



Bericht der Herbsttagung 2009

der Studiengruppe für Elektronische Instrumentierung

21. bis 23. September 2009

Helmholtz-Zentrum für Materialien und Energie Berlin
Wilhelm-Conrad-Röntgen-Campus, Bessy II



Herausgeber: Dr. F. Wulf

**HZB-Bericht 3
Dezember 2009**

Berichte des Helmholtz-Zentrums Berlin (HZB-Berichte)

Das Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie gibt eine Serie von Berichten über Forschungs- und Entwicklungsergebnisse oder andere Aktivitäten des Zentrums heraus. Diese Berichte sind auf den Seiten des Zentrums elektronisch erhältlich. Alle Rechte an den Berichten liegen beim Zentrum außer das einfache Nutzungsrecht, das ein Bezieher mit dem Herunterladen erhält.

Reports of the Helmholtz Centre Berlin (HZB-Berichte)

The Helmholtz Centre Berlin for Materials and Energy publishes a series of reports on its research and development or other activities. The reports may be retrieved from the web pages of HZB and used solely for scientific, non-commercial purposes of the downloader. All other rights stay with HZB.

ISSN 1868-5781

Bericht der Herbsttagung der
Studiengruppe für Elektronische Instrumentierung
21. bis 23. September 2009

Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie,
Wilhelm-Conrad-Röntgen Campus, Bessy II



Herausgeber: Dr. Friedrich Wulf
HZB-Bericht 3, Dezember 2009

ISSN 1868-5781

Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie GmbH
Experimentssysteme
Hahn-Meitner-Platz 1
14109 Berlin

Teilnehmerliste

| | |
|--|--|
| Badura, Dr. Eugen | Gesellschaft für Schwerionenforschung |
| Balzer, Dipl.-Phys. Matthias | Forschungszentrum Karlsruhe |
| Bartilla, Joachim | Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie GmbH |
| Bönisch, Dr. Sven | Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie GmbH |
| Borchert, Mathias | Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie GmbH |
| Borzikov, Max | Forschungszentrum Jülich GmbH |
| Brand, Dr. Holger | GSI Darmstadt |
| Bürkmann-Gehrlein, Klaus | Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie GmbH |
| de Bruin, Theo | EPR Technopower bv |
| Drochner, Dr. Matthias | Forschungszentrum Jülich GmbH |
| Dube, Sascha | Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie GmbH |
| Engels, Ralf | Forschungszentrum Jülich |
| Falkenstern, Fjodor | Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie GmbH |
| Feikes, Dr. Jörg | Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie GmbH |
| Görgen, Rainer | Helmholtz-Zentrum für Materialien und Energie Berlin GmbH |
| Herbrand, Dr. Frank | Forschungszentrum Dresden Rossendorf e.V. |
| Herrendörfer, Dr. Dietmar | Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie GmbH |
| Heyne, Georg | Fritz-Haber-Institut der MPG |
| Hoffmann, Dr. Patrick | Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie GmbH |
| Höft, Frank | Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie GmbH |
| Hürttlen, Dipl.-Ing. Werner | Forschungszentrum Jülich GmbH |
| Kampshoff, Young | EPR Technopower bv |
| Karstens, Uwe | LeCroy Europe GmbH |
| Kirsch, Dr. Matthias | Struck Innovative Systeme GmbH |
| Kirschke, Dipl.-Ing. Timo | Forschungszentrum Dresden Rossendorf e.V. |
| Kleines, Harald | Forschungszentrum Jülich GmbH |
| Klockmann, Kay | powerBridge Computer Vertriebs GmbH |
| Kuhn, Carsten | Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie GmbH |
| Kuske, Dr. Peter | Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie GmbH |
| Mauro, Dr. Sergio | Wiener Plein & Baus GmbH |
| Meisel, Dr. Ulrich | privat |
| Menk, Dipl.-Ing. Stephan | Huckauf Ingenieure |
| Müller, Dr. Klaus-Dieter | privat |
| Namaschk, Dr.-Ing. Bernhard | Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie GmbH |
| Neeb, Dipl.-Wirtsch.-Ing. Michael | Schulz-Electronic GmbH |
| Neumann, Dipl.-Ing. Oliver | Mentor Graphics (Deutschland) GmbH, Düsseldorf |
| Nöldgen, Holger | Forschungszentrum Jülich GmbH |
| Notz, Dr. Dieter | DESY Hamburg |
| Paul, Dr. Hans-Joachim | Uni Hannover, FB Physik, Fakultät für Mathematik u. Physik |
| Rönpage, Thomas | National Instruments Germany GmbH |
| Sauer, Olaf-Peter | Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie GmbH |
| Schneegans, Tobias | Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie GmbH |
| Siepermann, Peter | w3I GmbH |
| Spelthann, Hans-Dieter | Agilent SA Acqiris |
| Stein, Falk | Huckauf Ingenieure |
| Stolper, Dipl. -Ing. Matthias | DESY Hamburg |
| Voigtländer, Dipl.-Ing. Jörg | Forschungszentrum Dresden Rossendorf e.V. |
| von Düring, Dipl.-Ing. (Phys.), Arp-Nico | Caen GmbH |
| von Walter, Dipl.-Ing. Peter | Universität Heidelberg, Physikalisches Institut |
| Wilpert, Thomas | Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie GmbH |
| Wulf, Dr. -Ing. Friedrich | Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie GmbH |
| Wüstner, Dr. Peter | Forschungszentrum Jülich GmbH |
| Zillikens, Hans-Peter | Forschungszentrum Jülich GmbH |



Teilnehmer der SEI-Herbsttagung 2009, Helmholtz-Zentrum Berlin



**HELMHOLTZ
ZENTRUM BERLIN**
für Materialien und Energie

Vorträge

Seite

| | |
|--|-----|
| Begrüßung Dr. Friedrich Wulf, Helmholtz-Zentrum Berlin | S 4 |
| Automated Operation of the Metrology Light Source Electron Storage Ring Dr. Jörg Feikes, Helmholtz-Zentrum Berlin | 1 |
| Elektronikentwicklung im FHI/MPG Georg Heyne, Fritz-Haber-Institut der MPG | 8 |
| Entwicklung einer neuen Ausleseelektronik für den 2-dimensionalen Detektor an der KWS1/2 am FRM2 Ralf Engels, Forschungszentrum Jülich | 18 |
| Einsatz von Lichtwellenleiter als Strahlverlustmonitor für FEL Dr. Friedrich Wulf, Helmholtz-Zentrum Berlin | 31 |
| Rekonfigurierbare FPGAs in DAQ-Systemen Matthias Balzer, Forschungszentrum Karlsruhe | 55 |
| Herausforderungen an den Low Power Schaltungsentwurf Oliver Neumann, Mentor Graphics GmbH | 66 |
| Unternehmensvorstellung EPR Technopower; Leiterplattenbestückung BGA-Röntgentechnologie Stephan Menk, Huckauf Ingenieure/EPR Technopower | 81 |
| Von der Standard-Datenerfassungskarte zur verteilten Echtzeitanwendung Thomas Rönpage, National Instruments GmbH | 89 |
| Betrieb eines Laser Cavities für das ALPS-Experiment Dr. Dieter Notz, DESY | 104 |
| Elektronik entauschen - das Handwerkszeug Dr. Bernhard Namaschk, Helmholtz-Zentrum Berlin | 109 |
| LVDS-QDCs Dr. Peter Wüstner, Forschungszentrum Jülich | 117 |
| Erste MicroTCA-Entwicklungen im Forschungszentrum Jülich Harald Kleines, Forschungszentrum Jülich | 124 |
| Erste Erfahrungen mit μTCA Dr. Matthias Drochner, Forschungszentrum Jülich | 130 |
| Alternativen zu ^3He-Detektoren Dr. Thomas Wilpert, Helmholtz-Zentrum Berlin | 139 |

Zusammenfassung

Dr.-Ing. F. Wulf

Die 99. Tagung der **S**tudiengruppe für **e**lektronische **I**nstrumentierung (SEI-Herbsttagung 2009) fand vom 21. bis 23. September 2009 im Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie GmbH am Wilhelm-Conrad-Röntgen Campus Bessy II statt. Der Tagungsband enthält 14 Beiträge aus den unterschiedlichen Bereichen der Information-, Steuerungs- und Messtechnik, die für physikalische Experimente eingesetzt werden.

Mein besonderer Dank gilt Frau Nicola Starke für die gute Organisation und Betreuung der Veranstaltung. Die Beteiligung mit 53 Personen aus 21 Forschungseinrichtungen und Industriefirmen ermöglichte wieder eine intensive Diskussion über aktuelle Fragen zur Entwicklung von wissenschaftlichen Experimenten. Ich danke allen Vortragenden für die sehr guten und interessanten Beiträge.

Die Metrology Light Source (105 - 605 MeV e^- Speicherring) wurde im Auftrag der PTB von BESSY II (seit 1.1.2009 Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie) entwickelt und betrieben. Dafür wurde auf der Basis einer State Maschine im Zusammenspiel mit der Steuerungssoftware EPICS (Experimental Physics and Industrial Control System) eine Steuerungssoftware entwickelt, die erstmals eine automatische Steuerung und Überwachung der Anlage ermöglicht. Es können vorgegebene Abläufe aufgerufen werden und die Software verfügt über Routinen zur automatischen Wiederherstellung des Betriebes nach bestimmten Fehlersituationen.

Herr Georg Heyne vom Fritz-Haber-Institut der MPG berichtete über das erste Treffen der Elektronikentwickler der MPG im Juni 2009 in Berlin. Es nahmen 33 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter aus 21 Instituten daran teil. Weitere Institute sind an einer Teilnahme interessiert. Es besteht seitens der Tagungsteilnehmer das Interesse zu prüfen, in wie weit diese Initiative mit den SEI-Tagungen kombiniert werden kann. Als ein Beispiel der Arbeiten am Fritz-Haber-Institut Berlin wurden die Fragestellungen für den Betrieb und die Steuerung eines Hochspannungsschalters (± 30 kV) eines Decelerators gepulster Moleküle vorgestellt, der die Untersuchung der Moleküle im Bereich von mK erlaubt.

Die Entwicklung einer neuen Ausleseelektronik des ZEL vom FZJ für die 2-dimensionalen Detektoren an den Kleinwinkel-Neutronenstreuanlagen KWS1/2 am FRM2 ermöglicht bei einer Totzeit $< 1\mu\text{s}$ eine statistische Zählrate von 100 kHz. Die Detektoren besitzen jeweils eine Fläche von $60 \times 60 \text{cm}^2$ und sind mit 6 Li-Glass Szintillatoren von der Firma AST bestückt. Der Detektorkopf besitzt eine Matrix von 8×8 Photomultipliern.

Eine Zusammenfassung der seit mehreren Jahren durchgeführten Arbeiten innerhalb der Kooperation zwischen dem HMI, DESY und dem Fraunhofer Institut Naturwissenschaftlich-Trendanalysen (Fraunhofer INT) dokumentierte die erfolgreiche Entwicklung von Strahlverlust- und Strahlprofil-Monitorssysteme für Teilchenbeschleuniger mit Hilfe von Lichtwellenleitern. Um die unterschiedlichen Anforderungen erfüllen zu können, wurden spezielle Lichtwellenleiter entwickelt und gefertigt. Die Monitorssysteme werden an FLASH I sowie am MAX-LAB, BESSY II, DELTA (Dortmund) und SLS (PSI) erfolgreich eingesetzt.

Der Einsatz von rekonfigurierbaren FPGAs für DAQ-Systeme wurde an den Beispielen für das AUGER- und KATRIN-Experiment sowie einem Ultraschall-CT des IPE demonstriert. Die schnelle Anpassung der Experimente an die sich dynamisch ändernden Messbedingungen macht den Einsatz von rekonfigurierbaren FPGAs unverzichtbar. Dies führt auch zu einer weiteren Standardisierung der eingesetzten Hardwarekomponenten.

Verbunden mit der steigenden Komplexität der DAQ-Systeme ist eine Reduzierung des Stromverbrauches notwendig, die mit Hilfe von Entwicklungswerkzeugen (z. B. von der Firma Mentor Graphics) für Low Power Design erreicht werden kann. Zusätzlich ist die Entwicklung, Herstellung, Test und Reparatur von Leiterplatten ein wesentlicher Teil bei der Erstellung von Steuerungs- und DAQ-Systemen. Spezialisierte Firmen wie z. B. die Firma EPR Technopower bieten entsprechende Dienste an.

Die neuen X-Serienkarten von NI erlauben eine Synchronisation über mehrere Karten im Subnanosekundenbereich. Durch die Verwendung der Kernel Mode Buffer ist ein direktes Schreiben auf RAID Systeme mit 64 MB/s möglich. Die NI-Realtime-Hypervisor-Technologie bietet einen neuen Ansatz für Echtzeitapplikationen unter Ausnutzung der Multicoretechnologie. Dadurch können RT- und Windows-Betriebssysteme auf einem Controller vereint werden. LabVIEW 2009 und das 9144 Erweiterungschassis ermöglichen intelligente EtherCAT-Knoten und bieten aufgrund der FPGA-Technologie ein Höchstmaß an Zuverlässigkeit und Determinismus auch bei verteilten Systemen.

Auf der Frühjahrstagung 2007 in Rossendorf wurde das Experiment ALPS (Axion like particle search) vorgestellt. Axionen sind hypothetische Teilchen mit einer winzigen Masse im milli-eV Bereich. Um Axion-ähnliche Teilchen mit einem Laser in einem Magnetfeld zu erzeugen werden höhere Lichtintensitäten benötigt. Die Intensität des Laserstrahls wurde im Laufe der Zeit von 3.5W -> 17 W -> 35 W auf > 1238W gesteigert.

Da Thema Rauschen wurde von Herrn B Namaschk, Helmholtz-Zentrum Berlin, in einem weiteren Vortrag vertieft und die verbesserte Rauschoptimierung an einem Beispiel demonstriert.

Neue QDC Module, die über schnelle LVDS Leitungen verbunden sind und die mit Hilfe von Pipeline-ADCs und FPGAs eine flexible und vielfältige Funktionalität aufweisen wurden im ZEL entwickelt.

Über die ersten Erfahrungen mit dem Einsatz von Micro TCA Systemen berichteten die Herren H. Kleines und M. Drochner vom ZEL. Die Komplexität der Systeme erfordert eine intensive Einarbeitung. Die Beschreibung und Implementierung der Komponenten verschiedener Anbieter stimmt nicht immer überein. Ein sorgfältiger Test ist erforderlich.

Der weltweite Mangel an Helium 3 für die Neutronendetektoren der Forschungszentren erfordert die Entwicklung alternativer Detektoren und deren DAQ Systeme. Hierzu wurde ein internationales Gremium einberufen, das in Kürze Konzepte entwickeln wird. Der Mangel an ^3H Zählrohren führt nicht nur beim Ausbau- und Erneuerungsprogramm des HZB zu erhöhten Kosten, zusätzlichen Bedarf an Manpower und Verzögerungen bei der Durchführung der Projekte.

Die Industrieausstellung mit 11 Teilnehmern zeigte wieder die aktuellen Entwicklungen aus den verschiedenen Bereichen der Mess- und Steuerungstechnik.

Die SEI-Frühjahrstagung 2009 findet vom 15. bis 17. März 2010 am DESY in Hamburg statt. Der Termin und der Ort für die Herbsttagung 2010 ist noch nicht festgelegt worden. Die weitere Gestaltung der SEI-Tagung wird auf dem Frühjahrstreffen 2010 diskutiert werden.

Automated Operation of the Metrology Light Source Electron Storage Ring

Presenter: Dr. Jörg Feikes
based on Thomas Birkes Presentation at PAC09, Vancouver

Collaborators

T. Birke, M. Abo-Bakr, J. Feikes, B. Franksen, M. v. Hartrott, G. Wüstefeld

SEI Herbsttagung 2009

What is the Metrology Light Source (MLS)?

- Low energy e^- storage ring
- Metrology and technological developments in UV/XUV as well as IR and THz
- Optimized for generation of coherent SR in FIR/THz
- Owner:
Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB)
German national metrology institute

| Machine and Operating Parameters | |
|--|---|
| Circumference | 48 m |
| Revolution Time | 160 ns |
| Injection Energy | 105 MeV |
| Operational Energy | 105 – 630 MeV |
| Beam Current | 1pA – 200 mA |
| Values for momentum compaction factor α | $10^{-4} - 3 \times 10^{-2}$ |
| Insertion Device | Electromagnetic Undulator 23 x 180mm |

- Built according to PTB specifications and operated by **BESSY** which is now part of the new **Helmholtz Zentrum Berlin für Materialien und Energie**
- In regular user operation since April 2008



Dr. Jörg Feikes, HZB, SEI Herbsttagung 2009, Berlin

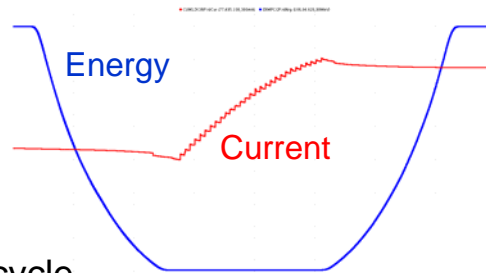
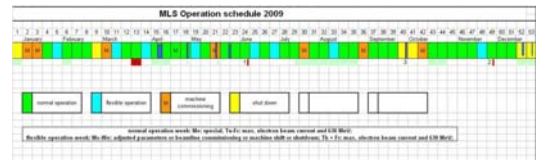
Operating the Metrology Light Source

- **Wide range of operating modes** and parameter settings
 - Current: **1 pA** (a single electron) up to **200 mA** -> **adjustable filling mode**
 - Energy: **105 MeV – 630 MeV** -> **Energy Ramp**
= changing the dipole current synchronously with all other magnet currents
- **Momentum compaction factor α : varies by factor of ~ 1000**
achieved by changing the storage ring optic (every magnet strength)
-> **very short Bunches** -> **THz Radiation enhanced**
- **Electromagnetic Undulator**
 - strong **non-linear fields enforce compensation** with correction coils using **feed-forward system**
- **Injection setup differs from operation setup**
 - Orbit bump
 - Asymmetric sextupole settings
 - RF frequency modified

Dr. Jörg Feikes, HZB, SEI Herbsttagung 2009, Berlin

Operating the Metrology Light Source

- Specialties require complex procedures
- Setup changes often according to user demands
 - Even on short notice
- Energy ramped before and after injection with minimum loss of beam
 - **Special procedure**
- **Energy Ramp** used as degaussing cycle
 - But: **Magnets not driven into full saturation**
 - Machine performance is very sensitive to magnet-setting-errors
- **Optics change** program to change momentum compaction factor at desired Ramp-energy

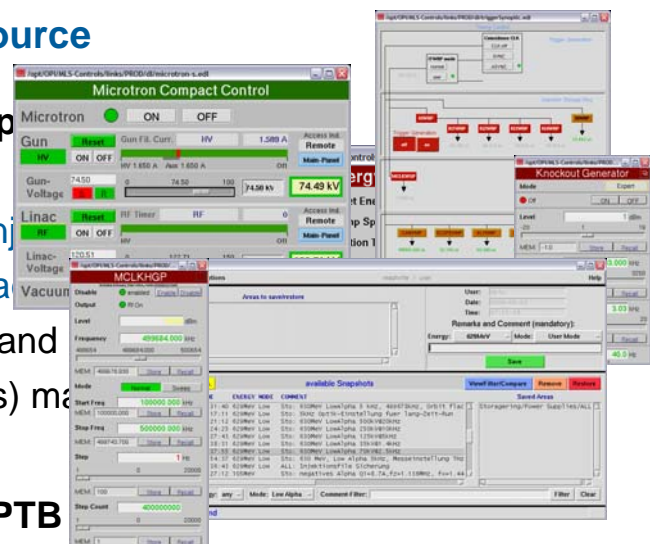


Dr. Jörg Feikes, HZB, SEI Herbsttagung 2009, Berlin

5

Operating the Metrology Light Source

- Several tasks to be performed by operator
 - Inject up to desired current
 - Ramp energy – before and after injection
 - Change momentum compaction factor
- All tasks require **several actions** and
- Any **error** (esp. in magnet settings) may affect machine performance
- Operated by **BESSY/HZB** staff for **PTB**
 - Paid customer service
 - Deliver **high operational reliability** with minimum personnel effort
 - **High degree of automation required!**



Dr. Jörg Feikes, HZB, SEI Herbsttagung 2009, Berlin

6

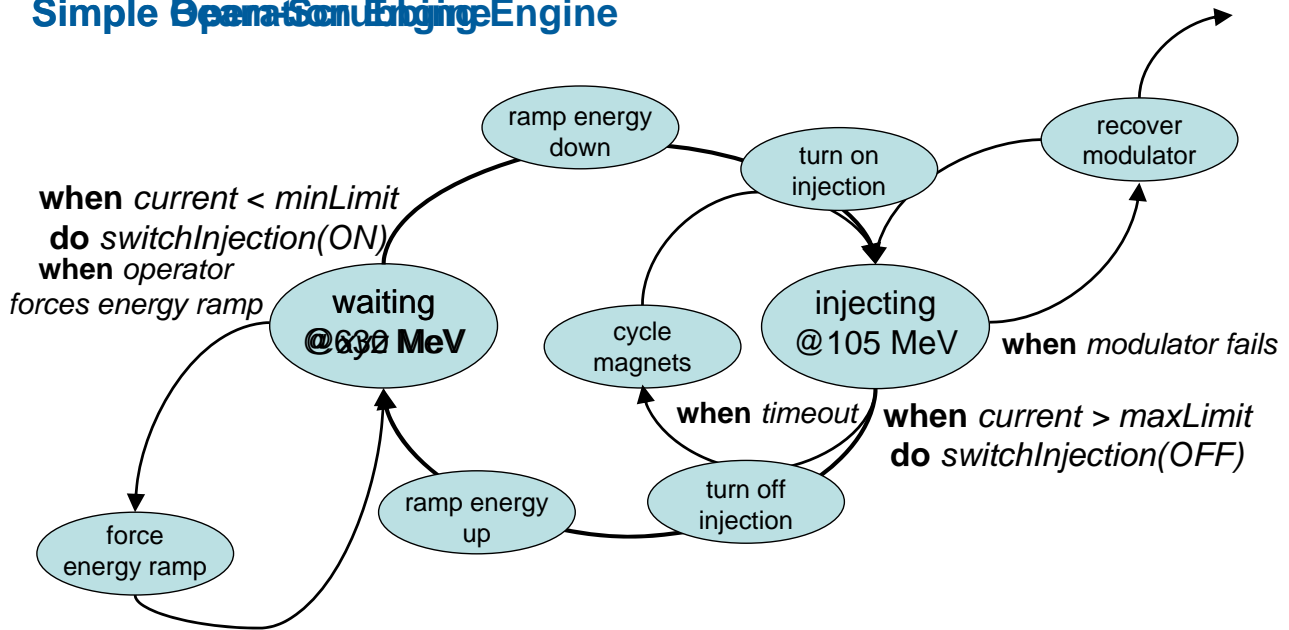
Software System

- Several localized sub-tasks already realized in separate applications
 - Energy Ramp
 - Optimizing microtron output
 - Optic change -> setting desired value of momentum compaction factor
- *What* action to perform *how* and *when*? – Organized by operator
 - Expertise is in the heads – sometimes even documented
 - All signals needed for deciding what to do are available in control system (**EPICS** – Experimental Physics and Industrial Control System)
- Decided to develop one **central application** to coordinate necessary tasks
 - **Operation Master**
 - Software model: **State Machine**

Software System – Finite State Machine (FSM)

- Set of States of a described system
 - States describe all possible states of the machine
 - Active state resembles current machine-state
 - Software and machine are to be kept in sync
 - Transitions between these states
 - Well defined conditions force transitions into other states
 - All transitions/conditions of active state checked on every incoming event
 - Change of a control system process variable
 - Timeout
 - User interaction through graphical user interface
- Actions may be performed when entering a state and/or on transition

Software System – Finite State Machine Simple Beam Control Engine



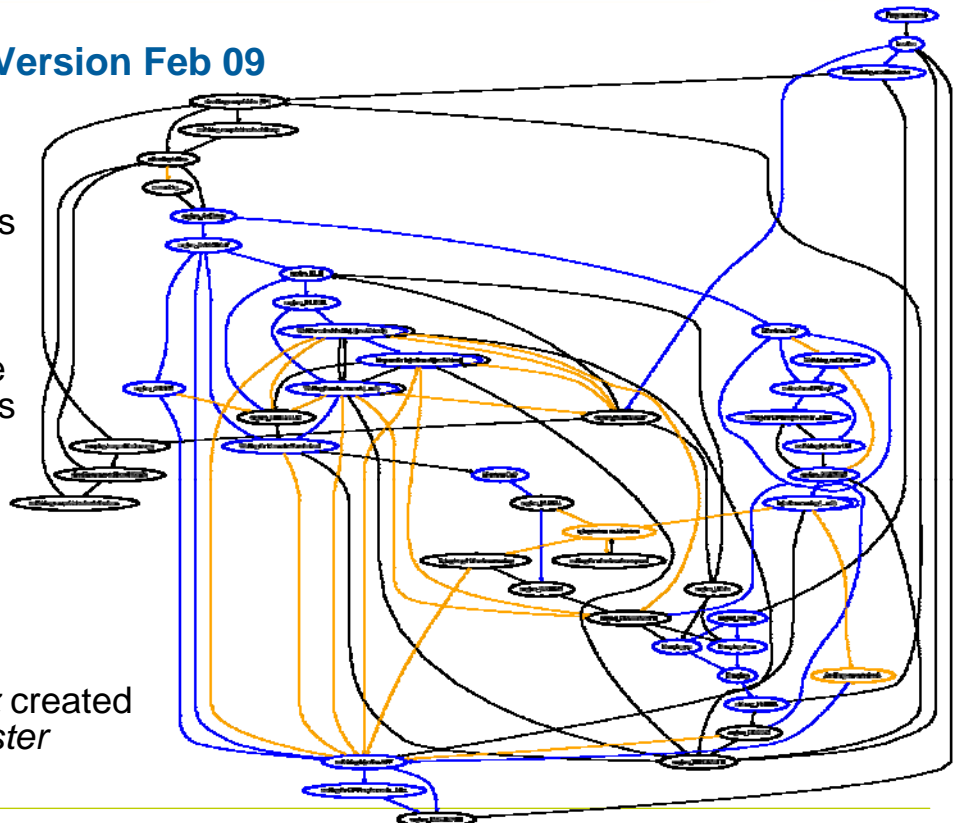
Dr. Jörg Feikes, HZB, SEI Herbsttagung 2009, Berlin

9

State Machine – Version Feb 09

- **Blue** – in sequence states/transitions “expected”
- **Orange** – out of sequence states/transitions “unexpected”

- Image created by *GraphViz*
- Input to *GraphViz* created by *Operation Master*

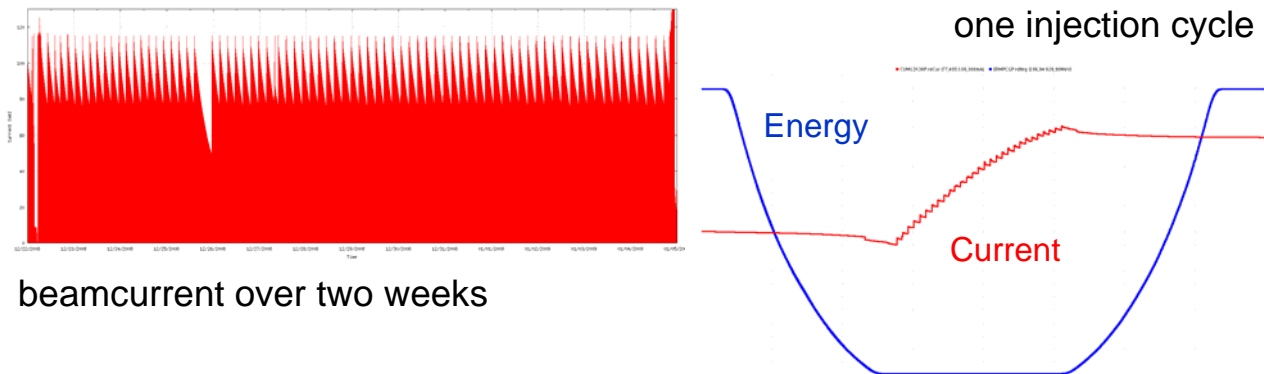


Dr. Jörg Feikes, HZB, SEI Herbsttagung 2009, Berlin

10

Operation Master – Successful Run

- Performed well for two unmanned weeks during holiday break 2008/2009
 - Just one unidentified problem with microtron modulator PLC
 - Manual intervention necessary
 - Action is now part of command sequence to recover from microtron errors



Dr. Jörg Feikes, HZB, SEI Herbsttagung 2009, Berlin

11

Operation Master – Development

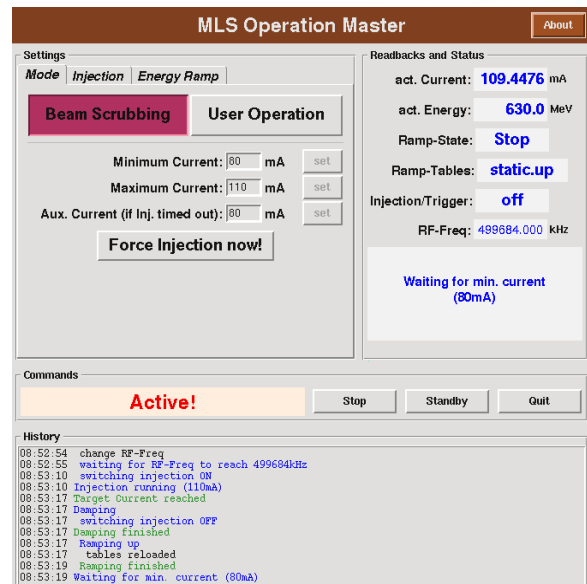
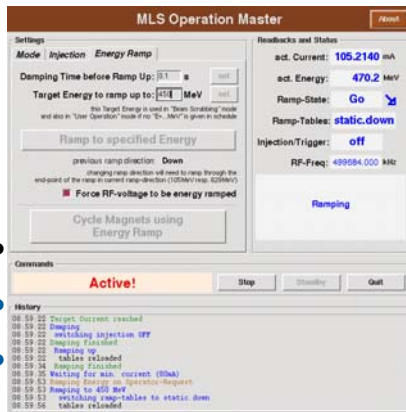
- Whole system *not* developed by design according to full specification
 - **State Engine** – as generic as possible
 - **State Machine** – unspecified, very simple first version
- **Evolutionary** development process
 - **Experiences** of **commissioning** and **daily use** of application itself
 - Yet unhandled states only identified when using the application
 - Solutions to problems often roughly sketched → **refinement phase**
 - Clear view of solution often arises during discussions between developer and users/scientists → **close cooperation** drives development
 - Numerous **small development steps**
 - Some removed in favor of other solution or have proven obsolete during further commissioning

Dr. Jörg Feikes, HZB, SEI Herbsttagung 2009, Berlin

12

Operation Master – Implementation

- Current version written in **Tcl/TK**
 - Proper choice for **rapid prototyping**
 - **Monolithic** application
 - State machine, state engine, graphical user interface (GUI)



be running at a time
on a single screen

Dr. Jörg Feikes, HZB, SEI Herbsttagung 2009, Berlin

13

Conclusion

- **Operation Master: indispensable operator instrument** since day one
- **Minimizes errors** by performing complex command sequences
Today even the top specialist can hardly operate the MLS switching all subprograms **by hand** -> **very likely operating errors will occur**
- Implements **standard mechanisms** to set up certain states as well as to recover from failure situations
- MLS has the first completely **computer controlled Operation** worldwide

Experiences and success encourage using such a system for existing as well as future projects especially at “service facilities”

Dr. Jörg Feikes, HZB, SEI Herbsttagung 2009, Berlin

14



Fritz-Haber-Institut 2009



Abteilungen des Fritz-Haber-Instituts:

Departments



Inorganic Chemistry
Prof. Robert Schlögl



Chemical Physics
Prof. Hajo Freund



Molecular Physics
Prof. Gerard Meijer



Physical Chemistry
Prof. Martin Wolf



Theory
Prof. Matthias Scheffler

1. Elektronik-Entwicklertreffen der MPG

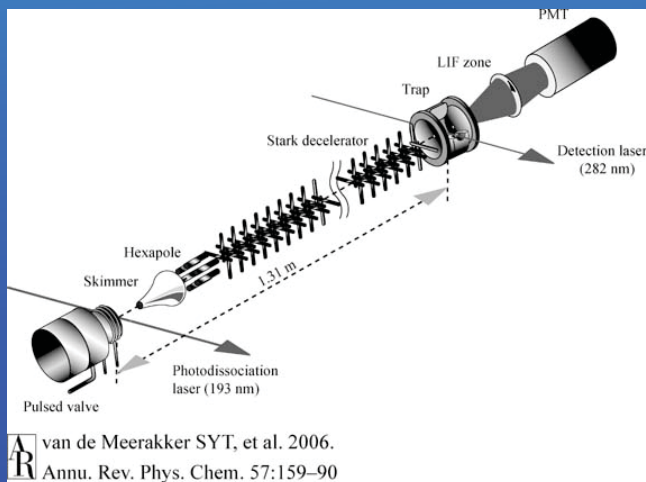
Im Juni 2009 fand das erste Treffen der Elektronikentwickler der MPG im Fritz-Haber-Institut in Berlin statt. Es war geplant, dass sich alle Kolleginnen und Kollegen aus dem Bereich der Elektronikentwicklung kennen lernen, ihr jeweiliges spezielles Umfeld beschreiben und darüber diskutieren, in welchem Umfang und auf welche Art und Weise die Zusammenarbeit der Max-Planck-Institute auf dem Gebiet der Elektronik initiiert und optimiert werden kann.

