

Abbildung 38: *Photographie des Hochfeld-Magneteststandes am DESY mit der Test TPC teilweise in den Magneten eingeschoben. Der Magnet kann ein solenoides Feld mit einer Stärke bis zu 5.2 T erzeugen. Er wird intensiv von DESY Gruppen und von externen Gruppen genutzt, um Tests an Detektorkomponenten in hohen magnetischen Feldern durchzuführen.*

# Forschung an Lepton Collidern

**Beteiligte Gruppen:** Mitglieder und Gäste der Gruppe FLC, sowie im Rahmen der ECFA Studie etwa 66 Institute aus 17 Ländern.

**Sprecher:** T. Behnke, DESY und R.-D. Heuer, Univ. Hamburg

Die internationale Gemeinschaft der Teilchenphysiker hat im Jahre 2003 in großer Einigkeit einen Elektron-Positron Linearbeschleuniger mit einer Energie zwischen 500 GeV und etwa 1 TeV als das nächste große Projekt identifiziert. Dieses wurde in allen drei Regionen der Welt, Amerika, Asien, und Europa, einmütig beschlossen. Das physikalische Programm einer solchen Maschine und die wesentlichen Parameter wurden in internationalen Dokumenten festgelegt. Diese Entwicklung wird in zunehmendem Maße auch von politischen Gremien anerkannt – als Beispiel sei das „Global Science Forum“ der OECD genannt.

In seiner Grundsatzentscheidung zur Forschung mit Großgeräten in Deutschland vom Februar 2003 erkannte Deutschland diese Entwicklungen an. DESY bekam den Auftrag, eine deutsche Beteiligung an einem solchen Projekt vorzubereiten, ohne dass jetzt schon eine Entscheidung über den Ort des Beschleunigers getroffen worden ist. Gleichzeitig wurde der X-FEL, der bisher ein Teil des TESLA Projekts war, als separates Projekt in Form eines europäischen Labors für einen Röntgenlaser genehmigt.

Noch stärker als vorher wurde nach der Entscheidung das Augenmerk darauf gerichtet, die Studien zur Vorbereitung eines Linearbeschleunigers international einzubinden, und eng mit den anderen Regionen abzustimmen.

Im Jahre 2003 endete plangemäß die ECFA/DESY Studie mit einem Treffen in Amsterdam. ECFA autorisierte eine neue Studie, die „ECFA Linear Collider Study“, die mit einem Treffen in Montpellier im Herbst des Jahres die Arbeit aufnahm.

## Der Linearbeschleuniger TESLA

Im Jahr 2003 nahmen in der Gruppe FLC die Aktivitäten im Bereich der Detekorentwicklungen für ein Experiment an einem Linearbeschleuniger deutlich zu, bei gleichzeitiger Fortführung intensiver Studien zur Physik an einer solchen Maschine.

Die Gruppe FLC ist schwerpunktmäßig an zwei Detektorprojekten beteiligt: der Entwicklung einer TPC für den Linearbeschleuniger, und der Entwicklung eines hadronischen Kalorimeters. Beide Aktivitäten haben die Phase der explorierenden Arbeiten, die die vorhergehenden Jahre kennzeichneten, verlassen, und konzentrieren sich auf die Konstruktion einer ersten Generation von Prototypen. Die Arbeiten umfassten die Entwicklung und den Bau aussagekräftiger erster Prototypen, die in den folgenden Jahren mit kosmischen Strahlen und an Teststrahlen untersucht werden sollen. Eine wichtige Rolle spielen auch Software-Entwicklungen, die in beiden Bereichen stattfinden.

Physikstudien werden nach wie vor mit großer Intensität betrieben. Obwohl der TESLA TDR (Technical Design Report) die wesentlichen physikalischen Begründungen für den Linearbeschleuniger liefert, sind die dort dokumentierten Studien in vieler Hinsicht nicht komplett oder abgeschlossen. Die Weiterentwicklung von Rekonstruktionsalgorithmen und vor allem die realistischere Modellierung der Detektoren erfordern eine ständige Aktualisierung der Analysen. Theoretische Entwicklungen ermöglichen darüber hinaus neue Analysen oder verbesserte Interpretationen existierender Analysen.

