

Oliver Nix

**Zwischenbericht
für die Zeit vom April 97 – Januar 2000**

**Graduiertenkolleg der DFG:
Experimentelle Methoden der Kern- und
Elementarteilchenphysik**

"Bau, Einsatz u. Test des VLQ-Spektrometers in H1 LHCb

Einleitung

Das VLQ-Kalorimeter

Beiträge und Aufgabenbereich

Zu verwirklichende Aufgaben

Literatur

Arbeitsbericht im Rahmen des Graduiertenkollegs

*Experimentelle Methoden der Kern- und
Teilchenphysik*

Kirchoff-Institut für Physik der Universität Heidelberg

Oliver Nix

Februar 2000

1.1 Einleitung

Ich führe meine Doktorarbeit im Rahmen des H1-Experimentes am Elektron-Proton-Speicherring HERA des Deutschen Elektronensynchrotrons (DESY) in Hamburg durch. Im Jahr 1996 wurde beschlossen, den H1-Detektor um einen weiteren Subdetektor, ein Spektrometer bestehend aus zwei autarken hochkompakten elektromagnetischen Kalorimetermodulen mit dazugehörigem Spurdetektorsystem und Flugzeitsystem, zu erweitern. Die Aufgabe dieses neuen VLQ ("very low Q^2 ") Spektrometers ist es, Elektronen unter kleinsten Streuwinkeln nachzuweisen, die bis heute undetektiert aus dem rückwärtigen Bereich des H1 Detektors entwichen sind. Man erhofft sich ein verbessertes Verständnis der tiefinelastischen Streuung bei geringen Impulsüberträgen, einer Messung des Photon-Proton Wirkungsquerschnitt ($\gamma^* + p \rightarrow X$) in der für H1 bisher unzugänglichen Region von $Q^2 < 1 \text{ GeV}^2$ (Q^2 = negativer Viererimpulsübertrag) und damit Rückschlüsse auf die Struktur des Protons (F_2) [TP96]. Weitere interessante Erkenntnisse können auf dem Gebiet der Vektormesonproduktion und der diffraktiven Physik, insbesondere bei der besonders an unserem Institut verfolgten Suche nach dem Odderon [DO98], erwartet werden. Aus Abbildung 1.1 ist der prinzipielle Aufbau des Spektrometers zu ersehen.

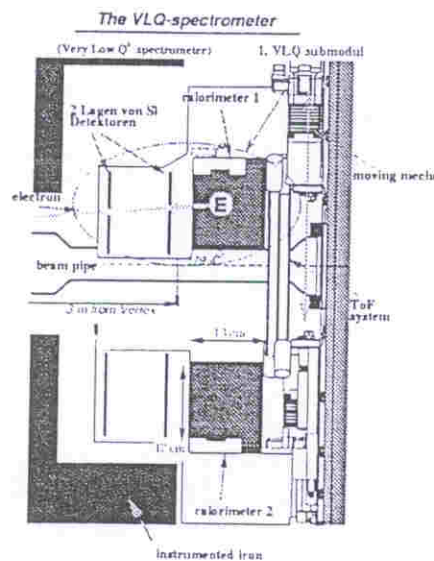


Abbildung 1.1: Wie zu erkennen ist, besteht das VLQ Spektrometer aus zwei autarken Submodulen, die ober- und unterhalb der Strahlachse angeordnet sind. Sie befinden sich in etwa 3 Meter Entfernung von dem Wechselwirkungspunkt und können den Strahluntergrundbedingungen gemäß an den Strahl heranfahren. Jedes Submodul besteht aus einem Kalorimeter und zwei davor angeordneten Doppellagen von Siliziumstreifendetektoren. Hinter dem Kalorimeter befindet sich das Flugzeitsystem.

1.2 Das VLQ-Kalorimeter

Das VLQ-Kalorimeter wurde im Rahmen dieses Graduiertenkolleges entworfen und gebaut [STE98].