Es nahmen 33 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter aus 21 Instituten teil, wobei das Interesse an dieser Initiative noch bei vielen anderen vorhanden war

Alle Teilnehmer stellten sich, ihr Institut und den Schwerpunkt ihrer Tätigkeit mit einer Präsentation vor. Es wurden die Forschungsschwerpunkte der Institute und sehr interessante Projekte aus den Bereichen der elektronischen Entwicklungsabteilungen erläutert. Es konnten gleich zu Beginn potentielle Synergieeffekte festgestellt und diskutiert werden, da schnell deutlich wurde, dass manchmal in mehreren Instituten ähnliche Aufgabenstellungen, Probleme und Lösungsansätze bereits vorhanden sind.

Es wurde ein Beispiel für ein potentielles MP-übergreifendes Projekt präsentiert: die „EM-Box“ als innovative Möglichkeit, einen Pool netzwerkbasierter Messgeräte universell und preisgünstig in vielen wissenschaftlichen Experimenten und Laboren einzusetzen.

Experimenteller Aufbau des Molekül-Kühlschranks

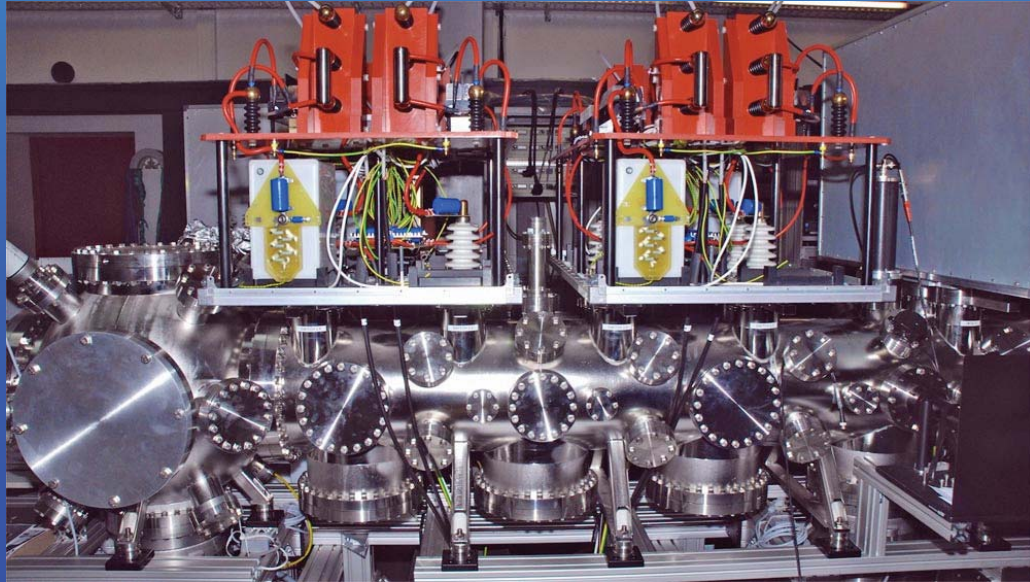


Die Moleküle verlassen die gepulste Düse mit sehr hoher Geschwindigkeit (im Bereich von 360 m/s). Sie fliegen als Pakete (ca. 3 - 5 mm) durch den Decelerator und werden pro Stufe in der Größenordnung von 2..3m/s langsamer. Wenn das erste Paket das Ende (Falle oder Speicherring) erreicht hat, wird die Düse für das nächste Paket geöffnet.

In der Falle können die Moleküle in "Ruhe" bei einer Temperatur von einigen mK untersucht werden.



UHV-Kammer mit HV-Schaltern



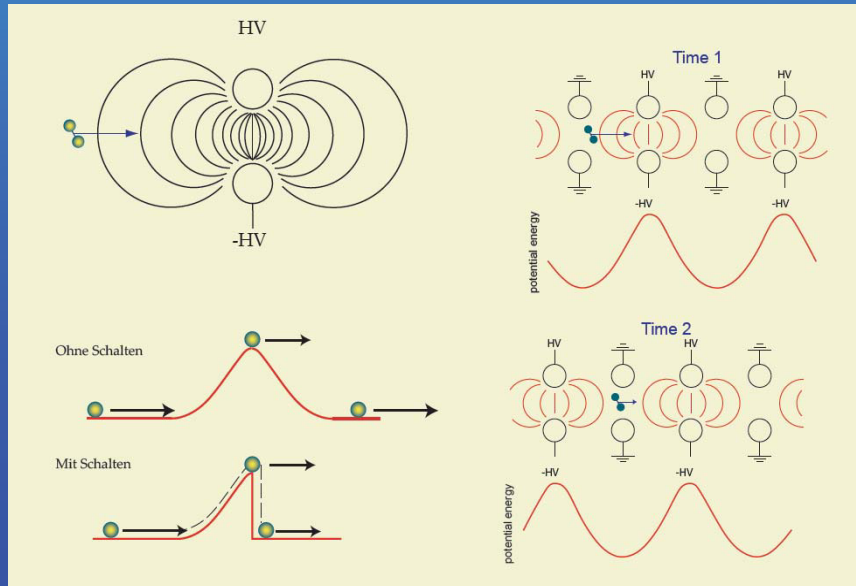
Decelerator



Langsamkeit bedeutet in der Mikrowelt Kälte. Die Forschung an abgebremsten, ultrakalten Atomen hat jüngst spektakuläre Resultate erbracht. Dazu zählt das Bose-Einstein-Kondensat, das für die Quantenphysik schon unverzichtbar geworden ist. Kalte Moleküle sollten also ein ähnliches Potenzial haben, doch leider lassen sie sich nur schwer erzeugen. Die Gruppe um Gerard Meijer, Direktor am Fritz-Haber-Institut der Max-Planck-Gesellschaft in Berlin, hat eine effiziente Molekül-Bremsanlage entwickelt....

Quelle: MaxPlanckForschung 4/2006

Prinzip der Abbremsung von Molekülen

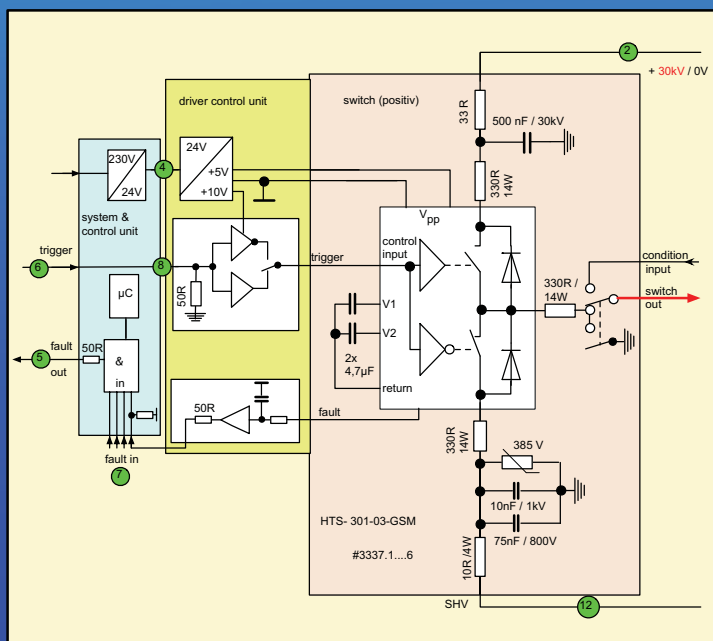


Mit elektrischen Feldern, die zeitlich variabel ein- und ausgeschaltet werden, lassen sich neutrale polare Moleküle abbremsen (Stark-Decelerator).

10

SEI-Tagung 09. 2009 Berlin

HV-Schalter- Aufbau

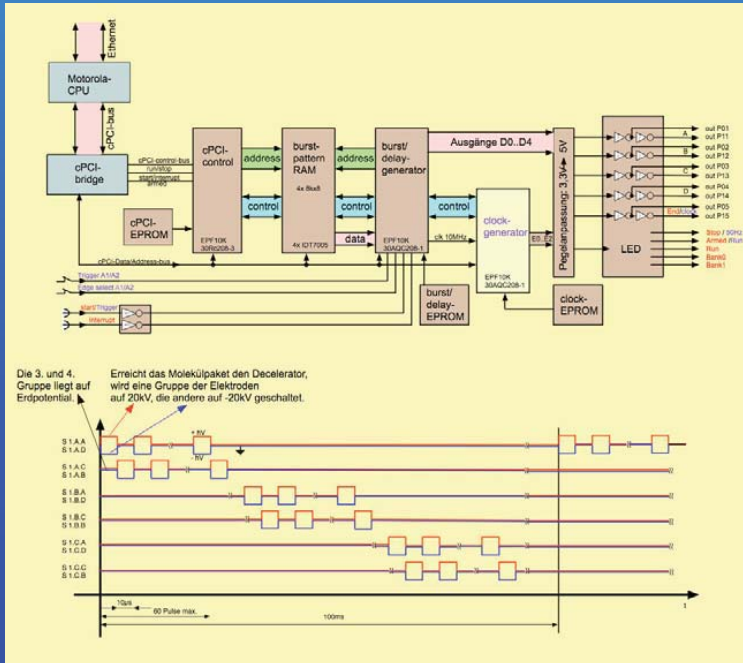


Die Hochspannungsschalter, die die Potentiale am Decelerator zwischen +30kV, -30kV und Erde schalten, müssen möglichst dicht an den entsprechenden Elektroden angebracht werden, um die Leitungen möglichst kurz zu halten. Sehr wichtig ist eine extrem sorgfältige Leitungsführung mit zentralem Bezugspunkt (Erddpotential). Die Hochspannungsleitungen werden mit Hilfe von HV-Durchführungen in die UHV-Kammer zu dem Decelerator geführt. Da die elektrischen Feldstärken extrem hoch sind, muss der Aufbau im UHV entsprechend gut entwickelt und aufgebaut sein, um Überschlüge zu verhindern. Den letzten Feinschliff macht man mit einer so genannten "Konditionierung", für die besondere HV-Anschlüsse vorgesehen sind. Da bei diesen Experimenten mit hohen Frequenzen und extrem steilen Flanken Hochspannungen geschaltet werden, ist eine massiv wirksame Abschirmung notwendig.

11

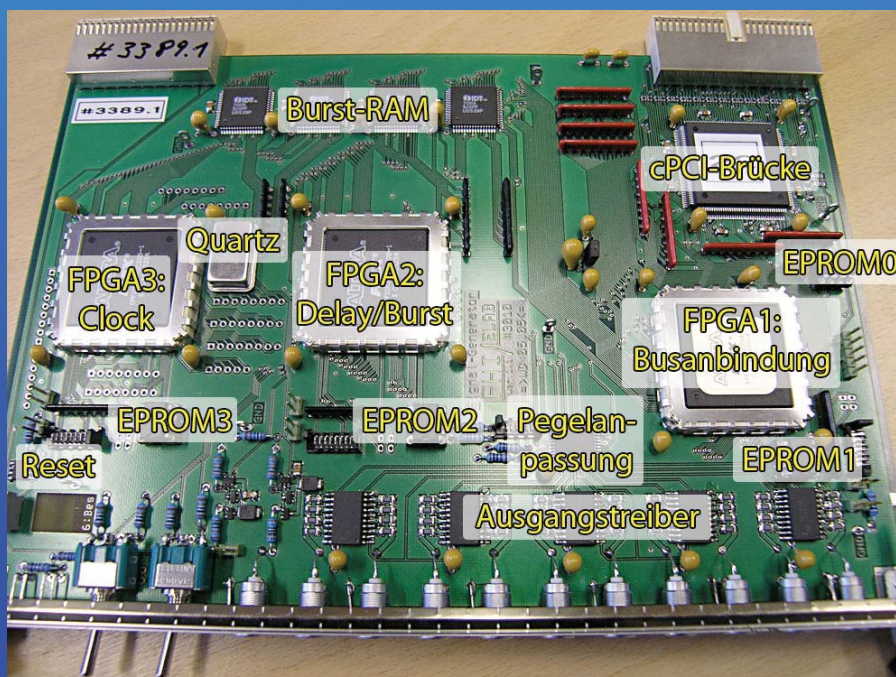
SEI-Tagung 09. 2009 Berlin

HV-Schalter- Ansteuerung



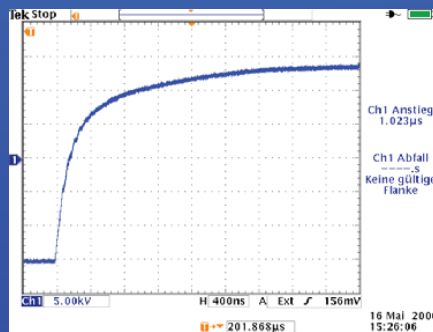
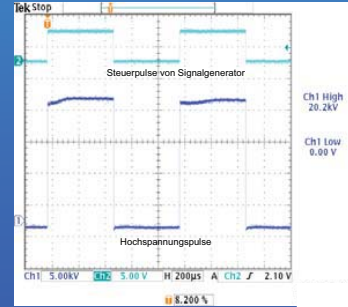
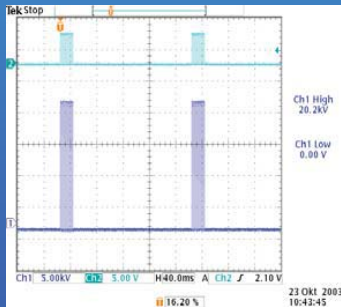
In diesem Experiment werden insgesamt 6 Gruppen von jeweils 4 Hochspannungsschaltern eingesetzt. Diese sind wiederum in zwei Gruppen einzuteilen: positive und negative Schalter, die jeweils zwischen den Zuständen "Hochspannung" und "Erdpotential" wechseln. Von einer entsprechenden Software gesteuert, gelangen die entsprechenden Signale über die "burst-unit" zu der "System-Control-Unit", deren Aufgabe zum einen darin besteht, die Triggersignale für die Schalter zu erzeugen und über die "Driver-Control-Unit" den "Control-Inputs" der Schalter zuzuführen, zum anderen überwacht sie die Funktion der Schalter und generiert im Fehlerfall ein "Fault-Signal". Dieses wird der "Interrupt-Unit" zugeführt und diese sorgt dafür, dass das gesamte Experiment unterbrochen und elektrisch abgeschaltet wird.

Burst - Unit

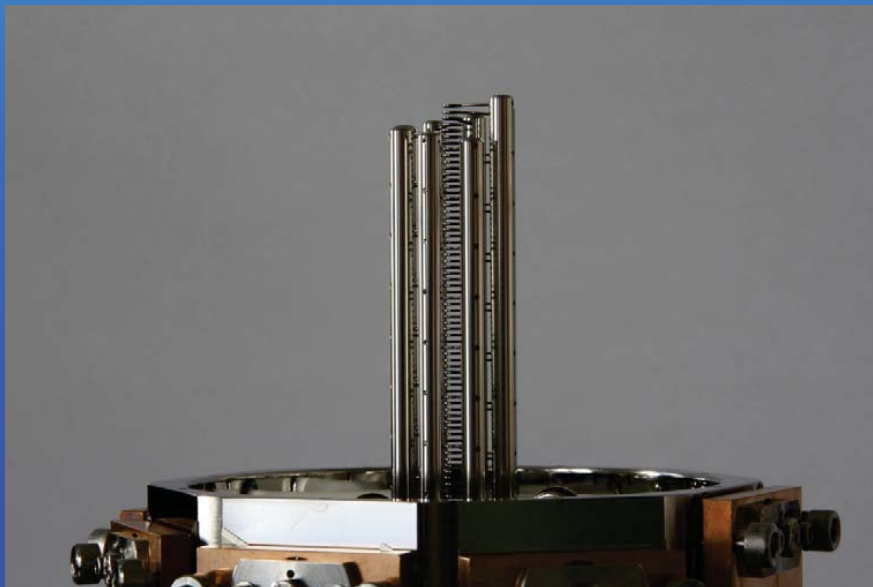




Steuer- und Hochspannungspulse

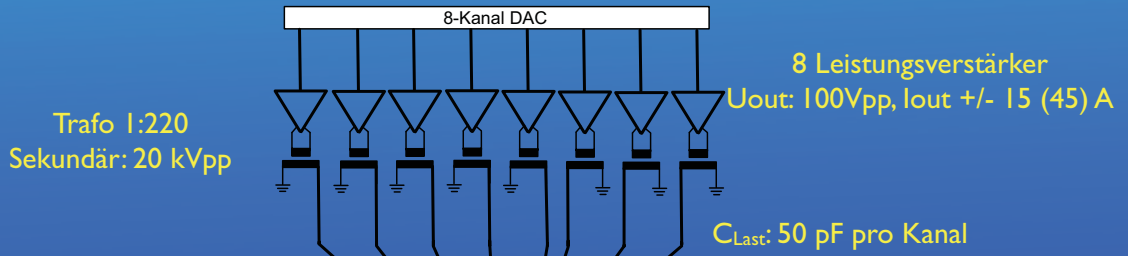


Makrostruktur Decelerator

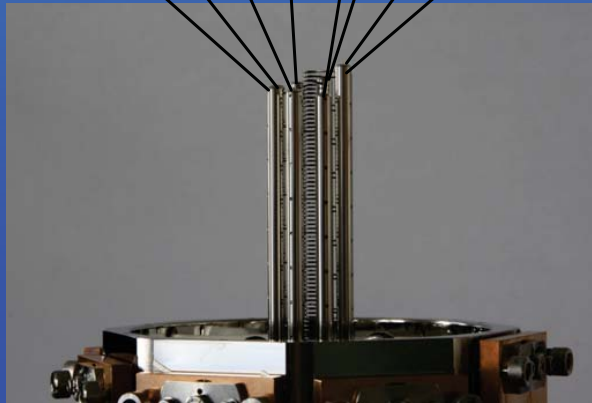




Technischer Aufbau



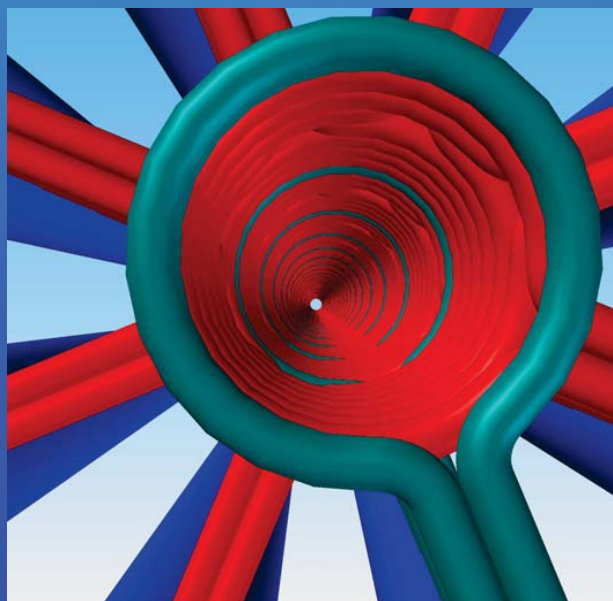
Erzeugung von 8 Signalen (Sinus), jeweils 45° phasenverschoben



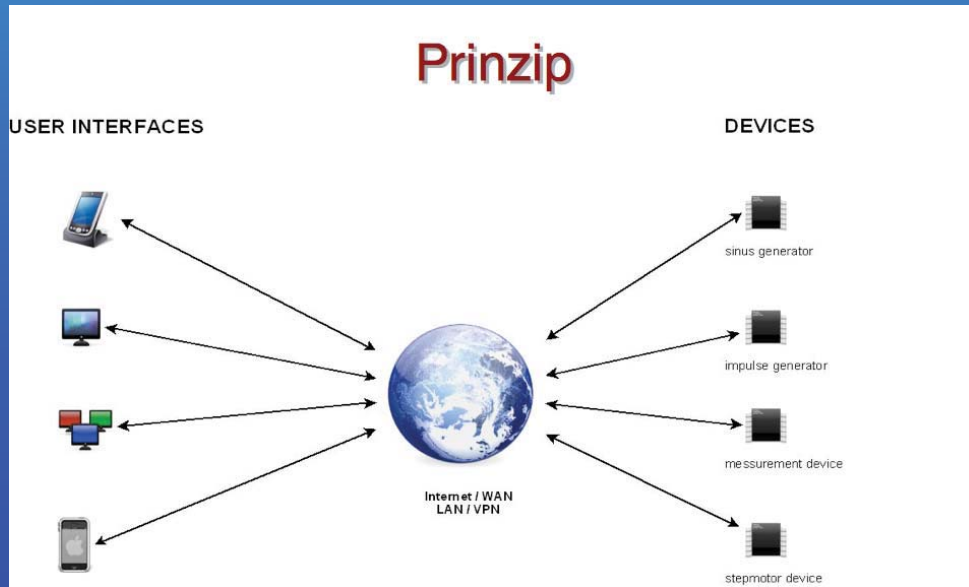
Sweep von 25 kHz bis 15 kHz (1 ms on, 99 ms off)



Fluglinie



Low cost Messaufbauten mit LAN/WLAN



P. Schlecht, C. Tessmar

18

SEI-Tagung 09. 2009 Berlin

Idee

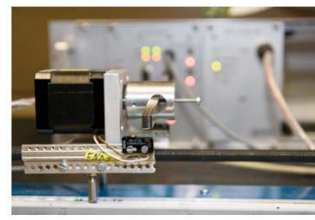
- Low cost Messsystem
- Vorhandene Geräte auf das neue System möglichst einfach umzurüsten
- Sich vorhandene Infrastrukturen zu Nutze zu machen (LAN/WLAN)
- Rechnersystem (Linux/Mac/Windows) unabhängig zu sein
- Keine Software installieren zu müssen (Webbrowser basiert)
- Verschieden Frontends bieten zu können (lokal LCD + Bedienelemente, Web, VxWorks, QT4, Delphi, LabView)
- Einen Zugriff auf die Geräte von überall zu ermöglichen



LAN/WLAN



LAN/WLAN



19

SEI-Tagung 09. 2009 Berlin



Vorteile

- Low cost Messsystem auf Microcontroller-Basis (AVR8/32)
- Lokale Trennung von Benutzerinterface und Gerät möglich
- Mehrere Geräte über ein Endgerät (Browser) steuerbar
- Rechnersystem unabhängig (Linux, Mac, Windows)
- Zugriff auf Geräte im Labor von überall möglich
- Kompatibel zu anderen Softwarelösungen (VxWorks, Labview,..)
- Vorhandene Netzwerkstruktur nutzbar
- Galvanische Trennung von Messsystem und Benutzerinterface



Browser - Fenster

EM-Box
Low Cost Ethernet Measurement System

| motor interface | | | | | | | | |
|-----------------|-----------|--------------------|---------------|---------------|--------------------------|------|-------|--|
| min point | max point | virtual zero point | nominal value | current value | inv | step | speed | |
| 500 | 5000 | 0 | 1926 | 1926 | <input type="checkbox"/> | 100 | 198 | |

500 2750 5000

cur val: << [Slider] >>

nom val: < [Slider] >

GO

EMERGENCY

com ref motor



Fernbedienung



Entwicklung einer neuen Ausleseelektronik für den 2-dimensionalen Detektor an der KWS1/2 am FRM2

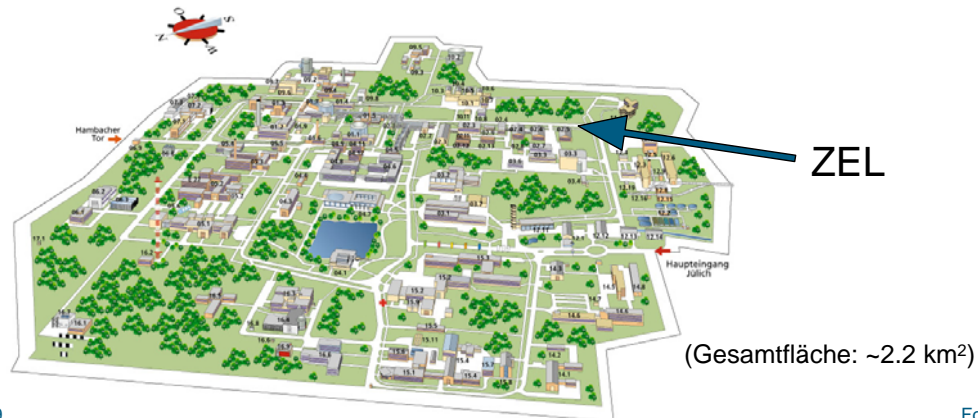
21. September, 2009 | Ralf Engels
SEI Tagung, Helmholtz-Zentrum Berlin

Überblick

- Einleitung
- Neutronen Szintillator
- Anger Kamera
- Ausleseelektronik
- Messergebnisse
- Zusammenfassung

FZJ – Campus

- Forschung:
 - Gesundheit, Energie&Umwelt, Information, Schlüsseltechnologien
 - 9 Institute & 3 Wissenschaftliche Technische Gemeinschaftseinrichtungen
 - Grossinstrumente : e.g. COSY, TEXTOR, SAPHIR, 9komma4 Tesla
 - Supercomputer (JUGENE, Petaflop Rechner)
 - Virtuelle Institute und Kompetenz-Zentren : z.B. JCNS



21. September, 2009

Folie 3

Abteilung Detektortechnik im ZEL

- Arbeitsgruppe : Detektorentwicklung & Nukleare Pulsverarbeitung
 - Diskrete analog/digitale Detektor Elektronik
 - Neutronen und Gamma Szintillationsdetektoren
- Arbeitsgruppe : Micro-Strukturierte Detektoren
 - Si-pad und Microstrip Detektor Systeme
 - Schnelle Readout Elektronik für pnCCD - Detektoren
- Arbeitsgruppe : Schnittstelle und schnelle Digitalelektronik
 - FPGA basierende Auslesesysteme
 - Schnelle „firmware“ bus systeme und optische links

21. September, 2009

Folie 4

Neutronen Detektor Entwicklungen am ZEL

- Gründung der Gruppe Detektortechnik in 1969
- Anfang 70er:
 - Entwicklungen von ^3BF , später ^3He Detektoren
- Anfang 70er – in die 80er:
 - Neutronenzintillator Prototyp Entwicklungen für das SNQ
- Mitte 80er:
 - Entwicklungen von Neutronendetektoren für den FRJ-2
- Anfang 90er:
 - Prototyp Entwicklungen für ESS Detektoren
- Seit Ende der 90er:
 - Hochraten Detektoren für den FRM-2 und die SNS

21. September, 2009

Folie 5

Instrumente vom FRJ-2 zum FRM-2: New Challenges



21. September, 2009

Folie 6

Kleinwinkel Streuexperimente KWS-1/2 am FRM-2



KWS-1

- Pinhole-Instrument mit einer Kollimationslänge bis zu 20m
- Neutronenfluß $>10^8$
- $10^{-3}\text{Å}^{-1} < Q < 0.5\text{Å}^{-1}$
- Velocity selector: $\Delta\lambda/\lambda = 0.1$
- 60 x 60cm² Anger Detektor

KWS-2

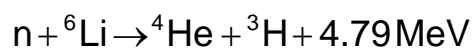
- Pinhole-Instrument mit einer Kollimationslänge bis zu 20m
- Neutronenfluß $>10^8$
- $10^{-3}\text{Å}^{-1} < Q < 0.5\text{Å}^{-1}$
- Velocity selector: $\Delta\lambda/\lambda = 0.2$
- 60 x 60cm² Anger Detektor

21. September, 2009

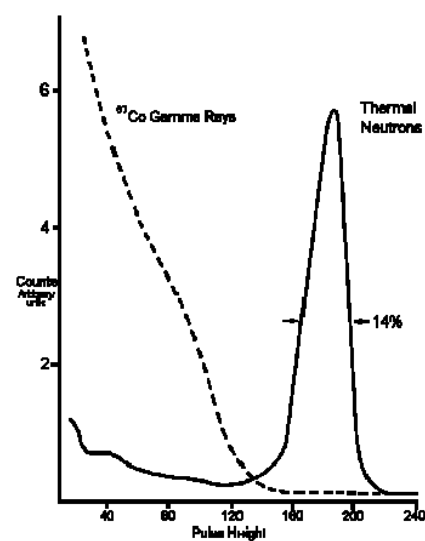
Folie 7

Standard Neutronsintillator: GS20-⁶Li-glass

- Neutronen Einfangreaktion:



- 6.6 Gewichts% Li, 95% ⁶Li-enriched
- Emissionspek bei ~390 nm (Ce doped)
- Light yield ~ 6000 photons/n (entspricht ~1.5 MeV gamma)



APPLIED SCINTILLATION TECHNOLOGIES

(www.appscintech.com)

21. September, 2009

Folie 8

GS20-⁶Li-glass Absorptionseffizienz

$$\varepsilon = \frac{I_0 - I(x)}{I_0} = 1 - e^{-n\sigma x}$$

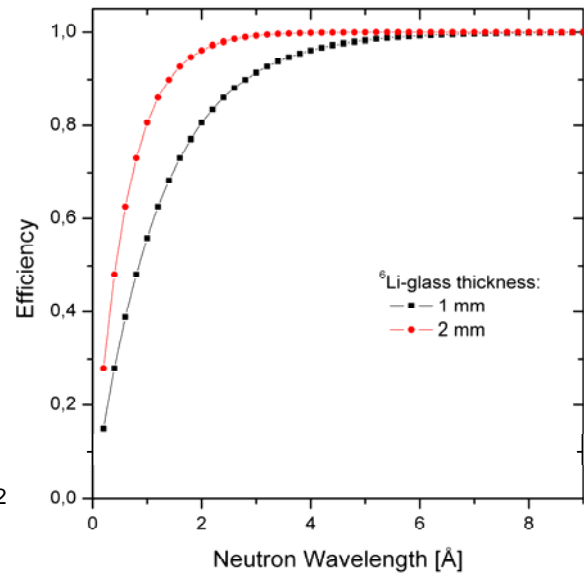
$$n = \rho_{\text{Li-glass}} \cdot W_{\text{eff}} \cdot \frac{N_A}{A}$$

$$\rho_{\text{Li-glass}} = 2.5 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$$

$$W_{\text{eff}} = 6.6\% \cdot 0.95 = 6.27\%$$

$$A_{\text{Li}} = 6.015 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\sigma = \frac{\lambda}{1.8 \text{ \AA}} \cdot \sigma_{1.8 \text{ \AA}} = \frac{\lambda}{1.8 \text{ \AA}} \cdot 940 \cdot 10^{-24} \text{ cm}^2$$



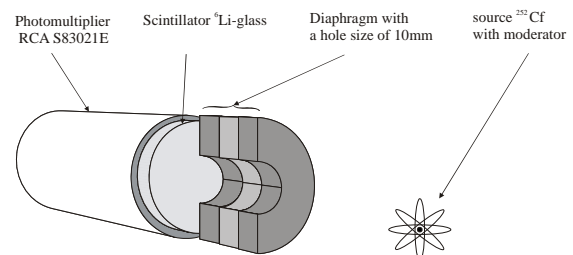
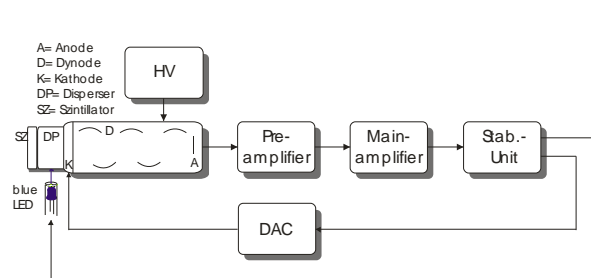
21. September, 2009

Folie 9

Testaufbau für Neutronenzintillatoren

- Lichtkegel:
 - Gamma Diskriminierung, Ortsauflösung
- Abklingzeit:
 - Puls - Verarbeitung, Totzeit
- Neutronen Nachweis Effizienz

Test Aufbau:

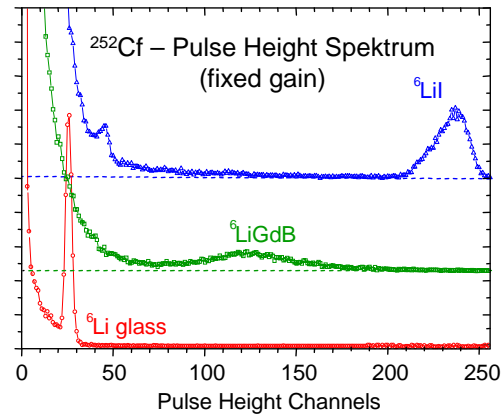


21. September, 2009

Folie 10

Vergleich von drei Neutronen Szintillatoren

- GS20-⁶Li-glas
 - Gamma Sensitivität bei ~1.2 MeV
 - Schnelle Abklingzeit (~75 ns)
- ⁶LiI-Szintillator:
 - Erzeugtes Licht: ~9x Li-glas
 - Abklingzeit ~1.5 μs
 - hygroskopisch, wird nicht mehr produziert
- ⁶Li¹⁵⁸GdB mit Binder
 - Erzeugtes Licht: ~5x Li-glas
 - Homogenitätsprobleme!
 - Abklingzeit : ~1μs



21. September, 2009

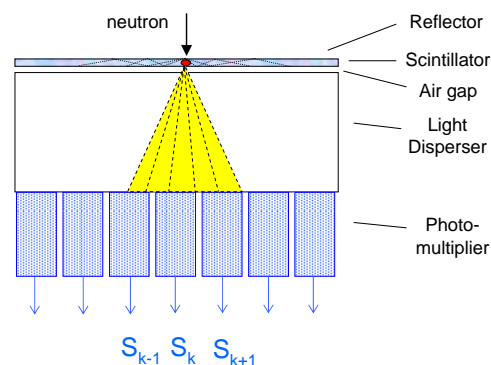
Folie 11

Anger Kamera Detektorprinzip

- Durch ein Neutron wird die entstandene Anregungsenergie in Form von Licht im Szintillator erzeugt (z.B. GS20)
- Lichtkegel verteilt das Licht auf eine PMT Matrix
 - Totalreflexion am Luftspalt minimiert eine weitere Ausbreitung des Kegels
- Ortsbestimmung geschieht über Lichtkonversion in elektrisches Signal durch PMT
 - z.B. durch Center-of-gravity, Rechts – Links Asymmetrie etc.

Rechts – Links Asymmetrie

$$q_k = \frac{S_{k+1} - S_{k-1}}{S_{k-1} + S_k + S_{k+1}}$$

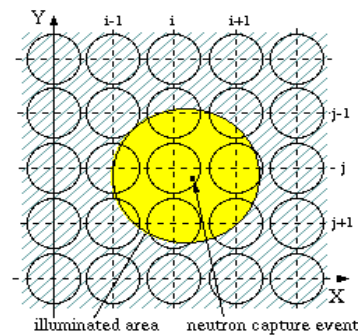
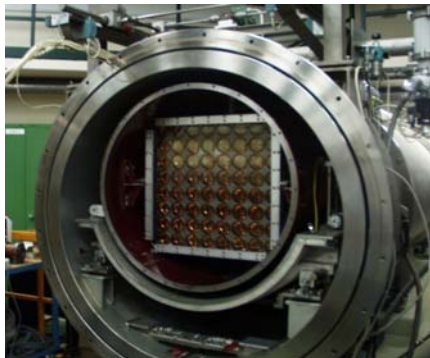


21. September, 2009

Folie 12

2-dimensionaler Anger Detektor

- Anger Methode basiert auf Lichtverteilung auf eine PMT Marix
 - 8x8 Photomultiplier, rund, Durchmesser: 3 inch
 - GS20-⁶Li-glass Szintillator, 1mm dick
 - Lichtdisperser um das Licht auf eine Feld von 3x3 PMT zu verteilen
- Entwicklungen seit Mitte der 80er



21. September, 2009

Folie 13

Zusammenbau Detektorkopf

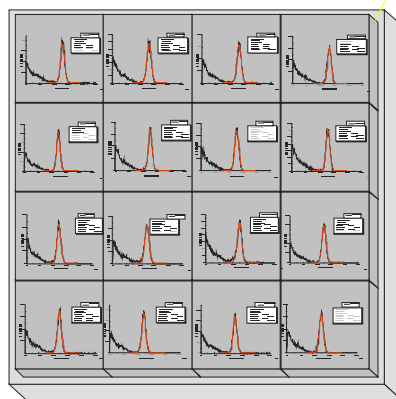


Schott - Disperser Glas



Gesamter Szintillator
mit Reflektor

Instandsetzung des Detektorkopf
mit alter Mechanik



Messung der Lichtausbeute
für die einzelnen Kacheln
um einen optimierten
flächigen Szintillator zu
bekommen.



Einbau der PMTs

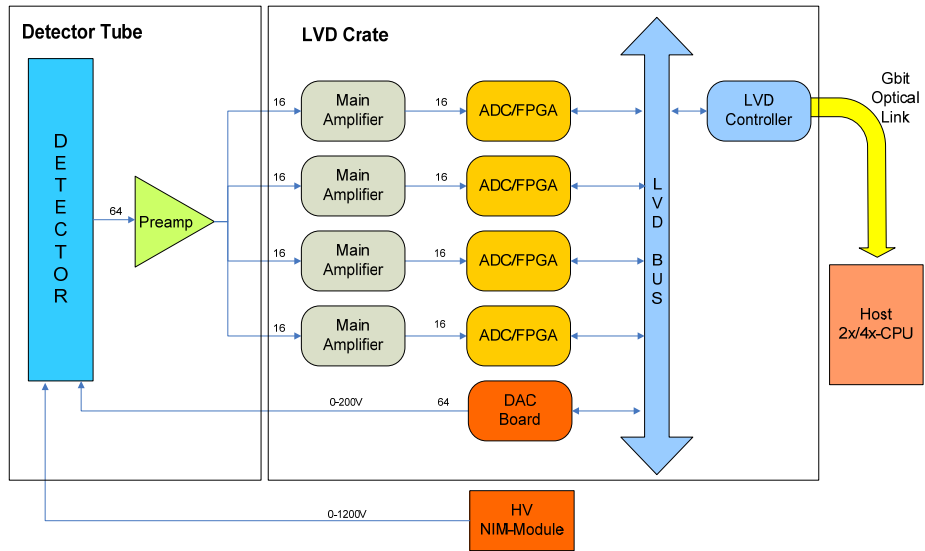


64 PMTs mit Disperser

21. September, 2009

Folie 14

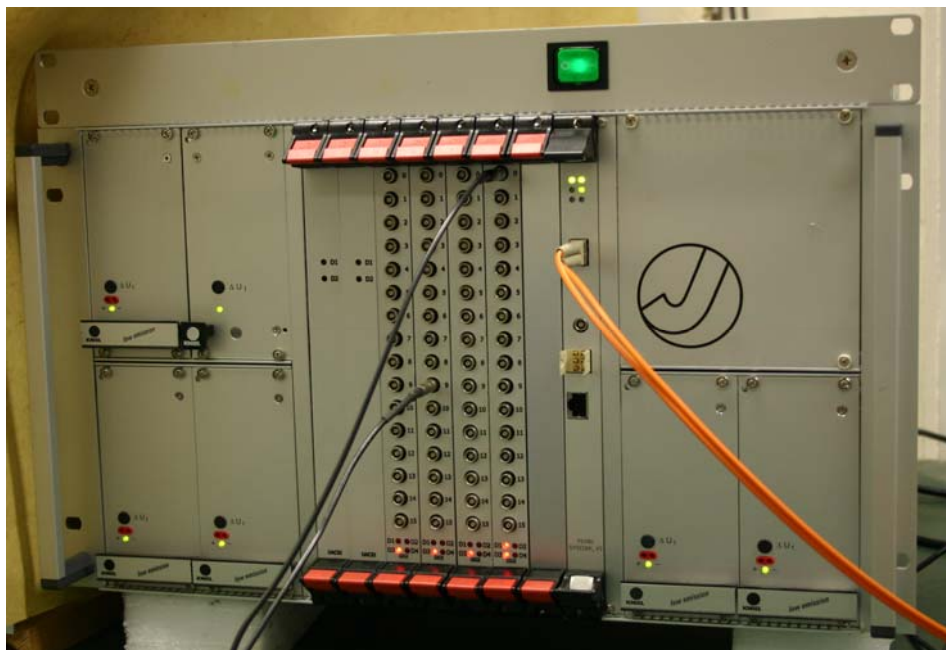
KWS-Readout Elektronik (3rd Gen): Blockdiagramm



21. September, 2009

Folie 15

Neue KWS-Readout Elektronik

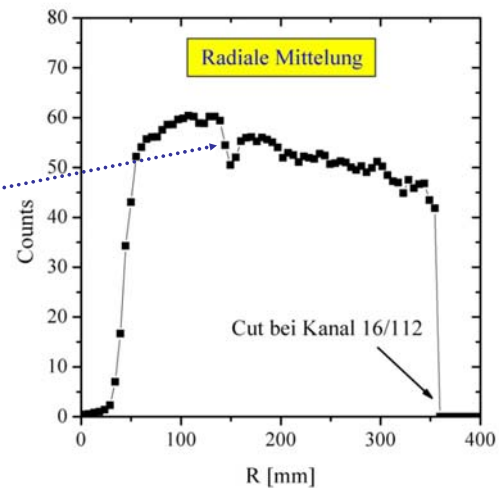
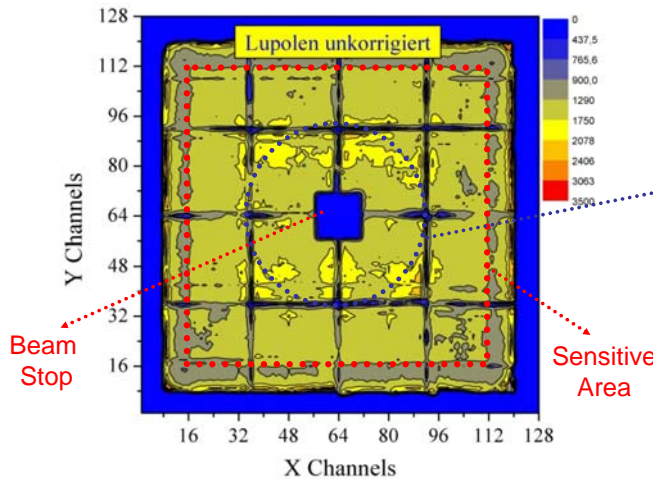


21. September, 2009

Folie 16

Sensitivitäts Korrektur

- Intensitätsverteilung über die aktive Detektorfläche:
 - Grösse der Szintillatorplatten, Inhomogenität der einzelnen Szintillatoren, der Reflektorschicht und der Photokathode
 - Geringe Linearität in der Positionsrekonstruktion an den äusseren PMTs -> Sensitive Fläche ca. 50x50 cm²
- Kalibrationsmessung und Sensitivitätskorrekturen sind notwendig

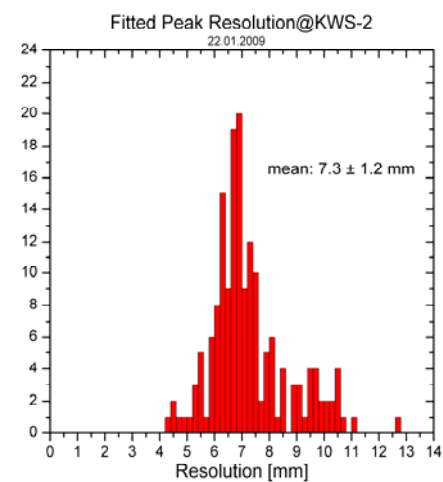
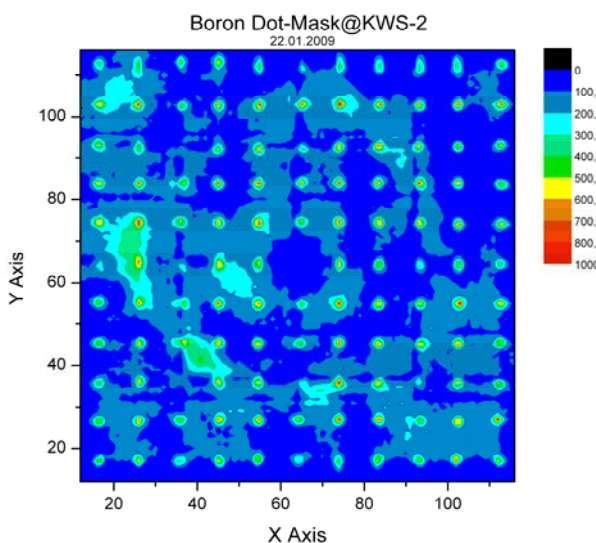


21. September, 2009

Folie 17

Neue KWS-Readout Elektronik

Messungen mit einer Lochmaske: Ortsauflösung



$$R = \sqrt{P_{FWHM}^2 - D_{Loch}^2}$$

Dünne Al-Lochmaske mit ¹⁰B beschichtet.
5mm Löcher im 5cm Abstand

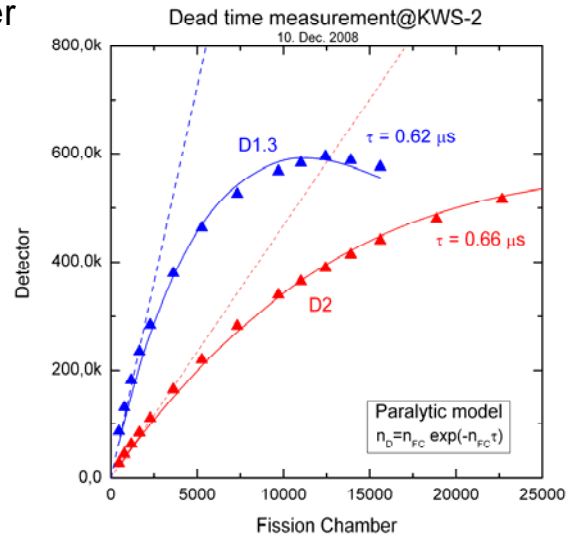
21. September, 2009

Folie 18

Neue KWS-Readout Elektronik

Statistische Totzeit des Detektor Systems

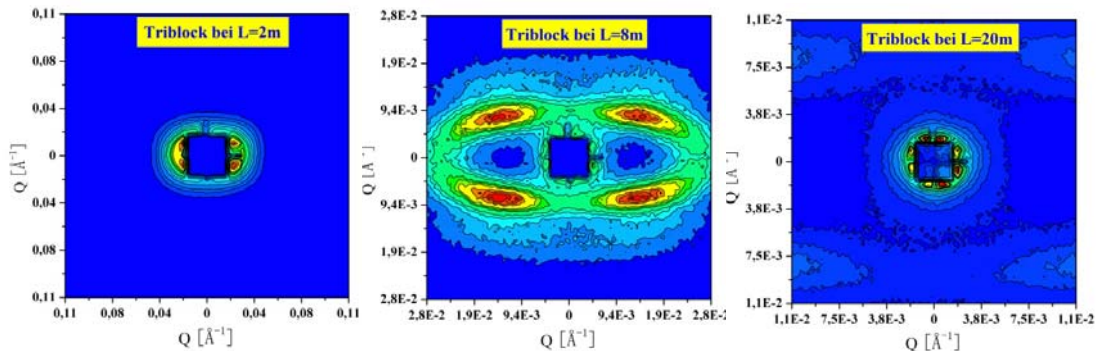
- Lupolen im n-Strahl
- Gleichzeitige Messungen mit einer Spaltkammer zum Vergleich
- Zählratenverhalten hat ein paralytisches Verhalten
- Messungen wurden in unterschiedlichen Abständen mit einer max. Zählrate von bis zu 600 kHz gemessen
- Der Fit an die paralytische Kurve ergibt eine Totzeit von $\tau: \sim 0.64 \mu\text{s}$



21. September, 2009

Folie 19

Messungen



Messungen mit einem Triblock (styrol-isoprene-styrol chain, 100% expand)

- Hervorragende Ergebnisse in den korrigierten Spektren
 - Mehr Stabilität durch die Sensitivitätskorrektur
 - Genaue Rekonstruktion von komplexen zwei dimensional Streuproben
- KWS Detektoren waren bis Mai 2006 am FRJ-2 in Jülich in Betrieb
 - KWS-1 von Mai '03, KWS-2 von Juli '04
 - KWS-2 ist seit Sep. '08 am FRM2 in München wieder im User Betrieb
 - KWS-1 ist seit Aug. '09 im "friendly" User Betrieb

21. September, 2009

Folie 20

Zusammenfassung Upgrade KWS-Detektor Electronics für FRM-2

- **Goal:**
 - Zählraten Verarbeitung mit weniger als $1\mu\text{s}$ statistische Totzeit
 - Damit sind 100 kHz statistische Zählrate mit 10% Totzeit möglich!
- **Innovationen:**
 - Schnelle Pulsverarbeitung : ADCs: 20MHz -> 80 MHz erlauben eine kürzeres Puls-shaping
 - Standardisierter Rahmenaufbau mit eine Bandbreite von 80/160 MByte/s auf dem LVD - bus
 - Datentransfer via GBit optischem Link und Rekonstruktion auf einem PC

21. September, 2009

Folie 21

Danke!

Das Team in alphabetischer Reihenfolge

P. Busch, U. Clemens, R. Engels,
W. Erven, H. Frielinghaus, M. Heiderich, G. Kemmerling,
T. Kohnke, H.-W. Lövenich, H. Nöldgen,
V. Ossovyi, V. Pipich, A. Radulescu,
J. Schelten und D. Schwahn

21. September, 2009

Folie 22

Entwicklung einer neuen Ausleseelektronik für den 2-dimensionalen Detektor an der KWS1/2 am FRM2

R. Engels, U. Clemens, H. Frielinghaus, M. Heiderich, H. Nöldgen, G. Kemmerling, A. Radulescu, und J. Schelten

Die Kleinwinkel-Neutronenstreuung (SANS - Small Angle Neutron Scattering) umfasst die Ausrichtung eines monochromatischen Strahls von Neutronen auf eine solide Probe, die aus Partikeln in Nanometergröße besteht. Der übertragene Strahl dehnt sich proportional zur durchschnittlichen Größe der Teilchen aus. Neben der Größe können auch die Form und die Ausrichtung der Partikel der Probe untersucht werden. Für eine Reihe von Materialien können Modelle, Porendurchmesser und Porenabstand bestimmt werden.

Die zunehmend effizienteren Neutronenstreuungsquellen führten zu einer gesteigerten Nachfrage nach effizienteren Neutronendetektoren, da derzeitige Detektoren kaum in der Lage sind, die erzeugten Informationen zu verarbeiten.

Für die heutigen Anforderungen an die neue Generation von Neutronendetektoren an den aktuellen Neutronenquellen und den Kleinwinkelstreuexperimenten sind hohe Ortsauflösung, hohe Nachweiswahrscheinlichkeit, hohe Zählrate und eine niedrige Gamma Empfindlichkeit entscheidend. Ausserdem ist aufgrund der Streuung an der Probe die gesamte Detektorfläche ein entscheidender Faktor, um die gewünschten Winkelbereiche bei den einzelnen Wellenlängen zu erfassen.

Die beiden Detektoren an der KWS1&2 haben jeweils eine Fläche von 60cmx60cm und sind mit einem ^6Li -Glass Szintillator von der Firma AST bestückt. Der Detektorkopf besitzt eine Matrix von 8x8 Photomultiplier mit einer Glasplatte zwischen Szintillator und Photomultiplier, die als Disperser dient und das entstandene Licht im Szintillator auf ein Feld von 3x3 PMTs verteilt. Der ganze Detektorkopf befindet sich in einer 20m langen Vakuumröhre, wo er über ein Schienensystem verfahren werden kann, um die einzelnen Winkel der Streuprobe zu erfassen.

Die Anforderungen an die neu entwickelte Ausleseelektronik war das Erreichen einer elektronischen Totzeit von 1 μs , welches eine statistische Zählrate von ca. 100kHz bei 10% Totzeit möglich macht. In einem 19-Zoll Rahmen und 6U Höhe wurde die komplette Ausleseelektronik mit Netzteilen aufgebaut. Es gibt im Rahmen zwei eingebaute überlappende Backplanes, wovon einer eine Eigenentwicklung ist, über die die Spannungsversorgung der einzelnen Platinen und die Synchronisation der Ausleseplatinen abgearbeitet werden. Der Daten-Bus ist ein Standard LVD Bus mit einer Datenrate von bis zu 80MBytes/s, worüber dann die Daten von dem Local Bus Controller und von dort über einen optischen Link (SIS1100) an den PC übertragen werden.

Die 64 Vorverstärkersignale vom Detektorkopf werden über Lemo Kabel an die Hauptverstärker übertragen. Hier werden die Signale der einzelnen Vorverstärker zeitgleich über Filterverstärker (Gauss Shape) mit einer Zeitkonstanten von 120ns, von einem 80Mhz freilaufenden 12 Bit ADC digitalisiert. Der Datenstrom von jeweils vier ADCs wird einem FPGA zur Vorverarbeitung zugeführt. Dieser FPGA hat einen 8k*16 FIFO als Datenpuffer, bevor er die Daten an den Haupt FPGA auf der gleichen Platine, zuführt welcher wiederum ein 16k*16bit FIFO als Datenpuffer hat. Im Haupt FPGA läuft nun ein Maximum Erkennung über alle 16 Kanäle ab. Wird ein Peak erkannt, dann wird über den privaten Bus ein Signal gesetzt und so die anderen drei FGAs aufgefordert Ihre Daten an den Local-Bus-Controller über den LVD Bus zu übermitteln, von wo sie dann zur weiteren Verarbeitung per optischem Link zum PC transferiert werden.

Um die Elektronik auf die geforderten Spezifikationen zu testen wurden Messungen an der KWS2 am FRM2 durchgeführt. Nach Erreichen einer Stabilisierung und Kalibrierung der

gesamten Detektoreinheit, wurden mehrere Tests mit unterschiedlichen Streuproben, bei unterschiedlichen Zählraten durchgeführt. Desweiteren wurde nicht nur die Ortsauflösung mit $\sim 7\text{mm}$ bestimmt sondern, auch eine maximale Zählrate von 640kHz ermittelt. Um die Totzeit bzw. die maximale Zählrate zu bestimmen, wurde parallel mit einer Spaltkammer gemessen. Das Ergebnis war, dass die Totzeit bei etwa $0.65\mu\text{s}$ liegt, d.h. eine Rate von ca. 150kHz wird mit einem Koinzidenzverlust von 10% gemessen. Aufgrund der guten Messergebnisse die an der KWS2 Anlage in München erreicht wurden, wird die KWS1 auch in Zukunft mit dieser Elektronik ausgestattet. Erste Testmessungen wurden bereits Ende August erfolgreich durchgeführt.

LOCAL BEAM LOSS AND BEAM PROFILE MONITORING WITH OPTICAL FIBERS

F. Wulf¹, M. Körfer², W. Goettmann¹

¹ Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie, Germany

² DESY, Hamburg, Germany

1. Introduction
2. Properties of optical fibers
3. Classification of beam loss monitor systems
 - 3.1 **Slow beam loss monitor** systems (dosimeter system)
 - 3.1.1. Local dosimeter system (Optical Power Meter)
 - 3.1.2 Local dosimeter system for high dose environment (Fiber Bragg Gratings)
 - 3.1.3 Distributed dosimeter system (OTDR measurement)
 - 3.2. **Fast beam loss monitor** systems (Cerenkov Light)
 - 3.2.1 Beam loss position monitor (BLPM)
 - 3.2.1.1 Beam loss position monitor sensitivity
 - 3.2.2 Beam profile monitor (BPM)
4. Conclusion

SEI Herbsttagung 2009

No. 1

21.9.2009 F. Wulf (HZB)

1. Introduction

Motivation

How can in general the beam loss of large linear accelerator (TESLA /ILC/ FLASH) or storage rings be continuously monitored?

Is it possible to measure the **total ionization dose** along a beam line of 30 km length with a position resolution a meter or possibly of some centimeter?

Is it possible to measure the **beam loss** along the entire beam line in less than millisecond with a time resolution of some nanosecond and a position resolution of centimeter?

SEI Herbsttagung 2009

No. 2

21.9.2009 F. Wulf (HZB)

YES, WE CAN

by using **optical fibers** as **radiation sensor** to measure the
total ionization dose (mGy-kGy up to MGy)

and

using the generated Cerenkov light to assess the
position and dynamic of the beam loss

Radiation effects in optical fibers:

- Generation of color center and other defect centers in SiO₂ structure increases the attenuation of the optical fiber
- At high dose values also the refractive index might also be changed
- Shift of the Bragg wavelength of Fiber Bragg Gratings

Influence of the Process parameters on the radiation sensitivity:

- Fiber type (single mode, graded index, step index)
- **Doping** of core, doping of cladding
- Preform manufacturer and used technology
- Core material manufacturer
- OH content
- Cladding core diameter ratio (CCDR)
- Coating material
- Drawing conditions: speed, temperature, ambient conditions

Parameter dependence on the radiation effect during exposure:

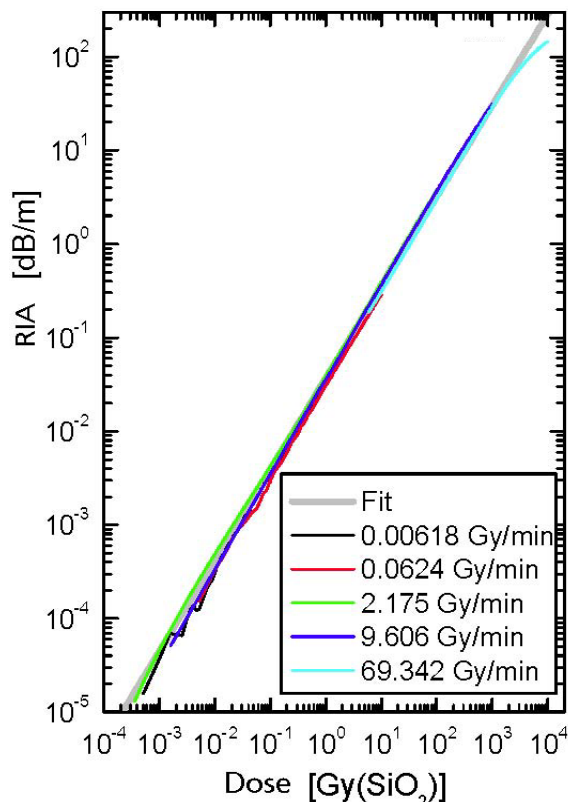
- Total ionizing dose (TID)
- Dose rate
- Irradiation type
- Temperature
- Annealing behavior (fading)
- Wavelength
- Light power

SEI Herbsttagung 2009

No. 6

21.9.2009 F. Wulf (HZB)

2. Properties of Optical Fibers (RIA)



Increase of **radiation induced attenuation (RIA)** with radiation dose of the (Ge+P)-doped GI fibre selected for TTF1. The measurements were made with varying dose rate (in Gy/min) at $\lambda = 678 \text{ nm}$ and $\lambda = 829 \text{ nm}$ at room temperature.

$$\text{RIA [dB/m]} = c(\lambda) \cdot D^{f(\lambda)}$$

The constant **c** expresses the radiation sensitivity and the exponent **f** is nearly 1 for well-suited fibers (small annealing effects).