Das Interesse an einem Linearbeschleuniger wie TESLA hat auch in diesem Jahr weiter zugenommen. Die beiden Arbeitstreffen in Amsterdam und in Montpellier waren sehr gut besucht und zeigten das große Interesse der Hochenergiephysiker an diesem Projekt. Die Unterstützung für den Linearbeschleuniger zeigen sich auch an der großen Zahl an Unterschriften, die inzwischen für das „consensus document“ gesammelt wurden (<http://www-flc.desy.de/lcsurvey>). Mehr als 2500 Physikerinnen und Physiker haben im letzten Jahr dieses Dokument durch ihre Unterschrift unterstützt.

### Physikstudien für den Linear Collider

Physikstudien für den Linear Collider (LC) konzentrieren sich auf folgende Themen:

- LHC/LC-Arbeitsgruppe,
- Verbindung von LC-Physik zur Kosmologie und Astrophysik,
- Präzisionsanalysen von supersymmetrischen Modellen,
- Einfluss von Detektor- und Maschinenparametern auf die Präzision von Observablen,
- Verbesserung der Rekonstruktions- und Analysesoftware.

Auch in der seit 2003 laufenden ECFA-Studie spielt die Gruppe FLC weiterhin eine führende Rolle. Die Zielsetzungen der obengenannten Themenbereiche sowie aktuelle Beiträge der Gruppe werden im Folgenden erläutert.

### LHC/LC-Arbeitsgruppe

Ziel der internationalen LHC/LC-Arbeitsgruppe ist es, an konkreten Beispielen zu untersuchen, wie sich der LHC und der LC gegenseitig ergänzen. Hierbei arbeiten Experimentalphysiker am LC und am LHC sowie Theoretiker eng zusammen. Ein erster Zwischenbericht der Arbeitsgruppe soll Anfang 2004 erscheinen. Zwei Beiträge aus der Gruppe FLC sollen kurz erwähnt werden.

Wenn das Higgs Boson existiert und relativ leicht ist – wie aus den Präzisionsmessungen elektroschwa-

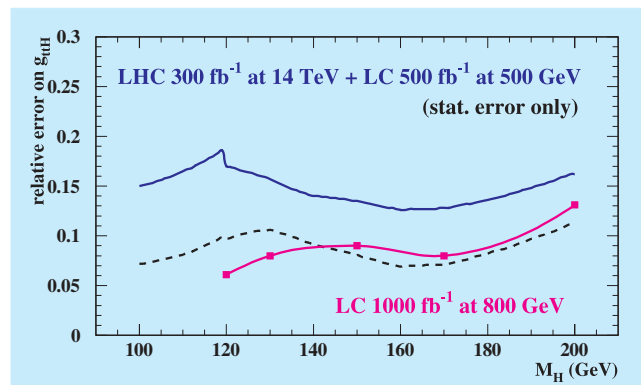


Abbildung 39: Erwarteter Fehler für die Messung der Kopplungsstärke zwischen Higgs Boson und top-Quark aus der Kombination von LHC-Daten und LC-Daten bei 500 GeV Schwerpunktsenergie. Die erreichbare Präzision an einem 800 GeV LC allein ist ebenfalls gezeigt.

cher Observablen geschlossen werden kann – wird es am LHC mit großer Sicherheit entdeckt werden. Genaue und modellunabhängige Messungen sind am LHC jedoch schwierig. Viele Higgs-Boson-Kopplungen können am LC schon in der ersten Phase (Schwerpunktsenergie bis 500 GeV) präzise gemessen werden. Für die Higgs-Kopplung an das top-Quark gilt dies jedoch nicht. Hierfür ist eine höhere Energie nötig, wie sie in der zweiten Stufe des LC erreicht werden soll. Am LHC kann ein leichtes Higgs-Boson zusammen mit einem top-Quark-Paar erzeugt werden. Die Rate dieses Prozesses ist im Prinzip proportional zum Quadrat der Higgs-Top-Kopplung, jedoch können am LHC die Verzweungsverhältnisse des Higgs-Bosons nicht gemessen werden. Eine Kombination der LHC-Ratenmessung mit der Messung der Verzweungsverhältnisse am LC ermöglicht eine Bestimmung der Higgs-Top-Kopplung ohne wesentliche Modellannahmen. Die erreichbare Präzision liegt im Bereich von etwa 10% (Abb. 39).

