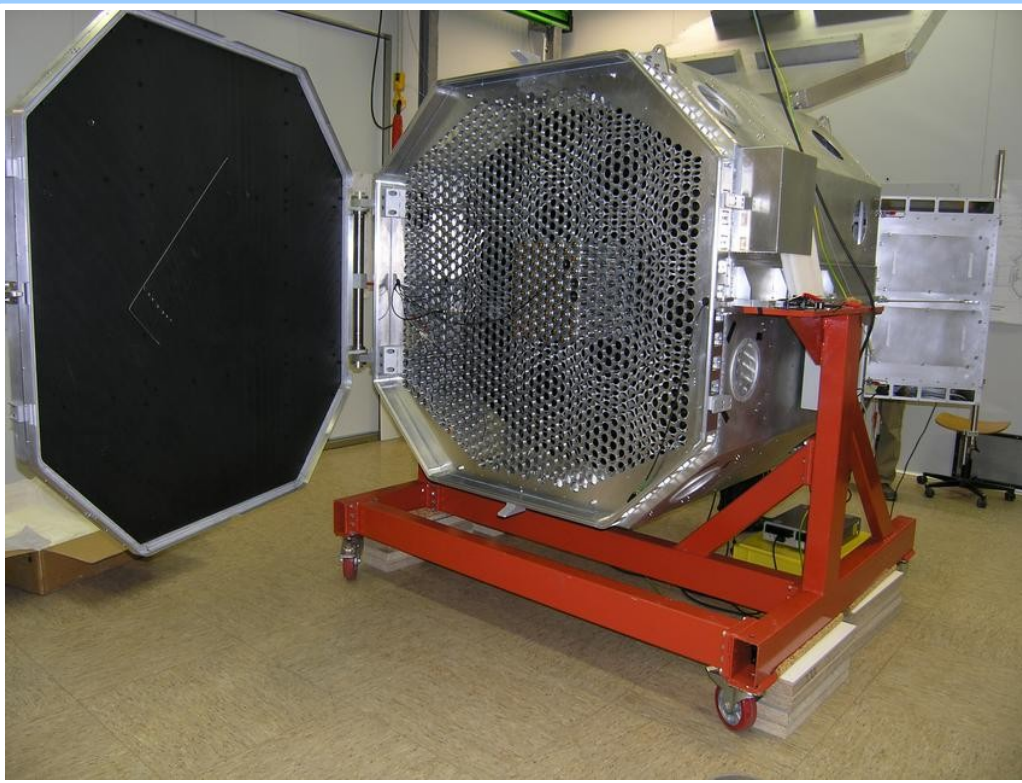


Die Smart Pixel Camera

- Ein Prototyp für den Einsatz in zukünftigen IACT (Imaging Atmospheric Cherenkov Technique) Experimenten



Bernhard Glück, Universität Erlangen,
Diplomarbeit am MPIK Heidelberg

Überblick

- IACT - Die abbildende Cherenkov Technik
- Smart Pixel Camera
- Charakterisierung des Prototypen

Teilchen der
kosmischen Strahlung

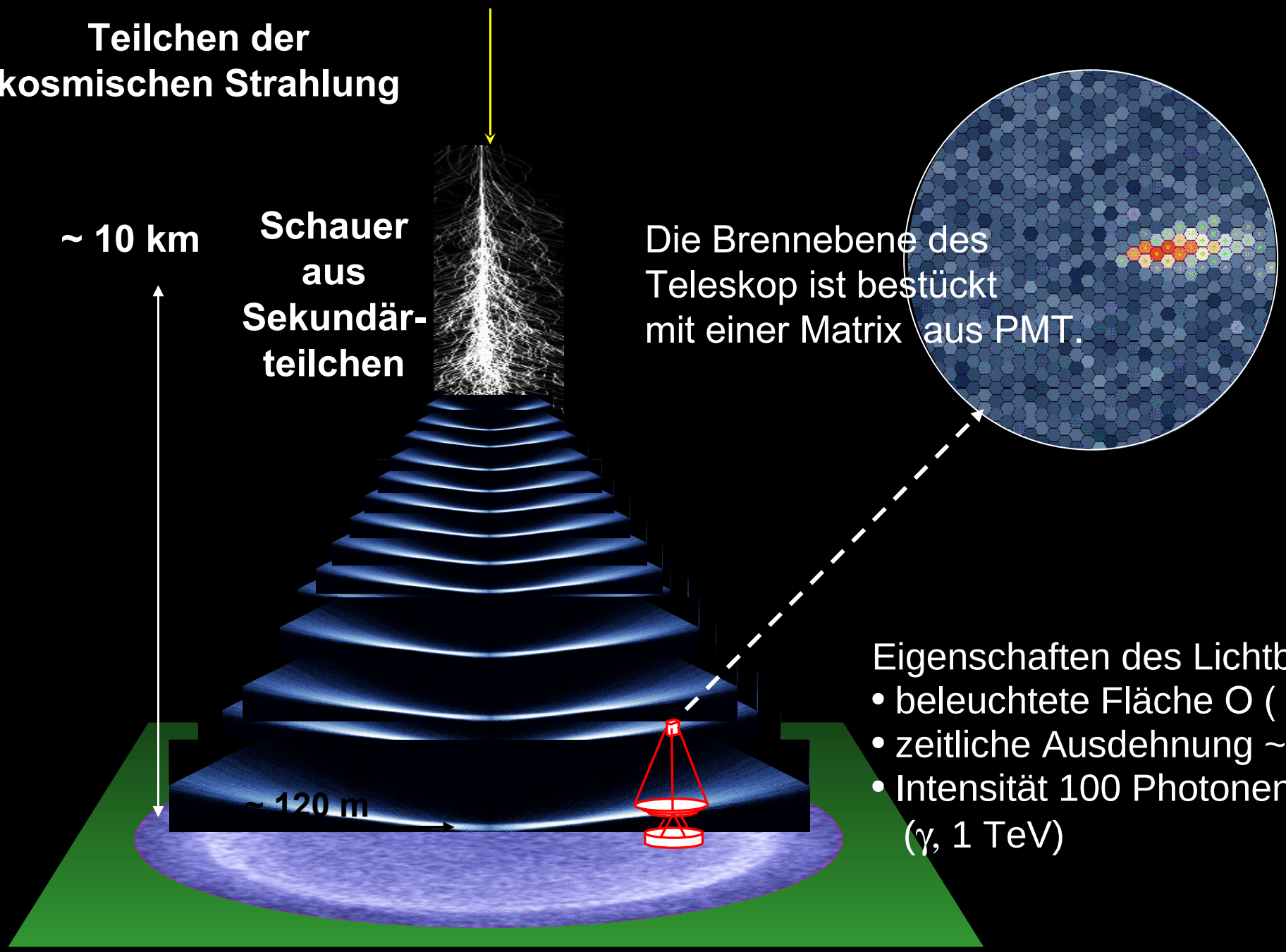
~ 10 km

Schauer
aus
Sekundär-
teilchen

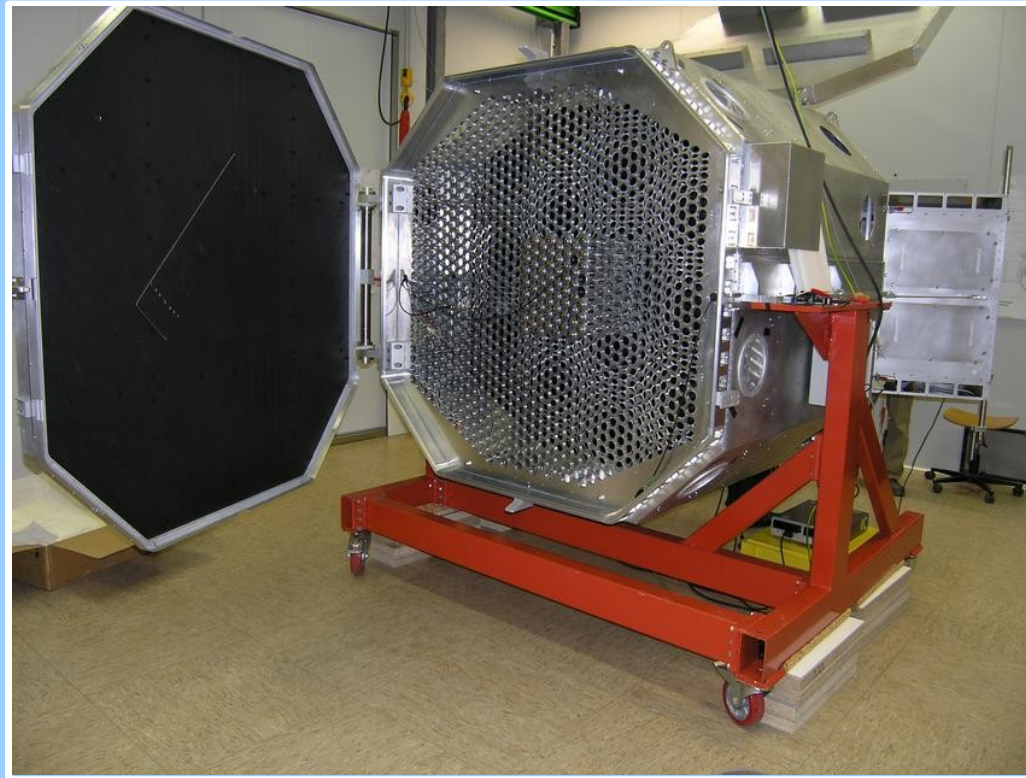
Die Brennebene des
Teleskop ist bestückt
mit einer Matrix aus PMT.

