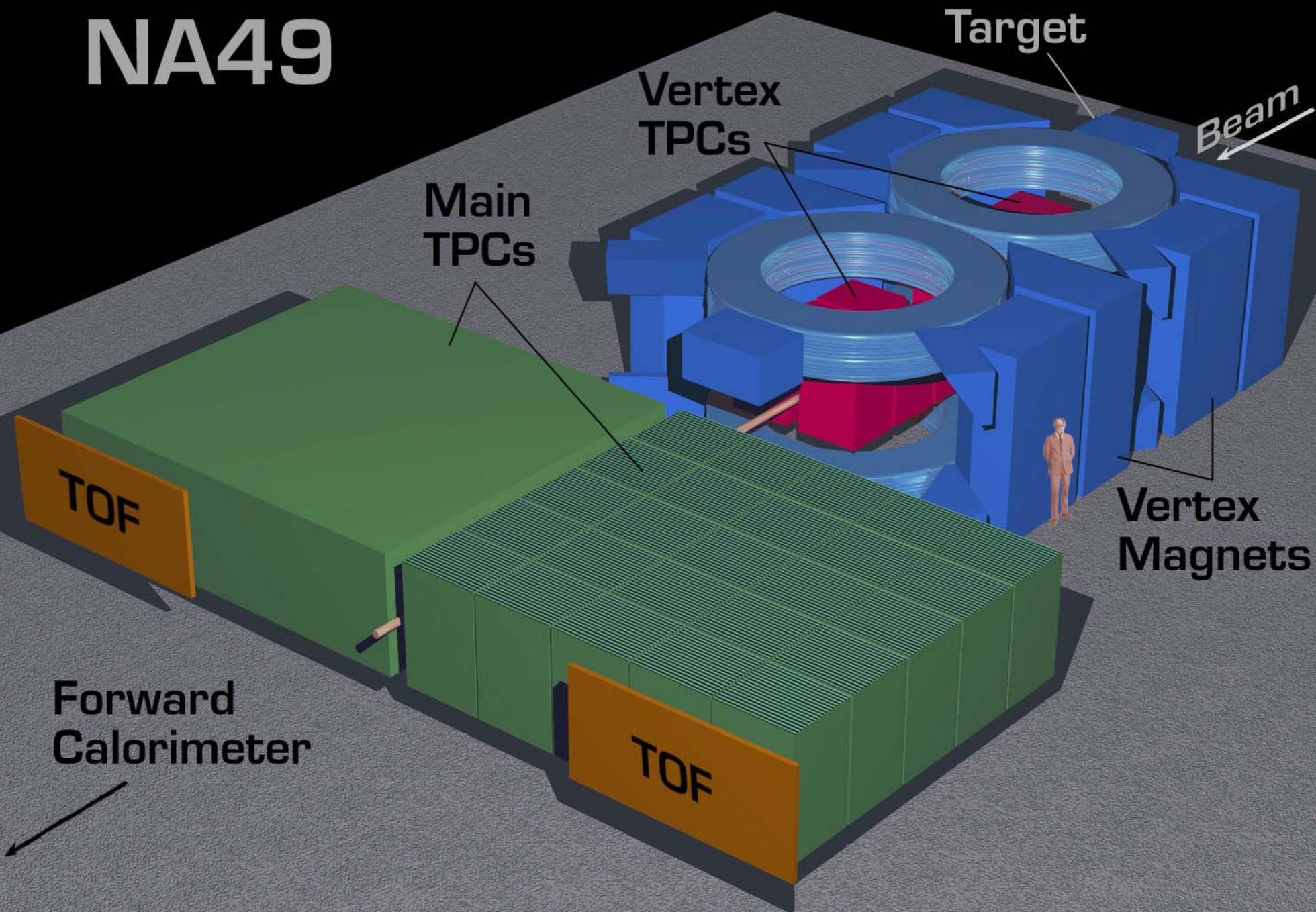
Selektionskriterium nicht erfüllt \Rightarrow Ereignis verwerfen

* Datenreduktion aller Ereignisse durch Echtzeit-Verarbeitung des Datenstroms. Reduktion der Daten ohne Informationen zu verlieren.

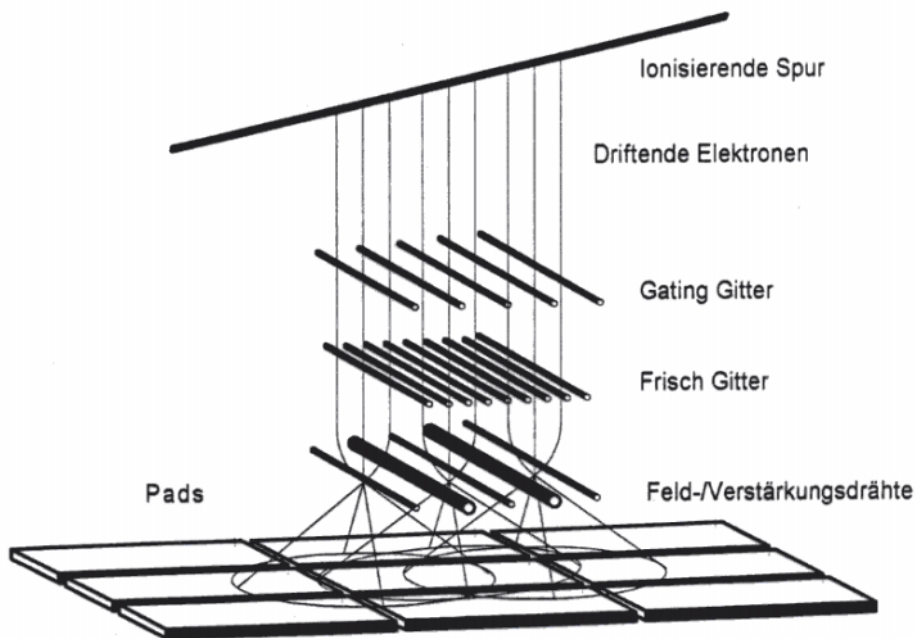
Für beide Verfahren:

Genaue Kenntnis des Detektors und der Physik erforderlich.