1.2.1 Zeitlicher Überblick

Nach dem Zusammenbau beider Kalorimetermodule im Sommer 1997 am damaligen Institut für Hochenergiephysik Heidelberg wurden beide Module im Winter desselben Jahres am DESY-Elektronenteststrahl erstmals mit Elektronen bis zu einer Energie von 6 GeV getestet. Diese Tests dienten neben der Verifikation der Betriebsbereitschaft der Bestimmung wichtiger Detektoreigenschaften, wie z.B. der Energieskala und der Energie- und Ortsauflösungen [VAN98]. 1998 schließlich wurde das VLQ-Spektrometer in den H1 Detektor integriert und erste gestreute Positronen aus ep Reaktionen gemessen. Seit Beginn der Strahlperiode 1999 ist das VLQ eine Standardkomponente des H1-Detektors, die vollständig in das Detektor-, Trigger- und Softwarekonzept integriert ist.

1.2.2 Prinzipieller Aufbau des VLQ Kalorimeters

Bei dem VLQ-Kalorimeter handelt es sich um ein Kalorimeter, das aus abwechselnd zwölf Schichten aus Wolfram als passivem Material und Plastikszintillatorstäben als aktivem Material besteht. Kalorimeter dieser Strukturierung werden als "Sandwich Kalorimeter" bezeichnet. Der prinzipielle Kalorimetraufbau ist aus Abbildung 1.2 zu ersehen.

Die Strahlungstiefe dieses Kalorimeters beträgt $17,3 X_0$. Wie aus 1.2 zu entnehmen, folgt auf jede 5 mm dicke Wolframplatte eine Lage aus abwechselnd vertikalen oder horizontalen Szintillatorstäben einer Dicke von 3 mm. Die durch Energiedeposition in dem organischen Szintillatormaterial erzeugten UV-Photonen werden mittels Totalreflektion an den Wänden der Szintillatorstäbe zu deren Stirnseiten geleitet, an denen sie das szintillierende Material verlassen. Die Photonen werden von den in der Breite identisch dimensionierten Wellenlängenschiebern, die im rechten Winkel zu den Stirnseiten der Szintillatoren angeordnet sind, absorbiert und als grünes Licht reemittiert. Einer dieser Wellenlängenschieber integriert dabei das Licht aller in longitudinaler Richtung zueinander korrespondierender Szintillatoren auf. Insgesamt wird also das transversale Schauerprofil in vier Projektionen ausgelesen, wobei jeweils zwei der horizontalen und zwei der vertikalen Achse der aktiven Fläche des Kalorimeters zuzuordnen sind. Das Licht aus den Wellenlängenschiebern wird mittels Photodioden ausgelesen und durch einen ladungsempfindlichen Verstärker und Shaper, realisiert in ASIC Bauweise, in elektrische Signale von 200 nsec Länge überführt. Die Signale werden mittels 30 m langer "Twisted Pair" Kabel zur Standard H1 Kalorimeterauslese weitergeleitet.