A fit to the curves measured at:

$\lambda = 678 \text{ nm}$: $c = 0.0369 \text{ dB/m Gy}$, $f = 0.972$

and for

$\lambda = 829 \text{ nm}$: $c = 0.0042 \text{ dB/m Gy}$, $f = 1.025$

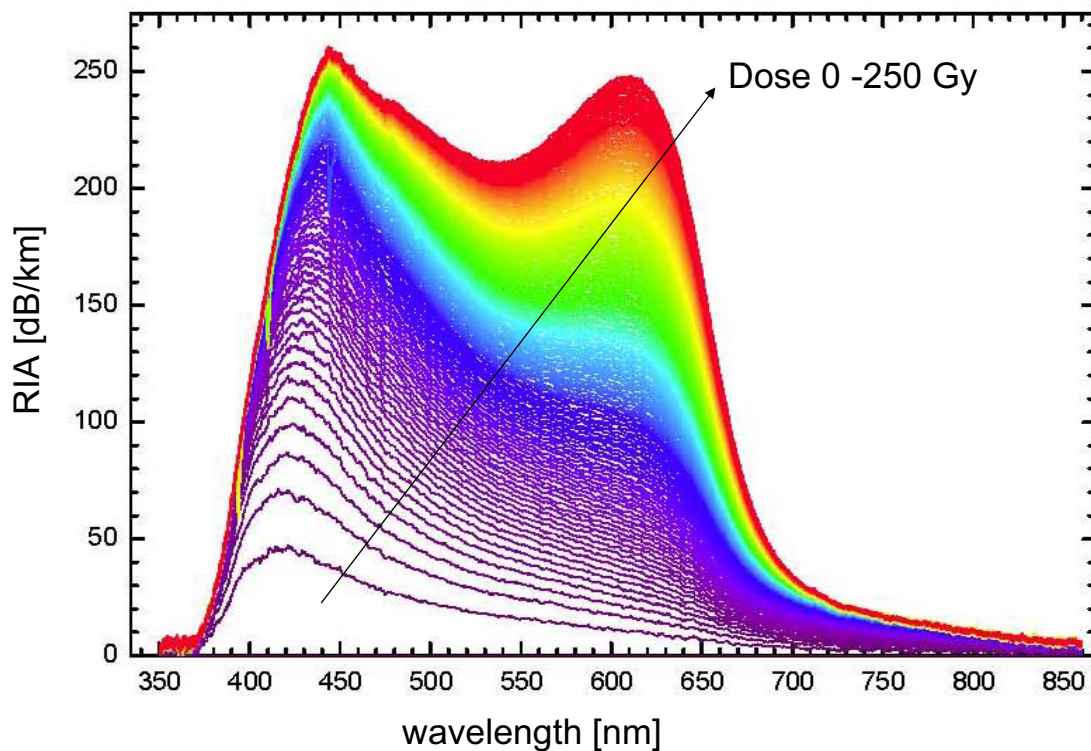
SEI Herbsttagung 2009

No. 7

21.9.2009 F. Wulf (HZB)

2. Properties of Optical Fibers (wavelength)

Spectral attenuation of a typical fiber



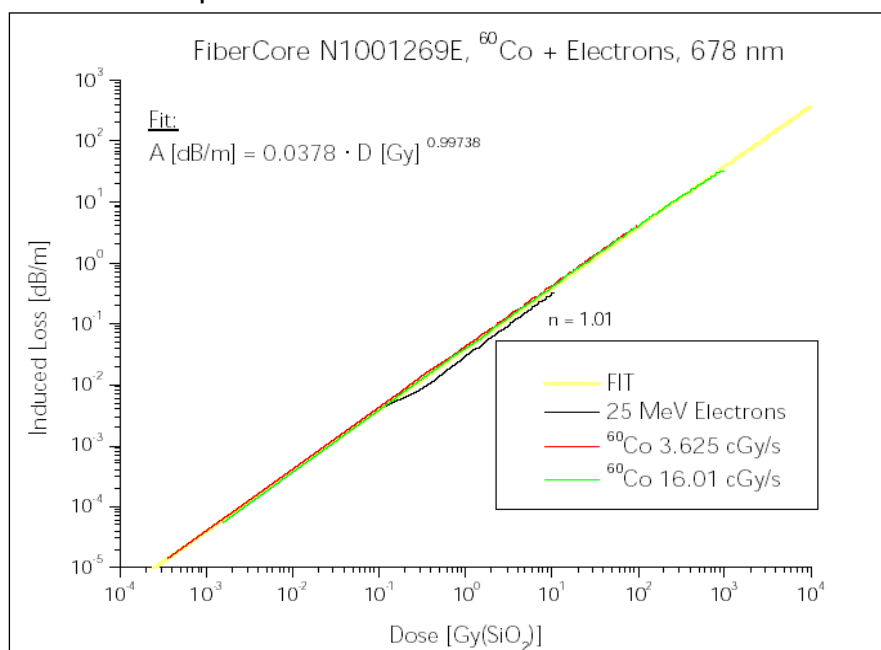
SEI Herbsttagung 2009

No. 8

21.9.2009 F. Wulf (HZB)

2. Properties of Optical Fibers (radiation type)

Optical fibers show (wavelength-dependent) a nearly linear increase of attenuation after irradiation with ionizing radiation independent from dose-rate and -source

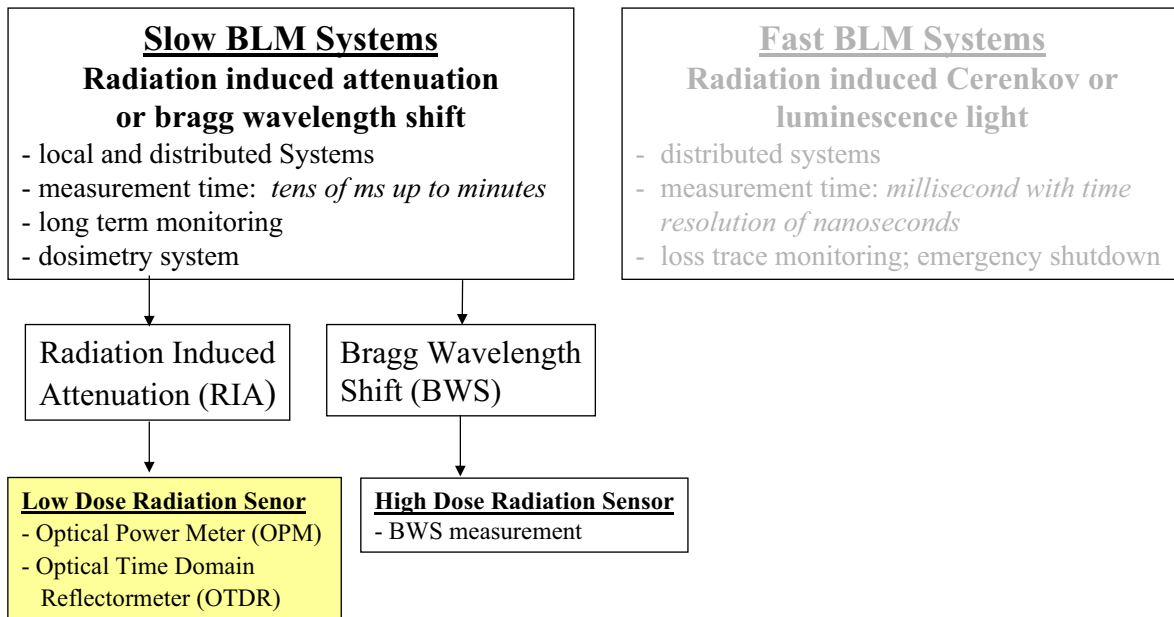


SEI Herbsttagung 2009

No. 9

21.9.2009 F. Wulf (HZB)

3. Classification of beam loss monitor systems



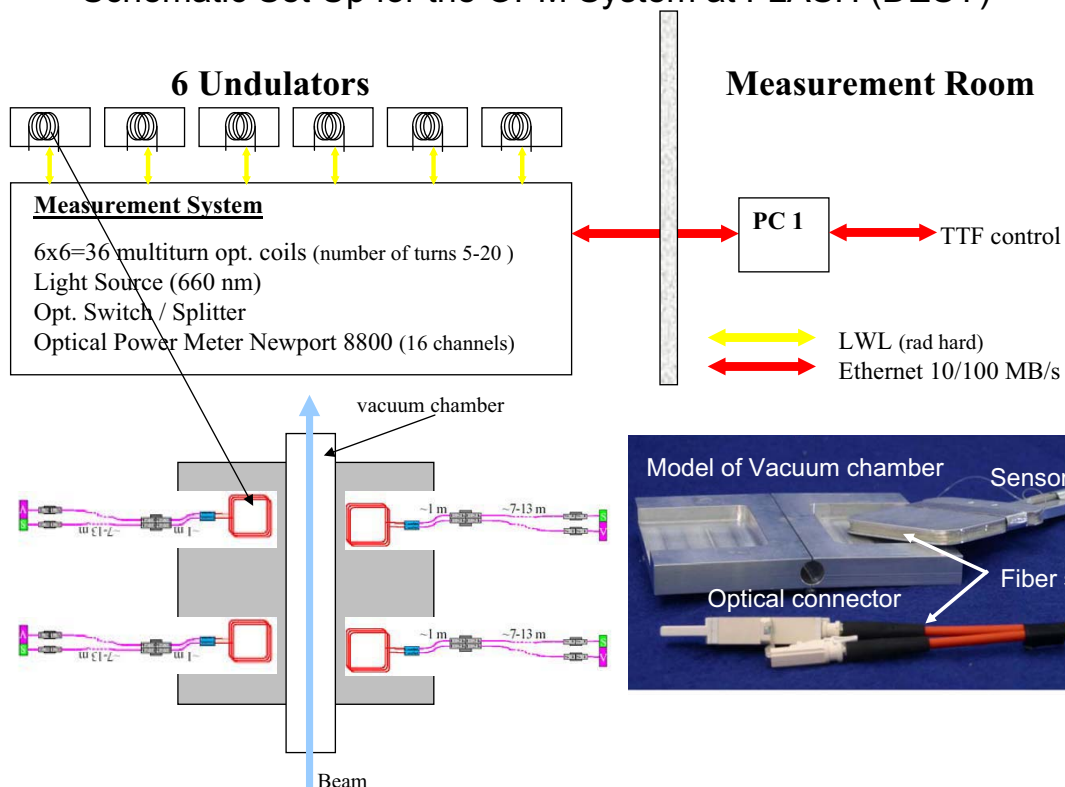
SEI Herbsttagung 2009

No. 10

21.9.2009 F. Wulf (HZB)

3.1.1 Local dosimeter system (Optical Power Meter)

Schematic Set Up for the OPM System at FLASH (DESY)

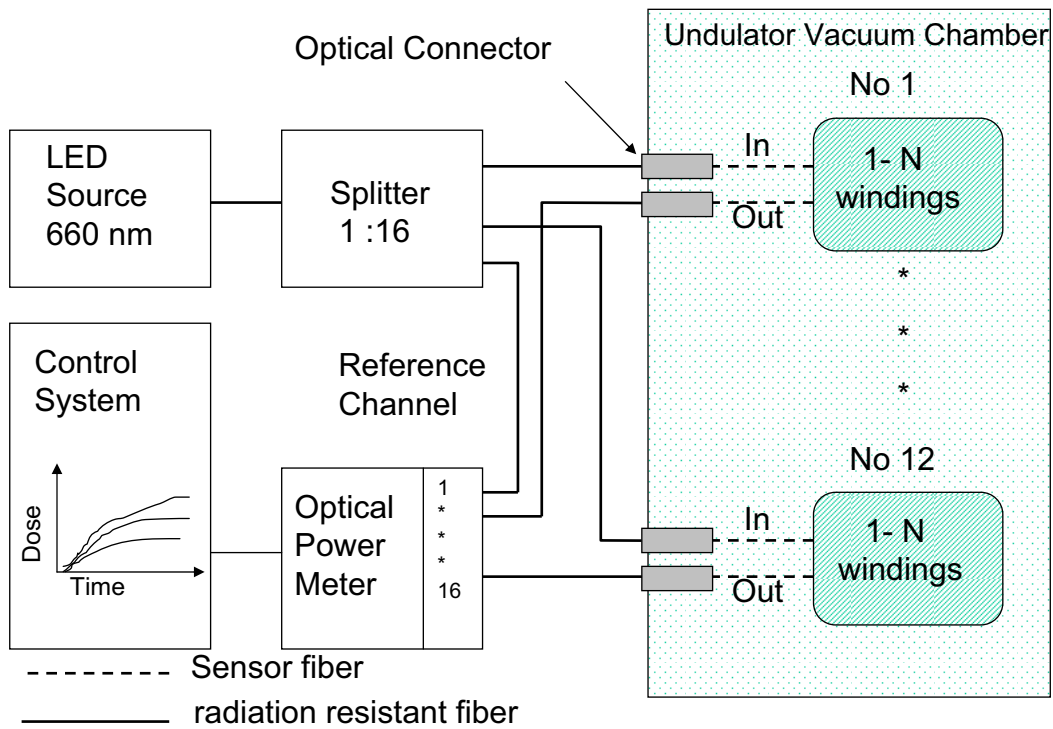


SEI Herbsttagung 2009

No. 11

21.9.2009 F. Wulf (HZB)

3.1.1 Local dosimeter system (Optical Power Meter)



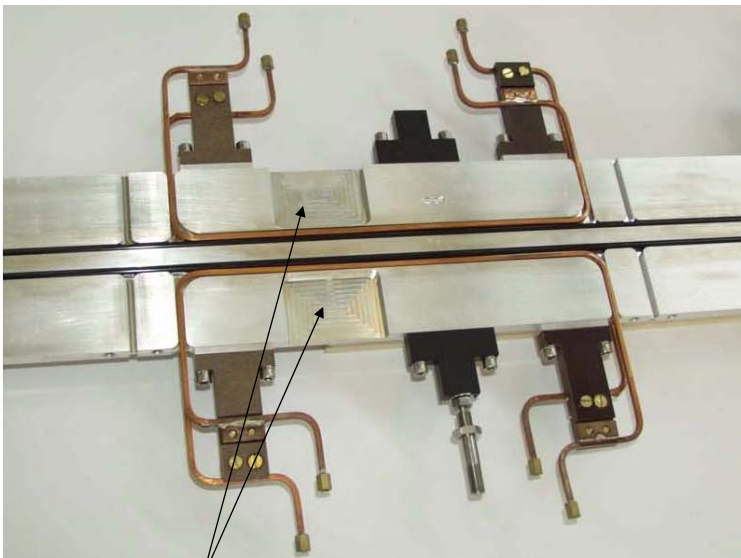
SEI Herbsttagung 2009

No. 12

21.9.2009 F. Wulf (HZB)

3.1.1 Local dosimeter system (Optical Power Meter)

Installation at the undulators included in the vacuum chamber



Cut out for Power Meter Sensor



Undulator vacuum Chamber

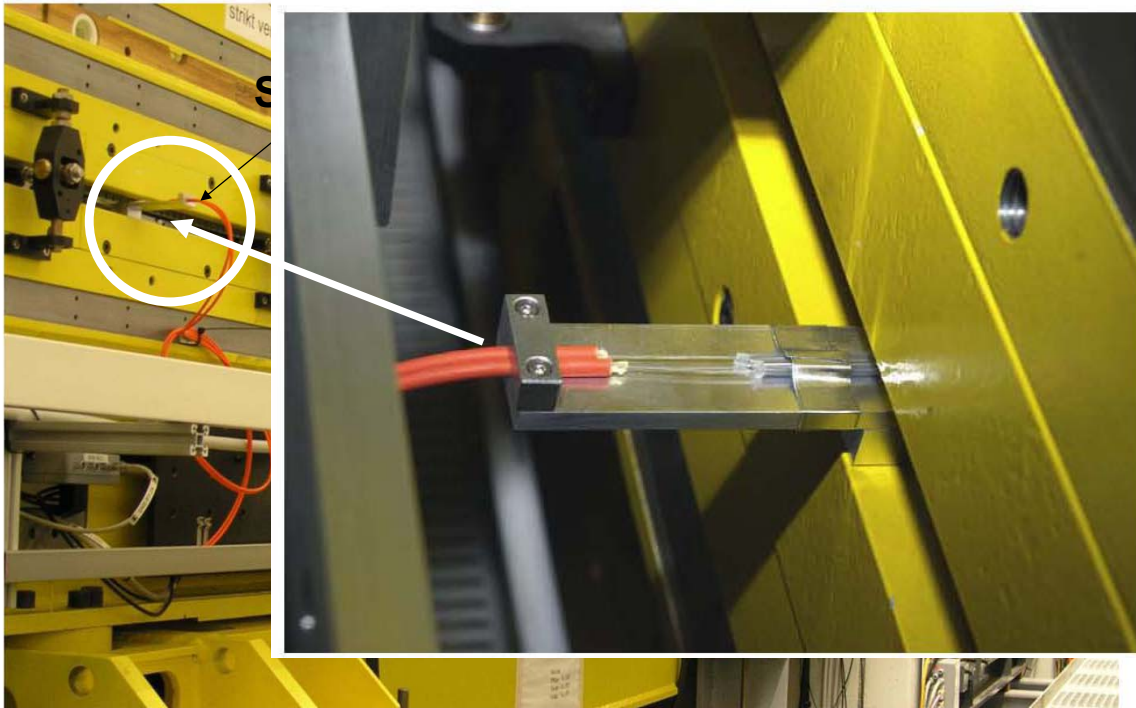
SEI Herbsttagung 2009

No. 13

21.9.2009 F. Wulf (HZB)

3.1.1 Local dosimeter system (Optical Power Meter)

Optical Power Meter System at the Undulator at FLASH (DESY)



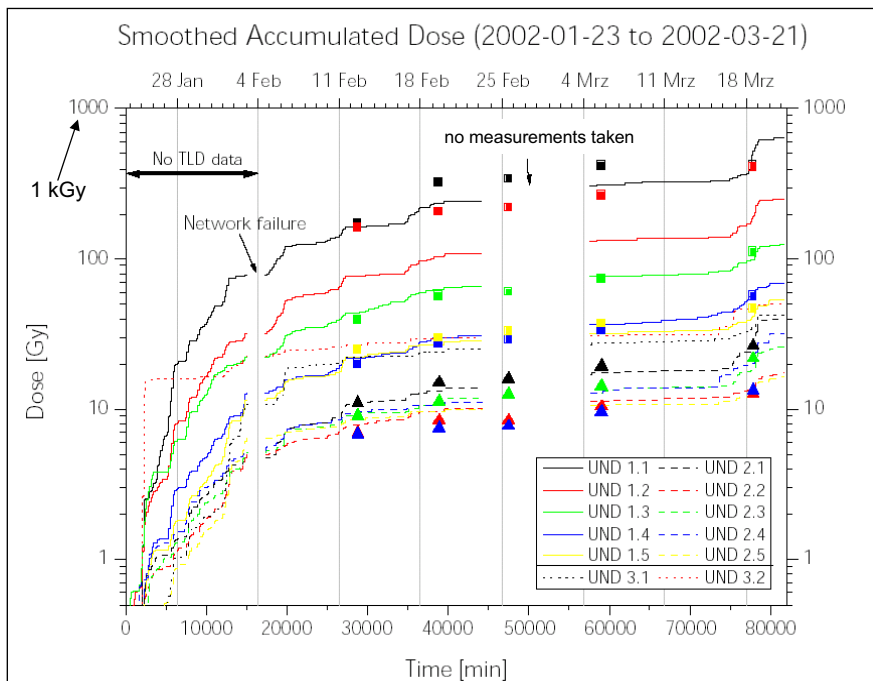
SEI Herbsttagung 2009

No. 14

21.9.2009 F. Wulf (HZB)

3.1.1 Local dosimeter system (Optical Power Meter)

Dose measurement at the undulator compared with TLD measurements



Deviation:
< 25 %

Reasons:

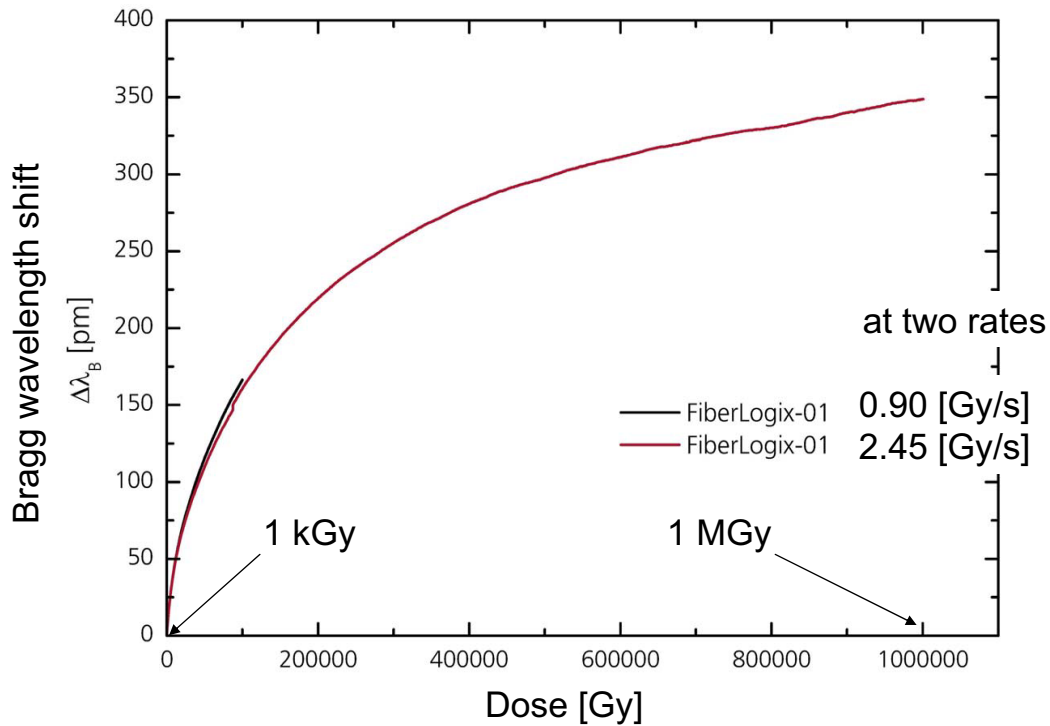
- not same position
- TLD Error 10-20 %

SEI Herbsttagung 2009

No. 15

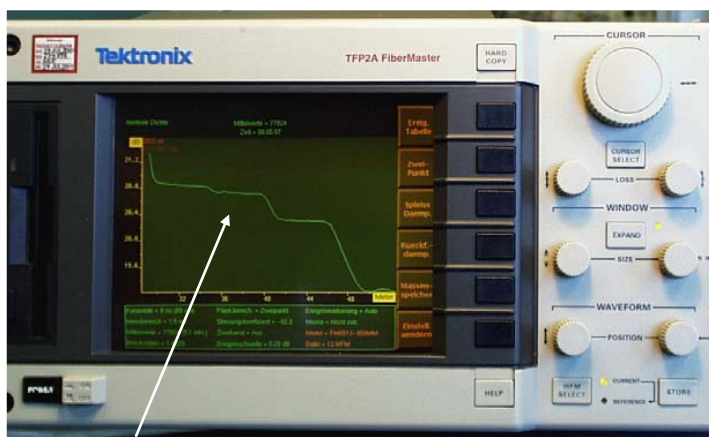
21.9.2009 F. Wulf (HZB)

First Results with Fiber-Bragg-Gratings at FLASH

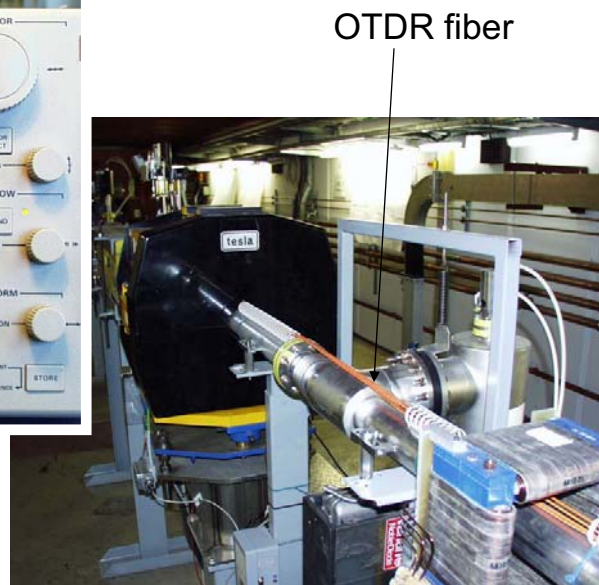


3.1.3 Distributed dosimeter system (OTDR)

Measurement set up at FLASH



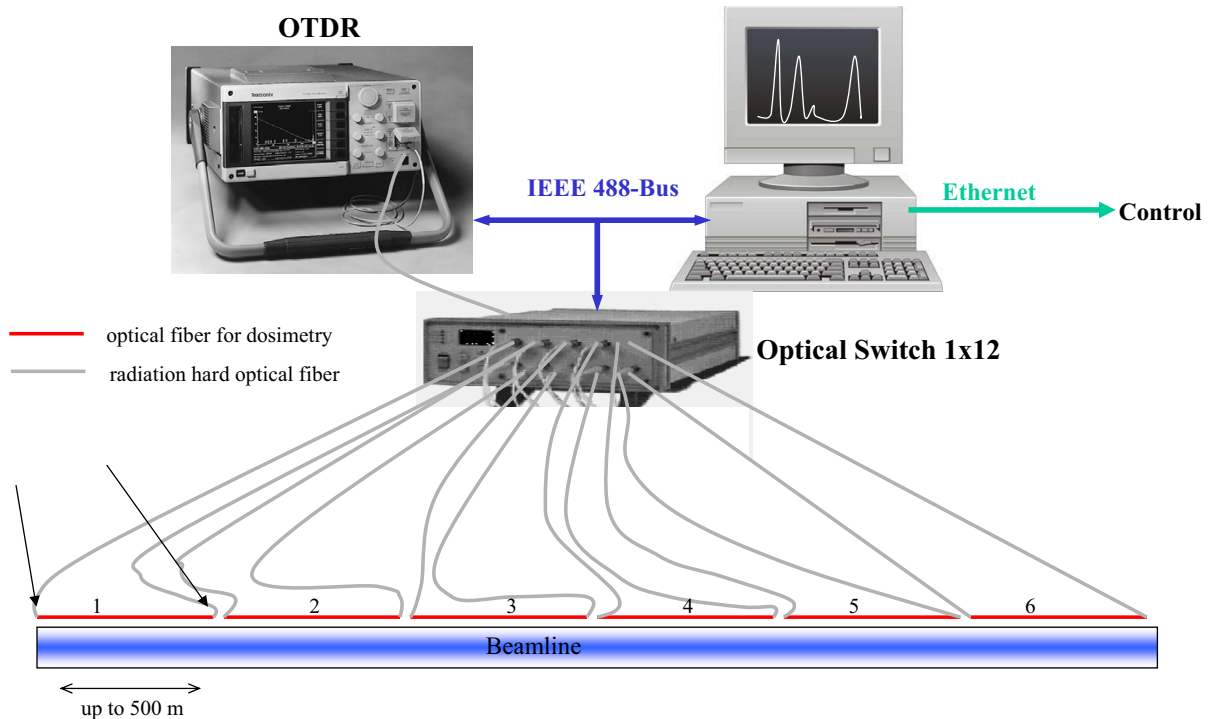
RIA along the beam line



OTDR fiber

3.1.3 Distributed dosimeter system (OTDR)

Schematic of a set up for long distance OTDR measurement

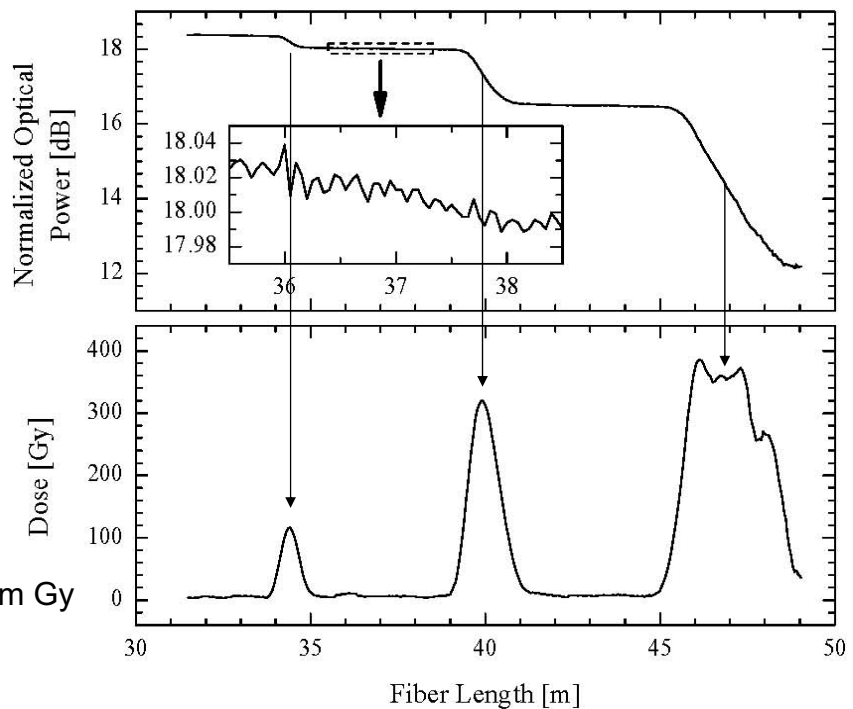


SEI Herbsttagung 2009

No. 18

21.9.2009 F. Wulf (HZB)

3.1.3 Distributed dosimeter system (OTDR)



typical values:

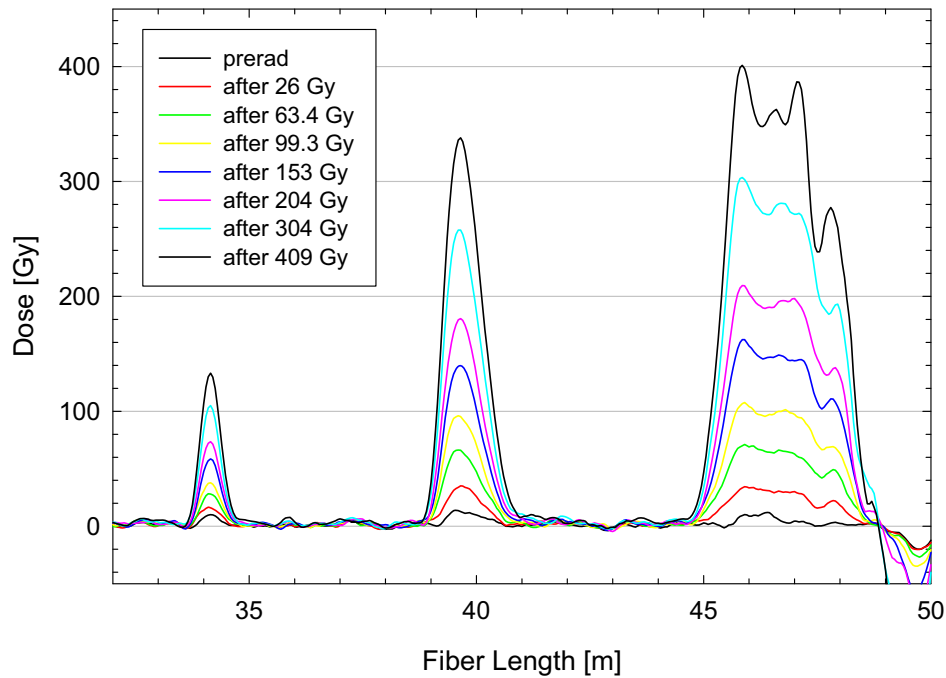
$\lambda = 829 \text{ nm}$, $c = 0.0042 \text{ dB/m Gy}$
 OTDR: pulse width: 3 ns
 Minimum Dose: 3 Gy
 local resolution: 1,5 m