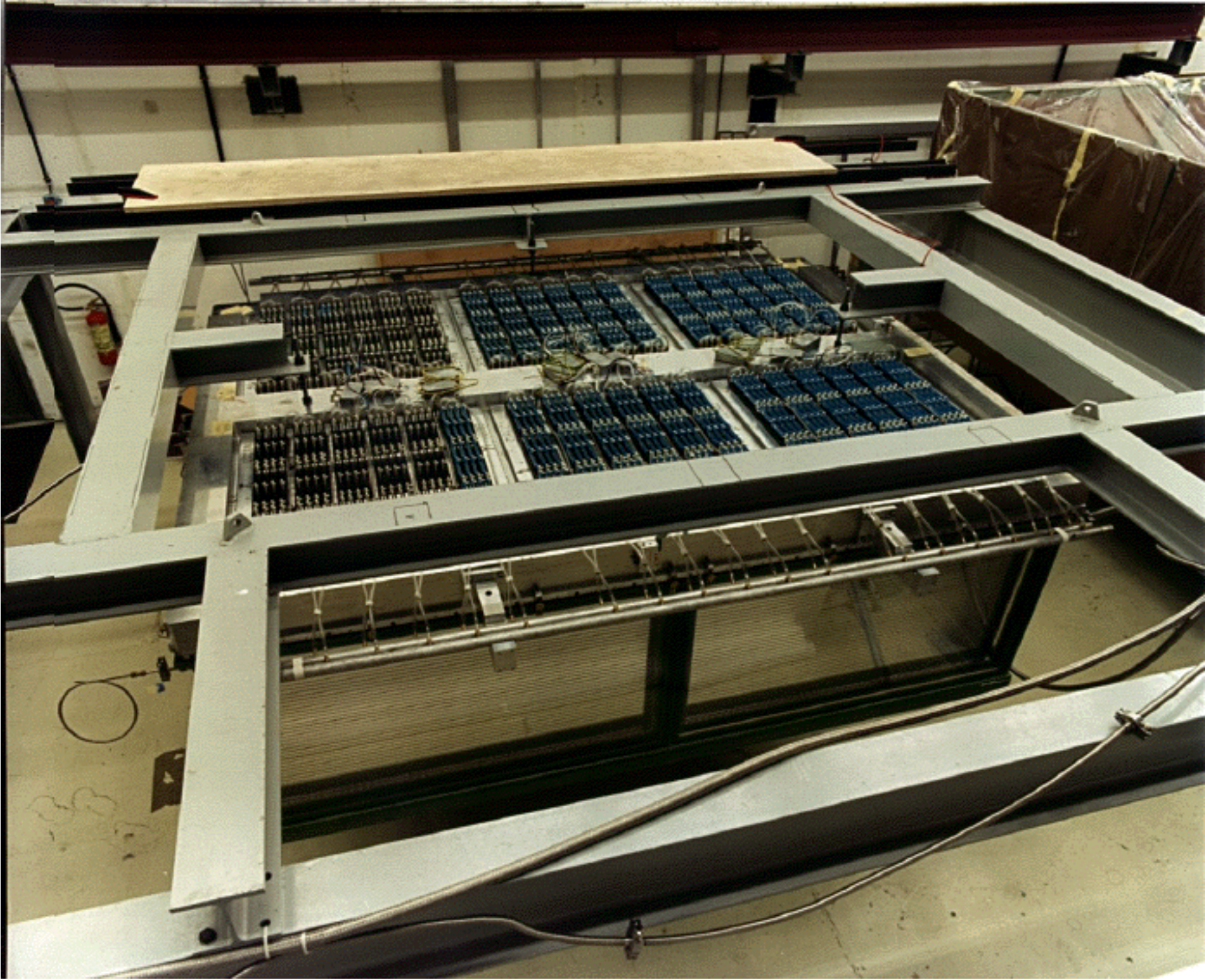
NA49

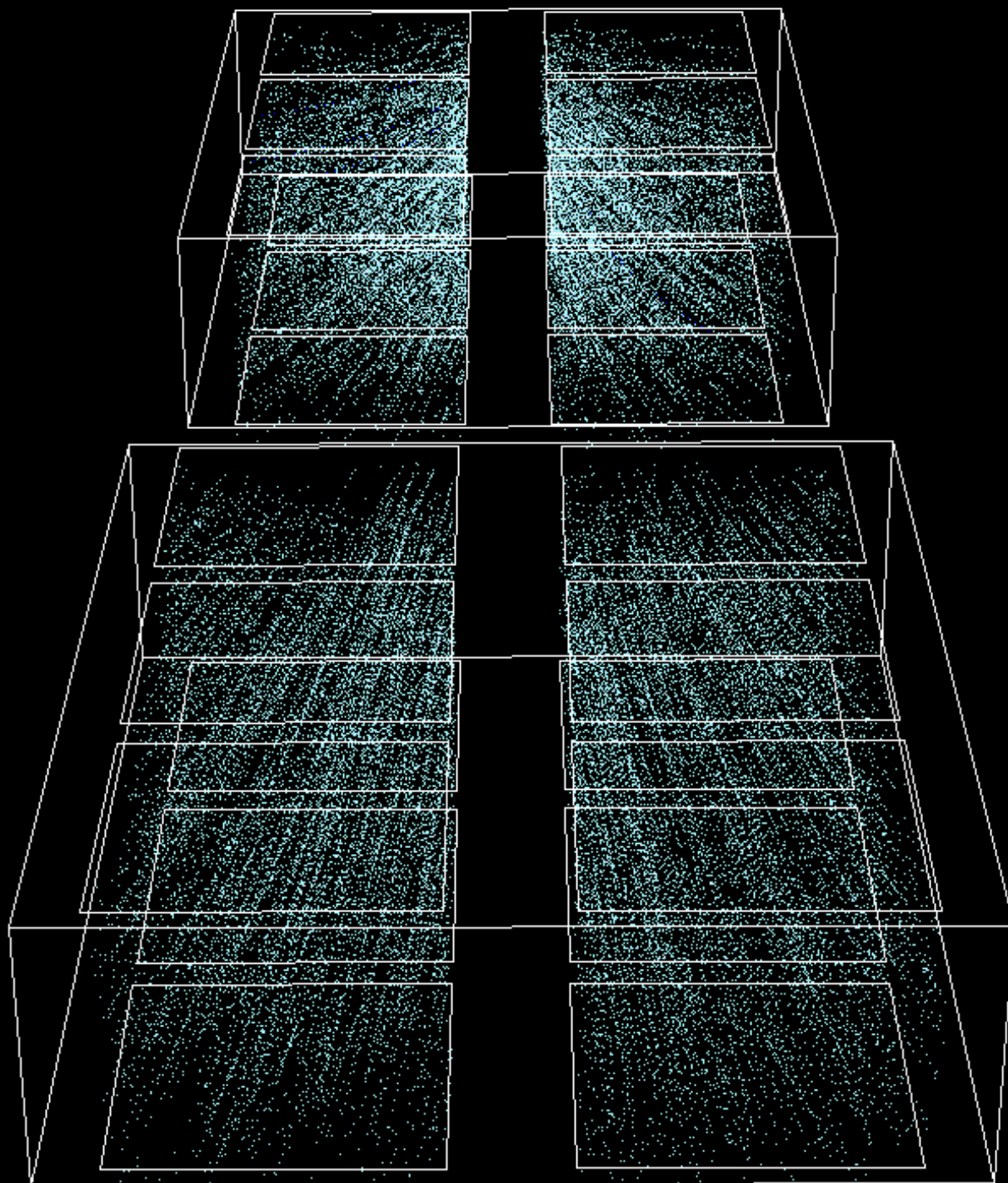


- In Experimenten wie NA49/STAR kommen großvolumige Spurdetektoren (TPC's) zum Einsatz:



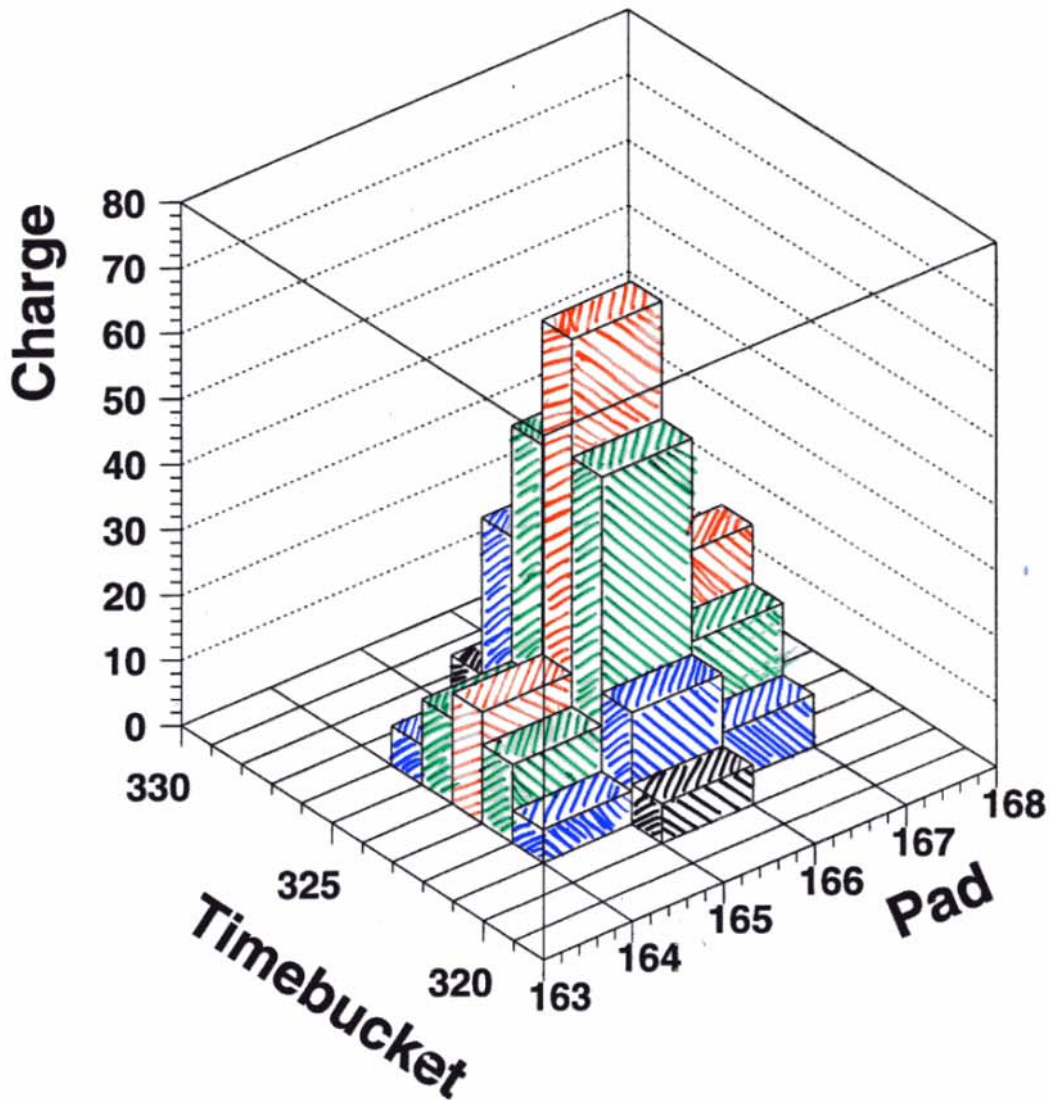
- Durchdringen die bei einem Event erzeugten, geladenen Teilchen das aktive Gasvolumen, finden Ionisationen statt.
- Die durch die Ionisation des Meßgases freigegebenen Elektronen driften aufgrund des Driftfeldes zu den Verstärkungsdrähten.
- Bei der Gasverstärkung, an den Verstärkungsdrähten, werden Ionen erzeugt, die auf mehreren Pads der segmentierten Kathodenebene ein Ladungssignal induzieren.