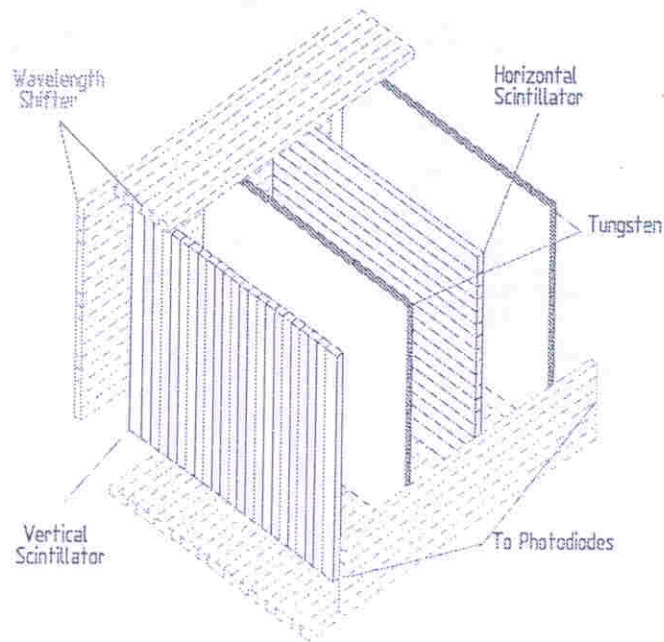


Abbildung 1.2: Design eines VLQ Kalorimetermodules. Jeder 5mm dicken Platte aus Wolfram als passivem Material folgt eine Lage aus Szintillatorstäben, die abwechselnd vertikal und horizontal angeordnet sind. An den Stirnseiten befinden sich in der vertikalen Projektion 18 Wellenlängenschieber und in der horizontalen 24, deren Enden jeweils auf eine Photodiodenzelle aufgeklebt sind.

1.3 Meine Beiträge und Aufgabenbereiche innerhalb des VLQ Projektes

In der Zeit meiner Mitgliedschaft in diesem Graduiertenkolleg war ich an allen Phasen des Projektes, beginnend mit dem Zusammenbau der Kalorimeter, beteiligt. Im folgenden sind aber nur die Aktivitäten der letzten eineinhalb Jahre genannt.

1.3.1 Implementierung des VLQ in das H1-Level-1 und Level-4 Triggerkonzept

Das Ziel, das mit dem Bau dieses neuen Detektors angestrebt wurde ist, wie nicht anders zu erwarten, neue Erkenntnisse im Bereich der Hochenergiephysik zu gewinnen. Dazu ist es nötig, aus der Vielzahl von Teilchenkollisionen bei HERA jene zu selektieren, die Rückschlüsse auf die zu untersuchenden physikalischen Reaktionen erlauben. Die Echtzeitselektion wird im Falle des H1-Detektors durch ein vierstufiges Triggerkonzept bewerkstelligt, wobei im besonderen der "Level-1 Trigger", ein in Hardware implementierter Trigger und der "Level-4 Trigger", ein auf Software basierender Trigger zu nennen sind.

Eine meiner Aufgaben war hierbei eine Untersuchung der zu erwartenden Raten der einzelnen sogenannten Physiktrigger und die Überwachung der zeitlichen Konstanz dieser Raten. Besonderes Augenmerk wurde dabei auf den "Odderon Trigger" gelegt, dessen Daten von mir ausgewertet werden sollen.

Um möglichst nur solche Ereignisse dauerhaft abzuspeichern, die von Interesse sind, und um der Tatsache Rechnung zu tragen, daß in der Summe nur etwa 5 Events pro Sekunde permanent auf Magnetband zu speichern sind, wird ein durch den Level-1 Trigger akzeptiertes Event auf dem Level-4 Trigger, einer Multiprozessorfarm, vollständig rekonstruiert und, basierend auf den quasi in Echtzeit errechneten Informationen, also z.B. von Kalorimeter Clustern, akzeptiert oder verworfen. Auf der Grundlage der von mir realisierten Kalorimeter Ereignisrekonstruktion habe ich Selektoren (im allgemeinen einfach als Finder bezeichnet) für die VLQ basierten Subtrigger geschrieben und an der Implementierung auf dem Level-4-Trigger mitgearbeitet.

1.3.2 Entwicklung der VLQ Kalorimeter Ereignis Rekonstruktionssoftware innerhalb des H1 Datenkonzeptes

Aus den von einem Detektor gelieferten ursprünglichen Informationen, genannt Rohdaten und bestehend aus den in den einzelnen Kanälen gemessenen Energien, müssen erst mittels eines gewöhnlicherweise hochkomplexen Programmes abstraktere Physikvariablen wie z.B. Viererimpulse errechnet werden.