SEI Herbsttagung 2009

No. 19

21.9.2009 F. Wulf (HZB)

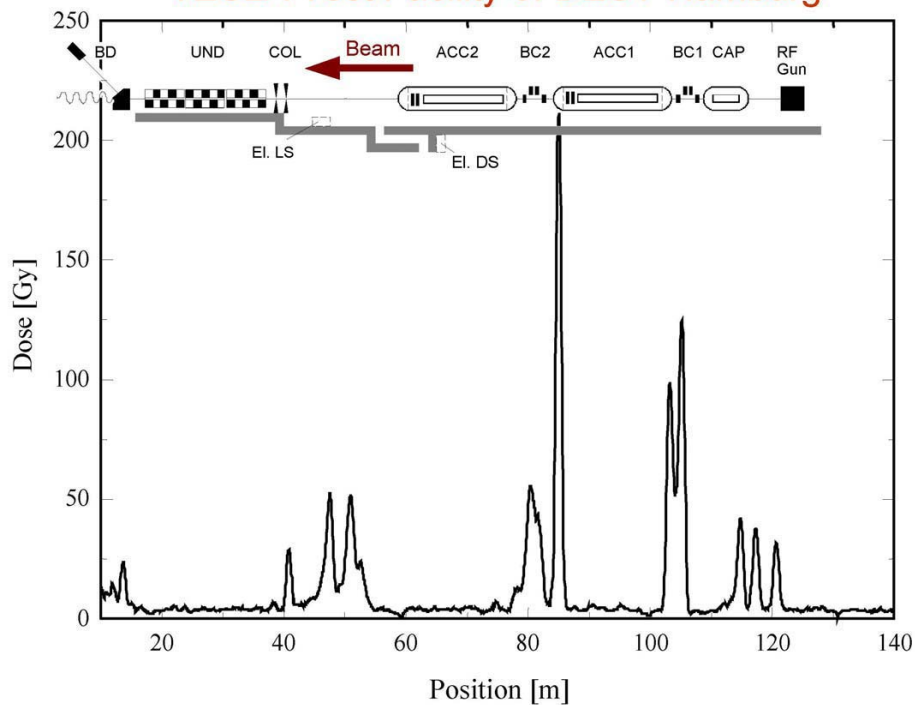
3.1.3 Distributed dosimeter system (OTDR)

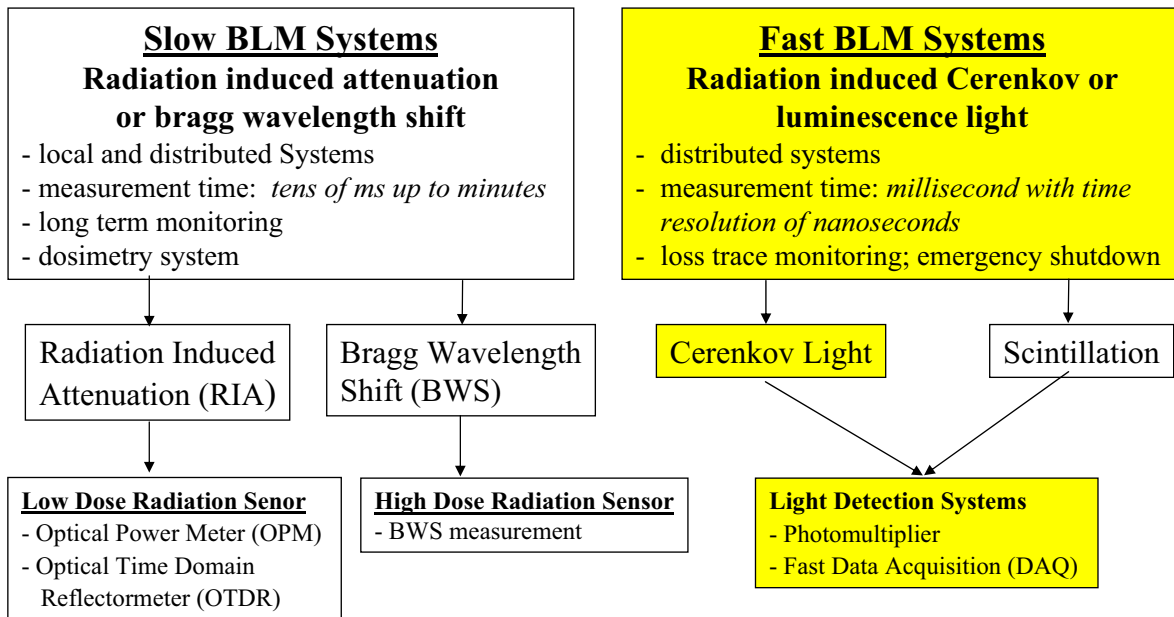


smoothing procedure Savitzky-Golay algorithm

3.1.3 Distributed dosimeter system (OTDR)

Beam loss measurements at TESLA Test Facility of DESY Hamburg





SEI Herbsttagung 2009

No. 22

21.9.2009 F. Wulf (HZB)

3.2.1 Beam loss position monitor

Installation at the undulator

Dosimetrie- and Cerenkov Fiber



Cut out for Power Meter Sensor

Undulator vacuum chamber

cross section of the vacuum chamber



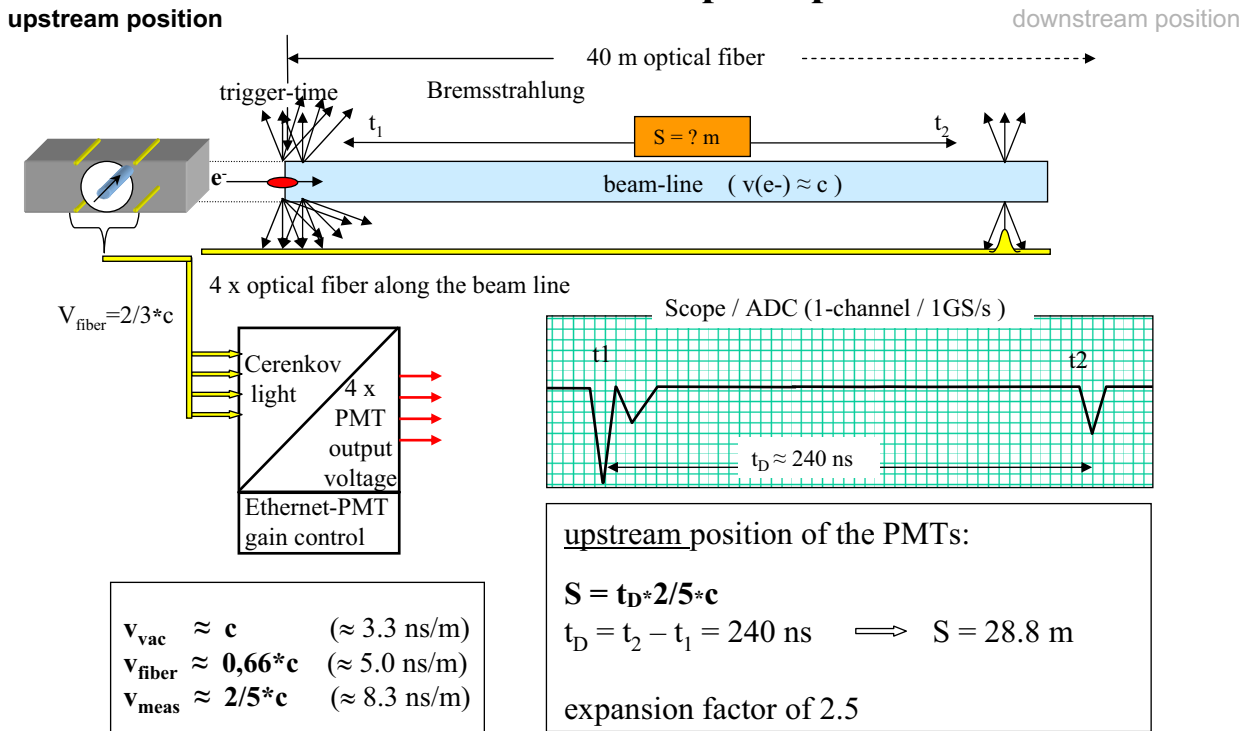
SEI Herbsttagung 2009

No. 23

21.9.2009 F. Wulf (HZB)

3.2.1 Beam loss position monitor

Measurement principle



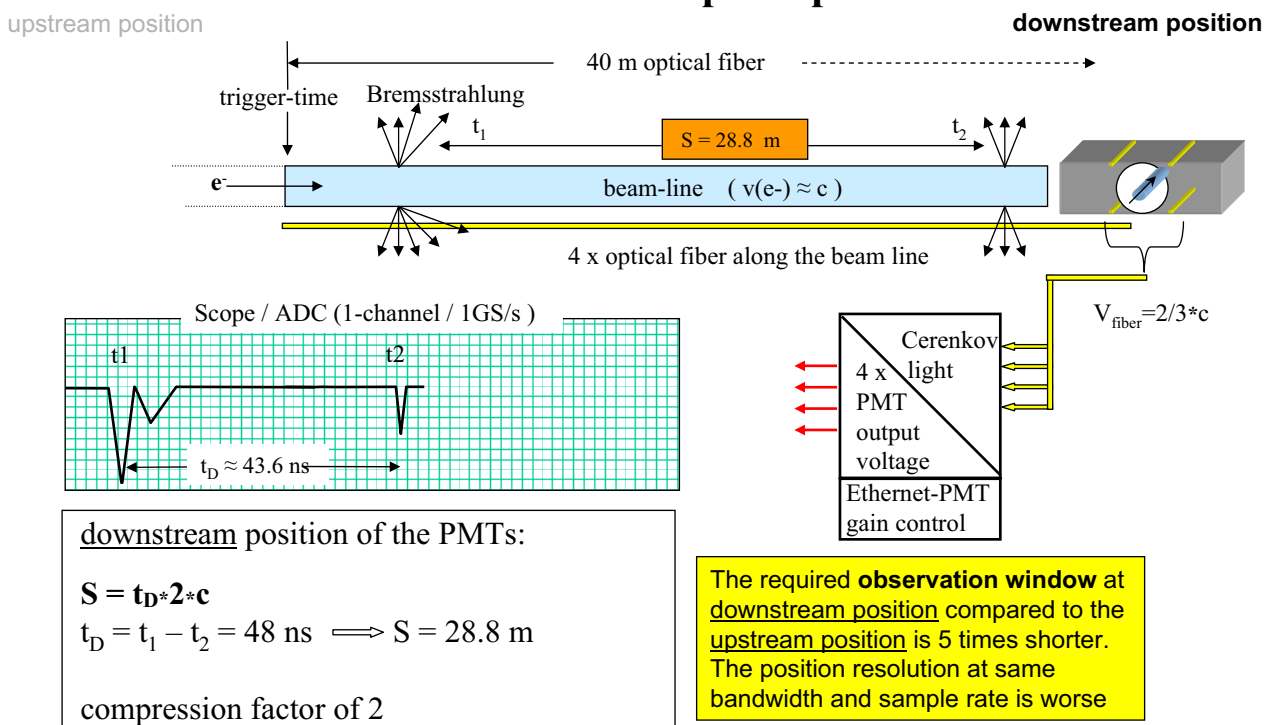
SEI Herbsttagung 2009

No. 24

21.9.2009 F. Wulf (HZB)

3.2.1 Beam loss position monitor

Measurement principle



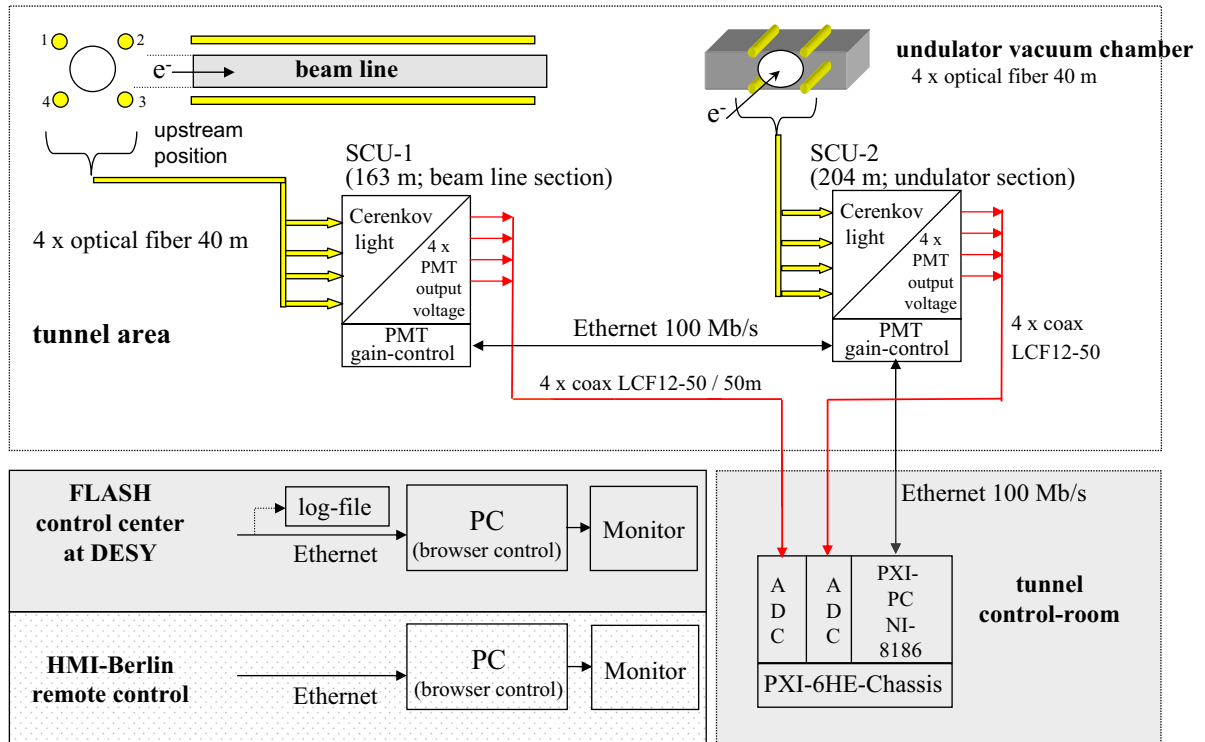
SEI Herbsttagung 2009

No. 25

21.9.2009 F. Wulf (HZB)

3.2.1 Beam loss position monitor

Measurement set up at FLASH



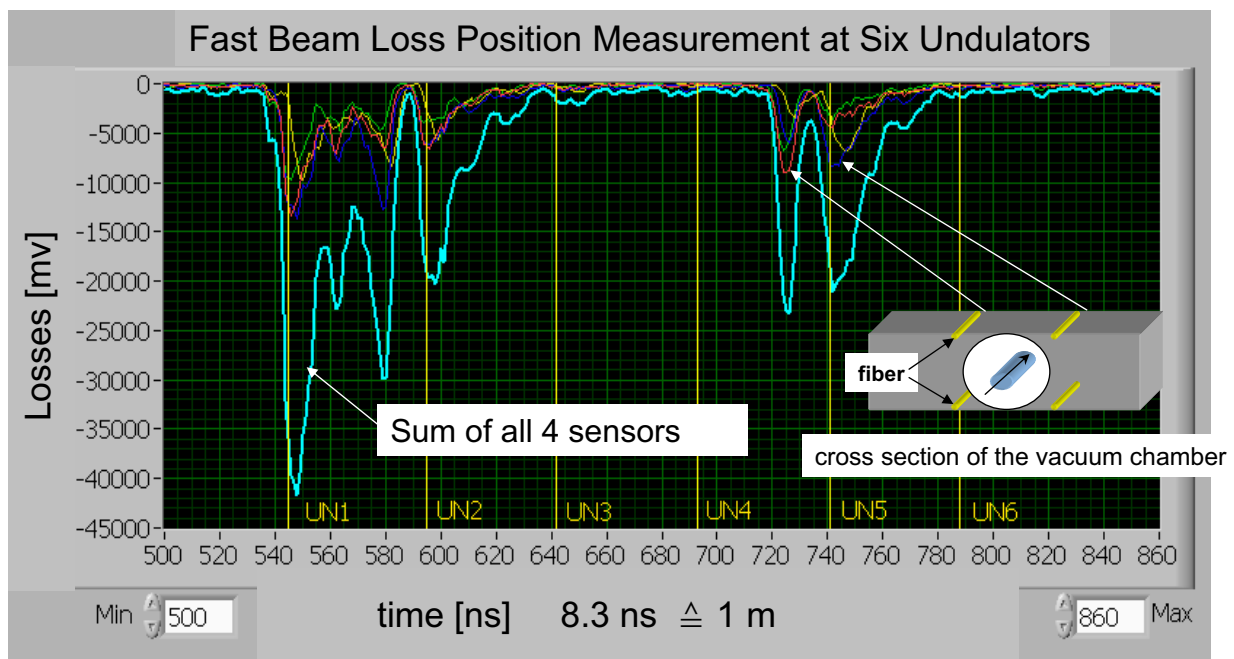
SEI Herbsttagung 2009

No. 26

21.9.2009 F. Wulf (HZB)

3.2.1 Beam loss position monitor

Screen shot at FLASH Measurement over the length of six undulators



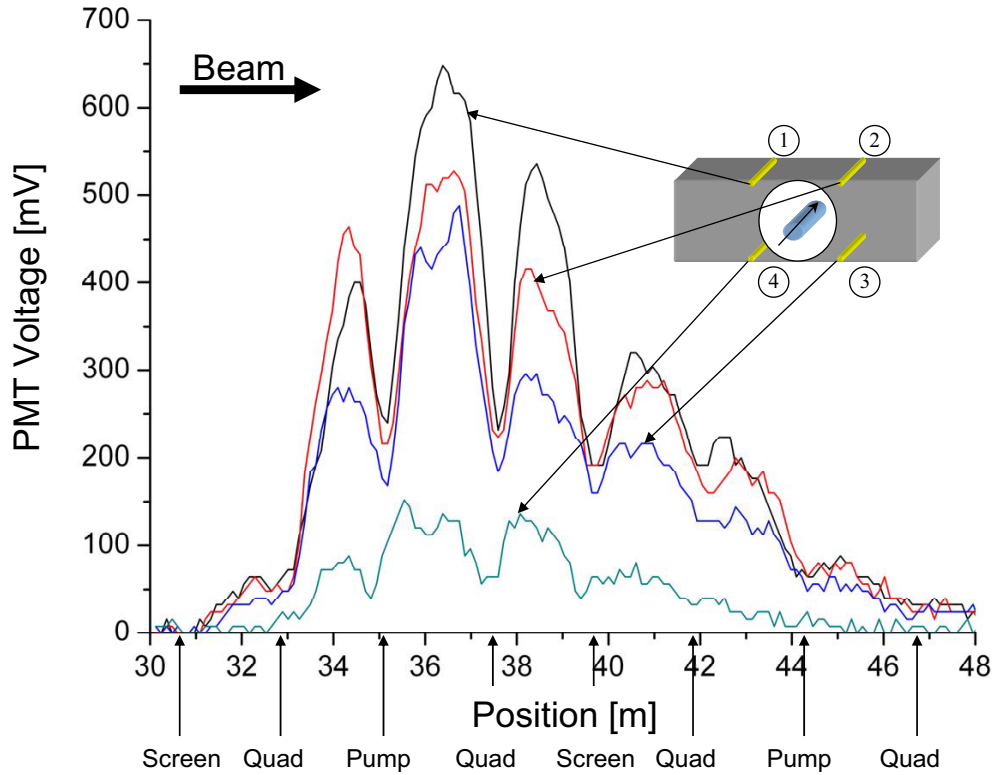
SEI Herbsttagung 2009

No. 27

21.9.2009 F. Wulf (HZB)

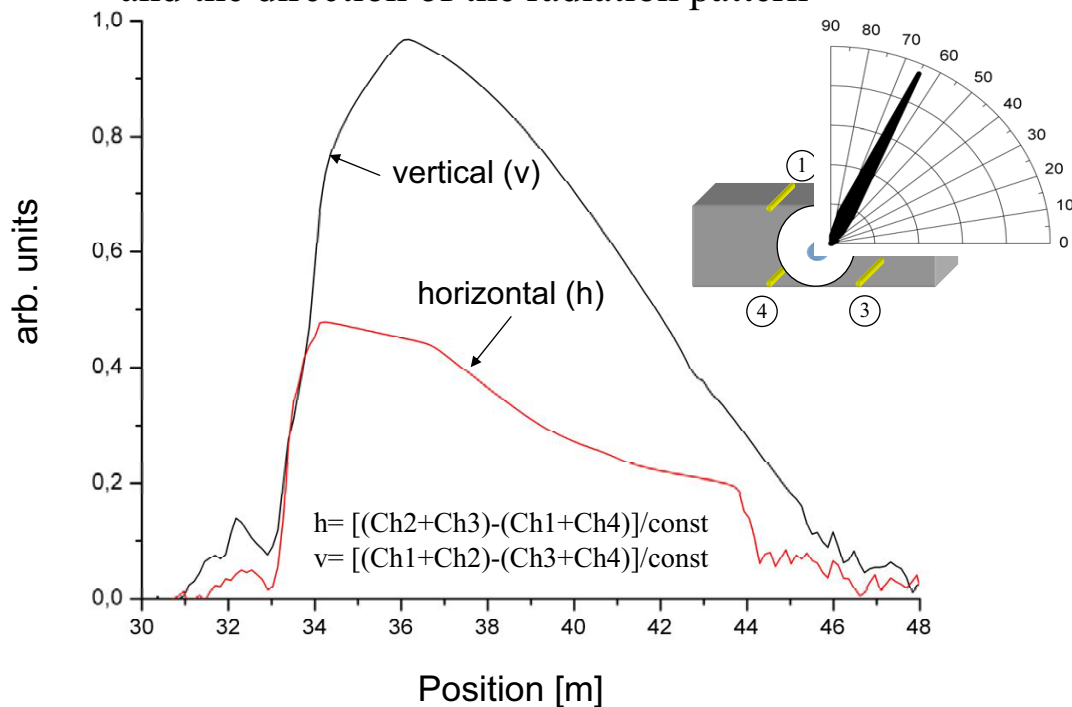
3.2.1 Beam loss position monitor

Cerenkov signals at an interesting section of the beam line



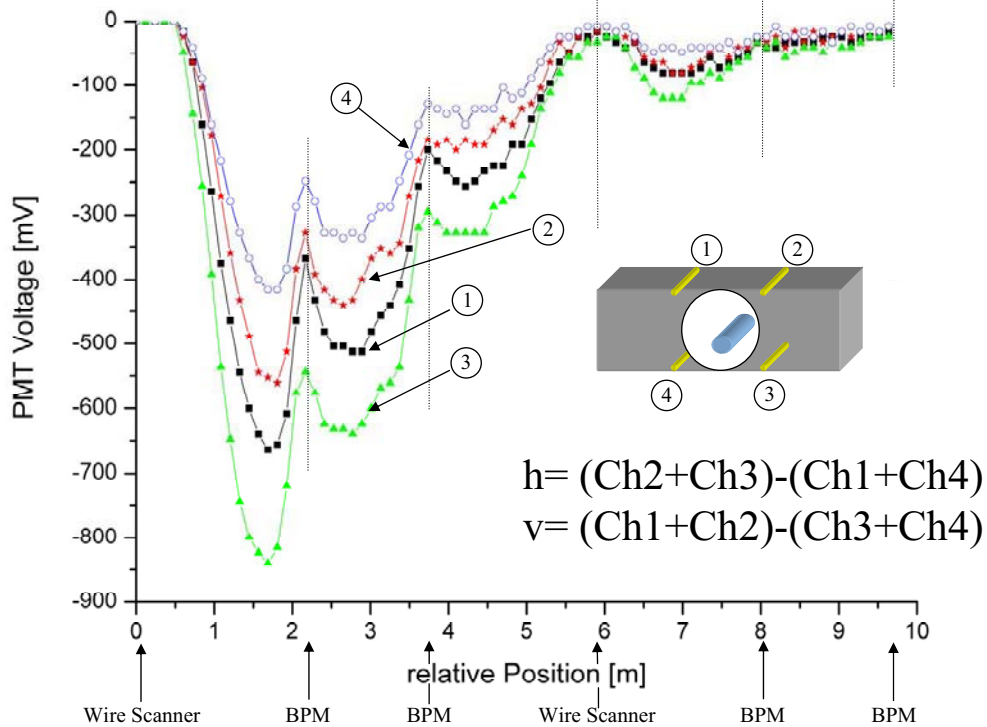
3.2.1 Beam loss position monitor

Enveloped function of the Bremsstrahlung along the beam line and the direction of the radiation pattern



3.2.1 Beam loss position monitor

Measurement at the undulators

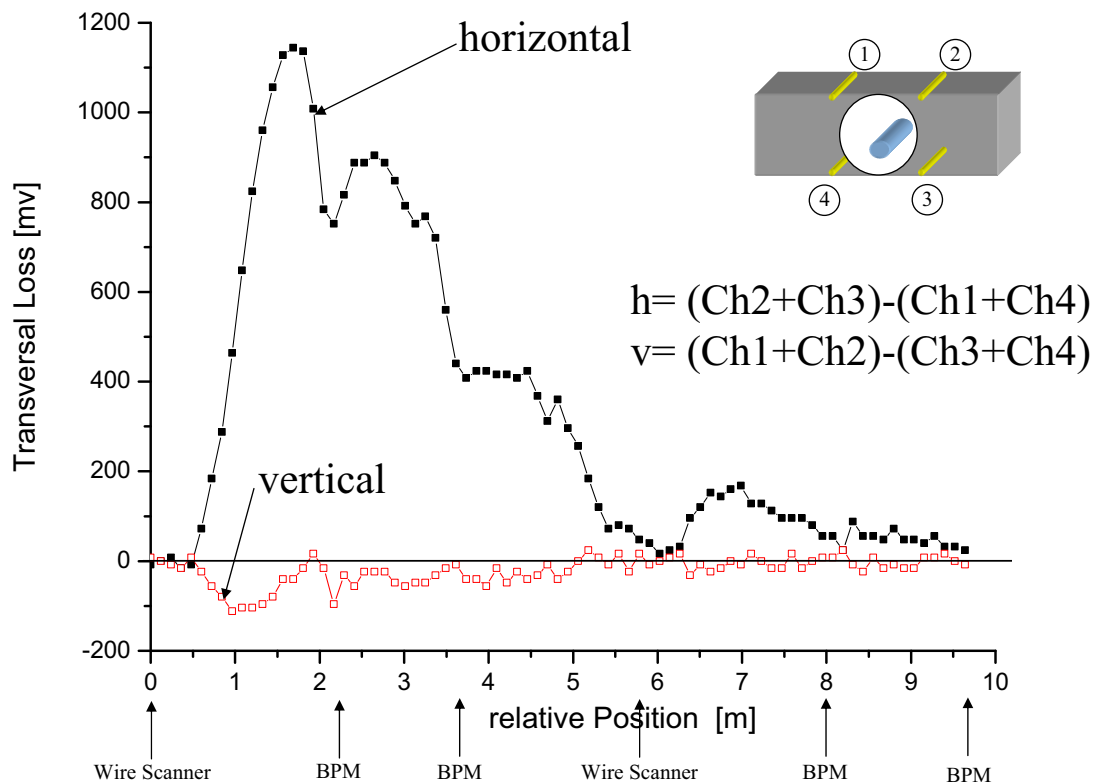


SEI Herbsttagung 2009

No. 31

21.9.2009 F. Wulf (HZB)

3.2.1 Beam loss position monitor

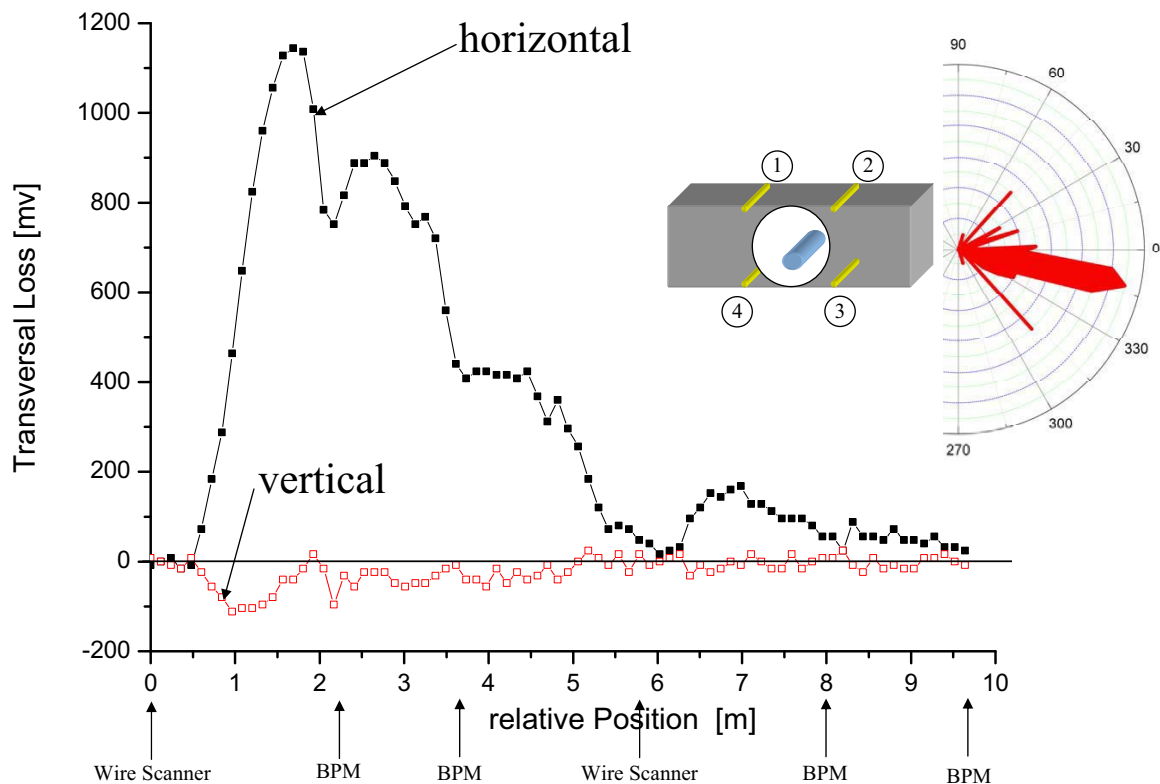


SEI Herbsttagung 2009

No. 32

21.9.2009 F. Wulf (HZB)

3.2.1 Beam loss position monitor



SEI Herbsttagung 2009

No. 33

21.9.2009 F. Wulf (HZB)

3.2.1.1 Beam loss position monitor sensitivity

The generated Cerenkov light in optical fibers depends on:

- the velocity of the particle,
- the incident angle,
- the energy of the particle,
- the distance between the particle trajectory and the center of the fiber

In addition, the light measured at the one end of the fiber is convolved with the:

- the fiber core diameter
- the refraction index
- spectral attenuation of the fiber
- the spectral quantum efficiency of the light detector

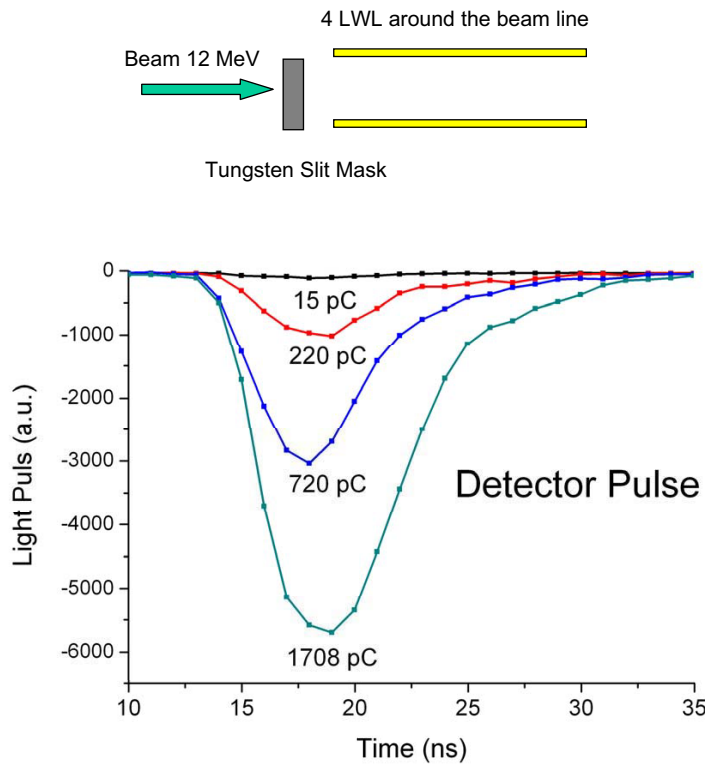
The maximum generated light in the fiber can be achieved when the incident angle between the particle trajectory and the fiber is about 45° .