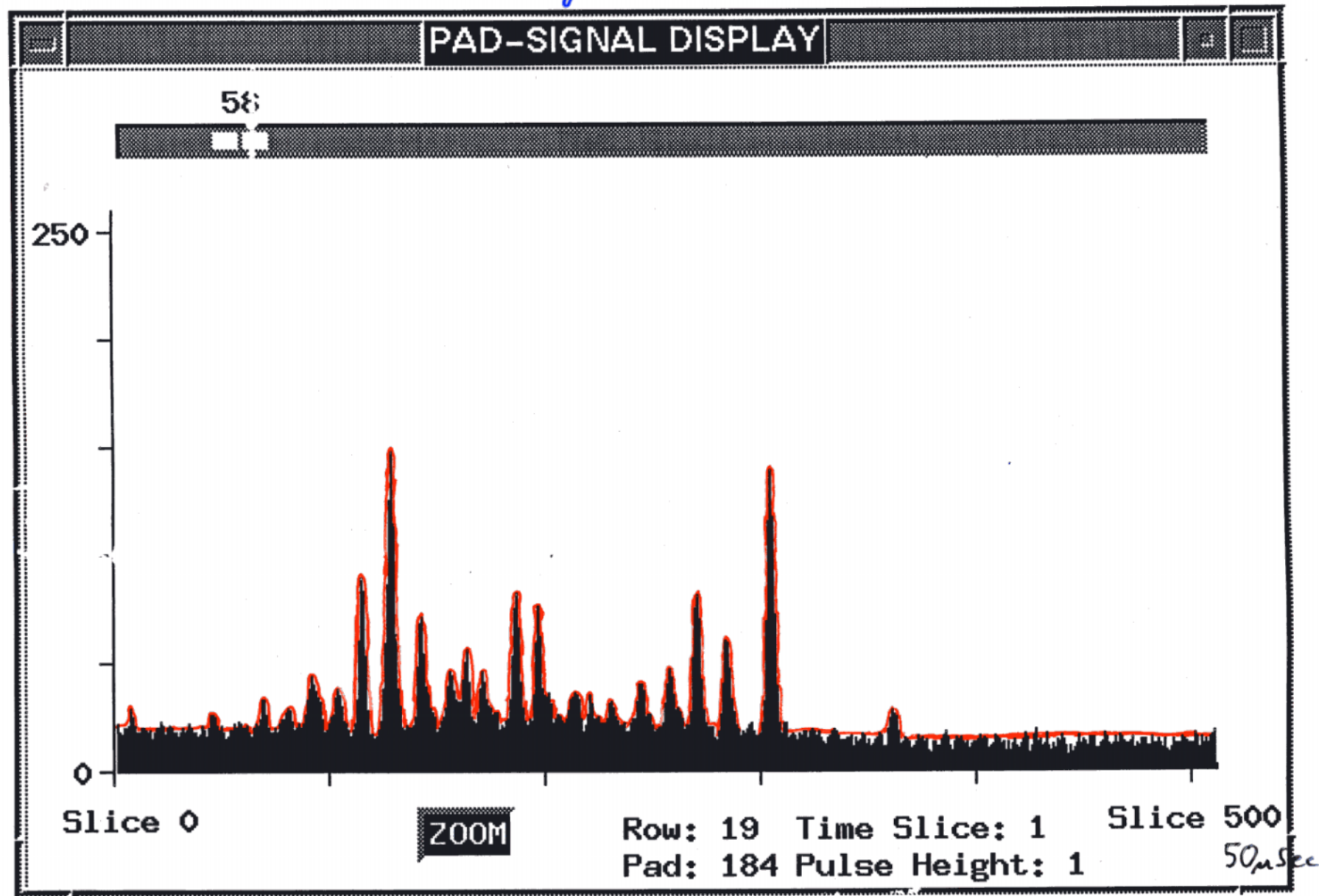


NA49 Pb-Pb 158 GeV/nucleon

Ladungsverteilung eines 3-Pad-Clusters mit 7 Timebuckets



Padladung vs. Zeit:



— Signal nach Nullunterdrückung

Datenaufkommen NA 49

$$\underbrace{18000}_{\text{KANÄLE}} \cdot \underbrace{255}_{\text{8bit ADC}} \cdot \underbrace{512}_{\text{Timeslices}} \approx 92 \text{ MB}$$