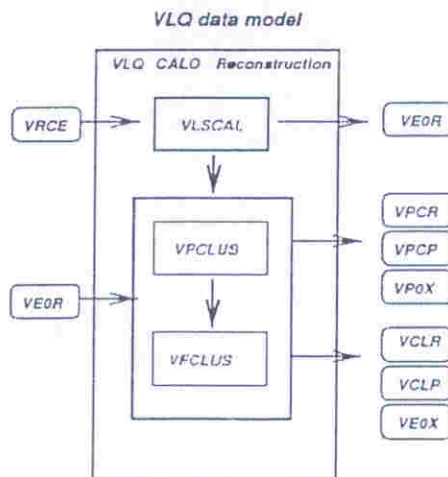


Abbildung 1.3: Das Kernmodul der VLQ Rekonstruktionssoftware besteht aus drei Submodulen, dem Skalieren und Kalibrieren der Kanalenergien (VLSCAL), der Rekonstruktion von Clustern in den Ausleseprojektionen (VPCLUS) und der Kombination der Projektionscluster zu endgültigen Clustern (VFCLUS), die ein auftreffendes Teilchen repräsentieren. Die gesamte VLQ Kalorimeterrekonstruktion besteht aus ca 12000 Zeilen Programmcode, aus Kompatibilitätsgründen in FORTRAN geschrieben.

Diese Rekonstruktionssoftware für die VLQ-Kalorimeter ist basierend auf einem

vereinfachten Qt Algorithmus entwickelt. Sie wurde innerhalb einer existierenden modularen H1-Softwareumgebung innerhalb von zwei autarken Modulen, die eine stufenweise Rekonstruktion bei Bedarf zulassen, realisiert.

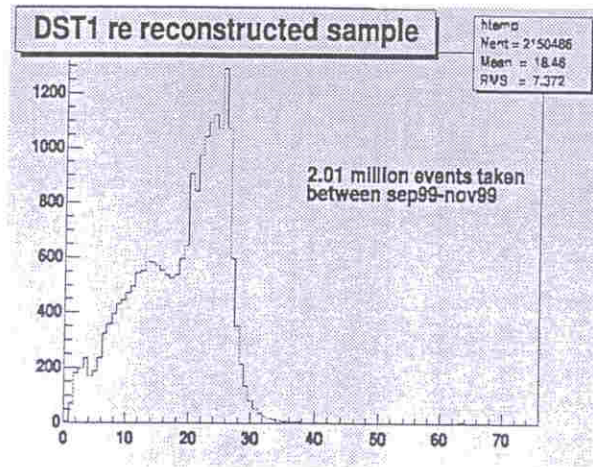


Abbildung 1.4: Von data summary tapes (DST's) re-rekonstruierte Ereignisse aus dem Datennahmezeitraum September bis November 1999.

Der logische Aufbau der Software ist aus Abbildung 1.3 zu ersehen. Abbildung 1.4 zeigt eine rekonstruierte Clusterenergieverteilung, die aus den komprimierten H1 Daten (auf data summary tape, DST) mittels einer ebenfalls von mir geschriebenen Rerekonstruktionssoftware gewonnen wurde.

1.3.3 Betreuung der Datennahme 1998 und 1999

In den Jahren 1998 und in der ersten Strahlperiode 1999 war es meine Aufgabe, die Datennahme mit dem VLQ-Kalorimeter zu überwachen.

Aus diesem Grund war ich von April 1998 bis Juni 1999 an das DESY Hamburg abgeordnet. Neben der Überwachung der Betriebsbereitschaft des Detektors, und falls nötig der Intervention, gehörte eine regelmässige Kontrolle der Datenqualität zu meinen Aufgaben. Eine typische online erzeugte Darstellung zur Datenqualitätsüberwachung ist in Abb 1.5 zu sehen.

