



# Entwurf und Implementierung von parametrierbaren Filteralgorithmen für die digitale Ausleseelektronik des Flüssig-Argon- Kalorimeters des ATLAS-Detektors am CERN

Zwischenvortrag zur Diplomarbeit

Max Köhler

[max.koehler@mailbox.tu-dresden.de](mailto:max.koehler@mailbox.tu-dresden.de)

Dresden, 21.03.2012



# Gliederung

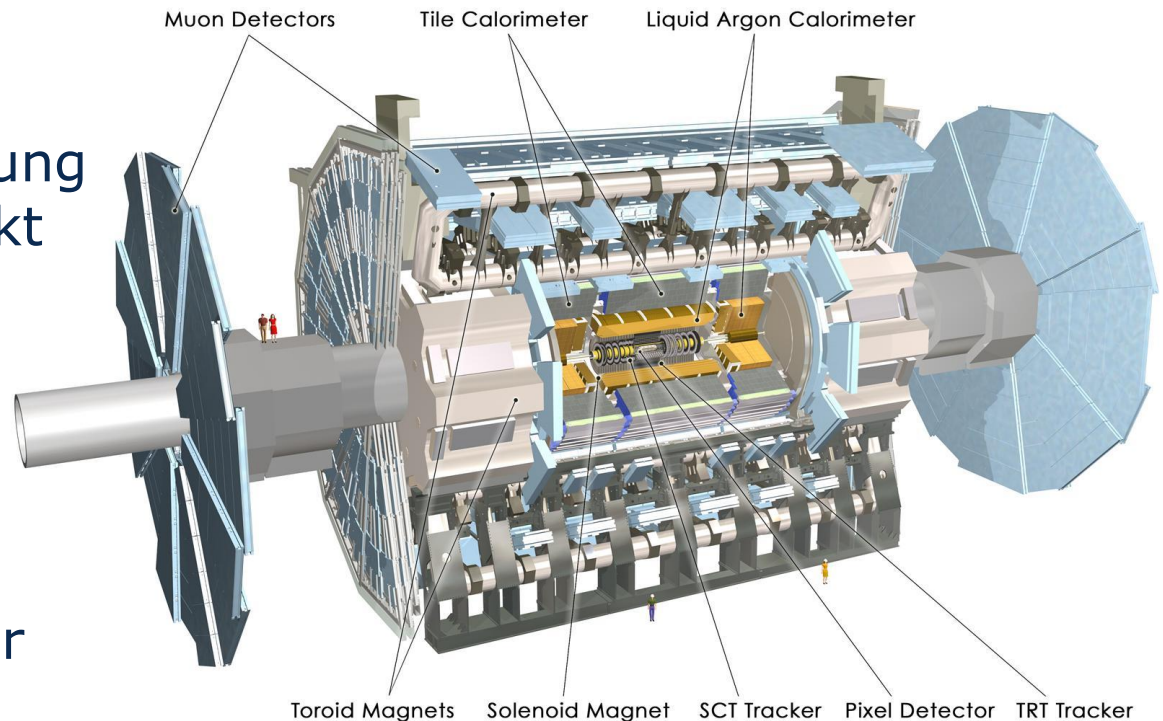
- (0) ATLAS-Experiment
- (1) Motivation
- (2) Filteransätze
- (3) Filterbewertung
- (4) Ausblick

## LHC (Large Hadron Collider)

- größter und stärkster Teilchenbeschleuniger der Welt
- 26,7 km langer Tunnel
- 8 Oktanten für verschiedene Aufgaben
- 1232 Dipolmagnete für Formung des Ringes
- 4 große, 2 kleine Experimente
- komplette Füllung: 2808 / 3564 Pakete
- Abstand zwischen Paketen: 25 ns
- ausgelegte Luminosität:  $10^{34} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$