SEI Herbsttagung 2009

No. 34

21.9.2009 F. Wulf (HZB)

3.2.1.1 Beam loss position monitor sensitivity

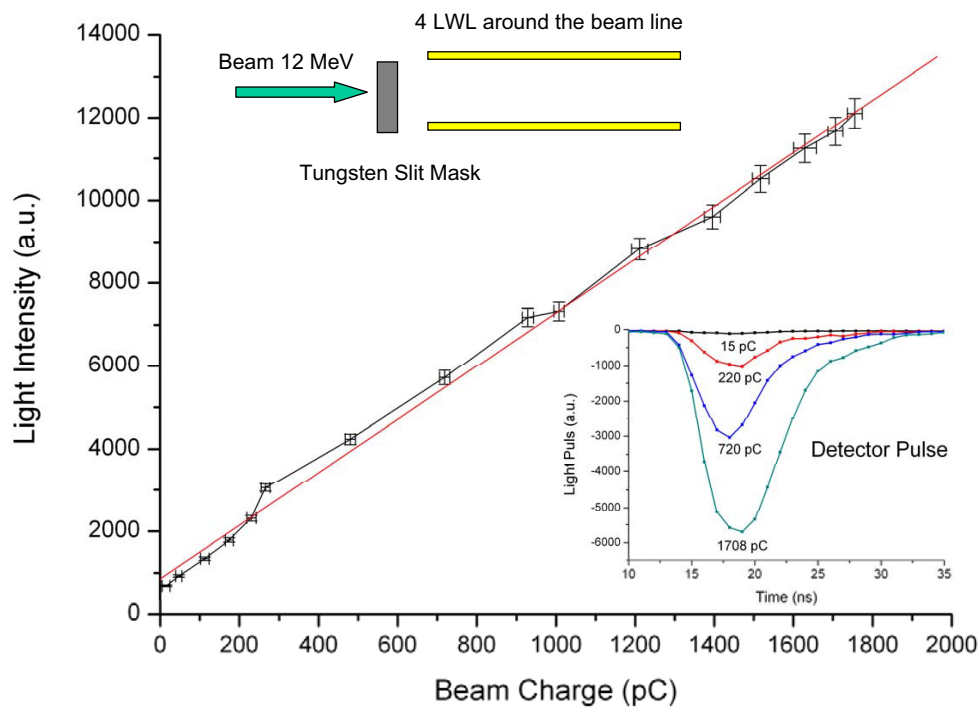


SEI Herbsttagung 2009

No. 35

21.9.2009 F. Wulf (HZB)

3.2.1.1 Beam loss position monitor sensitivity



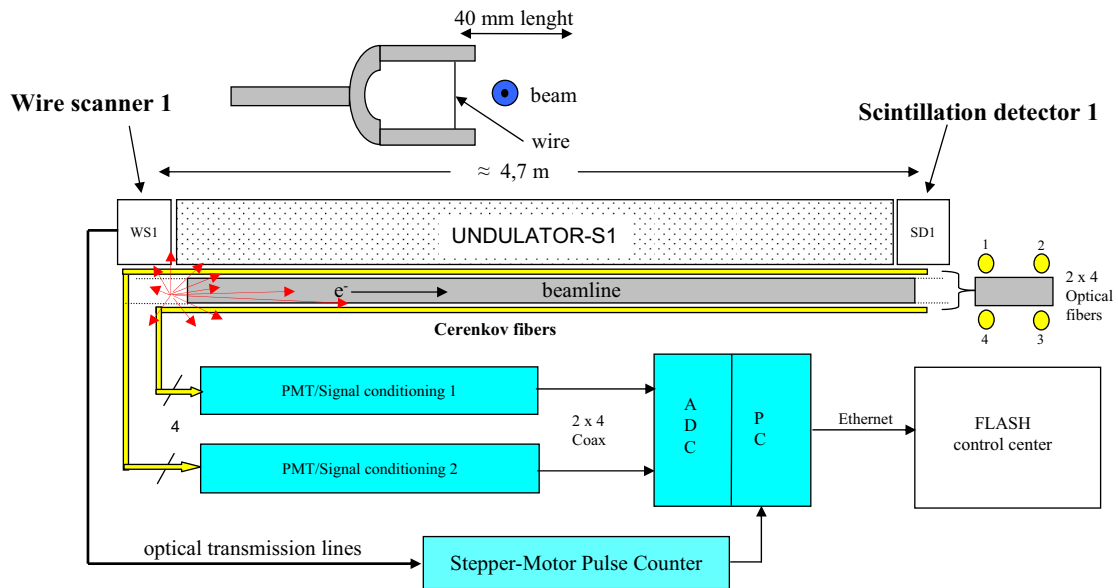
SEI Herbsttagung 2009

No. 36

21.9.2009 F. Wulf (HZB)

3.2.2 Beam profile monitor (BPM)

Wire scanner in combination with fiber sensors



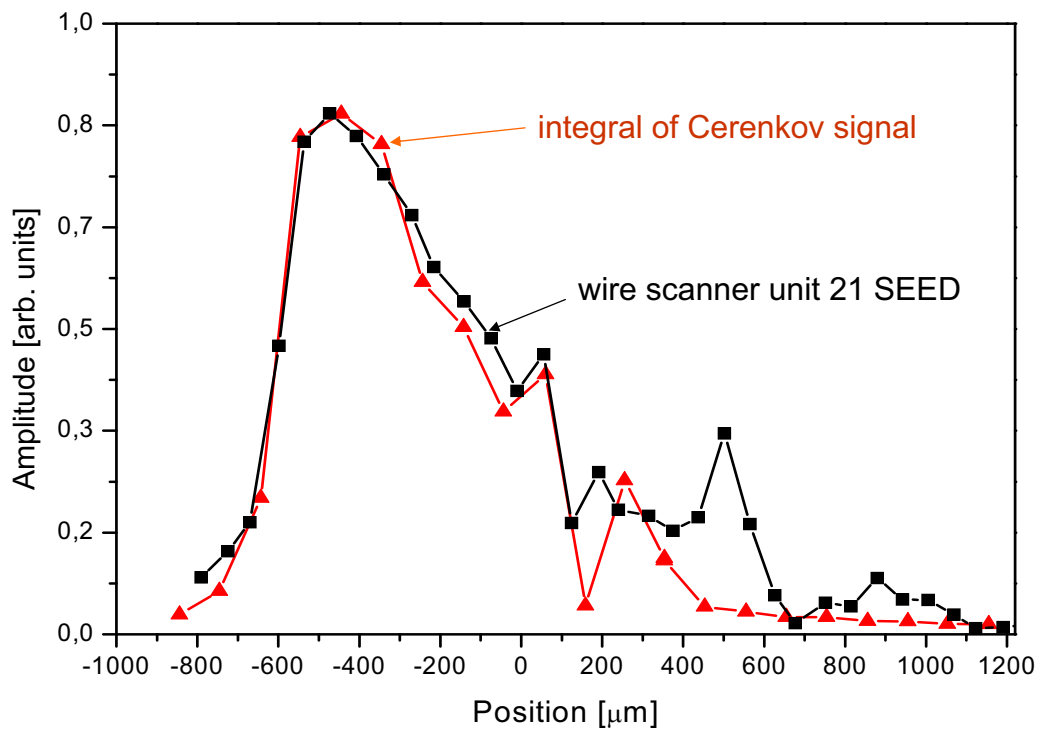
SEI Herbsttagung 2009

No. 37

21.9.2009 F. Wulf (HZB)

3.2.2 Beam profile monitor (BPM)

Horizontal beam profile measurement



SEI Herbsttagung 2009

No. 38

21.9.2009 F. Wulf (HZB)

4. Conclusion

| Application | Slow BLM Systems | | | Fast BLM Systems |
|---------------------------------------|--|-------------------------------------|---|--|
| | Distributed Dosimeter System | Local Dosimeter System | Local Dosimeter System (High Dose) | Beam Loss Position Monitor and Beam Profile Monitor |
| Measurement principle: | Optical Time Domain Reflectometer | Optical Power Meter | Bragg Wavelength shifting (Δ BWS) | Cerenkov Light |
| Bunch resolution | No | No | No | YES, with in one train |
| Measurement time (detection response) | minutes | ms to minutes | ms to sec | \leq ms with time resolution of 1 ns |
| Range of maximum dose TID [Gy] | 3 – 450 limited by OTDR | 0.06- 2000 limited by fiber type | $2 \cdot 10^3 - 10^6$ limited by fiber type | only a rough estimation possible, fiber can used until $1 \cdot 10^5$ |
| wavelength range | 850 - 1330 nm | 860 nm | 820 nm - 1,55 μ m $\Delta\lambda_B = 5-350$ pm | 200 - 850 nm |
| Position resolution | 1.5 m | 0.05 m | 0,5 m | 0.25 m |
| reasonable Fiber length* | \leq 5 km typical \leq 100 m sections | - | - | \leq 1 km typical 50 - 100 m sections |

* Depending on max. Dose and required position resolution

4. Conclusion

Installed measurement systems:

- FLASH, beam line and undulator, BPM system
- PITZ Injector beam line
- MAX-LAB undulator
- BESSY II, beam line
- DELTA storage ring Dortmund
- SLS (PSI)

ACKNOWLEDGEMENT

Dr. H. Henschel¹ U. Weinand¹
Dr. J. Kuhnenn¹ R. Awwad²
O. Köhn¹ M. Sachwitz³
H.-J. Grabosch³

We thank for the strong engagement over many years developing the powerful measurement set ups, data acquisition systems, the optimization and selection process of optical fibers and valuable contributions to the challenges of this successful executed research project.

¹ Fraunhofer Institut für Naturwissenschaftlich-Trendanalysen, INT, Euskirchen.

² DESY, Hamburg

³ DESY-Zeuthen

BEAM LOSS AND BEAM PROFILE MONITORING WITH OPTICAL FIBERS

F. Wulf, Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie, Germany
M. Körfer, DESY, Hamburg, Germany

Abstract

Beam losses and beam profiles at particle accelerators are determined by measuring the ionizing radiation outside the vacuum chamber. Four different radiation sensor systems using optical fiber will be presented. Two are based on the increase of radiation-induced attenuation of (Ge+P)-doped multimode graded index fibers, whereas the other two systems detect the Cerenkov light generated by relativistic electrons penetrating radiation hard fibers. The used fiber is an undoped multimode step-index fiber with 300 µm core diameter. Dosimetry at high dose levels uses the radiation induced Bragg wavelength shift of Fiber Bragg Gratings. The selection of a suitable fiber for the individual application is an important requirement and depends on the type, doping, used wavelength and annealing behavior. In addition, the dose range, dose rate and temperature must be considered. After an extensive selection procedure, two types of fibers for the particular application were chosen. One is used as a dosimetry sensor for the *slow* local and distributed beam loss position monitor (BLPM) and the other for *fast* beam loss monitor (BLM) as well as beam profile monitors (BPM). At six accelerators, all systems are used for in-situ particle loss control by measuring the ionization dose and/or Cerenkov light. These monitors provide a technique to improve the beam performance. This paper summarizes the basics of these measurement technologies and the experience at linear accelerators and at storage rings.

INTRODUCTION

Beam loss monitor systems (BLM systems) are an essential part of linear accelerators and storage rings. They allow the understanding of beam loss mechanisms during commissioning and operation and provide an option for an emergency shutdown. A proper understanding of beam loss events can improve machine performance, which consequently reduces also the radiation level for the used accelerator components. Well-known beam loss systems [1], like a) long and short ionization chamber, b) combination of scintillator and photomultiplier and c) PIN photo-diodes, d) scintillation counter, e) electron multipliers, f) cryogenic calorimeters have still some deficiency [2,3,4,5,6,7]. They do not cover the complete sections of the accelerator, particularly large undulator systems, and have an insufficient position and time resolution. It would be of great advantageous to monitor continuously on-line localized beam losses around the complete accelerator complex. Particular total dose measurements at the susceptible undulator magnets are desirable because they are made of radiation sensitive alloys. With in the framework of the TESLA/ILC (International Linear Collider) [8] and

FLASH (Free-Electron-Laser Hamburg) [9] design study. New concepts of BLM systems based on special types of optical fiber sensors were developed [10,11,12]. They have been tested during real operation at different accelerator facilities*.

OPTIMIZATION AND SELECTION OF OPTICAL FIBERS

Since 30 years it is well known that the radiation induced attenuation (RIA) of particular optical fibers [13,14,15,16,17,18,19] is a function of the total ionization dose (TID). This mechanism allows a reliable dose measurement up to a level of a few thousand Gray. For high dose applications the changes of the refractive index or Bragg wavelength shift (BWS) can be used. The radiation induced emission of Cerenkov light or luminescence mechanism are used for fast detection of radiation sources without calibration of TID. Fibers can also be made sensitive for thermal and fast neutrons [20,21,22]. The non-satisfying applications in the past rely at most on insufficient knowledge and control of the producing process of the fibers. An individual characterization of each lot is therefore indispensable. This is a key function for further usage of fiber radiation sensors. The influence of core material, cladding thickness, drawing speed of the fiber and coating material of pure silica core step-index fibers have been investigated in detail [23].

CLASSIFICATION OF BEAM LOSS MONITOR SYSTEMS

As shown in Fig. 1 the BLM systems are distinguished in two categories. One system measure the TID generated by the beam losses as a function of RIA. With an optical power meter, the RIA is measured at local position along the beam line, especially at the undulator. The resolution of the absorbed dose of the so called *local sensor system* is about 60 mGy with an updating time - depending of the number of used sensors - in the range of ms [25]. The *distributed sensor system* makes use of Optical Time Domain Reflectometer (OTDR) measurements. As a result of the attenuation measurement, the position and TID along the beam line or undulators can be calculated. At FLASH, typical sensor length is less then 100 m. The update time is in the range of some seconds with a position resolution of about 1.5 m. The dose resolution for the presented measurement setup is about 3 Gy [25]. The system of the second category detects the generated Cerenkov light in the fiber over a length of about 40 m with a

* PITZ, MAX-LAB, BESSY II, DELTA, SLS

position resolution of 25 cm, a response time below millisecond and a time resolution of nanosecond. This short time response makes the system also applicable for emergency shutdown.

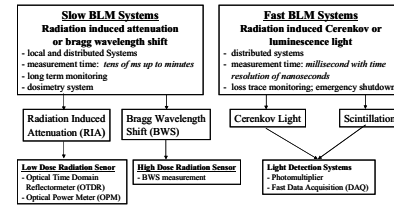


Figure 1: Classification flow chart of beam loss monitor systems using optical fiber sensor.

SLOW BEAM LOSS MONITOR SYSTEMS (DOSIMETER SYSTEM)

Slow BLM (response time between ms and minutes) require a dosimetry fiber with an excellent linearity between the TID and the RIA. They must have a large dose range in combination with small fading and annealing behavior respectively. The fiber must be insensitive against dose rate, temperature and radiation type and their energy. The simultaneous usage of the same fiber for the local and distributed sensor beam loss monitor system requires also a selection with respect to the bandwidth of the fiber. Low bandwidth show higher mode dispersion and increase the pulse broadening of the light pulse, which reduces the achievable position resolution. With an Optical Time Domain Reflectometer using a 3 nm pulse width and a laser wavelength of 850 nm, a bandwidth of 800 MHz * km is sufficient [24]. The long term experience at the FHG INT[#] and HMI[#] in optical fiber characterization facilitate the collaboration to an intensive selection process. As a result, for the dose measurement a (Ge+P) doped multimode gradient-index (MM GI) fiber [25] and for the measurement of the Cerenkov light a multimode step-index fiber (MM SI) [32, 33] was selected.

The following function approximates the RIA of fibers:

$$RIA [dB/m] = c(\lambda) \cdot D^f(\lambda) \quad [26] (1)$$

The constant c [dB/m Gy] expresses the radiation sensitivity, which is a strong function of the used measurement wavelength λ [nm] and D [Gy] the accumulated dose. The exponent f is the linearity factor close to 1 for fibers with low annealing effect. The fitting parameters for the MM GI fiber are:

$$\lambda = 678 \text{ nm: } c = 0.0369 \text{ dB/m Gy, } f = 0.972 \text{ and for } \lambda = 829 \text{ nm: } c = 0.0042 \text{ dB/m Gy, } f = 1.025$$

[#] Fraunhofer INT, Euskirchen, Germany, Hahn-Meitner Institut Berlin, now Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie, Germany

The fibers response passes into a non-linear function above a RIA level of 1 kGy and saturate at higher dose level. It was shown, that the RIA of a P-doped MM-GI covered with a heat resistant polyimide coating can be regenerated in short time at temperatures above 350°C with very little changes of their optical properties [27].

Local Dosimeter Systems

The functional principle of the local sensor system developed for sensitive TID measurements at selected accelerator positions is shown in Fig. 2. The sensor fiber is linked by radiation resistant fiber to the light source and on the other side to the optical power meter. For temperature control and calibration of the set up, one fiber is directly connected between light source and power meter. A typical set up used at an undulator consist of 16 measurement channels. The light source guided to the 16 output pigtailed of a 1:16 splitter made of 50/125 m GI fiber. Depending of the expected dose, the number of windings (typical 5-20) for each sensor can be adjusted. The coils of the sensor are mounted together with optical connectors on a holder (Fig. 3). This holder is mounted in prepared cut out of the vacuum chamber (Fig. 4).

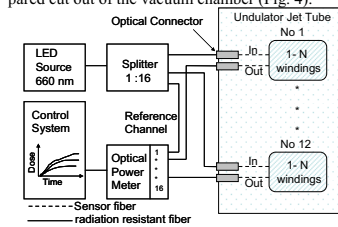


Figure 2: Functional principle of a local sensor system.

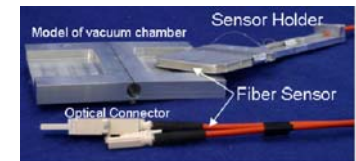


Figure 3: Sensor holder of the local sensor system.

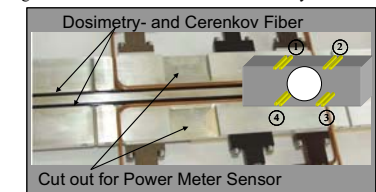


Figure 4: Detail of the vacuum chamber line of the undulator show the cut out for the power meter sensor, the OTDR and Cerenkov fiber.

Each output of the sensor module is connected to a power meter, which is controlled by a PC [25] and the data are forwarded to the accelerator control system. The TID values of the local sensor with optical power meter are in good agreement with reference TLD measurements [25,28].

Local Dosimeter System for High Dose Measurement

Fiber Bragg Gratings can be used as radiation sensor in high dose environment by measuring the Bragg wavelength shift (BWS) as a function of the absorbed dose [29]. The influence of the production process leads to a factor of three in BWS using the identical process parameter. A variation of the process parameter provides a BWS difference of nearly a factor of ten [30]. Up to a dose level of 100 kGy the fiber show no saturation and is almost independent of the radiation dose rate. They can be used up to a level of 1 MGy [30].

Distributed Dosimeter System

With standard Optical Time Domain Reflectometer technology, the change of the attenuation caused by the local irradiation along the beam line is measured. Only a few OTDR systems are available with adequate small pulse width and short wavelength combined with multi-mode modules⁺. The expected RIA and the dynamic range of the OTDR equipment defines the maximum sensor length for a given monitor section. Behind a fiber segment with a high RIA the following fiber section can not be measured. With a high precision optical switch many segments can be monitored with one OTDR system. At the FLASH undulator four fibers are placed in equidistant radial distance around the vacuum chamber (Fig. 4). That makes it possible to calculate the direction of the highest Bremsstrahlung level (highest beam loss) around the beam line. In the same way but with a larger distance to the beam line, four fibers are installed along the beam line.

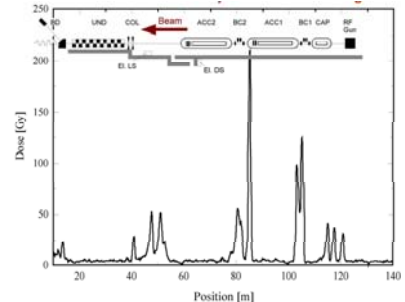


Figure 5: Measured TID along the entire beam line at the TESLA Test Facility, DESY Hamburg [31].

⁺ like Tektronix Fiber Master TFP2A

The accumulated dose during a long-term operation of 3 weeks at the TESLA Test Facility is shown in Fig. 5.

FAST BEAM LOSS MONITOR SYSTEMS (CERENKOV LIGHT)

Many previous publications describe the measurement of ionizing radiation by detection of the generated Cerenkov light in optical fibers. The implementation and systematic optimization of this technology was missing. The precondition is the selection of an optimal fiber as explained in the previous chapter. Two measurement systems are installed. The measurement set up for the undulator section and upstream beam line section is shown in Fig. 7. At the undulators four fibers are grouped together in equidistant radial distance around the vacuum chamber sharing the same cut outs with the OTDR fiber (Fig. 4). The fibers are connected in the tunnel to photomultipliers (PMT), which are selected with respect to their sensitivity.

Fast Beam Loss Monitor

Fast BLM require radiation resistant fiber with high bandwidth and large core diameter. Electrons with energies above 175 keV generate Cerenkov light in pure quartz fiber (n=1.46). Based on this effect, powerful BLM systems like beam loss position monitor (BLPM) [32] and beam profile monitor (BPM) [33] were developed. They use Fiber with pure silica core and high OH-content which are in general radiation resistant. However, F-doped fiber could reach higher radiation level without increasing the RIA [34]. The presented BLM systems use a multi-mode step-index fiber with a core diameter of 300 µm. The core diameter is a good compromise between the irradiation sensitivity and a required bandwidth. A black nylon buffer shields the fiber against the ambient light. The total diameter of the fiber is only 900 µm. In contrast scintillation fibers have high attenuations values and are radiation sensitive. This fiber type cannot be used for measurements over long distance or in applications with high dose level.

Typical curves of the Cerenkov light generated in the optical fibers over a length of six undulators during routine operation at FLASH are shown in Fig. 6.

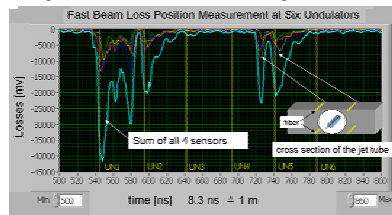


Figure 6: Screen shot at FLASH, in March 2009. At six undulators the Bremsstrahlung level at four positions is shown. An adjustable persistence mode improves the quality of the visualisation.

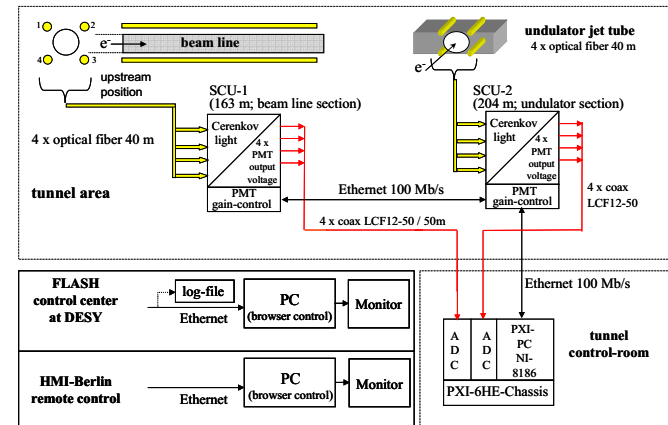


Figure 7: Measurement set up for BLPM and BPM at FLASH. One sensor group controls the undulator and a second one the beam line.

Measurement Set Up

The outputs of low noise preamplifiers are connected to fast ADCs (1 GS/s; 1 GHz bandwidth) installed outside the radiation area of the tunnel in a modular PXI-System. The system is synchronized with the bunch clock and controlled by an embedded CPU. The system is integrated in the FLASH control system. Selected events can be logged together with the machine status. Maintenance is executed via remote control from the HMI. This system is used for BLPM and BPM.

Beam Loss Position Monitor

The position of the radiation source is calculated by the time difference between a maximum peak height of the light pulse and the bunch clock trigger. The accurate location of the secondary shower with respect to the beam line layout can be determined by vacuum components like optical transition radiation (OTR) screen or wire scanner with their know position. It has been shown, that the position can be determined with an accuracy of about 25 cm measured at PITZ [35]. Due to the fact, that the velocity of relativistic electrons in vacuum (~ c) is higher than the light velocity in the fiber (~ 0.66*c) the measured light signals are stretched by a factor of 2.5 relatively to the electrons in the vacuum chamber. Installing the PMTs at the downstream position, the signals are compressed by a factor of two. This gives the possibility to detect single bunches at the downstream position with five times higher repetition rate as at the upstream position. However, with

the same bandwidth and sample rate the position resolution is than five times lower [36]. In Fig. 8 the principle result of BLPM measurement is shown. The losses are generated by an inserted OTR-screen. The intensity of the loss shower increases at the first quadrupole. The local minima of the signal are caused by the shielding effect of the components (quadrupoles, vacuum pumps e.g.) and transversal distance variation of the fiber with respect to the beam line. Nevertheless, using the maximum values of the signals, an envelope function can be calculated to define the direction of the centroid of the Bremsstrahlung shower as shown in Fig. 9.

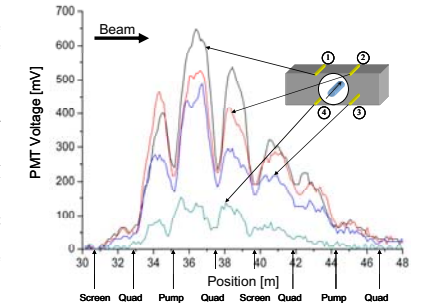


Figure 8: Typical results of the BLPM measurement at an interesting section of the beam line. The shielding effect of the beam components causes the minima of the signal amplitude.

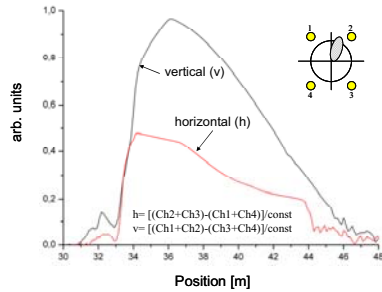


Figure 9: Enveloped function of the Bremsstrahlung shower as shown in Fig. 8.

Beam Profile Monitor

Beam profile measurement is an essential part of the beam diagnostic. Conventional systems use wire scanner systems (WS) [37] where only a fraction of the generated Bremsstrahlung in longitudinal direction is measured by a PMT at the end of a beam line section. The efficiency of this measurement principle is additionally reduced due to the shielding effect of the beam line components. The built in BLPM can be used to measure the Bremsstrahlung in the longitudinal as well as in the transversal direction, particularly direct after the wire scanner. The interesting parts of the beam are the beam core and tails. The measurement of the beam profile requires a large dynamic range of the detection system. In addition, parallel to the installed Cerenkov fiber group a second set of fibers are used. This gives the opportunity to measure at the same time with low and high amplification ranges of the PMT. This is necessary, because the sensitivity of the PMT after high illumination level needs a too long recovery time with respect to the fast movement of the wire

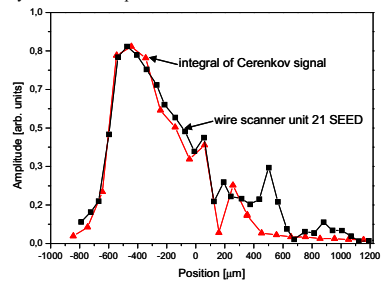


Figure 10: Horizontal beam profile measured with a standard wire scanner system compared to results obtained with an optical fiber BPM system. The maximum values are normalized. The measurements were taken one after another.

scanner itself. Figure 10 shows the good correlation between measurements with standard WS systems and the new BPM system. Detailed experimental results are given in [33]. A novel pre-amplifier increases the sensitivity of the BPM system by a factor of 10. This offers more detailed information about the beam tails. The combination of BLPM and BPM using the same measurement system gives fast information about the beam quality.