- Eigenschaften des Lichtblitzes:
- beleuchtete Fläche $\sim 10^5 \text{ m}^2$
 - zeitliche Ausdehnung $\sim 5 \text{ nsec}$
 - Intensität 100 Photonen / m^2
(γ , 1 TeV)

~ 120 m



Die Komponenten der „Smart Pixel Camera“



Das „Smart Pixel“

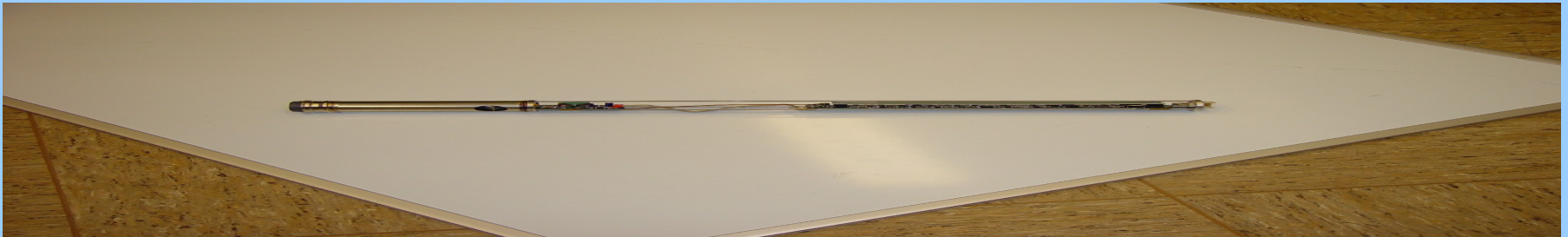
PMT



HV

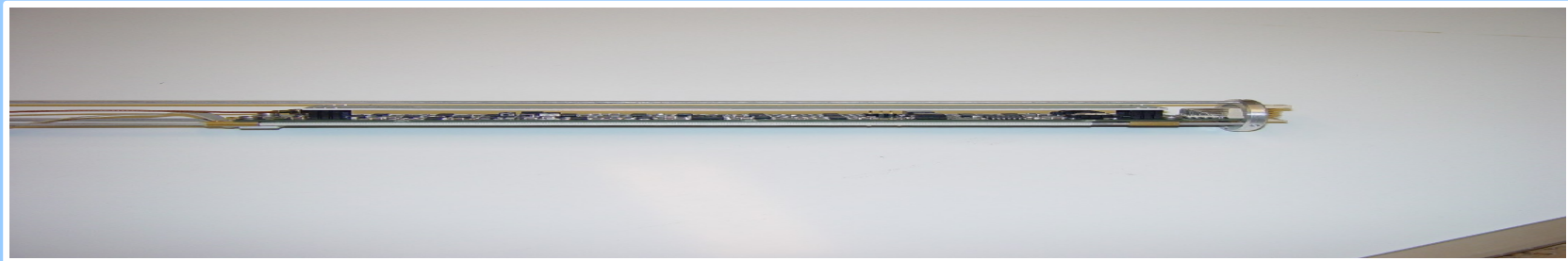


Pixel Elektronik

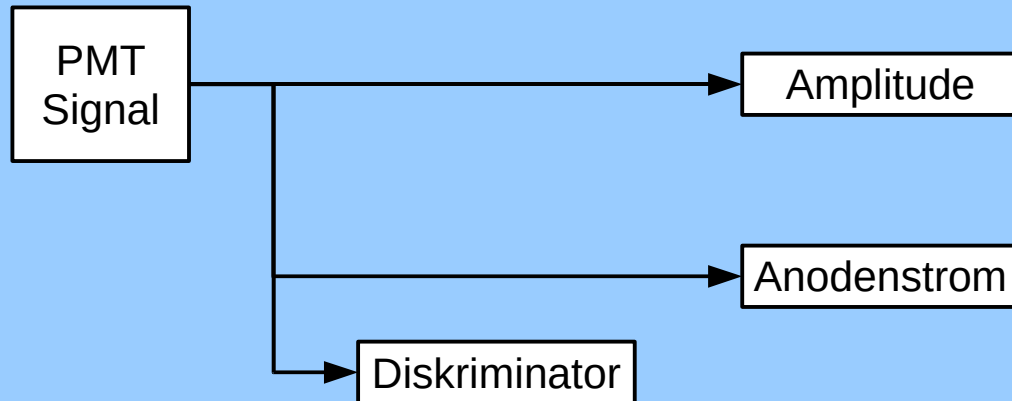
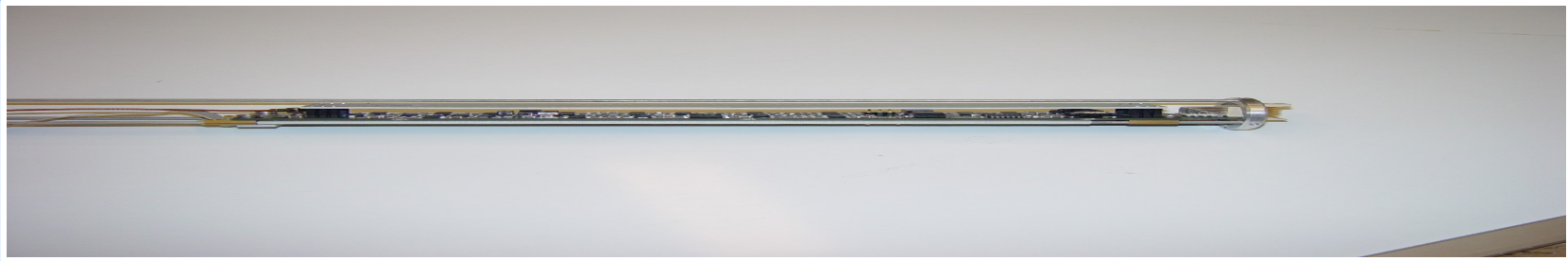


~ 45 cm

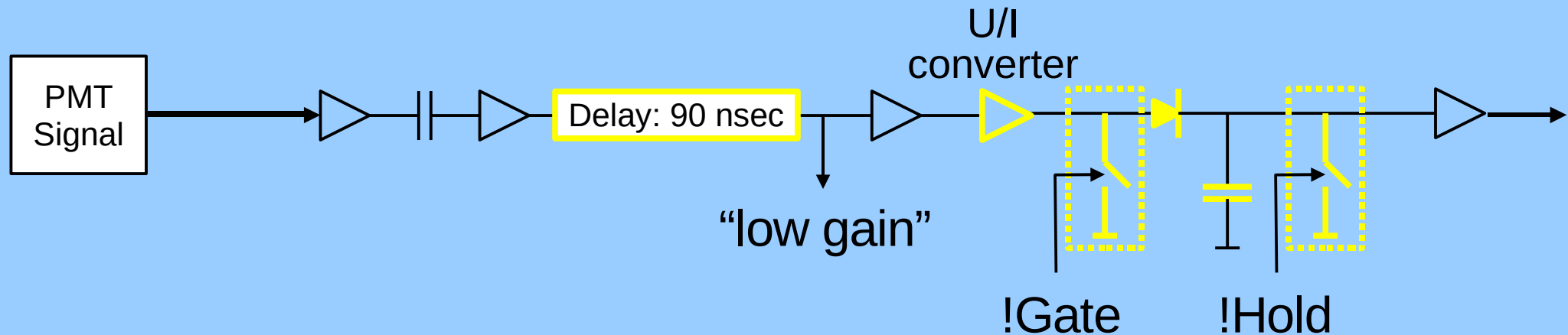
Die Elektronik der „Smart Pixel“



- Die Pixelelektroniken enthält alle zeitkritischen Schaltkreise der Signalverarbeitung.
- Die Pixel lassen sich individuell programmieren:
 - Hochspannung der Photomultiplier, Integrations-Gate, Triggerbedingungen, ...
- Die Auslese der Pixel erfolgt analog.