Detektor

180000 ADC-Kanäle
92 MB/Ereignis

Nullunterdrückung

92MB * ca. 0.1 ≈
9 bis 12 MB / Ereignis

Bandlaufwerk

15 bis 25 MB/Sec ⇒
1 bis 2 Ereignisse/Sec

Datenkompression

nach Huffman
9 bis 12 MB * ca. 0.6 ≈
6 bis 7 MB / Ereignis

Datenreduktion

durch Vergleich der
Cluster mit den
Spurparametern
ca. 0.5 MB / Ereignis

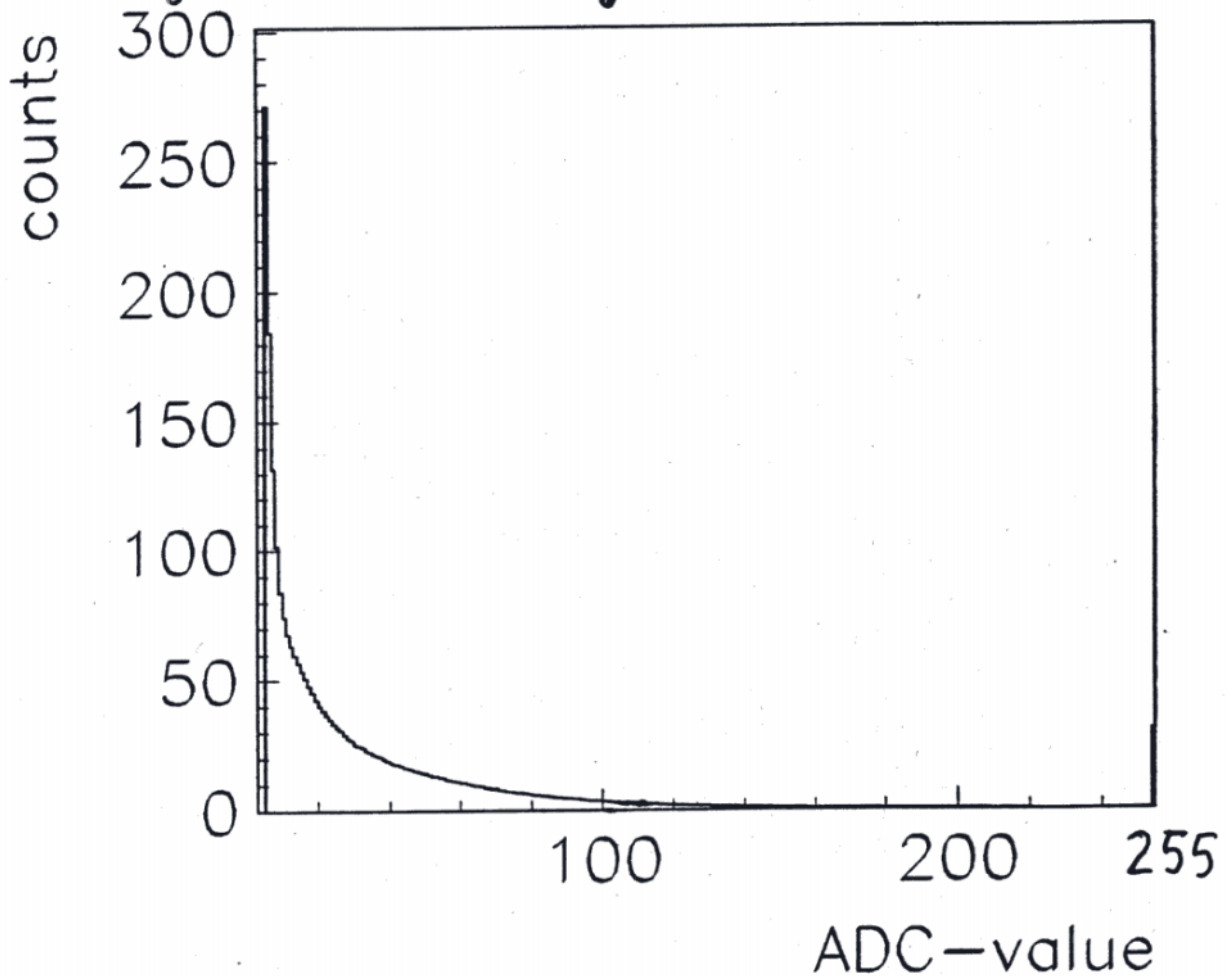
Bandlaufwerk

15 bis 25 MB/Sec ⇒
> 30 Ereignisse/Sec

Datenkompression nach Huffman

- * ADC-Werte werden umgekehrt proportional ihrer Häufigkeit kodiert
- * Wortbreite wird mit der Größe des zu kodierenden Wertes variiert

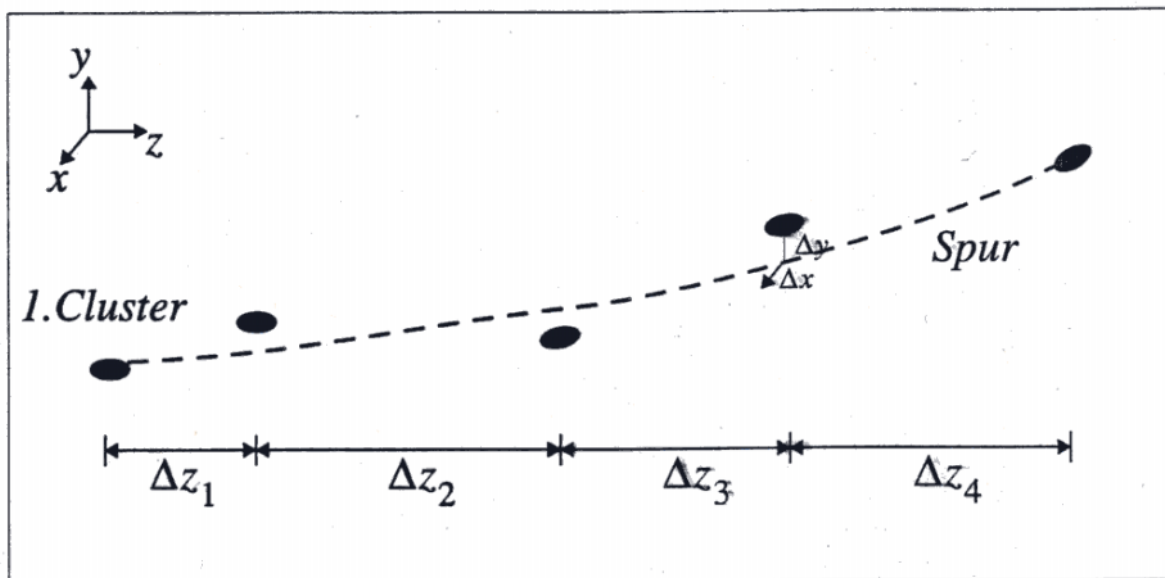
Häufigkeitsverteilung der ADC-Werte (NA49):



- Mehrzahl der ADC-Werte lassen sich mit 4 bis 5 Bit langen Wörtern kodieren.
- Bei solchen Verteilungen ist eine Kompression um den Faktor 0.6 möglich.

Datenreduktion durch Vergleich der Cluster mit den Spurparametern

- Schnelle Berechnung der Spurparameter.
- Berechnung des wahrscheinlichsten Wert der Ladung aller Cluster einer Spur.
- Ermitteln der z-Koordinate des 1. Punktes einer Spur.



