

Institut für Astronomie und Astrophysik, Abteilung Astronomie

# Ausleseelektronik für MCP-Detektoren

Ansprechpartner: Marc Pfeifer

## Einführung

Kosmische Quellen, die Temperaturen zwischen 10.000 – 1.000.000 K besitzen, strahlen den größten Teil ihrer Energie im Extremen (EUV) und Fernen Ultraviolett (FUV) aus. Diese Quellen können z. B. heiße Weiße Zwerge oder das interstellare Gas in Galaxien sein.

Da dieser Energiebereich nur außerhalb der Erdatmosphäre zugänglich ist und spezielle Detektoren notwendig sind, wurde Anfang der 1980er Jahre an unserem Institut mit der Entwicklung von Teleskopen und sogenannten MCP-Detektoren begonnen, die im Erdorbit diese Strahlung detektieren können. In den 1990er Jahren wurde das ORFEUS-Projekt mit zwei erfolgreichen Flügen durchgeführt.

Im kommenden Jahr rechnen wir mit der Förderung des WSO/UV-Projekts durch das DLR bis zum Flug des Satelliten. Der Spektrograph des WSO/UV wurde von uns entwickelt. Gebaut werden von uns die Detektoren und die zugehörige Elektronik zur Datengewinnung.

Durch die Neugestaltung der verwendeten MCP-Detektoren ist auch für die Ausleseelektronik ein völlig neues Konzept notwendig. Die Weltraumumgebung sowie begrenzte Ressourcen auf dem Satelliten beschränken die Palette der für die Ausleseelektronik zur Verfügung stehenden Komponenten sowie die realisierbare Leistung.

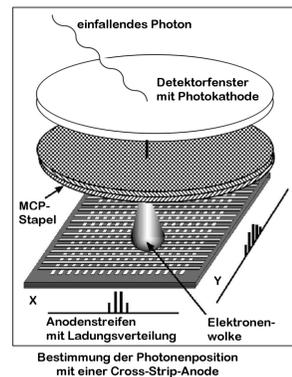
## Aufgabe der Ausleseelektronik

Beim Auftreffen eines UV-Photons auf den Detektor wird in diesem ein Ladungsschauer erzeugt, welcher auf die gekreuzte Streifenanode (Cross-Strip-Anode) am Boden des Detektors auftrifft (siehe Abb. 1 und Poster „Entwicklung von MCP-Detektoren“).

Die Ausleseelektronik hat nun die Aufgabe, die Position dieses Photons sowie die Menge der erzeugten Ladungen zu bestimmen.

Aus den so gewonnenen Daten erhält man ein Bild, welches in unserem Fall einem Spektrum entspricht (Abb. 2), da der Detektor in einem Spektrometer eingesetzt wird. Von oben nach unten bzw. von links nach rechts in einem hellen Streifen nimmt dabei die Photonenenergie zu (hellere Stellen entsprechen mehr aufgetroffenen Photonen an dieser Stelle).

Durch die Auswertung des Helligkeitsmusters sind **Aussagen über die Temperatur, Entfernung, Geschwindigkeit und chemische Zusammensetzung der beobachteten Quelle** möglich.



nach: Sigmund et al., Nuclear Science Symposium Conference Record, 2007, NSS'07, IEEE, Vol. 3, pp. 2240-2251  
Abb.1: Prinzip eines MCP-Detektors

## Aufbau der Ausleseelektronik

Die auf die Cross-Strip-Anode auftreffenden Ladungsschauer erzeugen einen schwachen elektronischen Impuls auf jeweils ca. 5 Streifen in horizontaler und vertikaler Richtung. Diese müssen zunächst durch einen möglichst nahe gelegenen Vorverstärker-Chip verstärkt werden und können so zur eigentlichen Ausleseelektronik transportiert werden. Diese besitzt Analog-Digital-Wandler (ADC), welche einen digitalen Wert entsprechend der Ladungsmenge auf einem Streifen liefern. Die Datenverarbeitungseinheit bestimmt aus diesen Werten den Schwerpunkt der Ladungsverteilung durch Gewichtung der einzelnen Beiträge mit der jeweiligen Ladungsmenge.

Diese Ortsposition wird zusammen mit der Gesamtladungsmenge und einem Zeitstempel in ein Paket verpackt und über eine Schnittstelle zum Speicher des Satelliten übertragen.