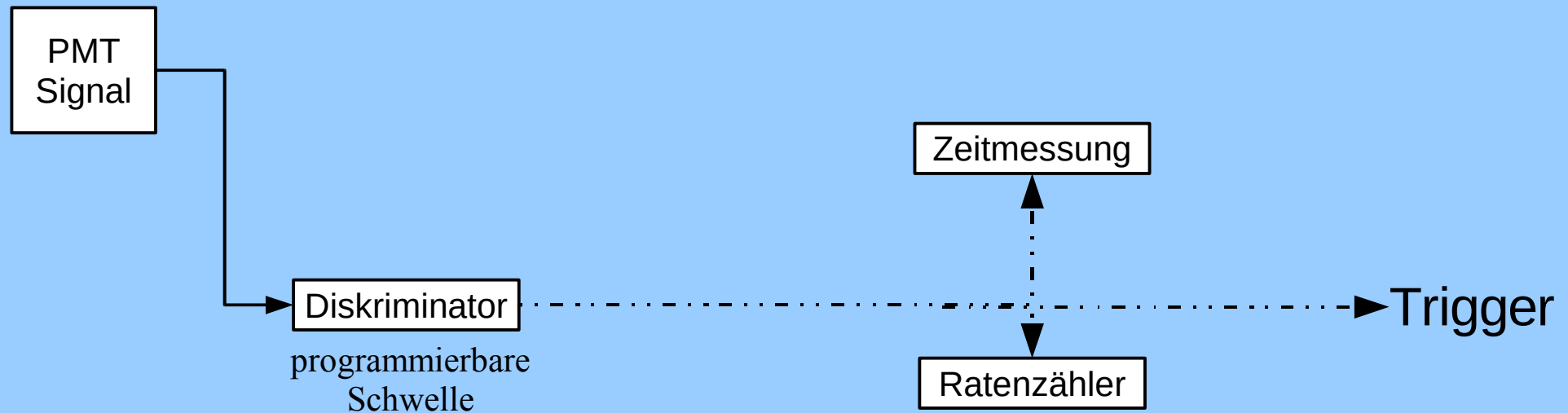
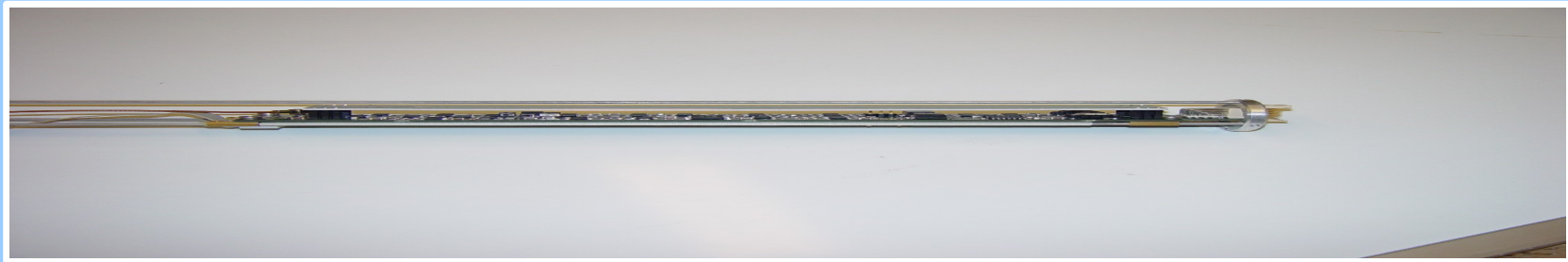
Amplitudenmessung



Die kurzen Pulse der Photomultiplier werden in Spannungspegel umgewandelt.

Gate Breite : 10, 13 ... 25 nsec
Hi Gain : ~ 150 Phe
Lo Gain : ~ 3000 Phe

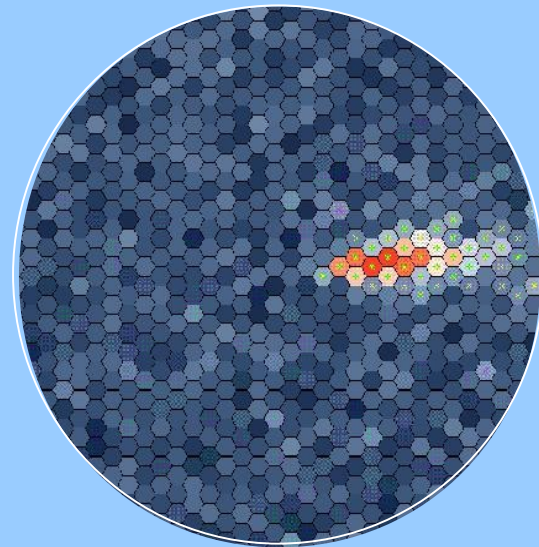
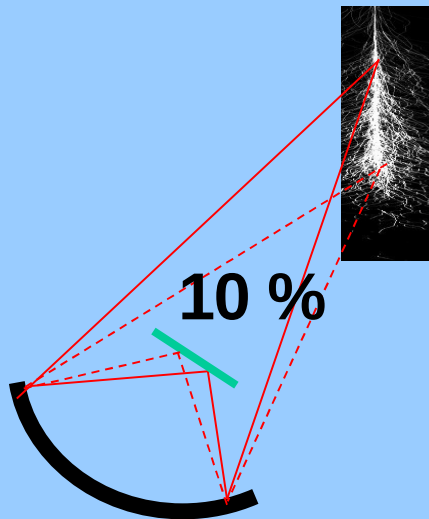
Die Elektronik der „Smart Pixel“



Das Triggersystem der SPC

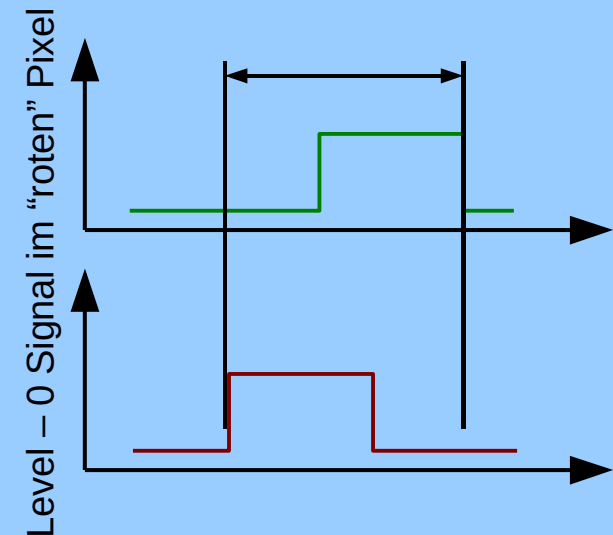
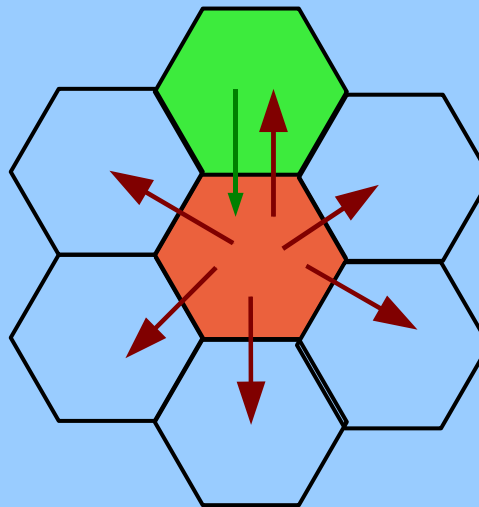
zur Erinnerung - Eigenschaften des Lichtblitzes:

- zeitliche Ausdehnung ~ 5 nsec
- Intensität 100 Photonen / m^2

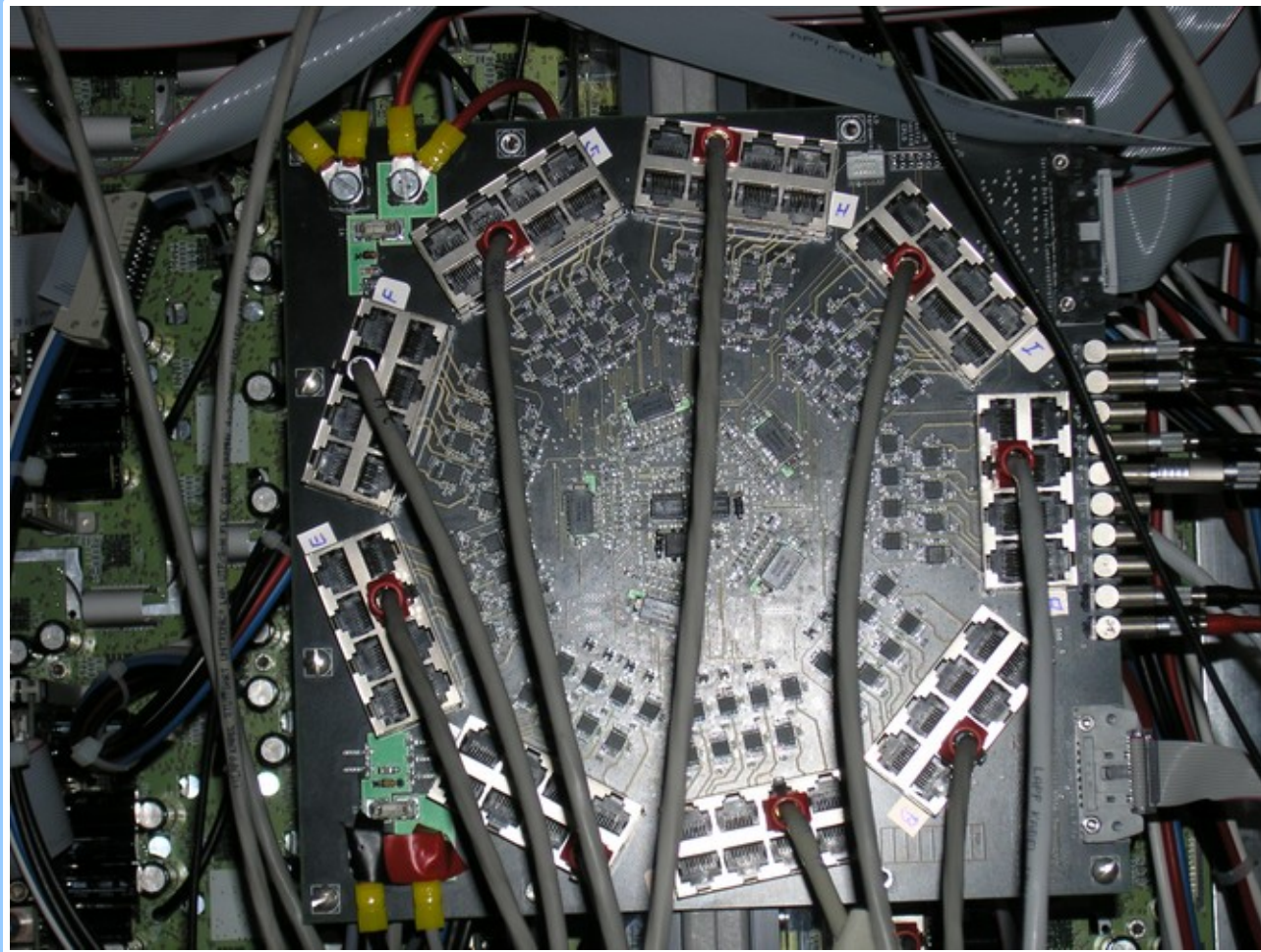


Das Triggersystem der SPC

- Ein Ereignistrigger wird generiert, wenn innerhalb eines Koinzidenzintervalls der Diskriminator eines Pixels und die Diskriminatoren einer von programmierbaren Anzahl der 6 Nachbarpixel auslösen.
- Hierzu sind von jedem Pixel 6 Signalleitungen zu seinen 6 Nachbarn gelegt.