In supersymmetrischen Modellen ergänzen sich LHC und LC ideal, da der LHC eine größere Sensitivität für Farbladung tragende Superpartner (Squarks und Gluinos) hat, während der LC die präzise Untersuchung der farbneutralen Superpartner (Charginos, Neutralinos, Sleptonen) ermöglicht – immer vorausgesetzt, die Massen der supersymmetrischen Teilchen befinden

sich innerhalb des am LC bzw. am LHC zugänglichen Bereiches. Die Bestimmung der Massen der schweren Superpartner am LHC kann durch die LC-Messungen entscheidend verbessert werden, auch für diejenigen Superpartner, die am LC nicht direkt beobachtbar sind. Darüber hinaus ermöglichen beispielsweise die Messungen der leichteren Charginos und Neutralinos indirekte Vorhersagen der Massen der schwereren SUSY-Teilchen. Solche Vorhersagen verwandeln die LHC-Suchen nach diesen Teilchen in Hypothesentests, was einerseits deren statistische Signifikanz erhöht und es andererseits erlaubt, die LHC-Analysen auf bestimmte Massenregionen zu optimieren.

### Verbindung zur Kosmologie und Astrophysik

Neuere Ergebnisse der Astrophysik, insbesondere Präzisionsmessungen der Verteilung und der Fluktuation der kosmischen Hintergrundstrahlung, aber auch die Evidenz für Neutrinooszillationen, haben der Hoffnung neuen Auftrieb gegeben, Modelle zur Entstehung des Universums experimentell untersuchen zu können. Zur Entwicklung und Überprüfung solcher Modelle spielen Experimente an Beschleunigern eine wichtige Rolle. Dies bildet neben der zentralen Frage der Untersuchung der Mikrophysik selbst eine weitere Motivation für den LC. Ein konkretes Beispiel hierfür ist die Möglichkeit, die im Universum nachgewiesene dunkle Materie am LC detailliert zu untersuchen. Kandidaten für dunkle Materie werden sowohl in supersymmetrischen Modellen wie auch in Modellen mit zusätzlichen Raumdimensionen vorhergesagt. Speziell in der minimalen supersymmetrischen Erweiterung des Standardmodells bildet das leichteste Neutralino einen hervorragenden Kandidaten für dunkle Materie. Neuere LC-Studien konzentrieren sich auf die genauere Untersuchung der von solchen kosmologischen Modellen vorhergesagten Parameterregionen.

### Präzisionsanalysen supersymmetrischer Modelle

Die Möglichkeit einer modellunabhängigen Analyse der fundamentalen SUSY-Parameter ist eine der großen Stärken des LC. In einer gemeinsamen Studie von Theoretikern und Experimentalphysikern wird zur Zeit die Rekonstruktion dieser Parameter im Detail untersucht.

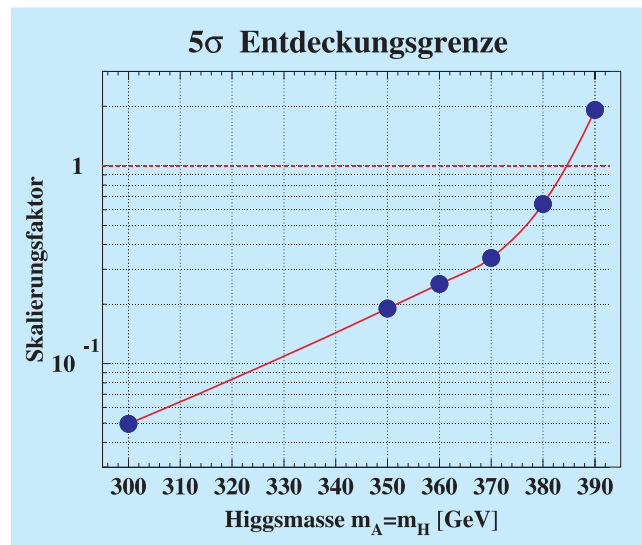


Abbildung 40: Skalierungsfaktor für die Luminosität, um ein Higgs Boson in einem speziellen supersymmetrischen Modell mit mindestens  $5\sigma$  Signifikanz zu entdecken.

Hierbei sollen Effekte durch Korrekturen höherer Ordnung ebenso untersucht werden wie die Möglichkeit einer globalen Anpassung der Modellparameter an die zukünftigen Messungen (globaler Fit). Ziel ist es, an einem konkreten Modellpunkt die gesamte Kette der Analysen von der experimentellen Messung über eine globale Anpassung bis zur theoretischen Interpretation kohärent durchzuführen. Die Gruppe FLC ist hier zentral beteiligt durch mehrere Simulationen (Neutralinos, Sleptonen) sowie durch die Entwicklung eines globalen Fits, der experimentelle und theoretische Unsicherheiten sowie deren Korrelationen berücksichtigt.