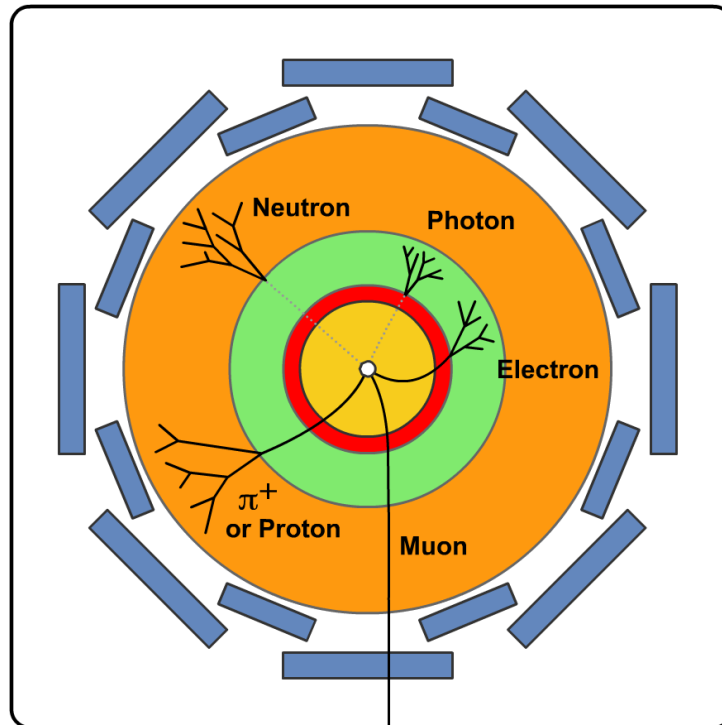
# ATLAS (A Toroidal LHC ApparatuS)

- Vielzweck-Detektor
- zylindrische Anordnung um Interaktionspunkt
- Bestimmung von
  - Flugbahn
  - Ladung
  - Energie
- Datenauslese über mehrstufigen Trigger



[1]

## ATLAS (A Toroidal LHC ApparatuS)

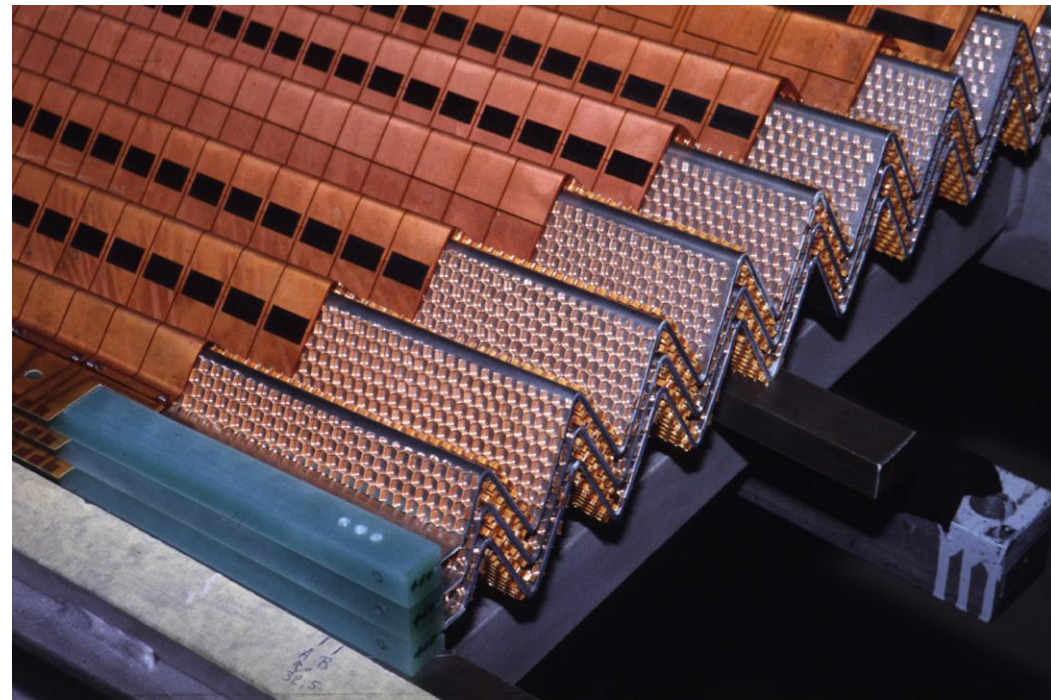


- Erkennung der Teilchen über Verhalten in Teildetektoren
- Bestimmung fehlender Energiemengen
- endgültige Auswertung im Rechenzentrum aus den aufgezeichneten Daten

[2]