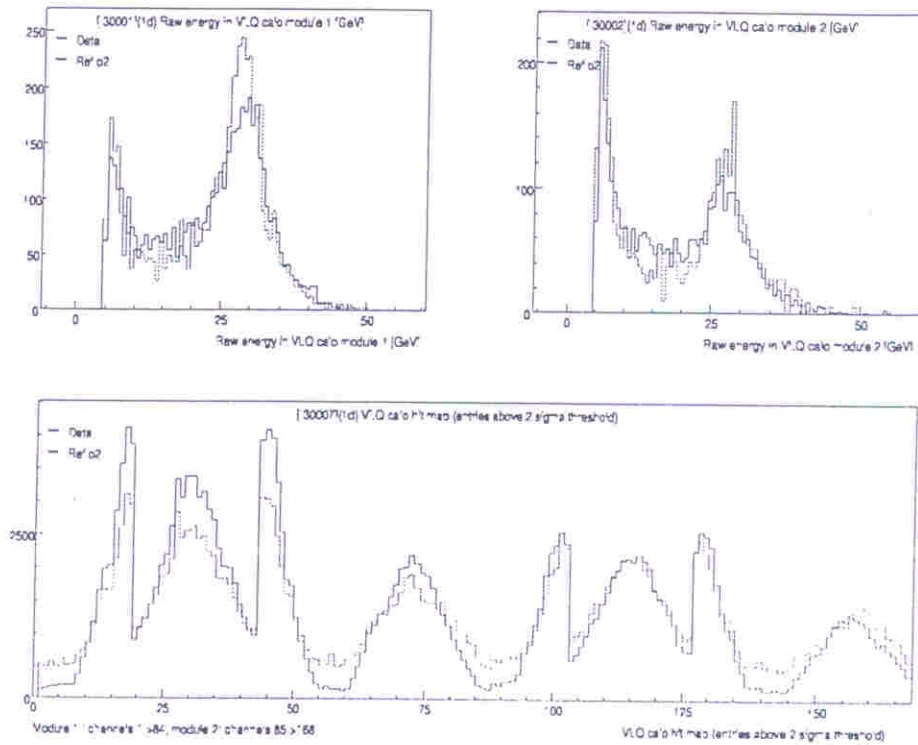


Abbildung 1.5: Neben den Rohenergien (Energiesumme über alle Kanäle) in den beiden Kalorimetermodulen ist in dem unteren Histogramm die Zahl der Ereignisse pro Kanal, die in dem Kanal eine Energie über der definierten Rauschschwelle deponiert haben, aufgetragen.

1.3.4 Entwicklung diverser (Software) Hilfsmittel zur Datenvisualisierung und Analyse

Die Ereignisrekonstruktionssoftware ermöglicht den Zugang zur Physikanalyse, durch sie werden aber keine übermäßig komplexen Berechnungen durchgeführt, die im allgemeinen nur für manche Ereignisse und für eine unter Umständen sehr kleine Gruppe von Personen interessant sind. Dies wird einer benutzerspezifischen Software überlassen.