Ein Beispiel einer solchen Analyse ist in Abbildung 40 gezeigt. In einer bestimmten Klasse von Modellen können die beiden schwersten Higgs Bosonen A und H massenentartet sein. Für diesen Fall zeigt die Abbildung die relative Luminosität (Skalierungsfaktor), die an einem Linearbeschleuniger notwendig ist, um die Teilchen zu entdecken, für verschiedene Massenhypothesen der Bosonen. Der Skalierungsfaktor 1 entspricht dabei der Luminosität, die am 800 GeV TESLA Beschleuniger in einem Jahr gesammelt werden kann. Higgs Bosonen mit Massen von fast 385 GeV sind somit nachweisbar mit mehr als  $5\sigma$  Signifikanz, leichtere Bosonen können mit deutlich größerer Genauigkeit vermessen werden.

### **Einfluss von Detektor- und Maschinenparametern**

Das im TDR vorgelegte Detektorkonzept ist für größtmögliche Präzision in der Rekonstruktion einzelner geladener und neutraler Teilchen durch Kombinationen eines präzisen Nachweises geladener Teilchen mit einer feinsegmentierten Kalorimetrie (Particle-Flow Konzept) optimiert worden. Zur Rechtfertigung dieses Konzepts sowie zur Kosten-Nutzen-Optimierung auf dem Weg zu einem konkreten Detektordesign ist es nötig, konkrete Detektorparameter (z. B. Kalorimeter-Zellengröße) direkt zur erreichbaren Präzision zu messender Observablen (wie z. B. Higgs-Kopplungen oder Massenpräzision supersymmetrischer Teilchen) in Bezug zu setzen. Derartige Studien gehen deutlich über die Anforderungen an bisherige Simulationsstudien hinaus. Im Rahmen der ECFA-Studie wurde eine „Detector Performance Group“ gegründet, die diese Fragen genauer untersuchen soll. Die Gruppe FLC trägt zu diesen Studien an mehreren Stellen bei. Einerseits werden neue Rekonstruktions- und Analysewerkzeuge entwickelt, andererseits werden konkrete Studien zu systematischen Fehlern (speziell im Bereich der Higgs-Physik) durchgeführt. Die teils aufwändigen Weiterentwicklungen im Bereich der Software sowie deren Anwendungen zur genaueren Studie des Particle-Flow Konzepts werden auch in Zukunft eine zentrale Rolle innerhalb der Physikstudien spielen.

### **Software Entwicklungen**

In den letzten Jahren ist in der Hochenergiephysik ein Paradigmenwechsel eingetreten. Traditionelle, meist in Fortran realisierte, Prozedur-orientierte Software wird von Objekt-orientierten Systemen abgelöst. Diese versprechen, neben der größeren Leistungsfähigkeit, die mit der Verwendung moderner Programmiersprachen wie C++ oder Java einhergehen, eine deutlich vereinfachte Wartung großer Programmpakete, und eine bessere Wiederverwendbarkeit von Software.

Erste Schritte, um diesen Paradigmenwechsel auch in den Linear Collider Studien durchzuführen, konnten 2003 eingeleitet werden. In enger Zusammenarbeit mit dem Stanford Linear Accelerator Center, USA, und der Ecole Polytechnique, Paris, wurde ein Objekt-

orientiertes Datenmodell für Linear Collider Physik erstellt und zusammen mit einem Persistenzsystem verwirklicht (LCIO). Durch die Verwendung einer abstrakten Programmierumgebung, ANT, konnte sichergestellt werden, dass dieses Datenmodell unabhängig von der verwendeten Sprache ist. Im Moment werden Implementationen in C++, Java (und Fortran) bereitgestellt. LCIO wurde inzwischen von den Physik-Studien in Europa und in den USA als offizielles Datenmodell akzeptiert. Verschiedene Prototypexperimente setzen LCIO als Grundlage für die Datenaufzeichnung in den Experimenten ein. Diese Arbeiten wurden wesentlich von der Gruppe FLC in enger Zusammenarbeit mit der IT Gruppe am DESY durchgeführt.

Die in Fortran existierende Simulationsumgebung BRAHMS wird in zunehmendem Maße von dem in C++ und GEANT4 geschriebenen MOKKA übernommen. Der TESLA Detektor ist inzwischen weitgehend in MOKKA implementiert, und vergleichende Studien zwischen BRAHMS und MOKKA haben begonnen.