## Flüssig-Argon-Kalorimeter

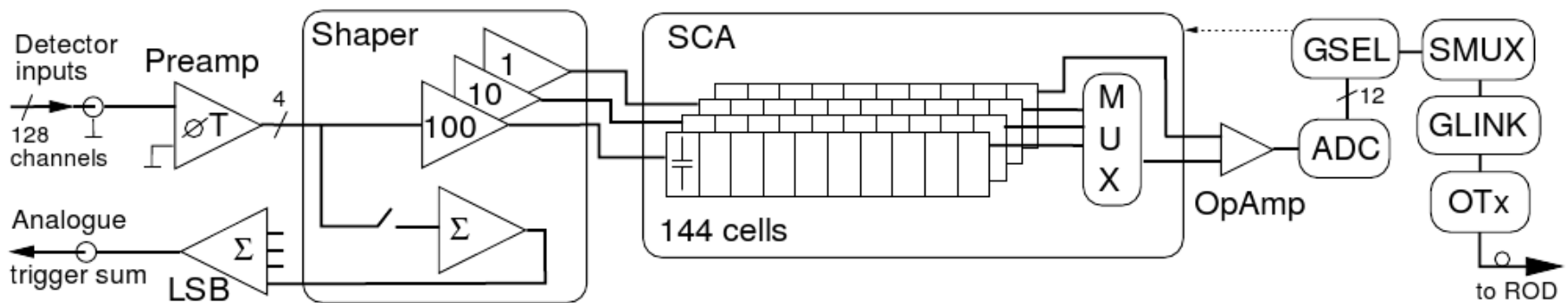
- Detektion von geladenen Teilchen
- Auslösen von Elektronenschauern aus Bleiplatten
- Ionisation von Argon durch Schauer-elektronen
- Messung von Strom über Elektroden



[1]

## Ausleseelektronik

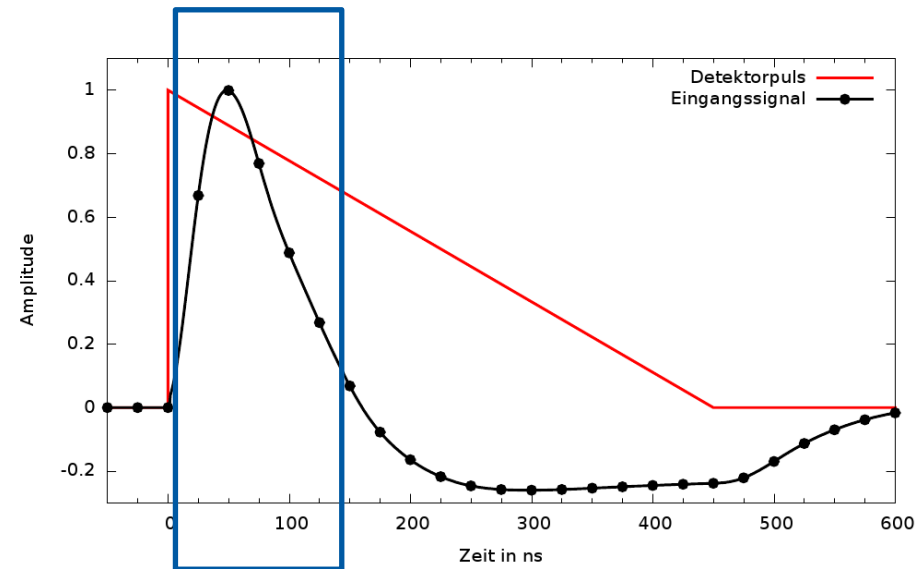
- 182.468 Zellen
- 1524 Front End Boards im Detektor
- Abtastung mit 40 MHz
- optische Übertragung zu 192 RODs (Read Out Driver)



[3]

## Zielstellung

- Erkennung des roten Maximums in den schwarzen Messwerten
- verschiedene Verzögerungszeiten
- Probleme
  - Überschneidung mehrerer Impulse
  - Impulse durch Pileup
  - Rauschen