- Beschreibung der Clusterkoordinaten durch:

$$\Delta x = \text{ClusterX}(z) - \text{SpurX}(z)$$

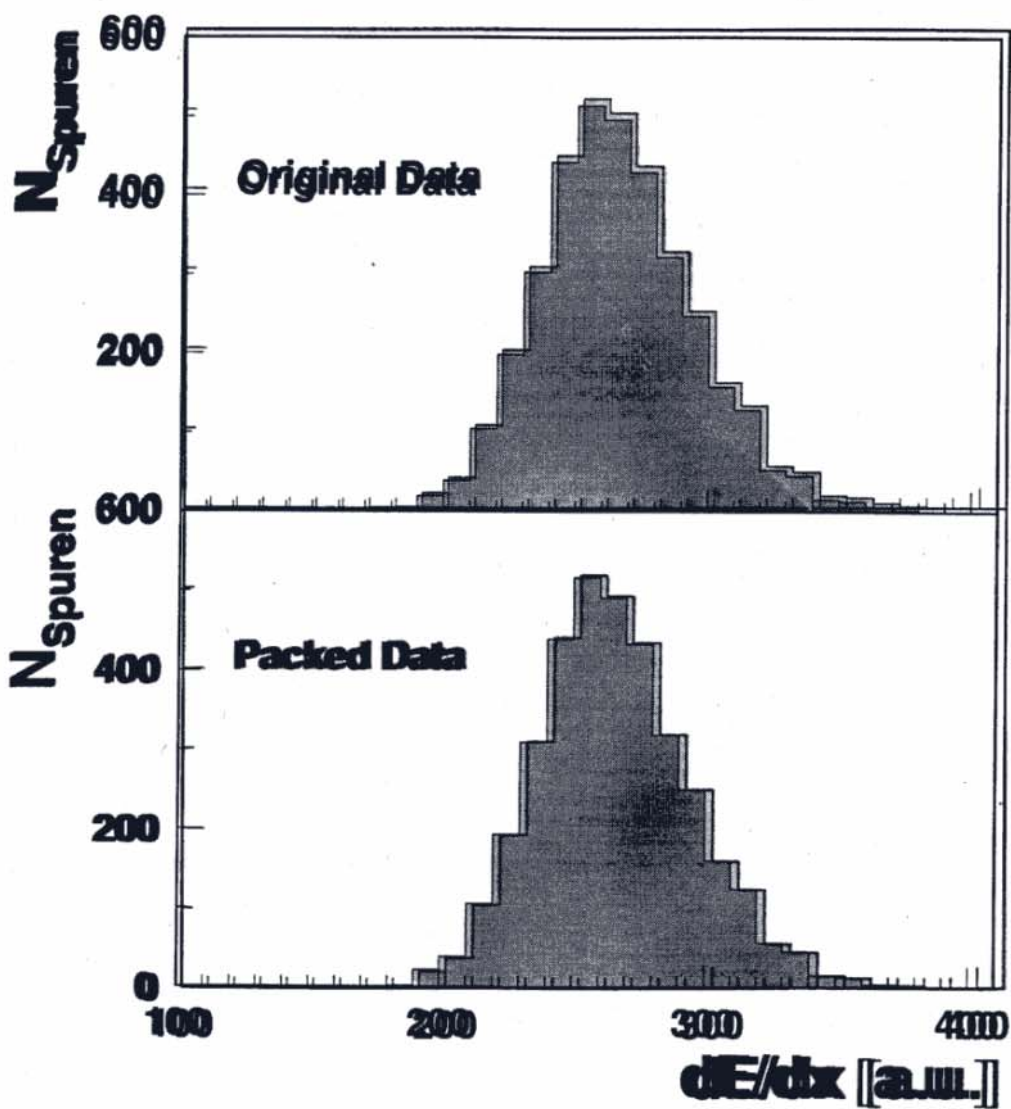
$$\Delta y = \text{ClusterY}(z) - \text{SpurY}(z)$$

$$\Delta z = \text{PunktZ}(n) - \text{PunktZ}(n-1)$$

- Clusterladung:

$$\Delta \text{Charge} = \text{Clustercharge} - (\text{wahrscheinlichster Wert})$$

dE/dx von Spuren mit einem Impuls von $9 \text{ GeV}/c$



In Echtzeit, während der Datennahme:

Schnelle Berechnung der Spurparameter



Selektion
von Ereignissen

Datenreduktion durch Vergleich der
Cluster mit den Spurparametern



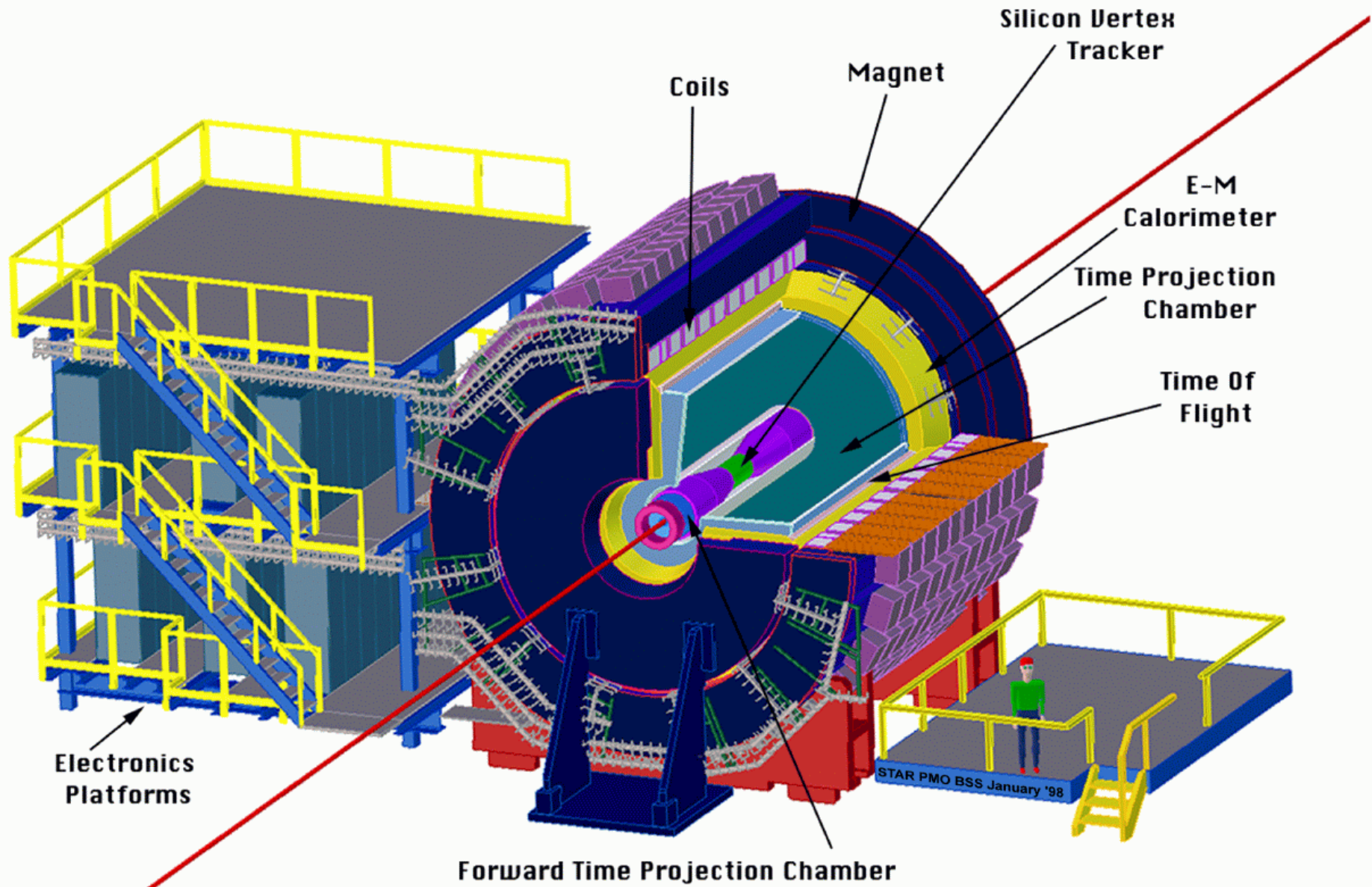
Massenspeicher (Bandlaufwerk)



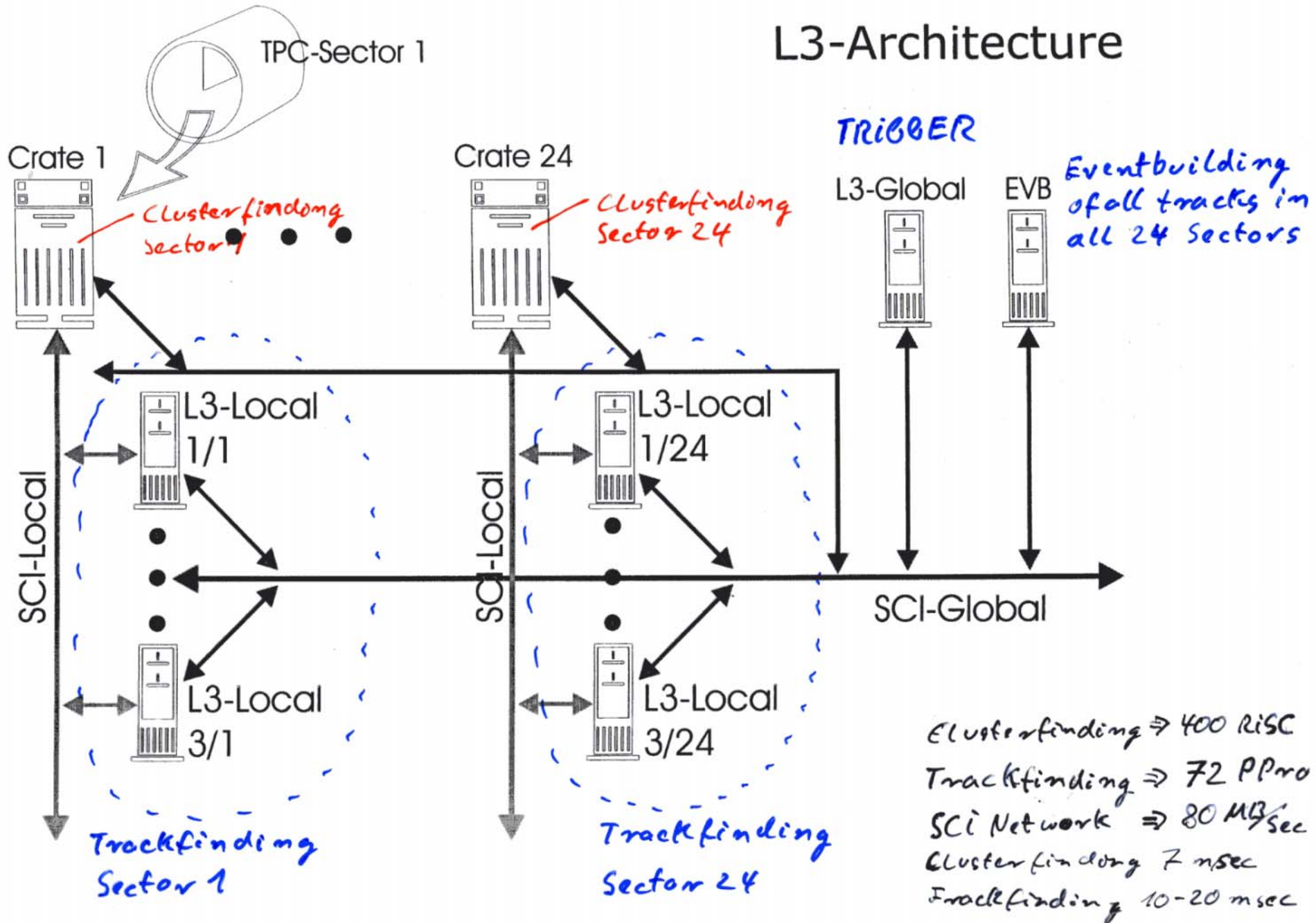
Nach der Datennahme:

Entpacken der Daten, nochmalige
präzisere Berechnung der Spurparameter

STAR Detector



L3-Architecture



Outer Field Cage & Support Tube

Sectors

Inner Field Cage

High Voltage Membrane

4200 mm
Pad Plane to Pad Plane

Sector Support-Wheel

Star TPC

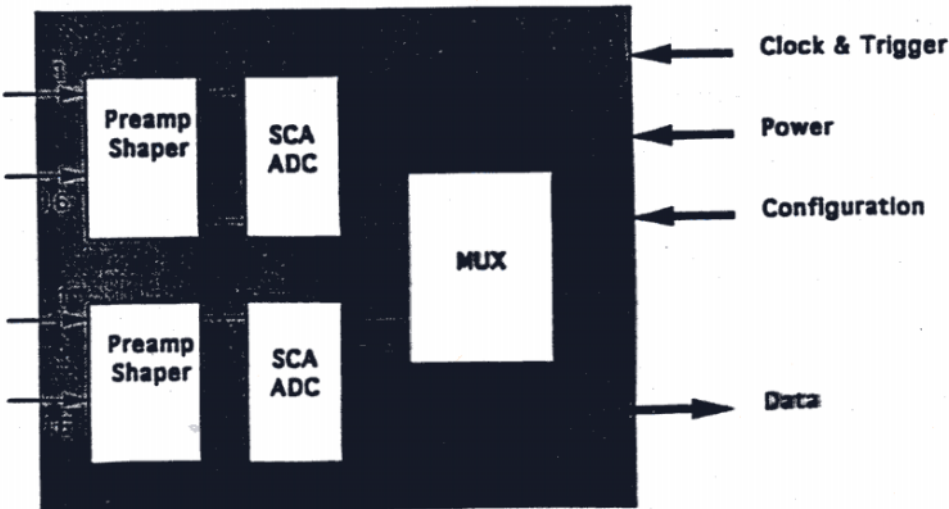
Date: 4-29-92

Pads
6.2 mm X 11.5 mm

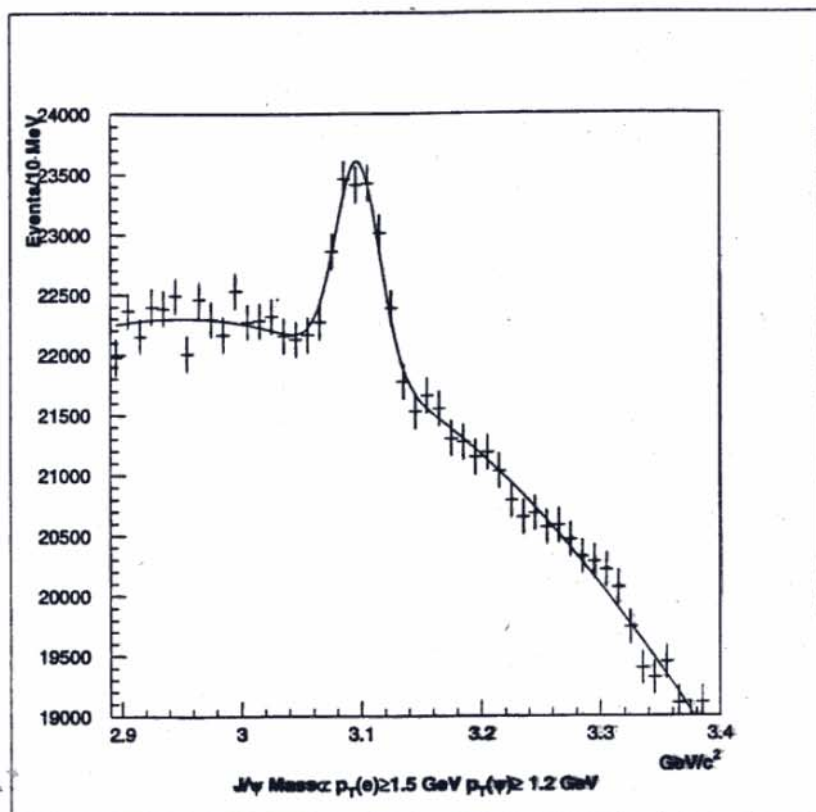
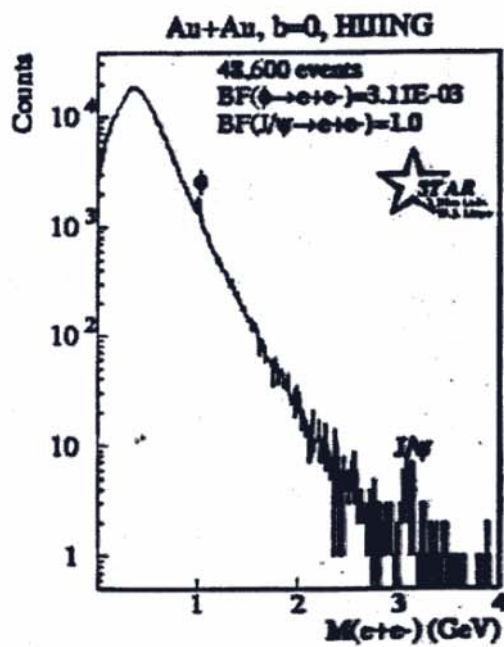
Pads
2.85 mm X 11.5 mm

32

Frontend Board



VME



Zusammenfassung

* Simulation mit NA49 zeigen, daß sich Clusterinformationen einer TPC ohne großen Informationsverlust um Faktor ≈ 20 gegenüber nullreduzierten Rohdaten reduzieren lassen.

* Grundlage für Experimente mit Datenraten von $100 \frac{\text{Ereignissen}}{\text{Sec}}$

Prozessorformen, schnelle Netzwerke

Echtzeit-Verarbeitung der Daten als Trigger
Datenreduktion

* In Experimenten mit Datenraten von $100 \frac{\text{Ereignissen}}{\text{Sec}}$ und Echtzeitverarbeitung der Daten als Trigger oder Datenreduktion, erscheint die Produktion seltener Ereignisse mit guter Statistik möglich.