Rekonstruktionssoftware, die ebenfalls in BRAHMS enthalten ist, wird über einen längeren Zeitraum hinweg in einen Objekt-orientierten Rahmen überführt werden. Im Rahmen des LCIO Projektes wird eine Umgebung entwickelt, die den modularen Einsatz verschiedener Rekonstruktionsmodule erlauben wird.

### **Detektorentwicklung**

#### **Kalorimetrie**

Eines der Herzstücke des TESLA Detektorkonzeptes ist das Kalorimeter. Studien, die in den vergangenen Jahren an vielen Stellen durchgeführt wurden, haben klar ergeben, dass das Konzept des „Particle-Flows“ im Moment zumindest der einzige Ansatz ist, um die notwendige Qualität der Rekonstruktion am Linear Collider zu erreichen. Die Grundidee des Particle-Flows ist sehr einfach: Ziel ist es, jedes Teilchen im Ereignis, ob geladen oder neutral, zu rekonstruieren und seine Energie und seinen Impuls zu messen. Dieses Ziel kann nur erreicht werden, wenn die Kalorimeter systematisch daraufhin optimiert werden, einzelne Teilchen zu rekonstruieren. Dies erfordert Geräte mit enormer Granularität, um die Separation von Teilchen in Jets zu ermöglichen.

Die DESY Gruppe ist an der Entwicklung eines hadronischen Kalorimeters für ein Particle-Flow Kalorimeter beteiligt. Zwei unterschiedliche Konzepte werden diskutiert: ein relativ konventionelles, analoges Gerät, und ein neuartiges digitales Konzept. Digital bedeutet hier, dass die einzige Information eines „Hits“ im Kalorimeter sein Ort ist, nicht aber seine Energie, die an dem Orte deponiert wurde. Bei hinreichend feiner Granularität kann gezeigt werden, dass es reicht, einfach die Treffer zu zählen, um eine gute Auflösung zu erreichen. Allerdings ist die Zahl der notwendigen Zellen extrem hoch. Beim konventionellen analogen Kalorimeter wird neben dem Ort auch die Amplitude des Hits aufgezeichnet. Die damit verfügbare zusätzliche Information erlaubt es, eine geringere Granularität zu haben, stellt allerdings höhere Anforderungen an die Detektoren und die Auslese. In Hamburg wird schwerpunktmäßig an der analogen Option gearbeitet.

Für beide Optionen ist einer der wichtigsten Parameter, die sowohl die technische Realisation als auch die Kosten des Gerätes beeinflussen, die Granularität des Kalorimeters. Intensive Studien sind gemacht worden, um für die analoge Option einer optimierten Zellenstruktur näher zu kommen. Im Moment können solche Studien nur mit Hilfe umfangreicher Simulationen verwirklicht werden.

In Abbildung 41 ist gezeigt, wie sich die Rekonstruktion eines neutralen Teilchens ändert, wenn es dicht neben einem geladenen Teilchen das Kalorimeter trifft. Gezeigt wird die Energie des neutralen Schauers, rekonstruiert mit verschiedenen Zellgranularitäten. Deutlich ist, dass kleine Zellen ( $3 \times 3 \text{ cm}^2$ ) und sehr gute Segmentierung in der Tiefe notwendig sind, um eine gute Trennung zu erzielen.

Basierend auf ersten Erfahrungen mit einem kleinen Kalorimetermodell ist eine optimierte Zellengeometrie erarbeitet worden, die im so genannten Physik-Prototyp verwirklicht werden soll. Die Anordnung der Zellen wurde so gewählt, dass im Kern des Schauers ausreichend hohe Granularität vorhanden ist, zur Seite und zum Ende hin aber größere Zellen dafür sorgen, dass die Zahl der Kanäle mit etwa 8000 überschaubar bleibt.