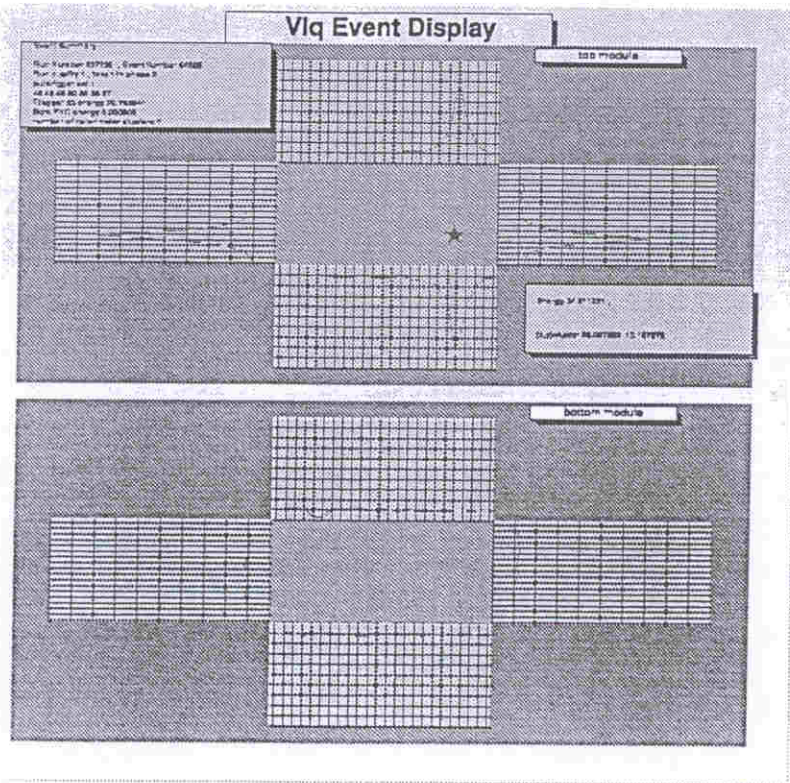


Abbildung 1.6: Graphische Darstellung eines VLQ-Kalorimeterevents in einem ROOT-basierten Eventdisplay, das als Makro und auch als ausführbares Programm zur Verfügung gestellt ist.

Wir haben uns in diesem Projekt schon sehr früh darauf verständigt, ein erst seit 1996 zur Verfügung stehendes Visualisierungs und Analysewerkzeug, ROOT [ROOT], zu verwenden. Dieses Werkzeug setzt die Verwendung der Programmiersprache C++ voraus, die in H1 bis heute noch keine weite Verbreitung gefunden hat, aber in kommenden Jahren als Programmiersprache der Wahl Verwendung finden soll. Innerhalb unseres Projektes war ich an der Bereitstellung der klassischen H1-Softwareressourcen innerhalb einer ROOT- basierten Analyseketten maßgeblich beteiligt.

Abb 1.6 zeigt ein typisches quasi elastisch gestreutes Elektron in einem von mir erstellten ROOT basierten Eventdisplay. Man kann die Energie in den einzelnen Detektorkanälen als auch die von der Rekonstruktion errechneten Teilchenenergie,

sowie diverse allgemeine Trigger und Ereignisseigenschaften, ansehen.

1.4 Zu verwirklichende Aufgaben in den nächsten 12 Monaten

In Abschnitt 1.1 wurde bereits der Odderon Trigger erwähnt. Odderon induzierte Reaktionen, so es sie gibt, sind ausgesprochen selten, und man benötigt daher eine lange Meßdauer, um im Rahmen einer Analyse eine statistisch signifikante Aussage machen zu können. Es wird meine Aufgabe sein, den (bald) zur Verfügung stehenden Datensatz basierend auf einer integrierten effektiven Datennahme von sieben Monaten auf Evidenz nach Odderon induzierten Reaktionen zu durchsuchen. Ein erster Schritt wird neben der mittlerweile angefangenen Detektorkalibration eine erste Messung des Wirkungsquerschnittes der Reaktion $ep \rightarrow N^* e \pi^0$ sein, in der die Zerfallsprodukte des Pions, also zwei Photonen, im VLQ- Kalorimeter nachgewiesen werden.

Literaturverzeichnis

- [TP96] VLQ technical proposal, H1 Collaboration, 1996
- [DO98] Observing the Odderon: Tensor Meson Photoproduction, Dosch et al., hep-ph 0001270, 1999
- [STE98] A. Stellberger, Entwicklung und Bau eines kompakten elektromagnetischen Kalorimeters, Dissertation, Universität Heidelberg, 1998
- [VAN98] E. Vaniet, Correction of edge effects in the H1 VLQ calorimeter, Rapport de projet, Universität Heidelberg, 1998
- [ROOT] ROOT, An Object Orient Data Analysis Framework, <http://root.cern.ch>