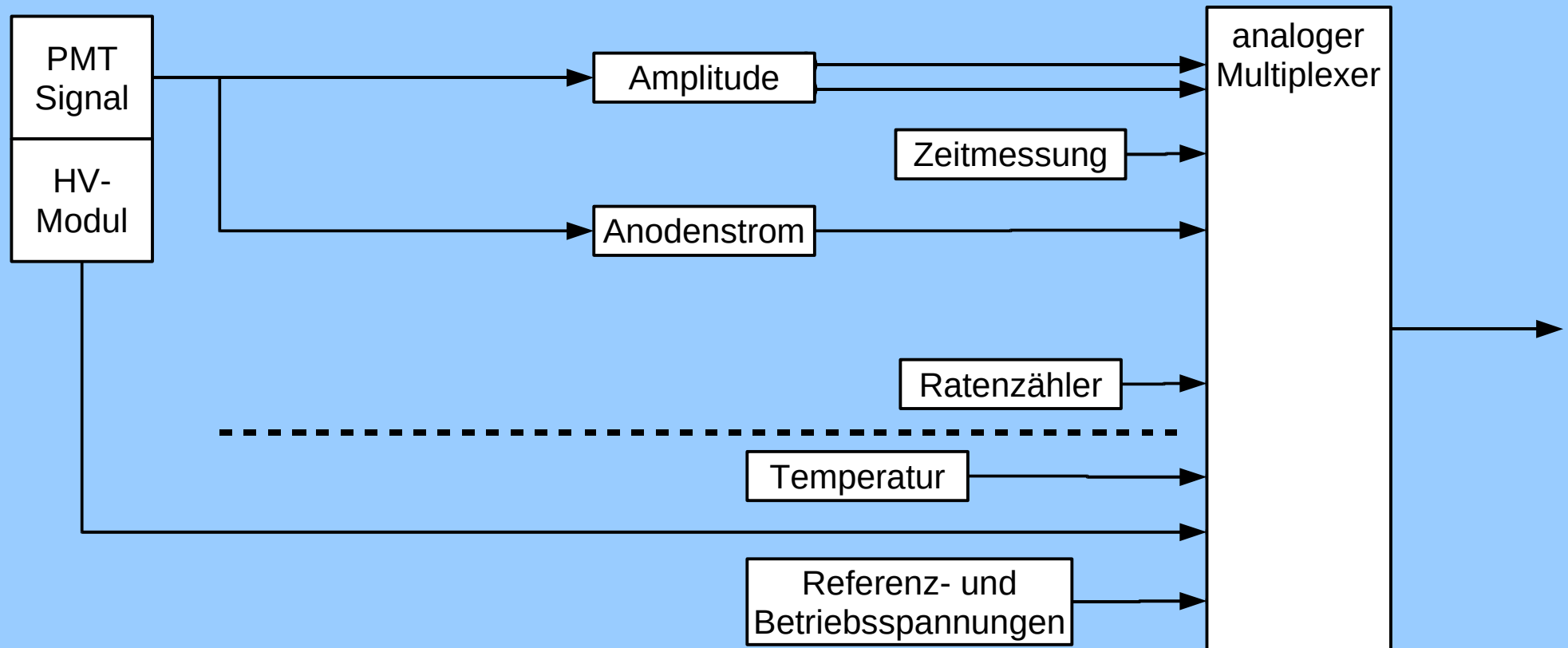
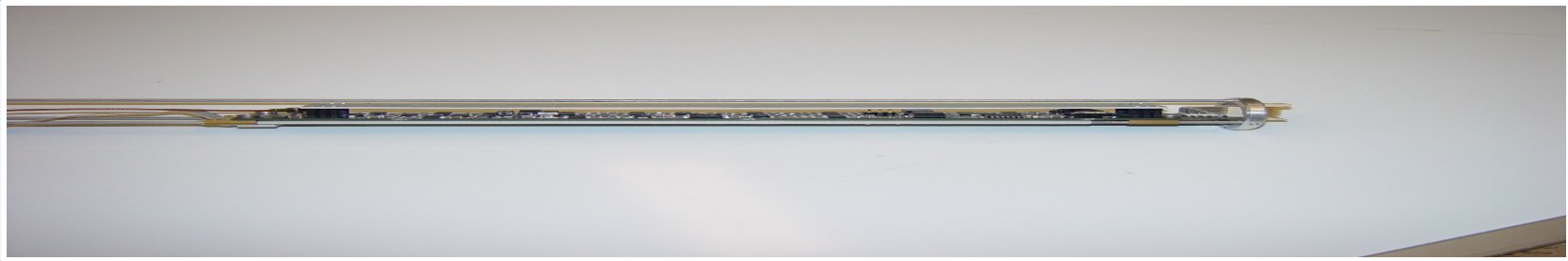
Das Triggersystem der SPC



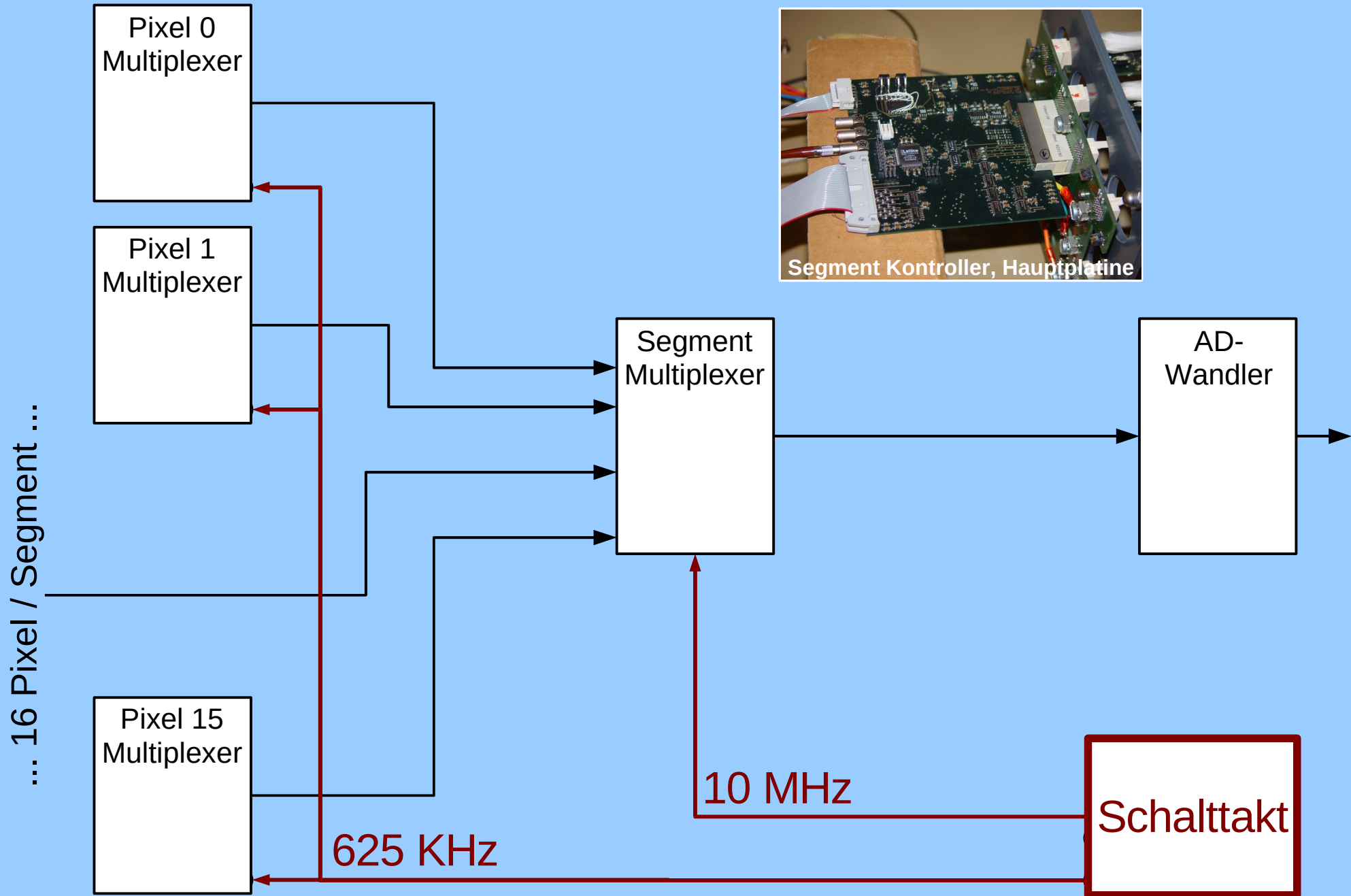
Kennzahlen des Triggersystems

- Diskriminatorschwelle für jedes Pixel in Schritte von $1/6$ Phe programmierbar
- Gesamtdauer der Triggerentscheidung: 90 nsec
- Koinzidenzintervall: 7 nsec
- Breite der Diskriminatorschwelle: 1 Phe (Amplitudenbereich zwischen nicht auslösen und sicher auslösen)