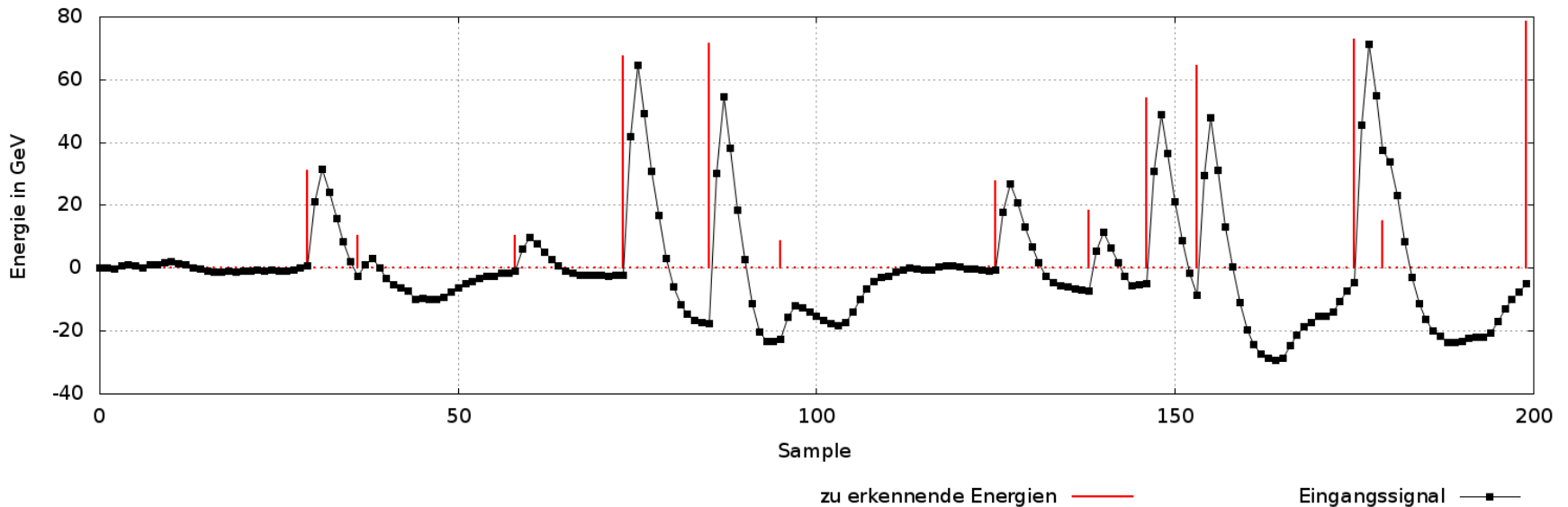


aktueller FIR-Filter



## LHC Upgrade

- Erhöhung der Luminosität um eine Größenordnung
- Austausch Messelektronik
- kontinuierliches Auslesen
- mehr Überschneidungen und Pileup

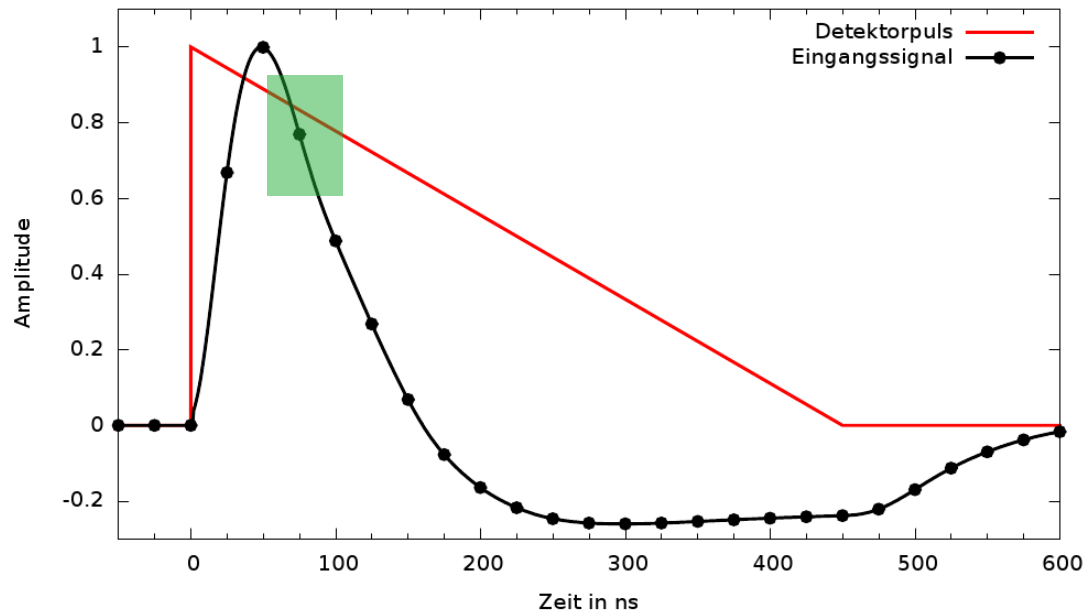


## Festlegungen

- nur eine Impulsform für die Summe von 4 Zellen
- Rauschen als AWGN mit 80 MeV Varianz
- Eventrate = 0,02
- Pileup  $\leq 14$  GeV
- Energien  $\leq 80$  GeV
- vorzeichenlose zwölf Bit als Eingangswert
- Offset für negativen Bereich (Pedestal)
  
- Fokus auf Erkennung aller Impulse
- Latenz von höchstens 2 Kollisionen (50 ns)