CONCLUSIONS

It has been shown that fiber used in *slow* beam loss monitor (BLM) systems - like distributed dosimeter system - and in *fast* BLM systems - like beam loss position monitor (BLPM) and beam profile monitor (BPM) - are useful tools for the optimization and control process of particle accelerators. In general, fiber sensors can be used in nearly inaccessible gaps or regions with high electrical or electromagnetic fields. It is an indispensable precondition, that a careful selection of the sensor fiber is necessary to meet the essential requirements. The local dosimeter system can be placed anywhere with individually adapted sensitivity and detection area. These sensors measure local doses with a resolution of some tens of milligrays in real time. Various numbers of sensors - connected together via an optical switch and splitter - can be measured in few milliseconds. Distributed dosimeters use the same fiber type. The fibers are installed up to several hundred meters along the accelerator beam line, tunnel or undulators, measuring the total ionization dose (TID) down to a few Gray with a position resolution of about 1.5 m. The measurement time is in a range of some minutes, depending on the required dose accuracy. The system is applicable to supervise the radiation level of the total accelerator environment. The (Ge+P) doped multimode gradient-index fiber with a heat resistant polyimide coating can be regenerated with very little changes of their optical properties. In a high dose environment the usage of Fiber Bragg Gratings seems to be a possible solution.

Fast BLM systems like BLPM and BPM enable the operator to control the beam loss along the entire beam line in transversal and longitudinal dimensions. It allows the identification of single bunches within one bunch train. The system response is in the range of millisecond with a time resolution of nanoseconds and a position resolution of about 25 cm. This allows an interactive control of the beam optimization process and gives the opportunity to trace the stability over all setting parameters of the beam. In addition, this system is applicable for fast emergency shut down. Optimized BPM systems provide a beam profile measurement with higher sensitivity to the beam core and beam tail compared to FLASH undulator wire scanner system. The important parameters of BLM with optical fibers are summarized in table 1. In the last years the presented BLM systems are not only used at FLASH but also at PITZ at DESY Zeuthen [35], Germany, MAX-Lab [38], Lund University, Sweden and at storage rings at BESSY II, Berlin, Germany and DELTA [39,40] in Dortmund, Germany.

ACKNOWLEDGEMENT

The development of the beam loss monitor systems was initiated by the Hahn-Meitner Institut Berlin - new name since 1.1.2009: Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie (HZB) - in collaboration with the DESY, Hamburg and the Fraunhofer Institut Naturwissenschaftlich-Trendanalysen (Fraunhofer INT), Euskirchen. We thank W. Goettmann of HZB, H. Henschel,

J. Kuhnenn, U. Weinand, O. Köhn, of Fraunhofer INT, and R. Awwad, of DESY, for the strong engagement over many years developing the powerful measurement set ups, data acquisition systems, the optimization and selection process of optical fibers and valuable contributions to the successful execution of this challenging research project.

Table 1: Summary of the Beam Loss Monitor Systems

| Application | Slow BLM Systems | | | Fast BLM Systems |
|---------------------------------------|--|-------------------------------------|---|--|
| | Distributed Dosimeter System | Local Dosimeter System | Local Dosimeter System (High Dose) | Beam Loss Position Monitor and Beam Profile Monitor |
| Measurement principle: | Optical Time Domain Reflectometer | Optical Power Meter | Bragg Wavelength shifting (Δ BWS) | Cerenkov Light |
| Bunch resolution | No | No | No | Yes, within one train |
| Measurement time (detection response) | minutes | ms to minutes | ms to sec | \leq ms with time resolution of 1 ns |
| Range of maximum dose TID [Gy] | 3 - 450 limited by OTDR | 0.06- 2000 limited by fiber type | $2 \cdot 10^3 - 10^6$ limited by fiber type | only a rough estimation possible, fiber can used until $1 \cdot 10^6$ |
| Wavelength range | 850 - 1330 nm | 860 nm | 820 nm - 1,55 μ m $\Delta\lambda_B = 5-350$ pm | 200 - 850 nm |
| Position resolution | 1,5 m | 0,05 m | 0,5 m | 0,25 m |
| Reasonable fiber length* | \leq 5 km typical ≤ 100 m sections | - | - | \leq 1 km typical 50 - 100 m sections |

* Depending on max. Dose and required position resolution

REFERENCES

- [1] K. Wittenburg, "Beam loss monitoring and control", Proceedings of the 8th EPAC 2002, Paris, France, pp 109-113.
- [2] K. Wittenburg, "Beam loss detection", Proc 1st DIPAC93 CERN PS/93-35 (DB) pp11-20.
- [3] B.Joly, U.Weinrich, G.A.Naylor, "Beam loss monitors at the ESRF", Proc. DIPAC 1999, Chester, UK, IT 3, pp 3-6.
- [4] H.Burkhardt, "How to use Beam Loss Monitors at the LHC?" Proc. Chamonix XI Workshop, Jan. 2001, CERN-SL-2001-003 DI.
- [5] P. Michel, J. Teichert, R. Schurig, H. Langenhagen, "Beam Loss Detection at Radiation Source ELBE", Proc. DIPAC 2003, CT05, pp 65-67.
- [6] J. Roelfe et al., "Long Ion Chambers Systems for the SLC", SLAC-PUB-4925, 3/1989.
- [7] K. Wittenburg, "Beam Loss Detection" DESY; Hamburg, Proc. 1st European Workshop on Beam Diagnostics and Instrumentation for Particle Accelerators, Montreux, Switzerland, 3-5.5.1993,CERN PS/93-35 (BD).
- [8] http://zms.desy.de/research/accelerators/international_linear_collider_ilc/index_eng.html.
- [9] http://zms.desy.de/research/accelerators/free_electron_laser_flash/index_eng.html.
- [10] Henschel, O. Köhn, M. Körfer, Th. Stegmann, F. Wulf, "Preliminary Trials with Optical Fiber Dosimeters at TTF", TESLA Report No. 2000-25, August 2000, pp 1-9.
- [11] H. Henschel, M. Körfer, K. Wittenburg, F. Wulf, "Fiber Optic Radiation Sensing Systems for TESLA", TESLA Report No. 2000-26, September 2000, pp 1-18.
- [12] E. Janata, M. Körfer, "Radiation Detection by Cerenkov Emission in Optical Fibers at TTF", TESLA Report No. 2000-27, 28. December 2000, pp 1-11
- [13] R.D. Maurer, E.J. Schiel, S. Kronenberg, R.A. Lux, "Effect of Neutron- and Gamma-Radiation on Glass Optical Waveguides", Appl. Opt. Vol. 12, No. 9, pp. 2024-2026, 1973.
- [14] B.D. Evans, G.H. Sigel, "Permanent and Transient Radiation Induced Losses in Optical Fibers", IEEE Trans. Nucl. Sci. Vol. 21, No. 6, pp. 113-118, 1974
- [15] P.L. Mattern, L.M. Watkins, C.D. Skoog, J.R. Brandon, E.H. Barsis, "The Effects of Radiation on the Absorption and Luminescence of Fiber Optic Waveguides and Materials", IEEE Trans. Nucl. Sci. Vol. 21, No. 6, pp. 81-95, 1974.
- [16] W. Gaebler, D. Bräuning, "Application of optical fiber waveguides in radiation dosimetry", 1st Intern. Conf. on Fiber Optic Sensors, pp. 185-189, London 1983.

- [17] W. Gaebler, "Characteristics of Fiber Optic Radiation Detectors", SPIE Vol. 403: Optical Fibers in Broadband Networks, Instrumentation and Urban and Industrial Environments, pp. 142-145, 1983.
- [18] W. Gaebler, "Glasfasern als Strahlungssensoren", Atomenergie-Kerntechnik, Vol. 43, No. 1, p. 64, 1983.
- [19] H. Bueker, F. W. Haesing, "Fiber-Optic Radiation Sensors", SPIE Col. 2425, 1994, pp. 106-114.
- [20] H. Henschel, O. Köhn, S. Metzger, M. Decréton, P. Devos, O. Deparis, J. Kirchhof, St. Grimm, "Neutron fluence and dose measurements by optical fibers", SPIE Vol. 2867, pp. 290-295, 1997.
- [21] B.R.L. Siebert, H. Henschel, "Calculation of fast neutron dose in plastic-coated optical fibres", IEEE Trans. Nucl. Sci., Vol. 45, No. 3, pp. 1570-1575, 1998.
- [22] H. Henschel, O. Köhn, W. Lennartz, S. Metzger, H.U. Schmidt, J. Rosenkranz, B. Glessner, B.R.L. Siebert, "Comparison between fast neutron and gamma irradiation of optical fibres", IEEE Trans. Nucl. Sci., Vol. 45, No. 3, pp. 1543-1551, 1998.
- [23] Kuhnhenh, J. and H. Henschel, "Influence of coating material, cladding thickness, and core material on the radiation sensitivity of pure silica core step-index fibers", 8th European Conference on Radiation and Its Effects on Components and Systems (RADECS 2005), Cap d'Agde, France.
- [24] H. Henschel, M. Körfer, and F. Wulf: "Fibre optical radiation sensing system for TESLA", DIPAC 2001 Proceedings, Paper CT-04.
- [25] H. Henschel, M. Körfer, J. Kuhnhenh, U. Weinand, F. Wulf, "Fibre optic radiation sensor systems for particle accelerators", Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, 2004. 526(3): p. 537-550.
- [26] D.L. Griscom, M.E. Gingerich, E.J. Friebele, "Radiation-Induced Defects in Glasses: Origin of Power-Law Dependence of Concentration on Dose", Phys. Rev. Lett. Vol. 71, No. 7, pp. 1019-1022, 1993.
- [27] J. Kuhnhenh, H. Henschel, O. Köhn, U. Weinand, "Thermal annealing of radiation dosimetry fibres", RADECS 2004, Torrejon de Ardoz, Proc. pp 39-42
- [28] H. Henschel, M. Körfer, J. Kuhnhenh, U. Weinand, F. Wulf, "Optical Fibre Dosimeter for SASE FEL Undulators", Proc. of DIPAC 2003, Mainz, Germany, 5-7 May, PT 31, p 248.
- [29] K. Krebber, H. Henschel, U. Weinand, "Fibre Bragg gratings as high dose radiation sensors?", Measurement Science and Technology, Volume 17, Issue 5, pp. 1095-1102 (2006).
- [30] Henning Henschel, Stefan K Hoeffgen, Katerina Krebber, Jochen Kuhnhenh, and Udo Weinand, "Influence of Fiber Composition and Grating Fabrication on the Radiation Sensitivity of Fiber Bragg Gratings", IEEE Transaction on Nuclear Science, Vol. 55, No. 4, August 2008, pp 2235-2242.
- [31] H. Henschel, M. Körfer, J. Kuhnhenh, U. Weinand, F. Wulf, "Fibre optic sensor Solutions for particle accelerators", Proc. 17th International Conference on Optical Fibre Sensors, 23-27 May 2005, Bruges, Belgium, pp 515-518, and Poster.
- [32] W. Goettmann, F. Wulf, M. Körfer, J. Kuhnhenh, "Beam Loss Position Monitor using Cerenkov Radiation in Optical Fibers", Proc. of DIPAC 2005, Lyon, France, POW026, pp 301-303.
- [33] W. Goettmann, M. Körfer, F. Wulf, "Beam Profile Measurement with Optical Fiber Sensors at FLASH", Proc. of DIPAC 2007, Vienne, Italy, TUPB 25, pp 123-125.
- [34] Thijs Wijnands, Luit Kort De Jonge, Jochen Kuhnhenh, Stefan Klaus Hoeffgen, and Udo Weinand, "Optical Absorption in commercial Single Mode Optical Fibers in a High Energy Physics Radiation Field", IEEE Transactions on Nuclear Science, Vol.55 (2008), No.4, pp.2216-2222.
- [35] H.-J. Grabosch, W. Goettmann, "Results of Test Measurements, Simulation of Beam-Loss with FLUKA", SEI Tagung, Report; HMI-B 619, ISSN 0936-0891, Ruhr Universität Bochum, 24. - 26. Sept. 2007, pp 176-191.
- [36] W. Goettmann, et. al., "Strahlverlustmessung durch Messung der Cerenkovstrahlung in Lichtwellenleitern" SEI Herbsttagung, 26. - 28. Sept. 2005 Berlin, HMI-B 2005, ISSN 0936-0891, pp 49-61.
- [37] N. von Barga et al., "Prototype of a Wire Scanner for TTF II", TESLA Report 2002-8.
- [38] J. Bahrtdt, et al., "Status of the undulator system on the seeded HGHG-FEL test bench at MAX-lab", International Free Electron Laser Conference 2007, Novosibirsk (2007).
- [39] G. Schmidt, E. Kasl, K. Wille, M. Körfer, H. Henschel, J. Kuhnhenh, "Optical Fibre Beam Loss Monitors for Storage Rings at DELTA", Proc. EPAC 2002, Paris, France, pp 1969-1971.
- [40] F. Rüdiger, G. Schmidt, K. Wille, M. Körfer, W. Göttdmann, "Beam Loss Position Monitoring with optical Fibres at DELTA", Proc. EPAC June 23- 27, 2008, Genoa, Italy, TUOC0M3, p 1032.

Rekonfigurierbare FPGAs in DAQ Systemen

- Einleitung
- Motivation für FPGA Rekonfiguration
- Anwendungen im IPE
- Dynamische Rekonfiguration
- Zusammenfassung und Ausblick



Vorteile von Systemen mit rekonfigurierbaren FPGAs

- Verwendung gleicher Hardware
- Flexible Anpassung an das Experiment
- Wiederverwendung von Funktionsmodulen
- Geringer Aufwand für die Experiment spezifischen Änderungen
- **Geringere Kosten**

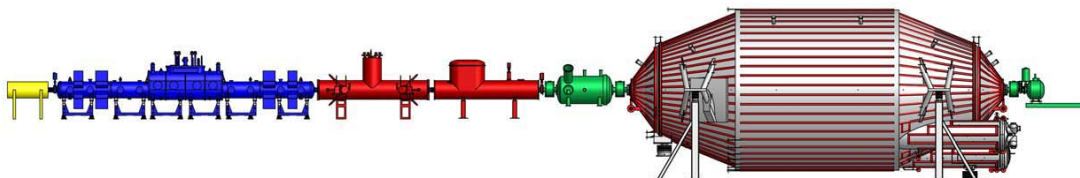
DAQ System für das AUGER Experiment

- Detektion hochenergetischer kosmischer Strahlung
- 440 Photomultiplier
- Digitalisierung
- Energiediskriminierung FLT
- Spur- und Koinzidenztrigger SLT



DAQ System für KATRIN Experiment

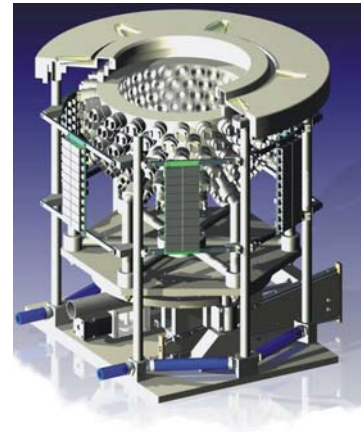
- Neutrinomassenbestimmung über Tritium β -Zerfall
- Vielkanaliges Spektroskopiesystem



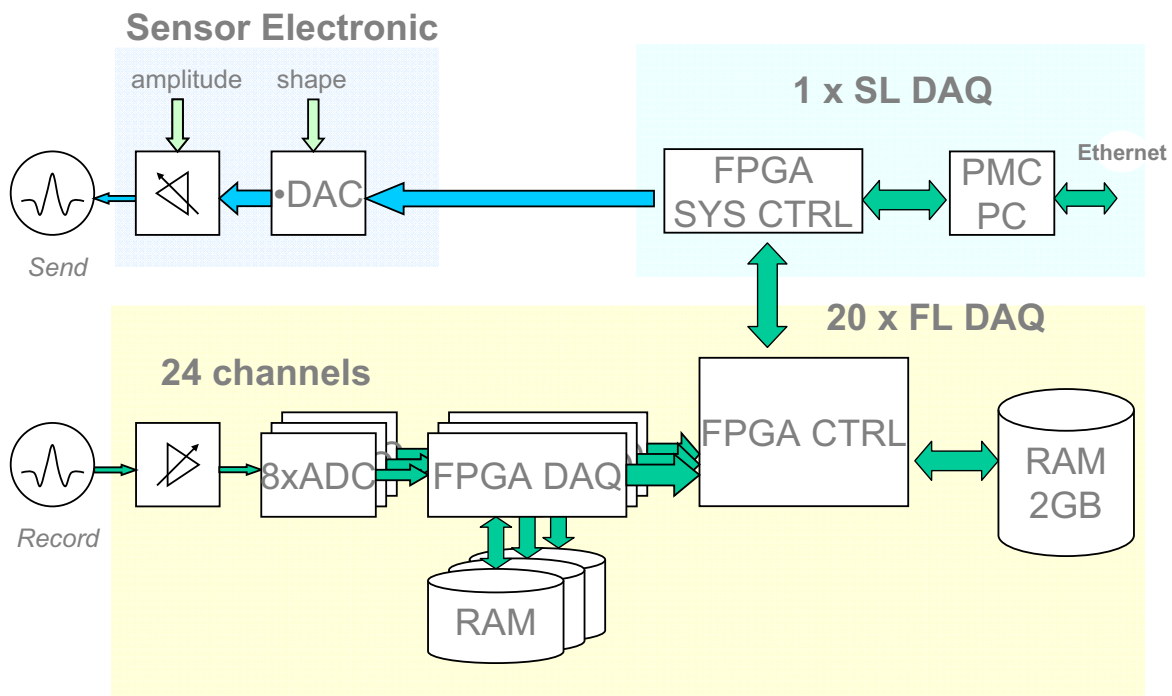
- 148 Kanäle
- Energieanalyse
- Triggerbildung

DAQ System für Ultraschall-CT

- Ultraschalluntersuchung für die Brustkrebserkennung
- 3D USCT II
 - Sensorträger Rotationsellipsoid
 - Rotation und Z-Translation
 - ca. 2500 Sendekanäle
 - 480 Empfangskanäle
 - Datenaufnahme mit 20 MHz
 - Datenspeicherung im Aufnahmesystem (20 x 2 GB)



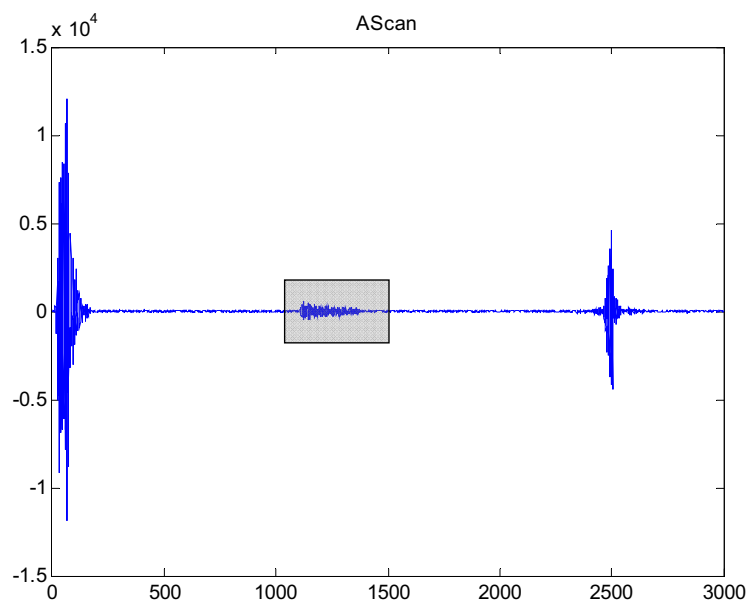
Datenaufnahmesystem



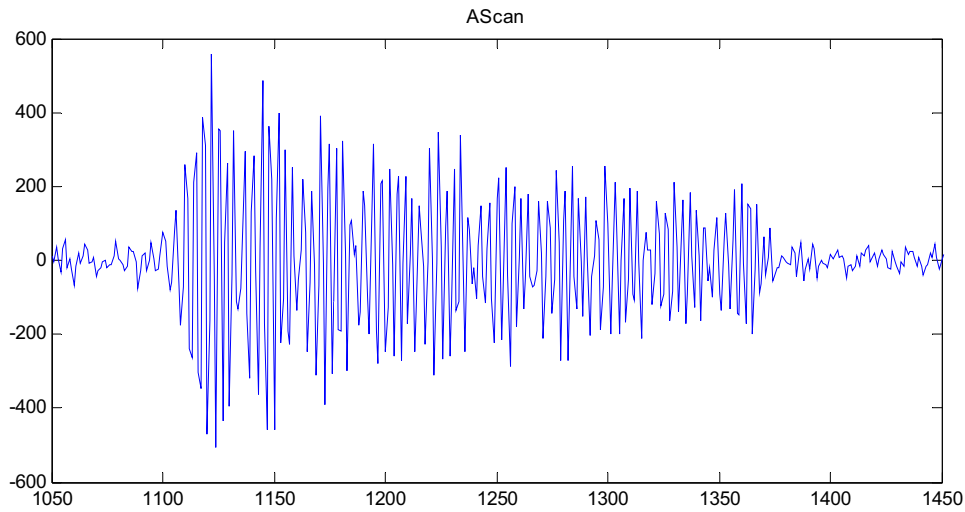
- **Signal Aufnahme** **DAQ System**
- **Matched Filtering** **PC → DAQ System**
- **Einhüllende**
- **Maxima-Detektion**
- **Faltung**

- **SAFT** **PC**
 Synthetic Aperture Focusing Technology

AScan aus realer USCT Messung



A-Scan aus realer USCT Messung



9 Matthias Balzer IPE

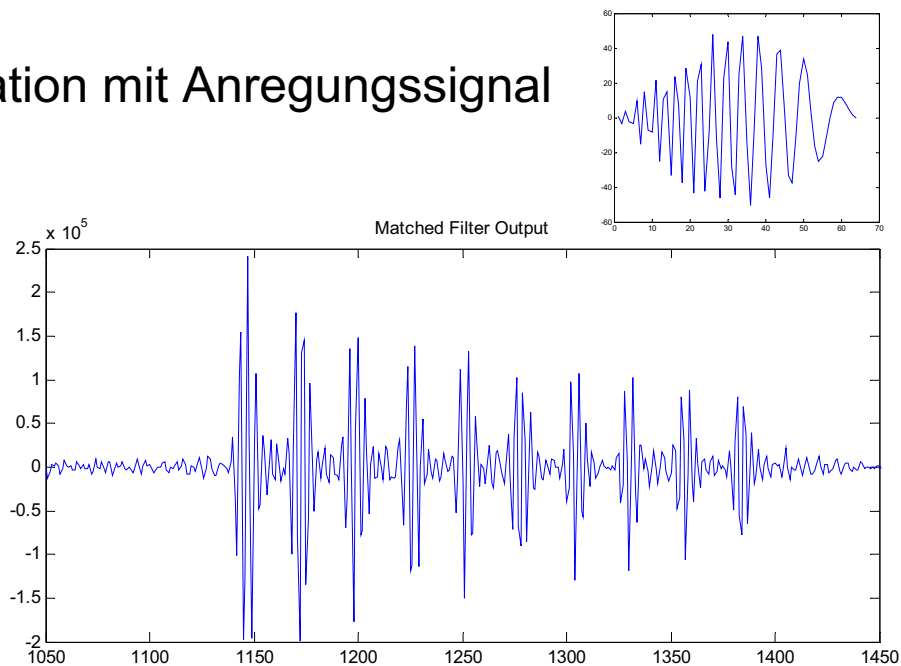
KIT – die Kooperation von
Forschungszentrum Karlsruhe GmbH
und Universität Karlsruhe (TH)



Forschungszentrum Karlsruhe
in der Helmholtz-Gemeinschaft

Matched Filter

Korrelation mit Anregungssignal



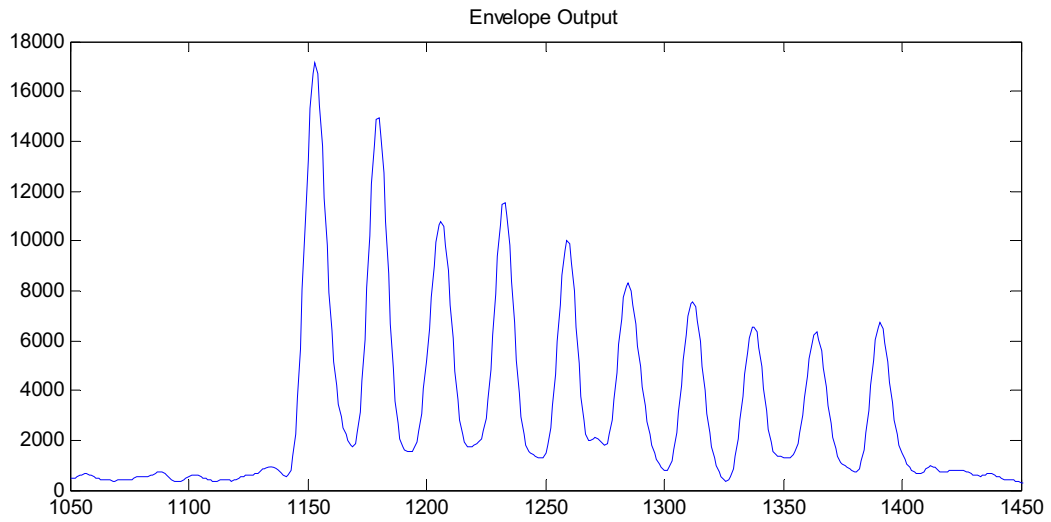
10 Matthias Balzer IPE

KIT – die Kooperation von
Forschungszentrum Karlsruhe GmbH
und Universität Karlsruhe (TH)



Forschungszentrum Karlsruhe
in der Helmholtz-Gemeinschaft

Envelope Bildung



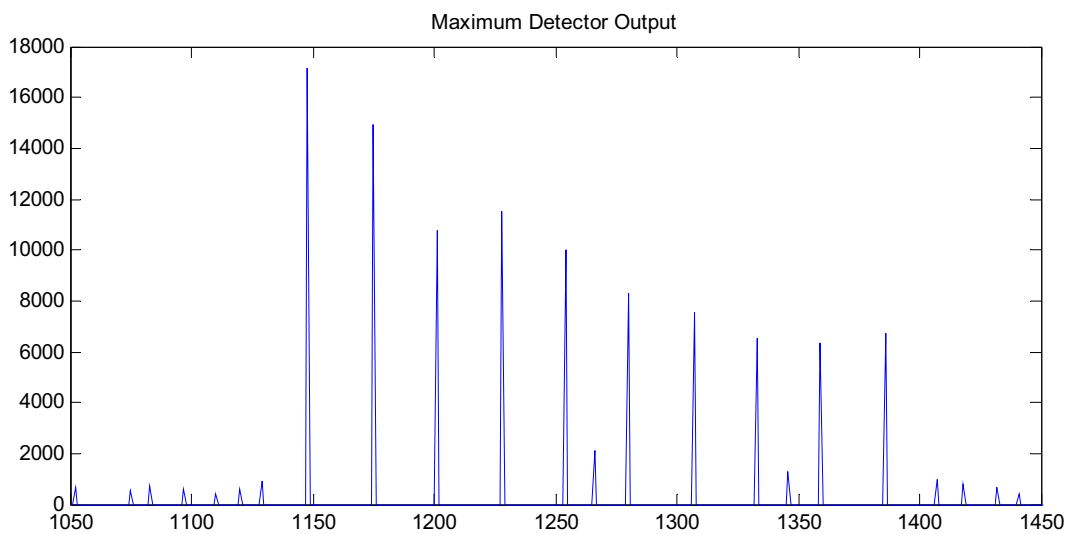
11 Matthias Balzer IPE

KIT – die Kooperation von
Forschungszentrum Karlsruhe GmbH
und Universität Karlsruhe (TH)



Forschungszentrum Karlsruhe
in der Helmholtz-Gemeinschaft

Maxima Detektion

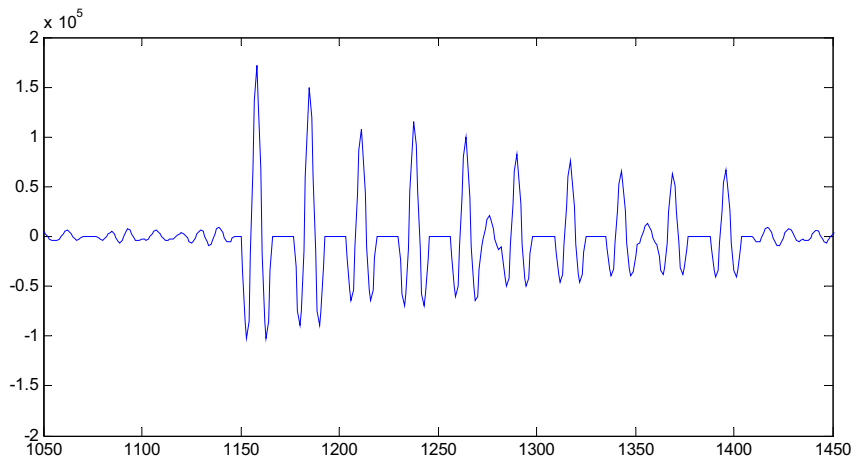


12 Matthias Balzer IPE

KIT – die Kooperation von
Forschungszentrum Karlsruhe GmbH
und Universität Karlsruhe (TH)



Forschungszentrum Karlsruhe
in der Helmholtz-Gemeinschaft



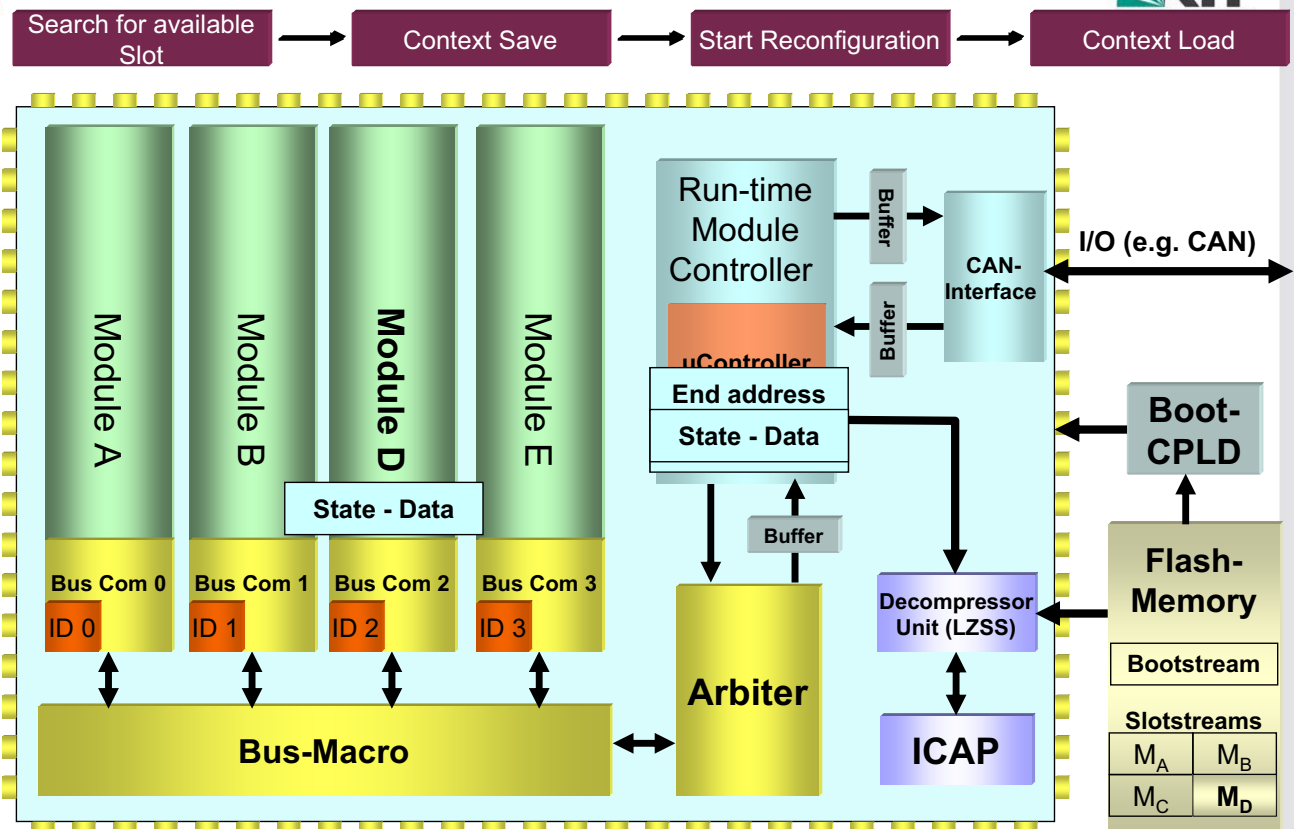
Implementierung der Algorithmen

- FPGA: Cyclone II (EP2C35)
- Ressourcen:
 - LE: 33% (10.802 / 33.216)
 - MBit: 62% (299.008 / 483.840)
 - Embedded Multiplier 50% (35 / 70)
- Maximale Taktrate: 74,26 MHz