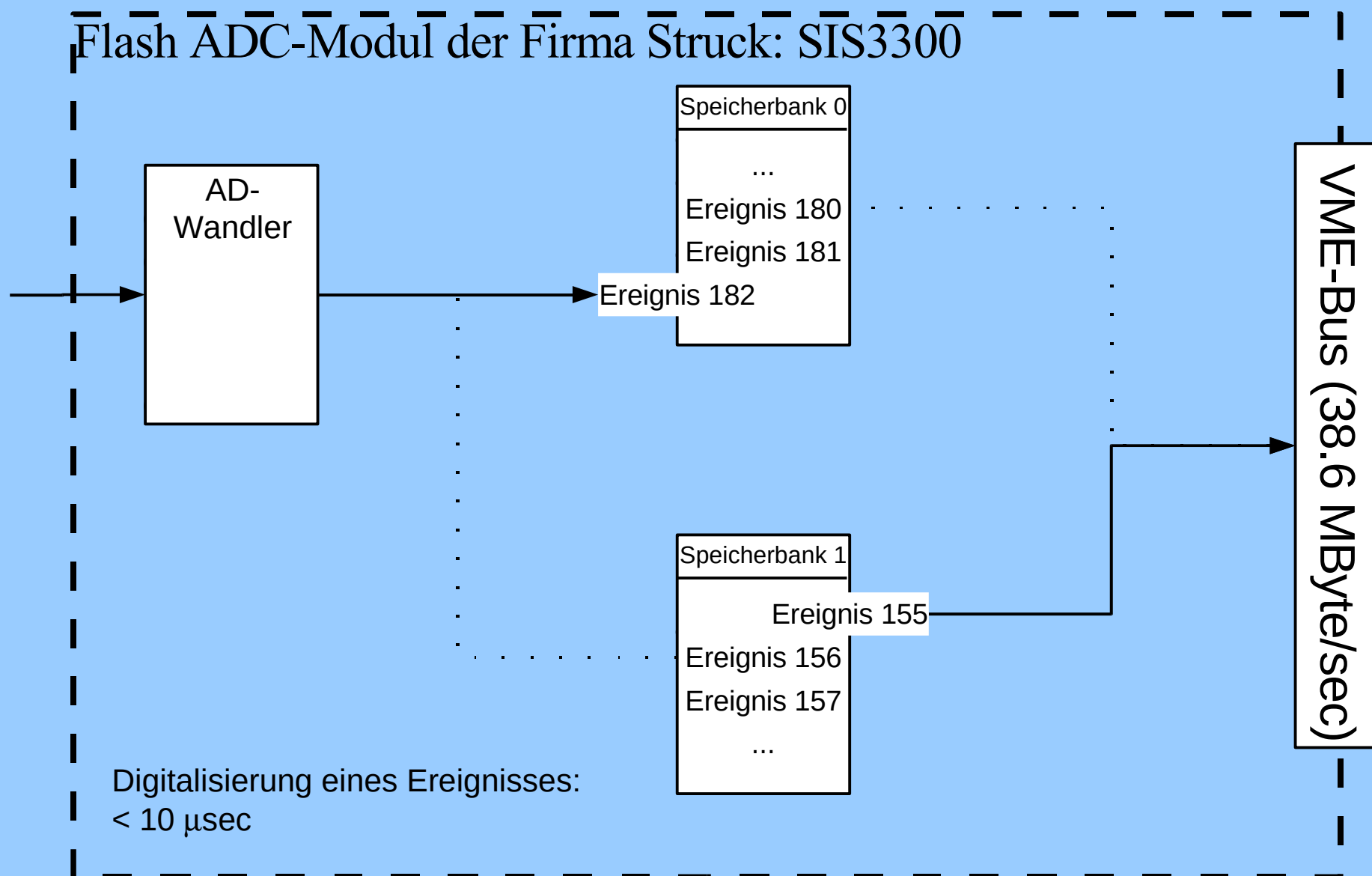
Digitalisierung der Daten



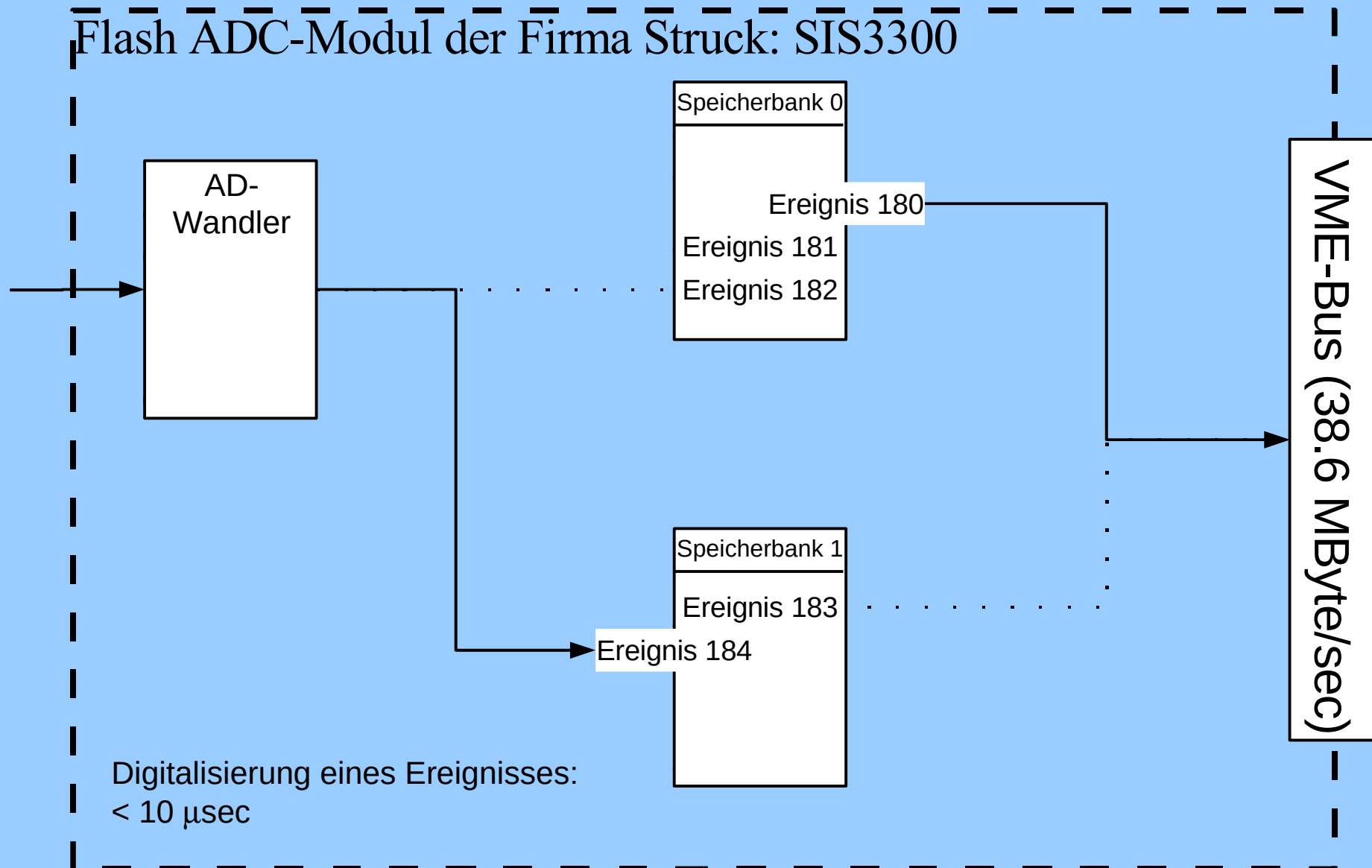
Digitalisierung der Daten



Auslese der Daten

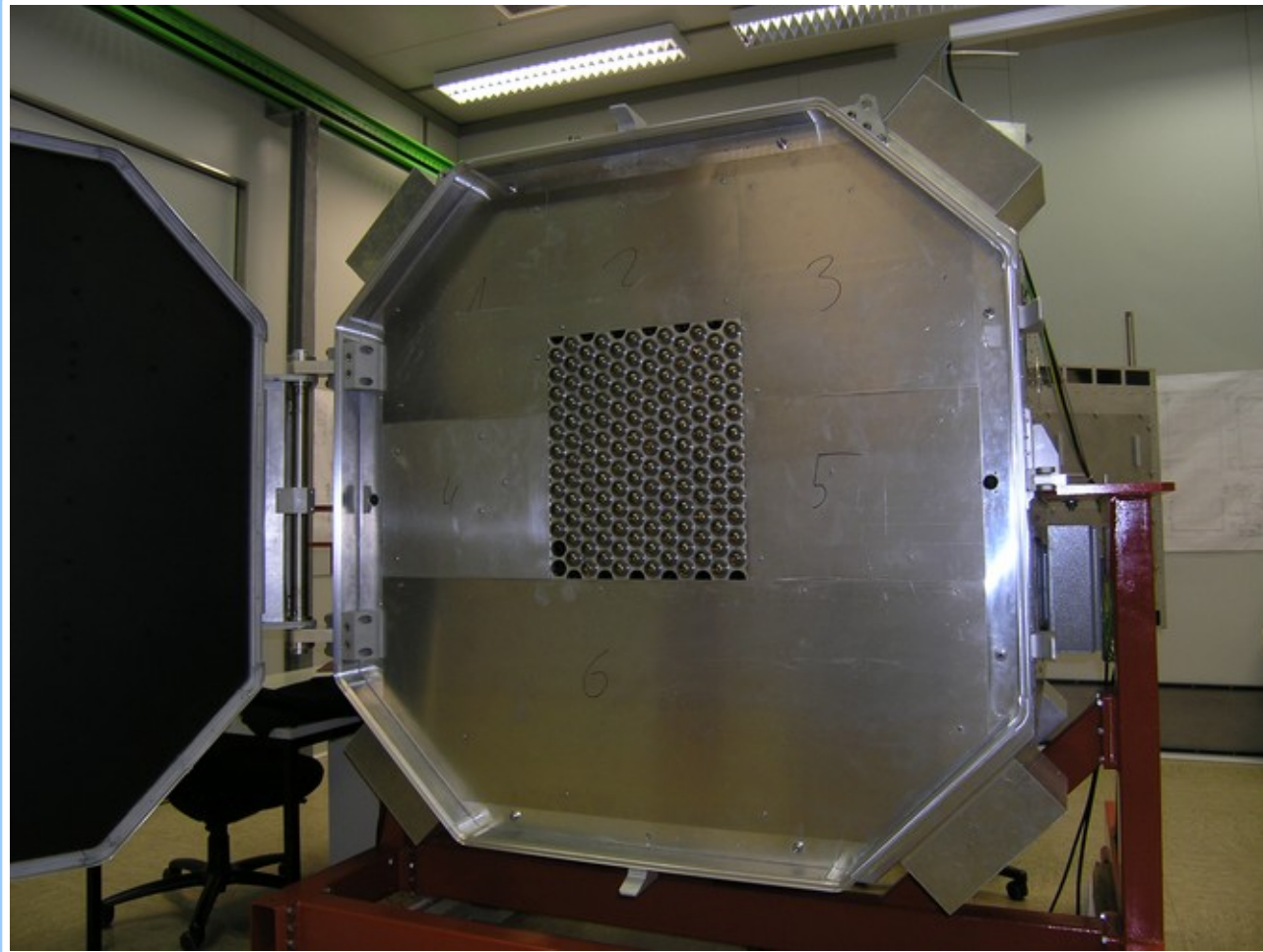


Auslese der Daten

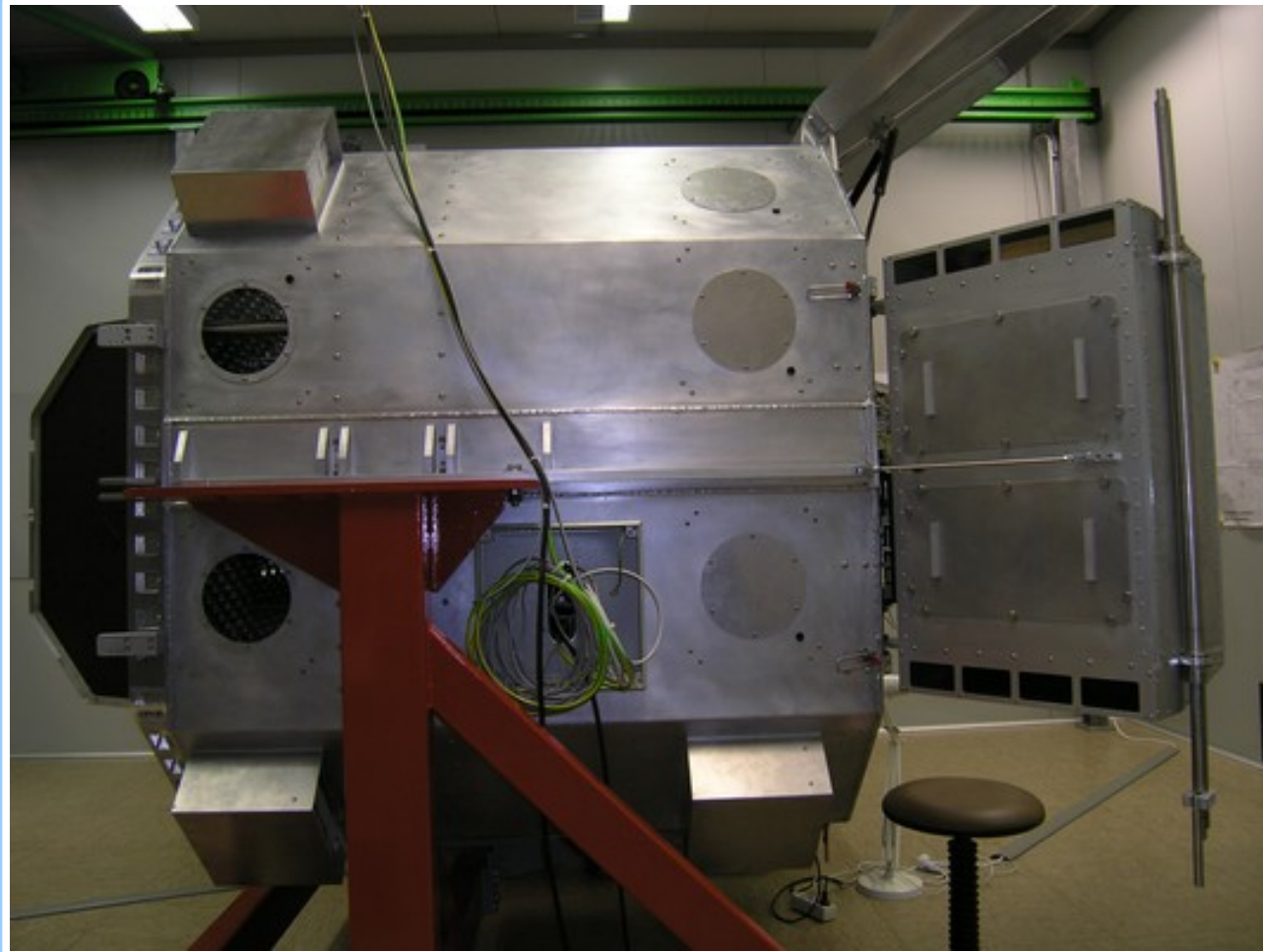