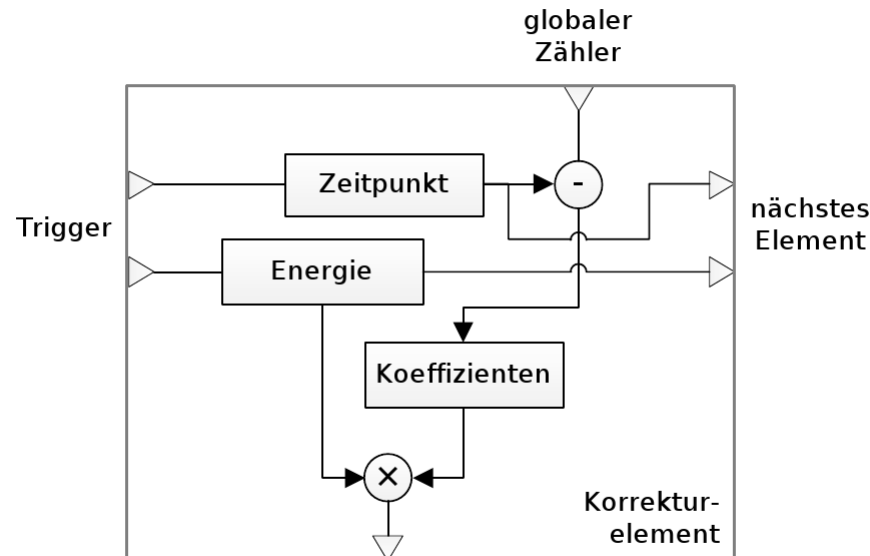
# Heuristik-Filter

- Erkennung Maximum über 1. Ableitung fehleranfällig
- Gültigkeitsbereich als Filterbedingung
- Korrekturwert für nachfolgende Impulse



# Heuristik-Filter

- nach Festlegungen 5 mögliche Überschneidungen
- 8 Speicherplätze für Ausgleich neg. Bereich
- Additionsbaum aus Korrektorelementen