Dort werden die wissenschaftlichen Daten gesammelt und zusammen mit den Daten zur Überwachung der Funktion des Satelliten zur Erdoberfläche gefunkt. In den Bodenstationen in Madrid und Moskau werden die Daten dann getrennt und an die Endnutzer verteilt.

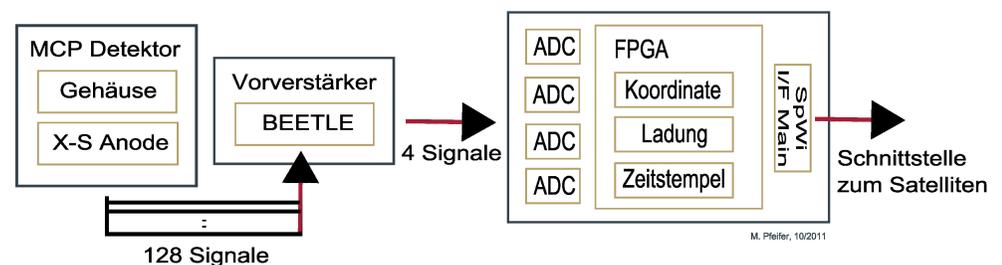


Abb.3: Schematische Darstellung der Ausleseelektronik

Die Datenverarbeitungseinheit der Ausleseelektronik wird von uns in einem FPGA realisiert. Dies sind Prozessoren, in welchen die innere Verdrahtung der Logikblöcke nach der Produktion noch verändert werden kann.

**Die Entwicklung der oben dargestellten Elektronik geschieht in unserem Haus mit der Beratung durch Partner aus der Industrie.**

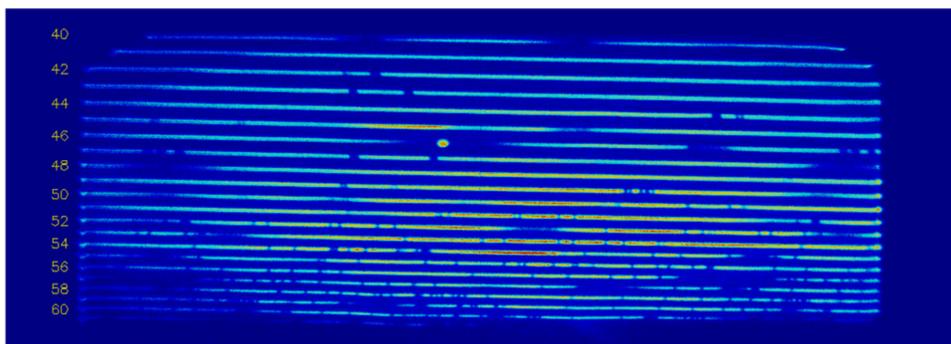


Abb. 2: Echelle-Spektrum eines Weißen Zwerges. Aufgenommen mit dem Tübinger Detektor der ersten Generation während des zweiten ORFEUS-Fluges.

## Anforderungen an unsere Elektronik

Durch die **Weltraumumgebung** ist unsere Elektronik außerhalb der Erdatmosphäre einer erhöhten Strahlenbelastung durch z. B. die Teilchen des Sonnenwinds ausgesetzt, welche zu einer schnelleren Alterung sowie Fehlberechnungen führt. Zudem ist eine Reparatur des Satelliten nach dem Start nicht mehr möglich. Dies erfordert Komponenten mit besonderer Architektur, insbesondere bei logisch operierenden Bauteilen. Aufgrund dessen und der sorgfältigen Prüfung der Bauteile nach der Produktion durch den Hersteller, sind diese Komponenten um einen Faktor 10-100 teurer als vergleichbare Komponenten für bodengebundene Anwendungen.

Um die **wissenschaftlichen Ziele** zu erfüllen, muss unsere Elektronik in der Lage sein, bis zu 300.000 Ereignisse pro Sekunde zu verarbeiten. Dies ist für bodengebundene Elektronik keine Herausforderung, jedoch führen die **begrenzten Ressourcen** auf dem Satelliten sowie eine Obergrenze für die Wärmeabstrahlung dazu, dass uns nur ein Leistungsverbrauch von 7 Watt gestattet ist. Dies ist ca. ein Viertel dessen, was mit herkömmlichen Komponenten zu realisieren ist. Durch den Einsatz des BEETLE-Chips des *MPI Heidelberg*, welcher für das *CERN* entwickelt wurde, sehen wir uns jedoch in der Lage, trotz der begrenzten Ressourcen diese Verarbeitungsrate zu erreichen.