Große Aktivitäten sind im letzten Jahr auch im Bereich der Photodetektoren entwickelt worden. Eine Entwick-

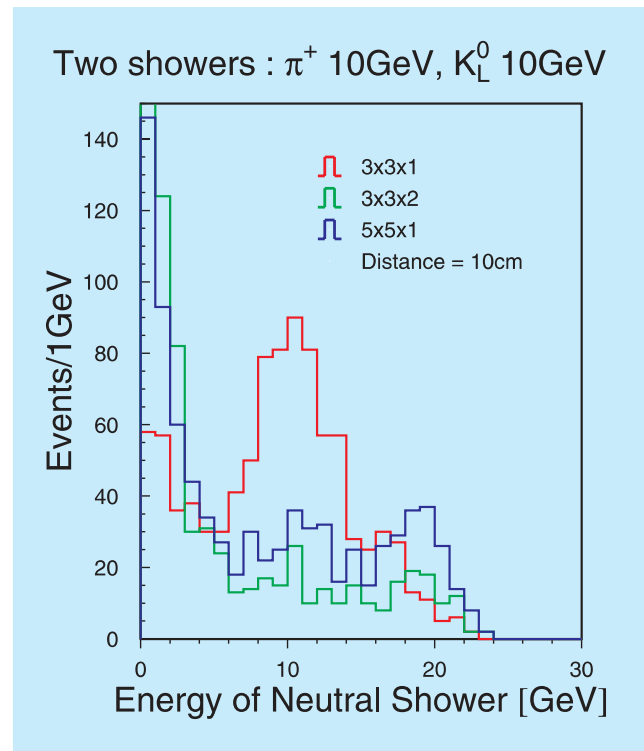


Abbildung 41: Energie, rekonstruiert für ein neutrales Kaon neben einem geladenem Pion, für verschiedene Detektorgranularitäten. Die Energie beider Teilchen ist 10 GeV.

lung verdient besondere Erwähnung: Nach vielen Jahren sind so genannte Si-Photomultiplier (Si-PM) so weit entwickelt worden, dass sie auch eingesetzt werden können. Si-PMs sind Silizium-basierende Detektoren, die im Geiger Mode betrieben werden. Trifft ein Photon auf eines der Pixel, löst es eine Lawine aus, die dann nachgewiesen wird. Die Zahl der Photonen wird durch die Anzahl der angesprochenen Pixel bestimmt. Si-PMs sind sehr kompakt und erlauben dadurch, den Photodetektor direkt auf einen Scintillatorziegel zu montieren. Dies vereinfacht entscheidend die Konstruktion des Kalorimeters. Die Möglichkeit, den Si-PM direkt auf dem Ziegel zu montieren, erlaubt es, jeden Ziegel individuell auszulesen. Erste Erfahrungen wurden im vergangenen Jahr mit einer solchen Si-PM Auslese sowohl im Labor als auch im so genannten Minical, einem kleinen Test-Kalorimeter, gesammelt. In Abbildung 42 ist ein einzelner Ausleseziegel mit einem Si-PM abgebildet.

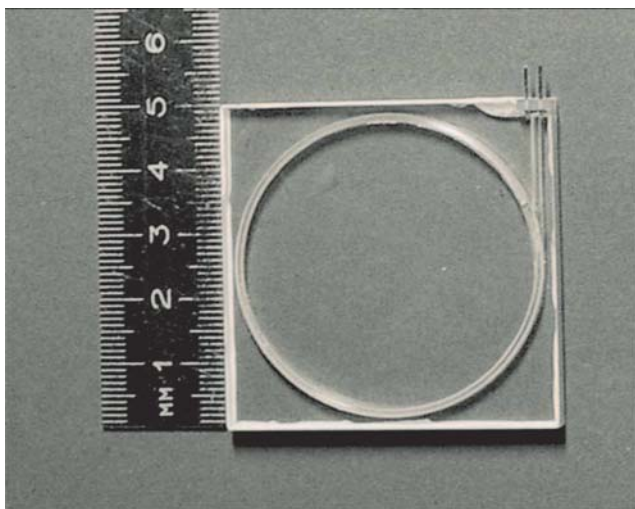


Abbildung 42: Photo eines Szintillatorziegels mit einem Si-PM.

Das Minical ist ein kleines Kalorimeter, das in den letzten Monaten intensiv in einem Elektronenteststrahl am DESY untersucht worden ist. Es wird hauptsächlich dazu verwendet, Betriebserfahrungen mit etwa 100 Kanälen von Photodetektoren zu sammeln, und verschiedene Photodetektoren miteinander zu vergleichen. Darüber hinaus hat es sich als sehr hilfreich dazu erwiesen, die Detektorsimulation besser zu verstehen und Daten und simulierte Ereignisse besser zur Übereinstimmung zu bringen. In Abbildung 43 ist der Zusammenhang zwischen der Zahl der nachgewiesenen Photonen und der Energie, die im Szintillator deponiert wurde, gezeigt.