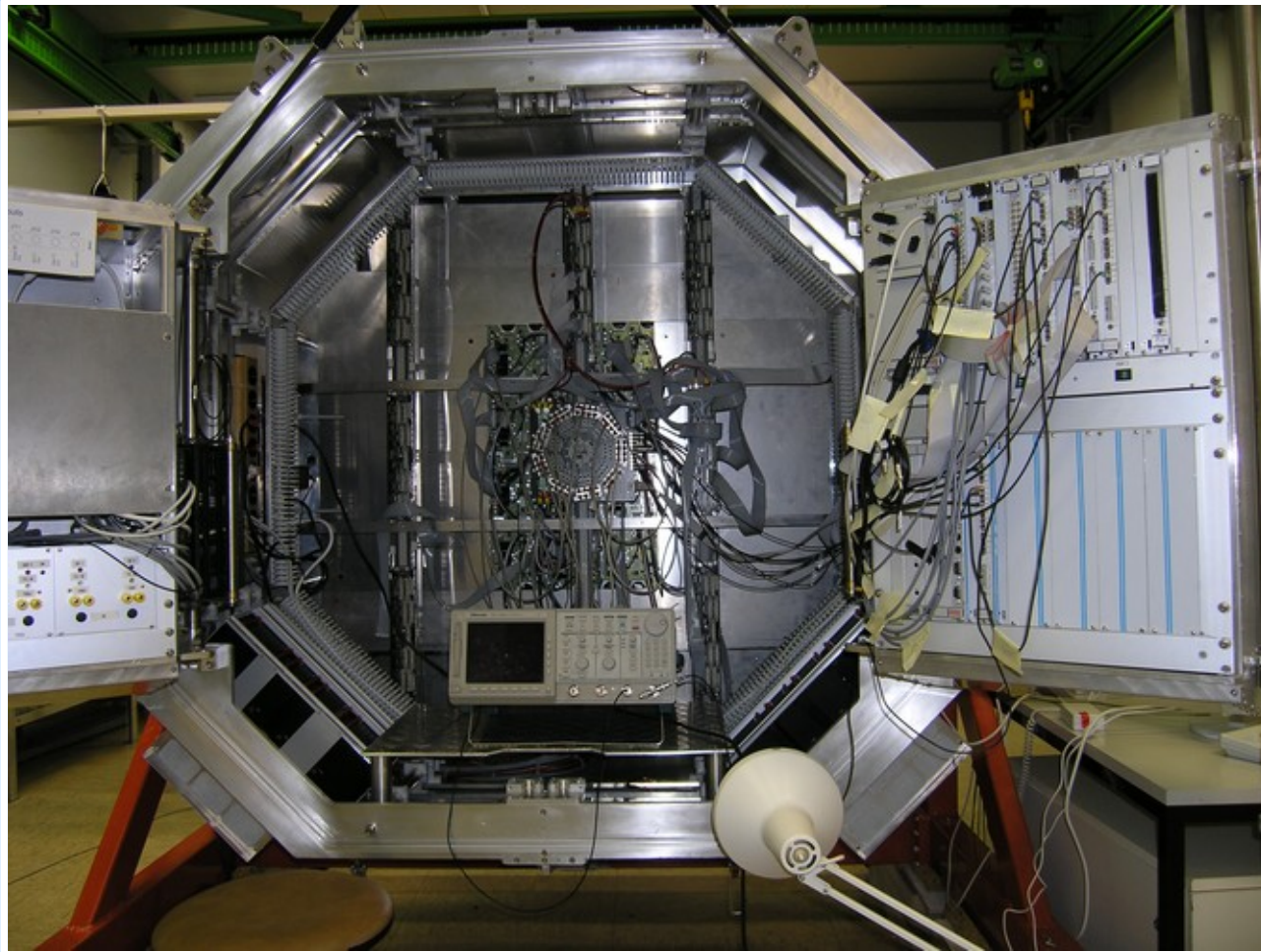
Eigenschaften der Smart Pixel Camera

- kurze Integrationszeit 10 bis 25 nsec
- topologischer Trigger: Nachbarbedingung
- niedrige Totzeit $< 10 \mu\text{sec}$
- skalierbar (500, 1k, 2k ... Pixel)
- gesamte Elektronik im Kameragehäuse
- geringe Kosten pro Pixel