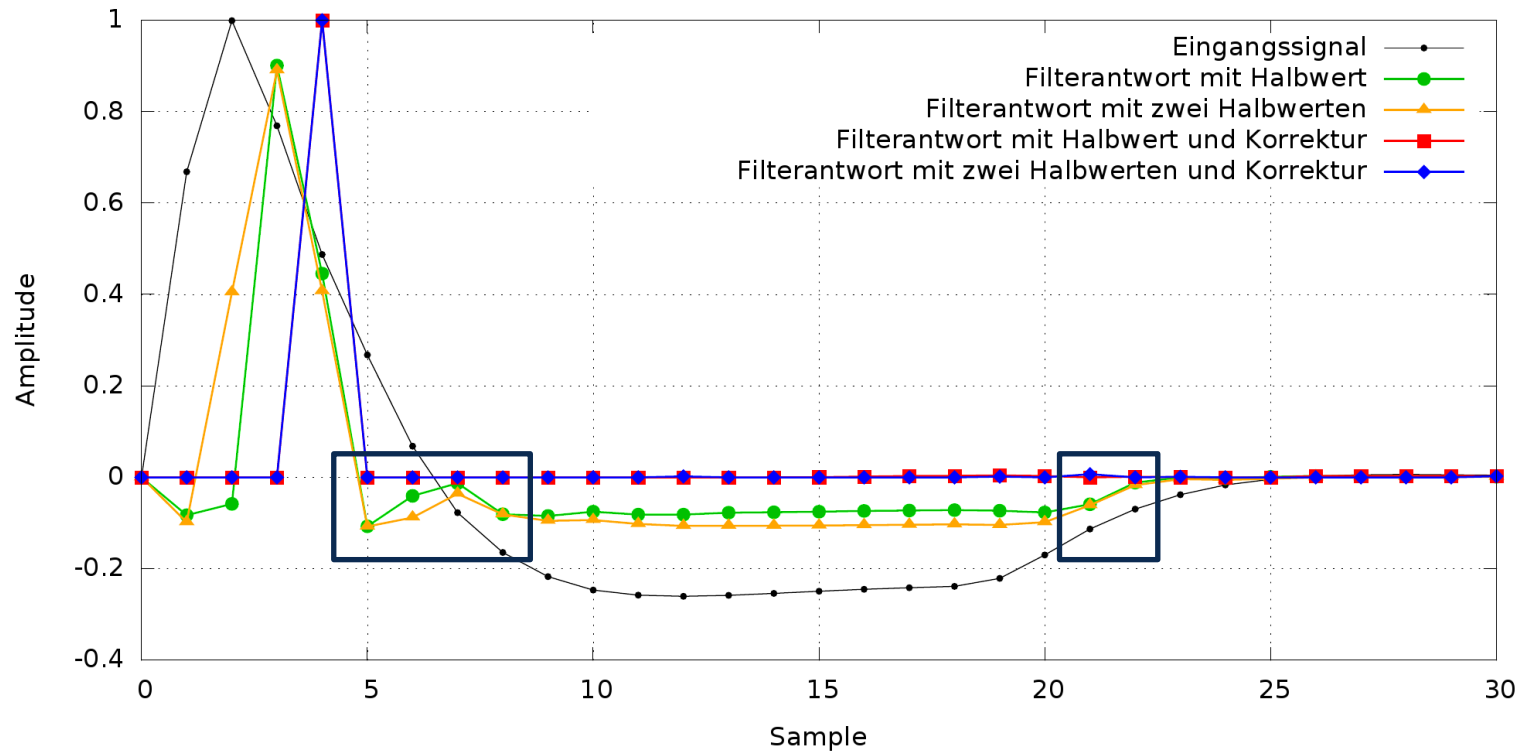
## Wiener-Filter

- Einsatzgebiete: Signalrekonstruktion, Kanalkompensierung
- vergrößert Signal-Rausch-Abstand
- Vorgabe eines Signales  $x(m)$
- Realisierung als FIR-Filter der Länge P

$$\tilde{x}(m) = \sum_{k=0}^{P-1} a_k y(m-k) = a^T y$$

- Berechnung über mittlere quadratische Abweichung  
$$E[e^2(m)] = E[x(m) - a^T y]$$
- Simulationsdaten als Basis für Berechnung

# Wiener-Filter



 FIR-Filter

# Güte

Definition eines Qualitätsfaktors (skaliert auf  $[0,1]$ )

$$G = L \cdot R \cdot F$$

mit den Teilgrößen:

- Erkennungsrate

$$L = 1 - \frac{l}{N}$$

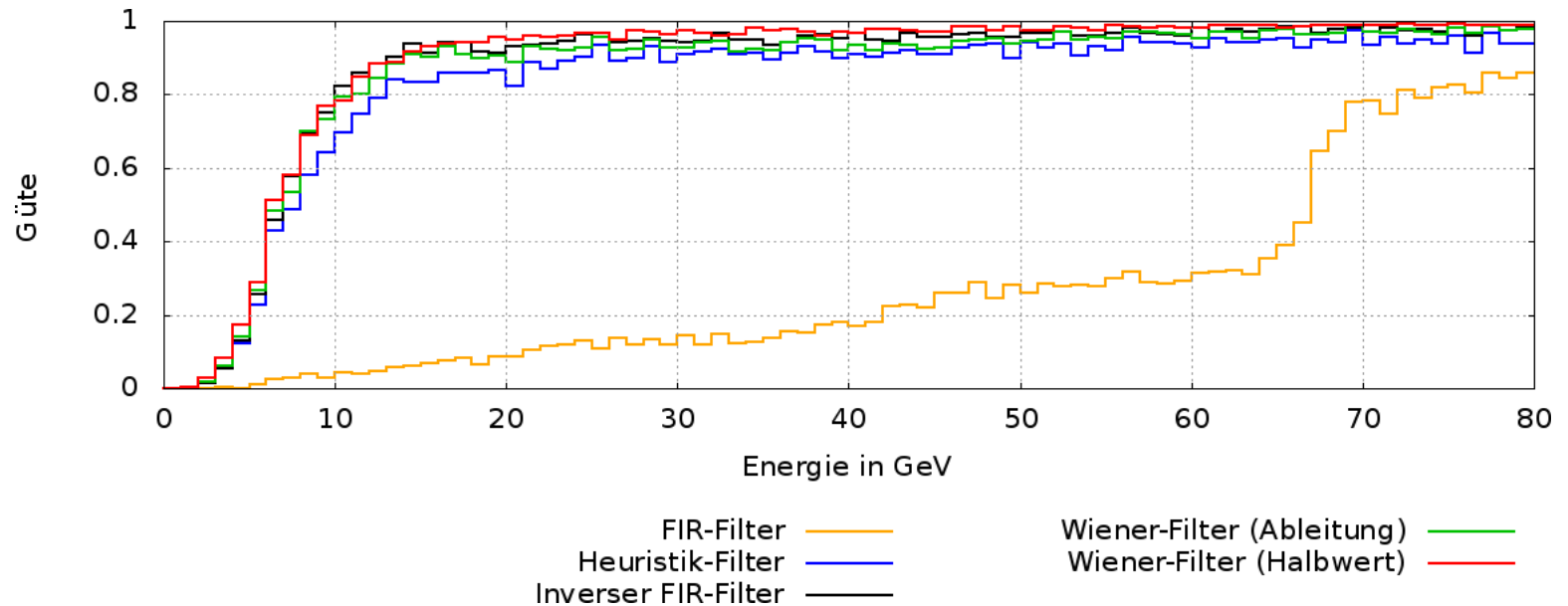
- Energierekonstruktion

$$R = 1 - \left| \frac{E_{Filter} - E_{Test}}{E_{Test}} \right|$$

- inverse Falsch-Positiv-Rate

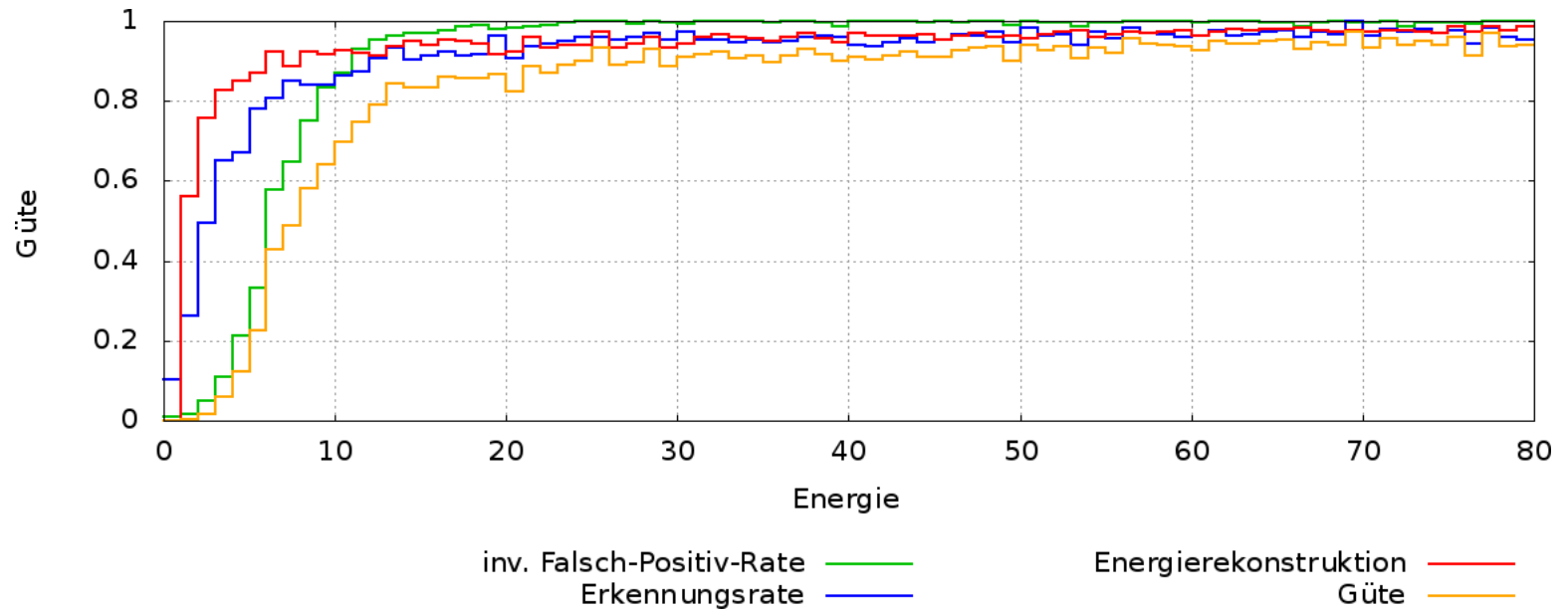
$$F = 1 - \frac{f}{f + N}$$

# Übersicht Filteransätze

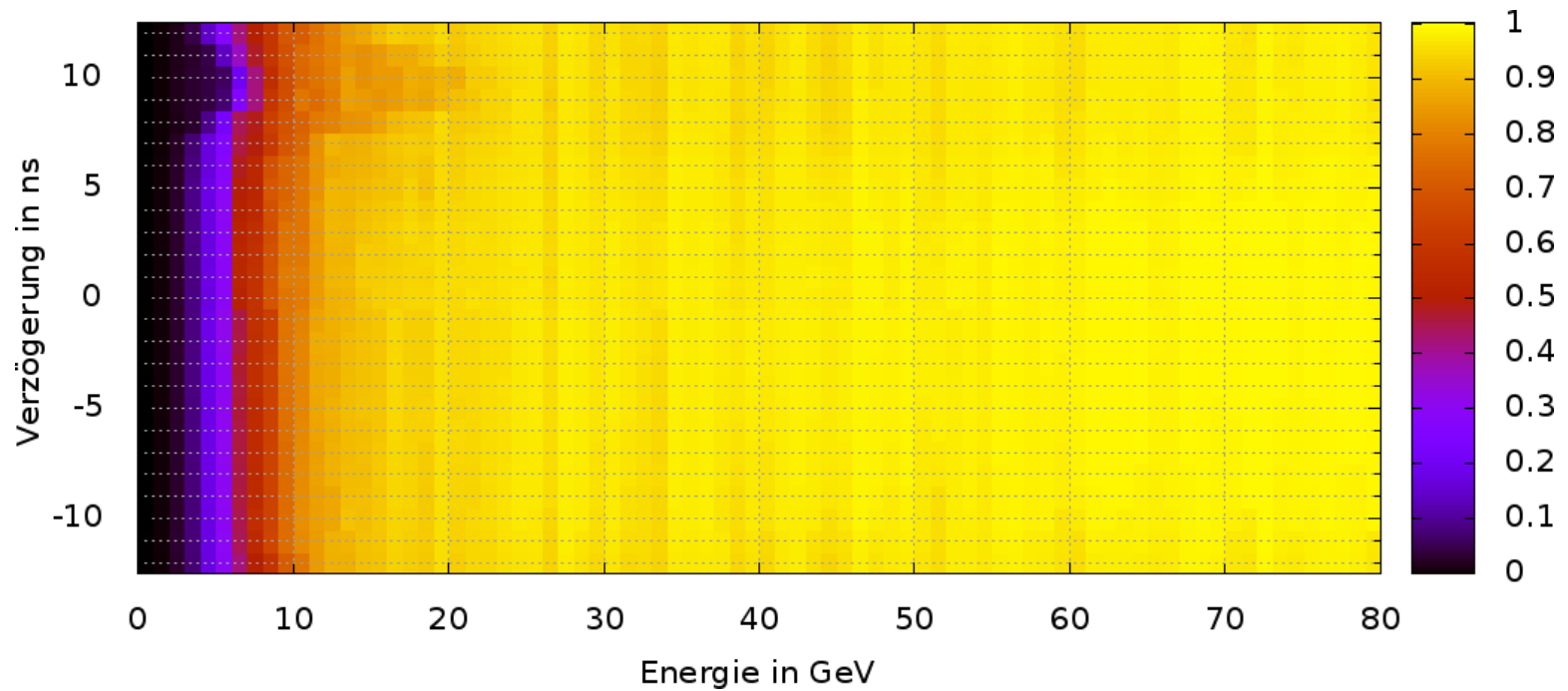




# Güte des Heuristik-Filters



# Verzögerungszeiten Wiener-Filter (Halbwert)



## bisherige Ergebnisse

- Stabilität der Filter gewährleistet
- minimale Abweichungen bei anderen Abtastzeitpunkten
- Filterstruktur kann für mehrere Detektorzellen verwendet werden (Multichannel)
- Latenz beträgt maximal 9 Takte
  - Subtraktion Pedestal (1)
  - Vorfilterung (3)
  - Addition Korrekturwert (1)
  - Triggerbedingung auswerten (1)
  - Korrektur Energie (3)
- 8 (Heuristik-Filter) bzw. 16 (Wiener-Filter) Multiplikationen benötigt

## Ausblick

- Umstieg auf Festkommaformat (Festlegung Bitbreiten)
- wiederholte Untersuchung auf Stabilität, Güte
- Implementierung für Virtex-5
- Prüfung mit den Testdaten in Hardware

## Quellen

- [1] ATLAS-Experiment Photos  
<http://www.atlas.ch/photos/>
- [2] ATLAS Experiment Experiment eTour  
[http://www.atlas.ch/etours\\_exper/](http://www.atlas.ch/etours_exper/)
- [3] Buchanan, N J. u.a.: ATLAS liquid argon calorimeter front end electronics. In: Journal of Instrumentation 3 (2008) Nr. 9
- [4] The ATLAS Collaboration: The ATLAS Experiment at the CERN Large Hadron Collider. In: Journal of Instrumentation 3 (2008) Nr. 8
- [5] The ATLAS Collaboration: ATLAS Fact Sheet  
<http://www.atlas.ch/fact-sheets.html>
- [6] Vaseghu, Saeed V.: Advanced Signal Processing and digital noise reduction. Stuttgart ; Leipzig : Teubne, 1996.