Im nächsten Jahr wird sich die Arbeit hauptsächlich auf den Bau und die Inbetriebnahme eines größeren Prototyps konzentrieren, der dann zusammen mit einem Prototyp des elektromagnetischen Kalorimeters in einem Elektronen- und in einem hadronischem Teststrahl vermessen werden soll.

### Zeit-Projektions Kammer

Das TESLA Detektor Konzept enthält als einen zentralen Teil der Spurerkennungssysteme eine Zeit-Projektionskammer (TPC). In den Vorjahren sind am DESY erste prinzipielle Untersuchungen darüber gemacht worden, inwieweit eine Zeit-Projektionskammer

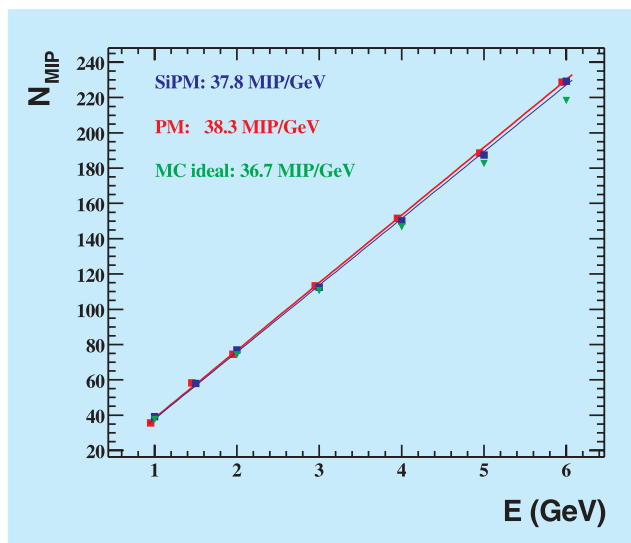


Abbildung 43: Korrelation zwischen der Zahl der Photoelektronen und dem Signal des Si-PM.

mit neuartigen „Micro Pattern Gas Detectors“ (MPGD) ausgelesen werden kann. Dies wurde in enger Zusammenarbeit mit anderen Instituten in Deutschland, Frankreich und Kanada durchgeführt.

Nach dem erfolgreichen Abschluss dieser prinzipiellen Untersuchungen lag der Schwerpunkt dieses Jahr auf dem Bau und der Inbetriebnahme einer TPC, die gezielt für solche MPGD Auslesen entwickelt wurde. Am DESY wurde ein spezieller Feldkäfig entwickelt und gebaut, der zum einen das notwendige Feld erzeugt, zum anderen mechanisch so ausgelegt ist, dass er in der im Jahre 2002 in Betrieb gegangenen Hochfeld-Testanlage betrieben werden kann.

Diese Kammer wurde in der zweiten Hälfte des Jahres fertiggestellt und in Betrieb genommen. Erste Spuren von kosmischen Strahlen konnten aufgezeichnet werden, und zeigen, dass die Kammer im Prinzip funktioniert. Im Rahmen einer Diplomarbeit wurde Software entwickelt, die die Rekonstruktion von Spuren in der Test TPC ermöglicht. Ein Ereignis mit mehreren Spuren ist in Abbildung 44 zu sehen.

Erste Messungen der Auflösung der TPC konnten durchgeführt werden. In Abbildung 45 sind die Auflösungen in z und in x ( $r - \phi$ ) gezeigt.