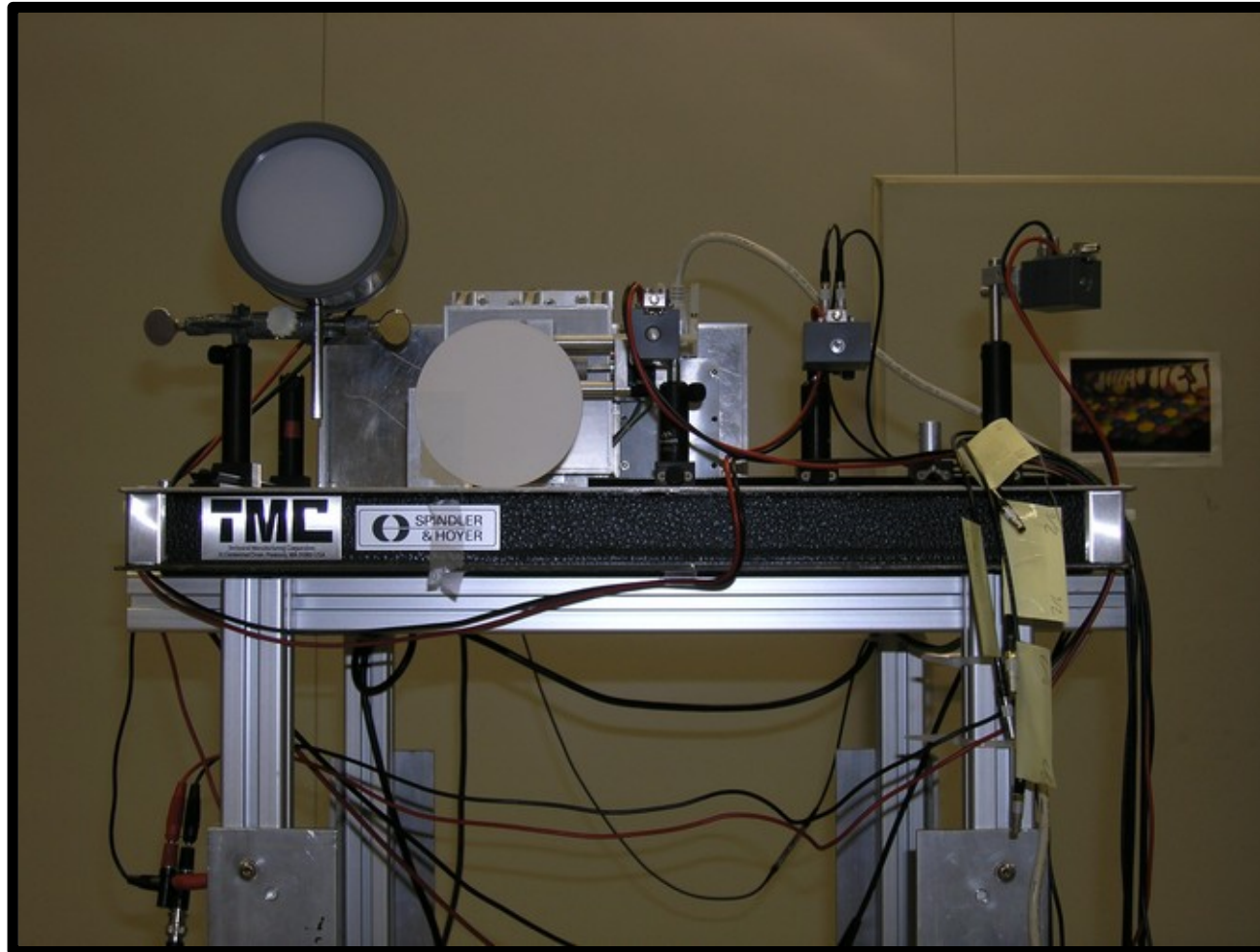


Seitenansicht

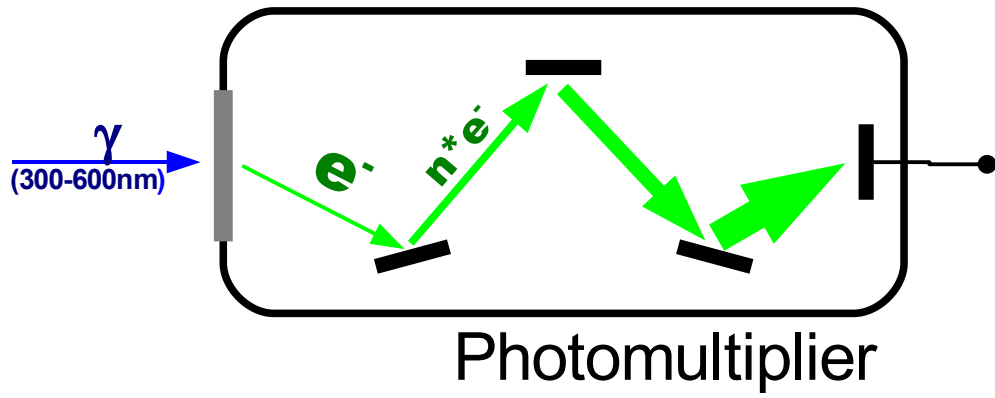


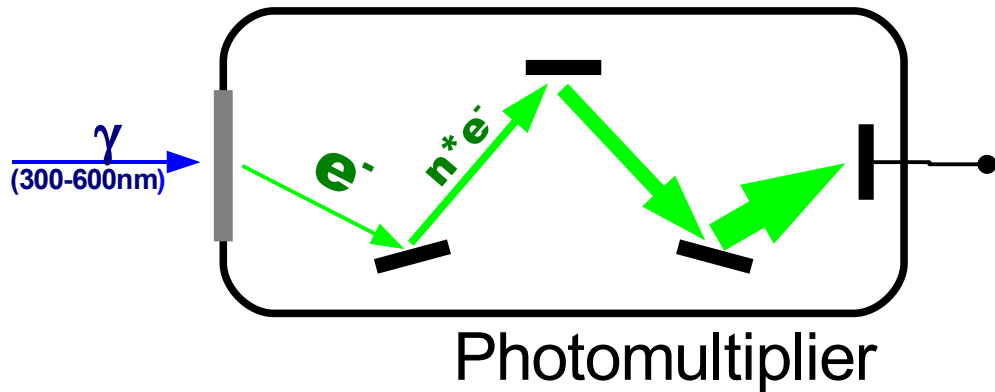


Simulation realer Bedingungen



Beispiel: Kalibartion der Amplitudenmessung am Einzelektronenspektrum



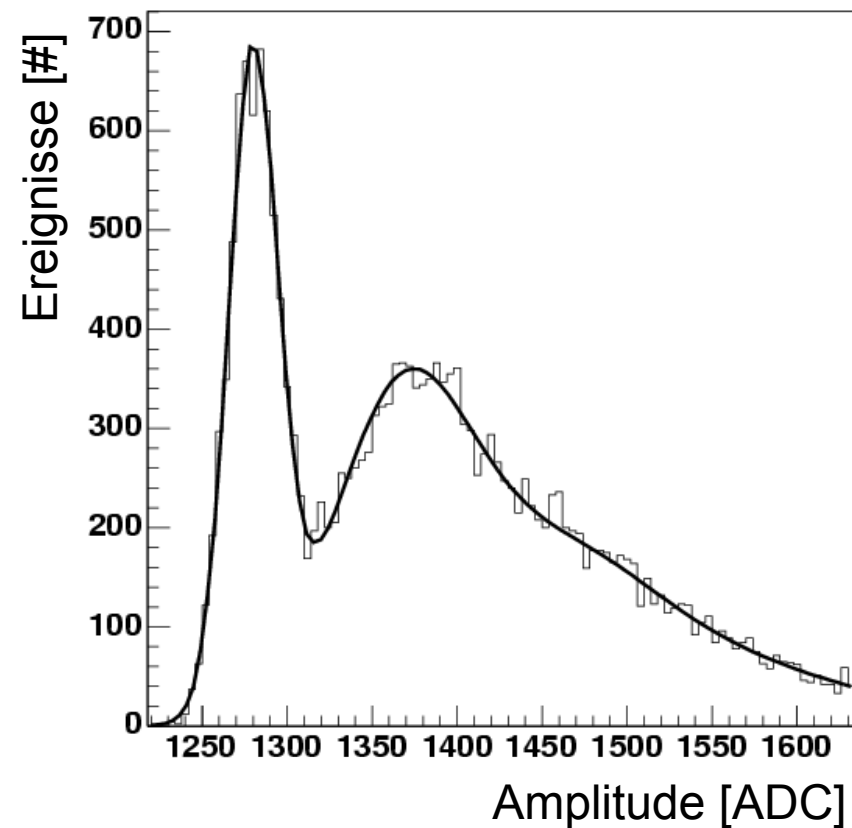


weitere Effekte:

- Verstärker
- 90 nsec delay
- Gate- & Hold-Integrator (Gatebreite)
- Auslese

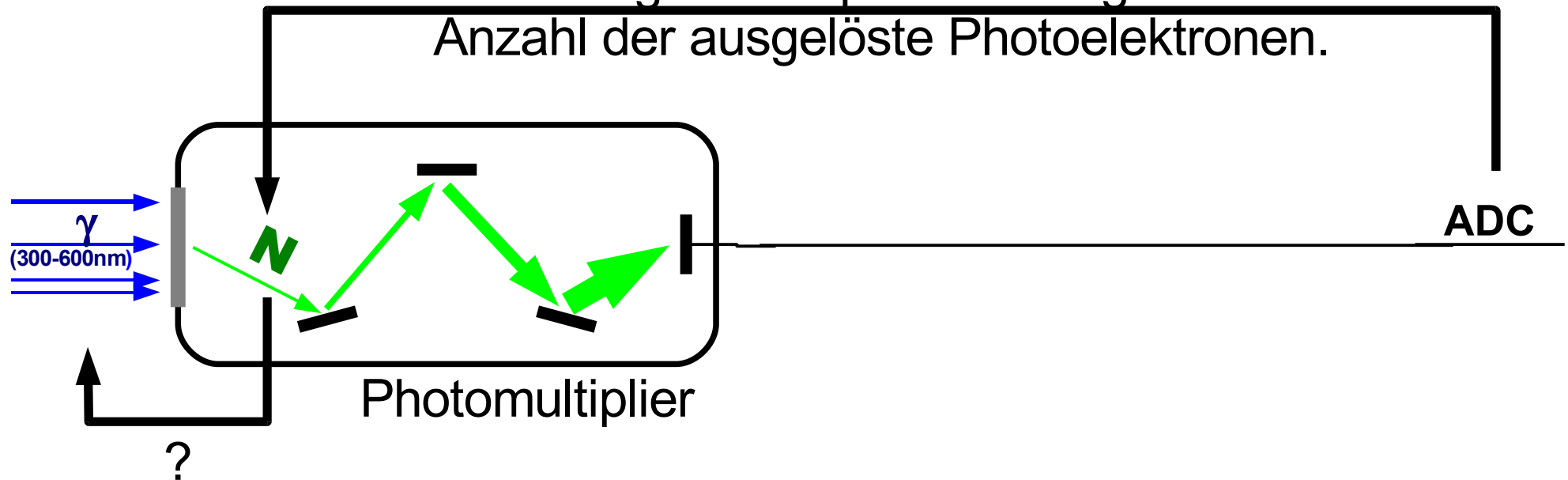
• $\xrightarrow{\text{ADC}}$

- exemplarisches Pixel
- Gatebreite 13 nsec
- Pedestal und 1-Phe-Maximum von einander trennbar
- Hochspannung der einzelnen Pixel lässt sich anpassen.



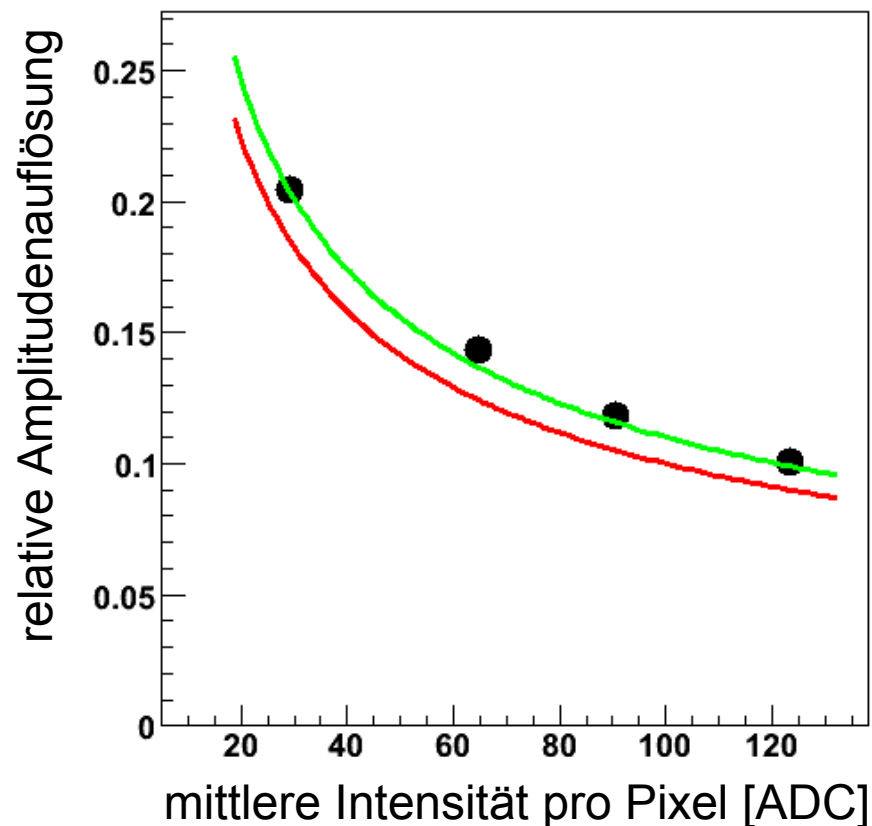
Beispiel: relative Amplitudenauflösung

Bestimmung der Amplitude erfolgt nun in der Anzahl der ausgelöste Photoelektronen.



Wie genau wird die einfallende Lichtintensität durch die Anzahl der ausgelösten Photoelektronen (N) bestimmt?

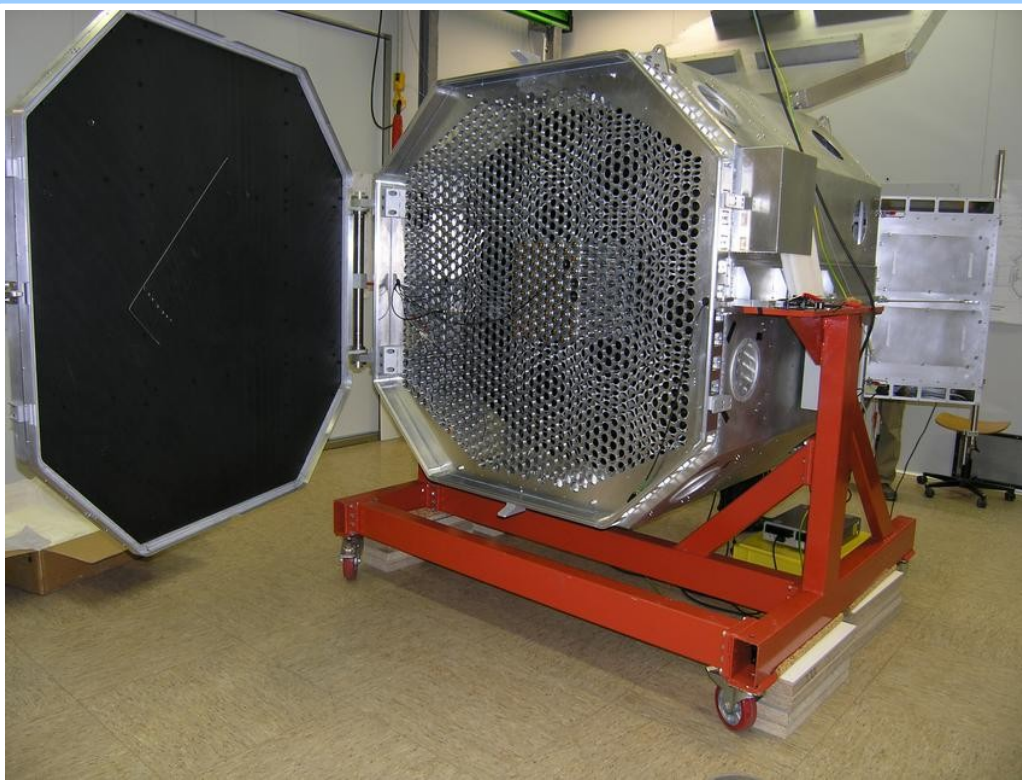
Beispiel: relative Amplitudenauflösung



- Die Intensität pro Pixel wird durch die Mittelung über alle Pixel und $O(100)$ Ereignissen bestimmt.
- 4 Messreihen bei konstanten Intensitäten: 29.4 Phe, 65.0 Phe, 90.6 Phe und 123.4 Phe
- rot: $\text{Sqrt}(1 / N)$
- grün: $\text{Sqrt}((1 + \sigma_{\text{SPE}}^2) / N)$

Die Smart Pixel Camera

- Ein Prototyp für den Einsatz in zukünftigen IACT (Imaging Atmospheric Cherenkov Technique) Experimenten



Bernhard Glück, Universität Erlangen,
Diplomarbeit am MPIK Heidelberg