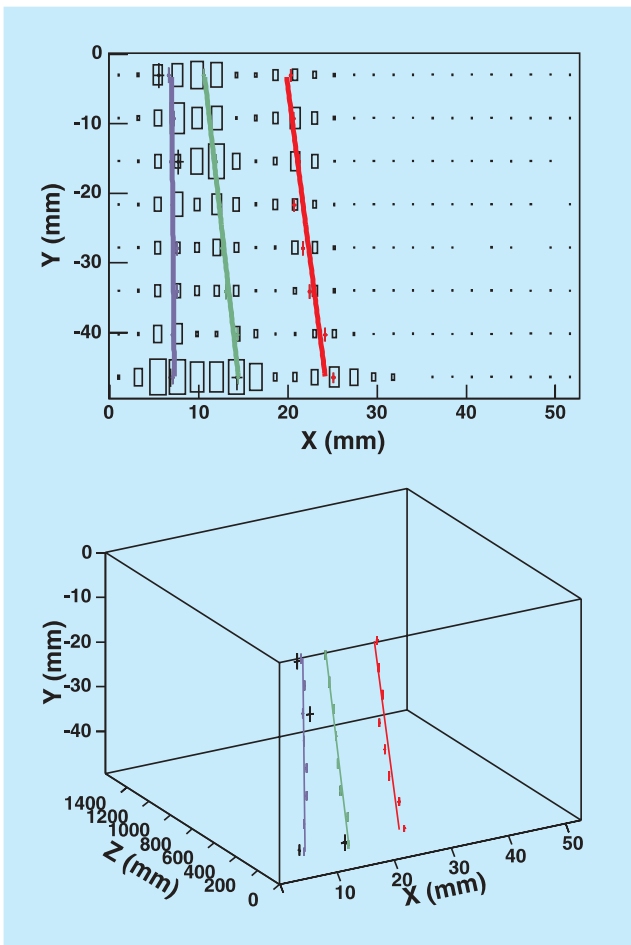


Abbildung 44: Mehrspurereignis, aufgezeichnet in der neuen TPC

Parallel zum Bau der Kammer ist ein neues VME basierendes Datennahmesystem aufgebaut worden. Viele der zentralen Elemente dieses Systems basieren immer noch auf der sehr alten, beim ALEPH Experiment am CERN eingesetzten Elektronik. Allerdings wurden die Auslese und die Kontrolle neu erstellt und in VME realisiert. Dadurch konnte ein wesentlich höherer Datendurchsatz erreicht werden. Dieses System konnte ebenfalls im Herbst des Jahres in Betrieb genommen werden und erlaubt nun die Auslese mehrerer hundert Kanäle.

Im Laufe des Jahres konnten in Zusammenarbeit mit der Aachener Gruppe erste Messungen einer TPC in sehr hohen Magnetfeldern vorgenommen werden. Die Felder – bis zu 5 T – wurden in der neuen Hochfeld-

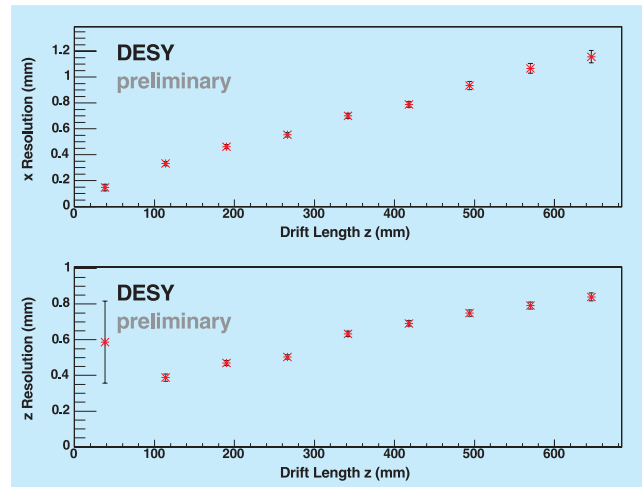


Abbildung 45: Gemessene Auflösungen in  $z$  und  $x$  der TPC als Funktion der Driftlänge.

Testanlage erzeugt, die basierend auf dem alten ZEUS Kompensatormagneten am DESY aufgebaut worden ist. In den ersten Messungen wurden grundlegende Eigenschaften einer GEM in hohen Feldern gemessen. Verstärkung, Elektronen-Transmission und die Unterdrückung des Ionenrückflusses waren die Hauptparameter. Die Ergebnisse stimmen mit den Erwartungen überein und demonstrieren, dass ein Betrieb der GEM-Strukturen in sehr hohen Feldern möglich ist.

Mitarbeiter der DESY Gruppe haben im Herbst an Teststrahl Experimenten am CERN teilgenommen. Eine kleine Testkammer, die von der Universität Karlsruhe gebaut worden ist, wurde dort in einem Hadron-Strahl untersucht. Neben grundlegenden Studien zur Auflösung sind besonders erste Untersuchungen erwähnenswert, die Effekte großer Raumladungen auf die Genauigkeit der Spurrekonstruktion zeigen. Mit Hilfe der Daten wird es möglich sein, erste realistische Abschätzungen über den Einfluss solcher Raumladungen auf die Genauigkeit der Rekonstruktion zu machen.

In einer Kooperation mit dem Budker Institut, Novosibirsk, wurden GEMs eines russischen Herstellers untersucht. Hierzu besuchte ein Vertreter vom Budker Institut das DESY für mehrere Wochen, nahm am Aufbau eines Testsystems teil und führte Messungen mit und ohne Magnetfeld durch.