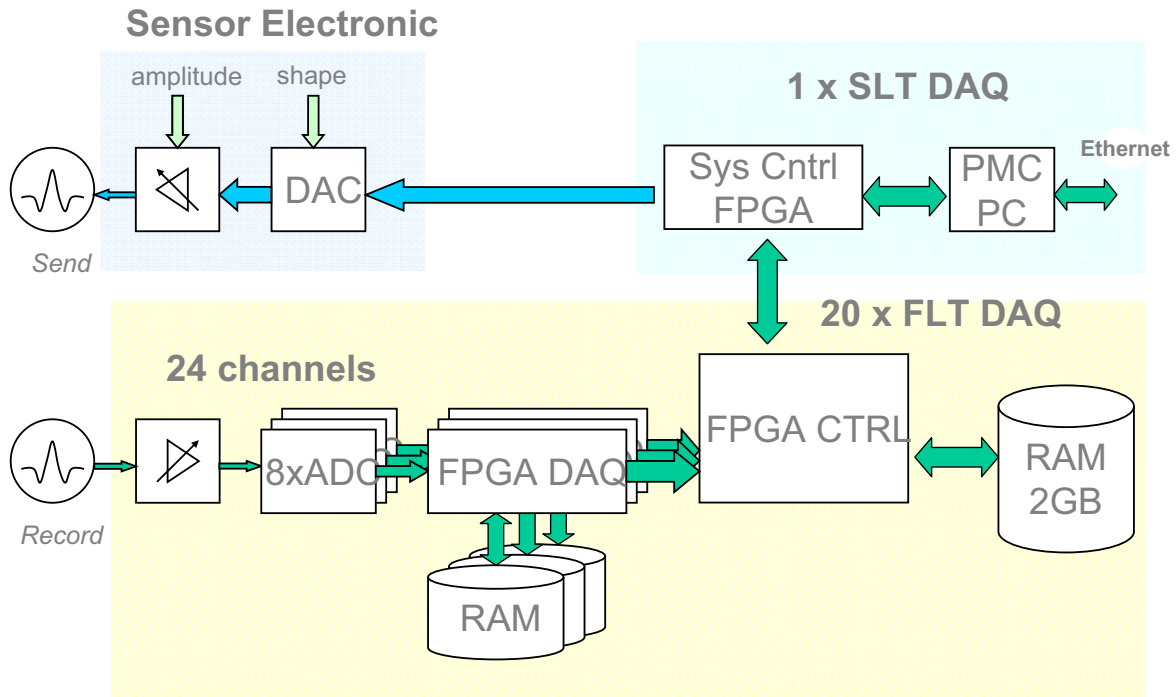
Dynamische Rekonfiguration von FPGAs

- Änderung der Funktionalität bei laufendem Betrieb
- ACTEL Flash ☹️
- LATTICE SRAM 😊
- ALTERA SRAM 😊
- (ATMEL SRAM 😊 😊 geringe Komplexität)
- XILINX SRAM 😊 😊 😊

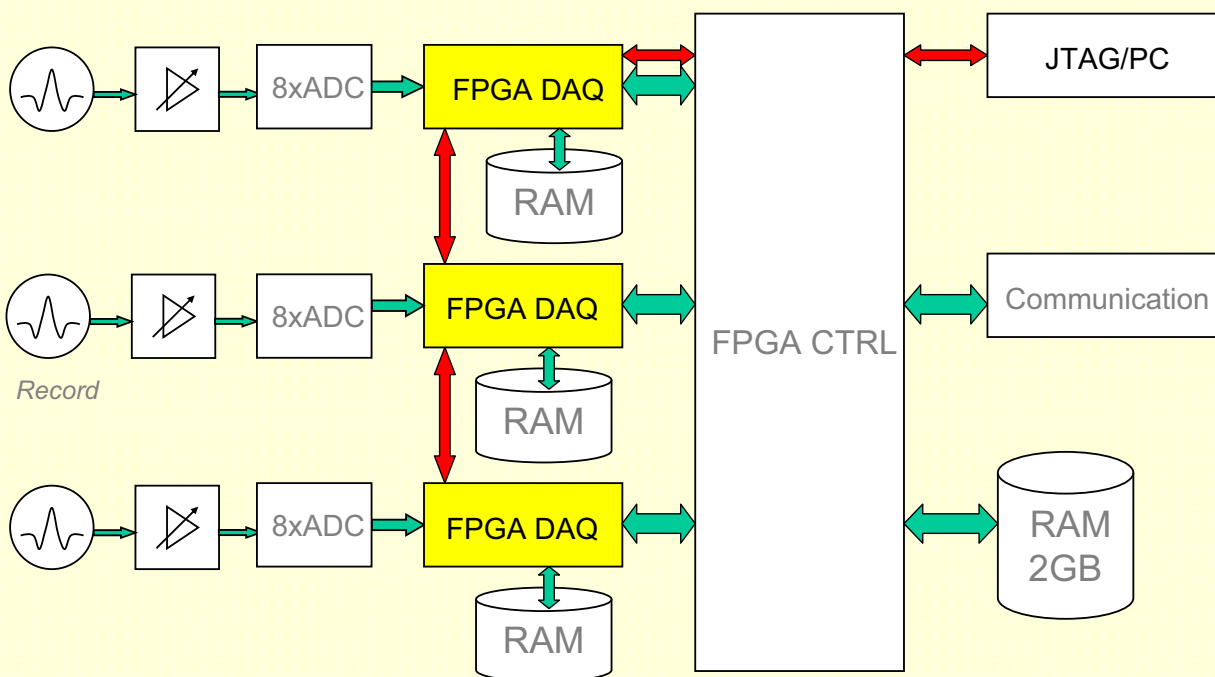
XILINX ITIV Universität Karlsruhe



IPE Datenaufnahmesystem (DAQ)



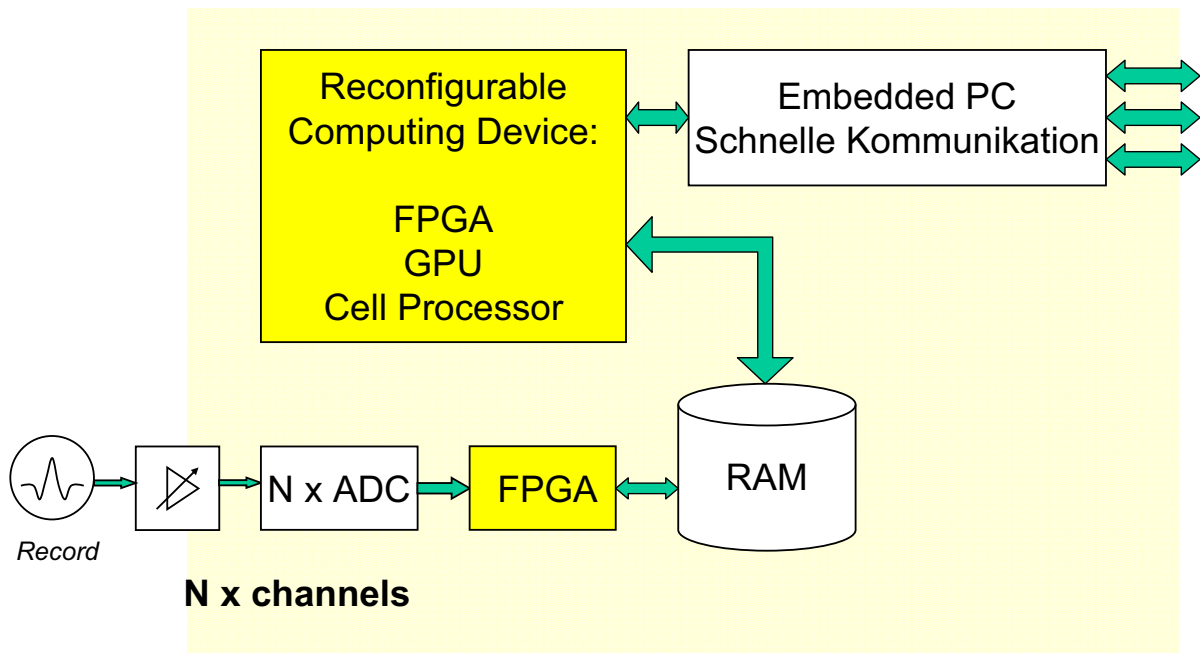
Dynamische Rekonfiguration des DAQ



- Untersuchung der Algorithmen
 - Parallelisierung
 - Partitionierung
 - Synchronisierung
- Kontroll- und Datenfluss
- Test des Systems
- Tool chain

- Rekonfigurierbare DAQ Systeme
 - Schnelle Realisierung & Adaption
 - Geringe Kosten
- Dynamische Rekonfiguration
 - Spezielle Implementierung
 - Reduktion der Bauteilkosten und Verlustleistung
 - Komplexere Realisierung
- Gemeinsames Forschungsthema mit ITIV
 - „Beschleunigung bildgebender Verfahren durch massiv paralleles Rechnen“

Nächste Generation eines DAQ Systems



Herausforderungen an den Low Power Schaltungsentwurf

Oliver Neumann
Mentor Graphics

**Mentor
Graphics**

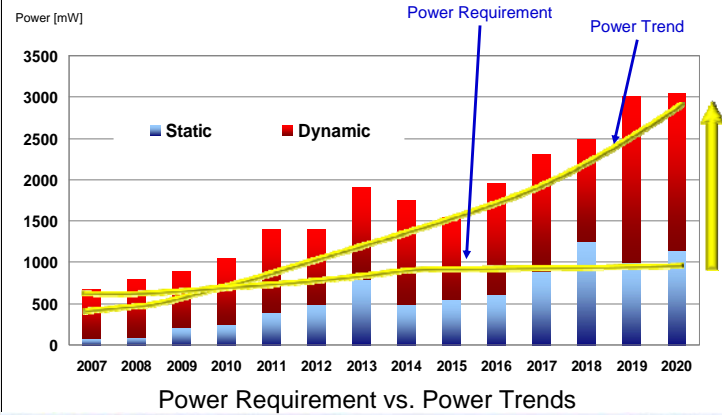
Agenda

- The Power Challenge
- Why Optimize Power at the ESL?
- Vista: System Level Power Design
- Links with OVM Verification
- Catapult-C: Implementation-level Power Optimization
- Summary

**Mentor
Graphics** © 2009 Mentor Graphics Corporation

2

Power Challenges



Power Models

$$\text{Power} = \text{Dynamic} + \text{Static}$$

Implementation Level

Process &
TechnologyVoltage /
ClockArchitecture
Application

System Level

Short Circuit

Isc

Vdd

Activity

Switching

Capacitance

Vdd²

Activity

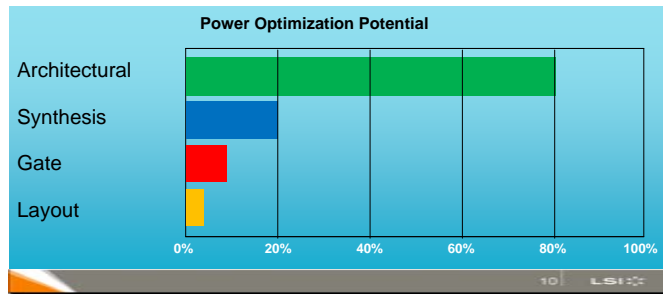
Leakage

Vth

W/L

Vdd

Why Optimize Power at the Architecture?



Source: LSI Logic

Design and Optimization at the ESL Domain has the Biggest Impact on Power Consumption



90% is architectural, the other half is physical (with apologies to Yogi Berra)
Any element that you optimize out has Zero power usage.

Power Optimization Opportunities

- Physical Optimization Methods
 - Limited Optimization Margins
- Functional Aware Methods
 - Higher Optimization Margins

| | | Static Power | Dynamic Power |
|------------|---|--------------|---------------|
| PHYSICAL | Area Optimizations | 10% | 10% |
| | Clock Gating | | 20% |
| | Multiple Supply Voltages (MSV) | 20% | 20% |
| FUNCTIONAL | Shut Down Power Modes | ~50% | 0% |
| | A/DVFS (Adaptive/Dynamic Voltage Frequency scaling) | ~10% | >40% |
| | SW [User Experience] | | >40% |

Source: Department of Electrical Engineering and Computer Science, Northwestern University, Evanston, Illinois, USA
Source: "Power Architecture" Developer Conference 07, Software Annotations for Power Optimization on Mobile Devices, University of California



How to Optimize Power at the Architecture?

- 80% power savings at the architecture level by using the following approach
 - Optimizing the system architecture area/performance/power
 - Addressing Hardware/Software architecture tradeoffs
 - Tuning the application software
 - Correlating power with system workload



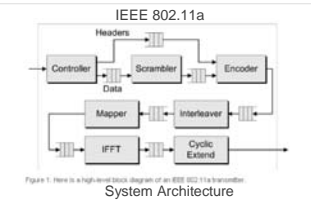
90% is architectural, the other half is physical (with apologies to Yogi Berra)
Any element that you optimize out has Zero power usage.

System Architecture Power Optimization

- Optimizing system architecture attributes impacts
 - Area, timing and power

| Transmitter Design (IFFT Block) | Min. Freq. to Achieve Req. Rate | Average Power (mW) |
|---------------------------------|---------------------------------|--------------------|
| Combinational | 1.0 MHz | 3.99 |
| Pipelined | 1.0 MHz | 1.92 |
| Folded (16 bfy4s) | 1.0 MHz | ~10x |
| Folded (8 bfy4s) | 1.5 MHz | 1.40 |
| Folded (4 bfy4s) | 3.0 MHz | 21.10 |
| Folded (2 bfy4s) | 6.0 MHz | 34.6 |
| Folded (1 bfy4) | 12.0 MHz | |

Source: Chip Design Magazine ESL Synthesis + Power Analysis By Holly Stump and George Harper



10x power variation resulted from system architecture tradeoffs

Quickly Modify and Evaluate Various System Architectures



Hardware/Software Power Optimization

Addressing hardware/software architecture tradeoffs

Table 1: Results from power profiling of candidate architectures for the IEEE 802.11 MAC processor

| Configuration | IEEE 802.11 reference (mW) | IEEE 802.11 profiled (mW) | power save (%) | area (mm ²) | area reduction (%) | area ratio |
|--|-------------------------------|------------------------------|-------------------|-------------------------|--------------------------|---------------|
| all off | 383.7 | 383.8 | 0.0 | 1.8 | 0.9 | 0.71 |
| all on | 483.7 | 483.8 | 0.0 | 4.1 | 2.2 | 0.86 |
| all on with off | 384.2 | 383.8 | 0.0 | 3.0 | 1.6 | 0.76 |
| all on with off with off | 384.2 | 383.8 | 0.0 | 3.0 | 1.6 | 0.82 |
| all on with off with off with off | 413.8 | 383.8 | 0.0 | 4.0 | 2.2 | 0.82 |
| all on with off with off with off with off | 433.1 | 383.8 | 0.0 | 4.0 | 2.2 | 0.82 |
| all on with off with off with off with off with off | 317.3 | 383.8 | 0.0 | 3.0 | 1.6 | 0.82 |
| all on with off with off with off with off with off with off | 383.7 | 383.8 | 0.0 | 4.0 | 2.2 | 0.82 |
| all on with off with off with off with off with off with off with off | 317.3 | 383.8 | 0.0 | 3.0 | 1.6 | 0.82 |
| all on with off with off with off with off with off with off with off with off | 384.8 | 383.8 | 0.0 | 3.3 | 1.8 | 0.82 |

Source: Fast System Level Power Profiling for Battery Efficient System Design, Kanishk Lahiri, Dept. of ECE, UC San Diego, Anand Raghunathan, CAC Research Labs, NEC USA

IEEE802.11 MAC Processor

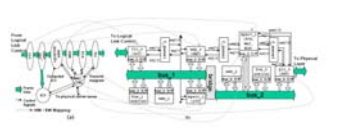


Figure 1: Low Power Hardware view of the IEEE 802.11 MAC processor system (in Candidate HW/SW Architecture)

HW/SW Tradeoffs

2x power variation resulted from hardware/software tradeoffs

Quickly Modify and Evaluate Various Hardware/Software Configurations



Source: Fast System Level Power Profiling for Battery Efficient System Design, Kanishk Lahiri, Dept. of ECE, UC San Diego, Anand Raghunathan, CAC Research Labs, NEC USA

© 2009 Mentor Graphics Corporation

Software Compiler Dependent Power

- Image Recognition Package running on an ARM processor
 - O0 - No Optimizations
 - O3 - Rename registers, inline functions
- Different compiler options may result in different power profiles (cache access)

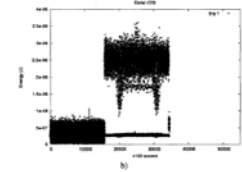
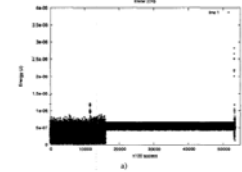


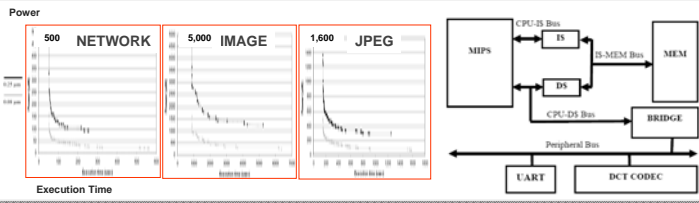
Figure 4.12: Influence of compiler optimizations: total energy per access a) none, O0 b) none, O3



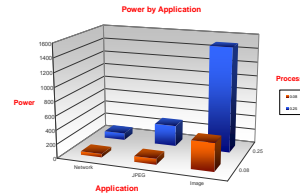
Source: POWER ESTIMATION AND POWER OPTIMIZATION POLICIES FOR PROCESSOR-BASED SYSTEMS, Jose L. Ayala, Madrid, Universidad Politecnica de Madrid

© 2009 Mentor Graphics Corporation

Application Software Dependent Power

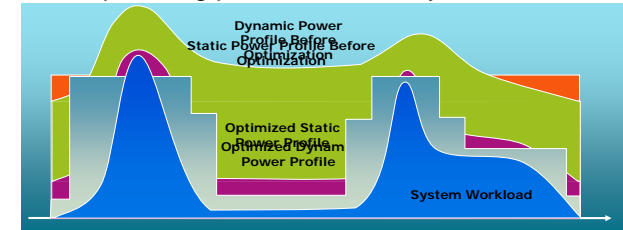


- Different applications running on the same platform have significantly different power profiles



System Workload Power Optimization

Significant static and dynamic power reduction when optimizing power based on system workload



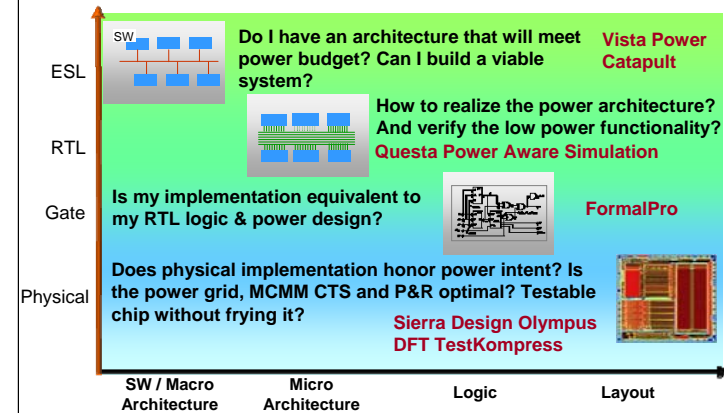
Both dynamic and static power can be optimized

Fast simulation of power under real system level use cases

How to reduce power consumption

- Typical power reduction solution
 - Clock gating
 - Lower voltage
 - Lower frequency
 - Use less leaky cells
- Advances in process technology drive new power management solutions
 - Power gating (Power Shut Off – PSO)
 - Power gating with Multi-Voltage
 - Dynamic Voltage & Frequency Scaling (DVFS)
 - Non Operational Biasing (Back/Substrate Biasing)

Mentor Low Power Flow Overview



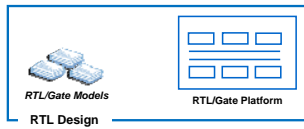
At the system level you can reuse the IP blocks. To get accurate models and run real sw scenarios. Use visit power for reused, for new blocks capture and use catapult for accurate power estimates. Using these TL models for HW/SW interactions.

AT RTL you get maximum bug hunting and find bugs that would escape to gates you get maximum verification of intended low power design functionality.

Gate level formal pro for power and logic equivalency checking

At physical level Sierra design Olympus SOC for optimum physical place and route and signal integrity and optimum routing. DFT testcompress for low power design.

Benefits of Architecture Level Power Optimizations

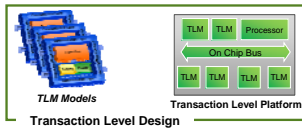


RTL/Gate Power Analysis

- Simulation speed is very slow
- Cannot run application software
- Runs a limited block level scenario

Therefore

- Non-realistic power consumption
- Limited opportunity to optimize power



Transaction Level Power Analysis

- Simulation speed is 100x-1000x faster
- Runs application software
- Runs many scenarios

Therefore

- Realistic power consumption
- Large opportunity to optimize power

Why Build a Transaction Level Platform?

The higher you go in abstraction, the greater the leverage

- Optimize system architecture
- Enable early software validation/debug
- Reduce verification time by
 - Quickly building and validating a transaction level model
 - Reusing the model for validating the implementation



Enable hardware-dependent firmware and software development through virtual prototypes

Enable architectural system exploration for performance and power optimization

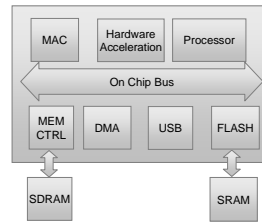
Improve productivity of creation of algorithmic systems through synthesis

Improve productivity of system verification of hardware

Mentor's ESL Perspective

Electronic System Level (ESL): A set of electronic design methodologies using abstraction above RTL for designing systems on chips (SoCs), FPGAs and boards

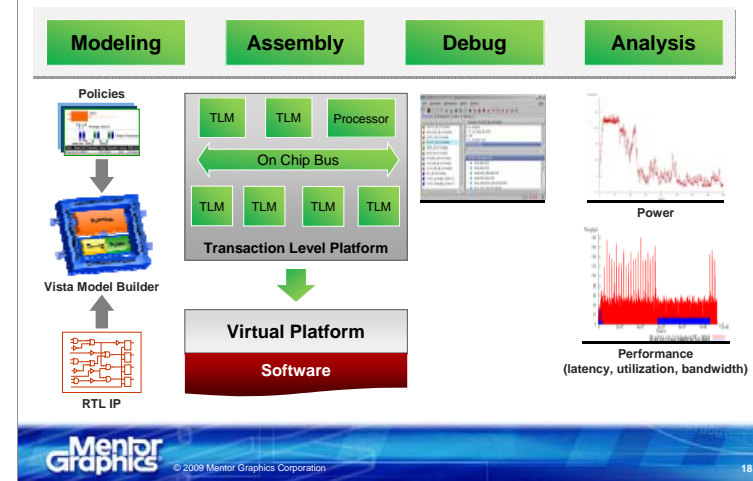
- What is it?
 - A set of electronic design methodologies
- How is it done?
 - Using abstraction (above RTL)
 - Using higher level languages (C/C++/SystemC, MATLAB)
- What are the target designs?
 - System on: Chip, FPGA, board/multi-boards
 - Designs with hardware and software components



17

- What exactly is ESL?
- It is a methodology to characterize a reference TLM platform of a system to perform various design and optimization tasks to give you the best system implementation required for your needs, whether that be performance, area or power, prior to RTL implementation.
- The architecture defines what the system/sub-system does, what the main functional blocks are and the communication channels between the blocks, which blocks will be HW and which will be SW.
- It also takes into consideration the end packaging and any human interface of the system/sub-system.
- The analysis of the architecture will determine whether an architecture will meet the required performance criteria or not.
- And we have the tools to do so. Vista provides capabilities to address Architectural design and virtual prototyping, Questa addresses system verification and Catapult addresses high level synthesis

Vista Main Capabilities



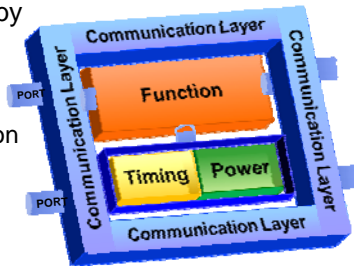
18

- Vista Architect provides a number of capabilities to enhance the design process.
- Vista Model Builder provides a wizard for automating the creation of SystemC TLM2.0 based models. Model Builder allows you to take any C/C++ function and wrap that function with a communication layer, along with timing and power estimates to create a transaction level model for use in a System level reference platform.
- Model Builder works in both this top down approach in which you plug in estimates for the timing and power using policies to describe this information in a quick and convenient way, we can also extract the communication, timing and power implementation from an existing implementation, thus back annotating the details of the RTL or Gate level implementation to the architectural level.
- Once we have the Transaction Level Models to define our platform we can tie them together using a drag and drop block diagram tool that understands all of the details of SystemC modules and channels as well as the TLM2.0 socket concepts. This allows us to quickly create a reference platform from existing models, third party models, or models we just created with ModelBuilder.
- After we have created our reference platform we can run and debug the functionality of the platform. We have a powerful SystemC debugger with deep C/C++ debugging capabilities as well as the ability to understand the timing, concurrency and hierarchy information defined by the concurrent SystemC models.
- When the functionality of the platform has been verified we can extract statistics and summary information from the simulation to help us understand the performance of the system. This information is extracted without any modification of the user code, no special calls or logging functions must be added to the code. Because we understand the SystemC HW concepts as well as the TLM2.0 specification we can identify where transactions begin and end, when blocks are busy and how much data is flowing through the system, from this we can present latency, utilization and bandwidth plots along with other information to determine the performance of the platform.
- All of this analysis can be done running real software processing representative data sets, this also gives us an architecturally accurate Virtual Platform that can be used for Software development and debug.

Vista Scalable TLM Models

Scalability is accomplished by

- Modeling the core Function
- Providing the Communication Layer
- Adding a separate Timing/Power model



Based on SystemC and OSCI TLM 2.0 standard

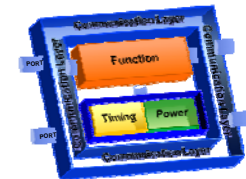


Mentor presents a new scalable modeling concept based on TLM 2.0 that separates functionality from implementation. The model keeps the functionality and the implementation independent of each other, and thus maintains a single behavior description throughout the ESL design flow and through multiple architectures and implementation alternatives. It is designed to handle all TLM abstraction levels and design tasks with a single scalable model that greatly minimizes the modeling effort.

Vista Scalable TLM Power Model

Transaction-level modeling of all power types

- Static (leakage) power
- Clock tree power
- Dynamic power (per transaction)



Dynamic power is assigned to each transaction type

Vista TLM power model is

- Reactive to incoming traffic and inner states
- Supports voltage and frequency scaling

| Power Policies | | |
|-------------------------------|--------|---------------|
| Dynamic Power | | |
| Transaction | Power | Time Interval |
| USB.READ | 0.16mw | 200 |
| USB.WRITE | 0.44mw | 20 |
| Clock Tree Power | | |
| 0.5mw | | |
| Static (Leakage) Power | | |
| 0.2mw | | |



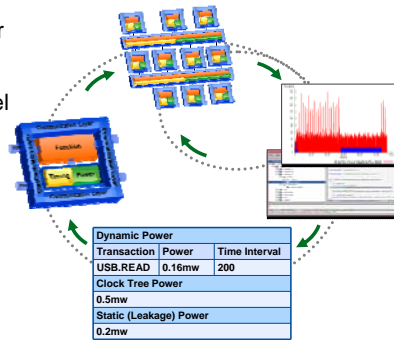
Dynamic power – represents the power consumed due to activity of a design block. The policy allows users to assign power to each incoming transaction.

Static power - represents the constant power consumed due to leakage

Clock tree power – Is a constant power consumed by the clock tree logic.

Architectural Power Optimization Flow

- Model TLM Timing and Power via policies
- Assemble the transaction level reference platform
- Analyze Timing/Power in a system context
- Modify Timing/Power policies or the platform architecture
- Quickly iterate optimizing for timing and power



Quick Optimization of Power and Performance before RTL

Mentor
Graphics

© 2009 Mentor Graphics Corporation

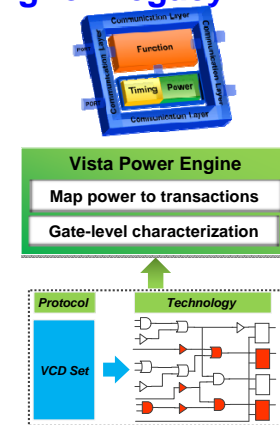
21

The use of policies that are attached to the pure functional behavior model allow for a quick exploration turn-around, for the stand-alone IP, or for a complete system. Users can quickly set and configure various micro-architectures with the policies and analyze how those affect the overall performance and power behavior of the system.

Accurate Power Modeling for Legacy IP

▪ Vista Power Engine

- Characterizes gate-level power based on VCD simulation and physical cell timing/power technology
- Map power “profiles” to transaction-level representation
- Plugs power into Vista scalable TLM timing/power model



Mentor
Graphics

© 2009 Mentor Graphics Corporation

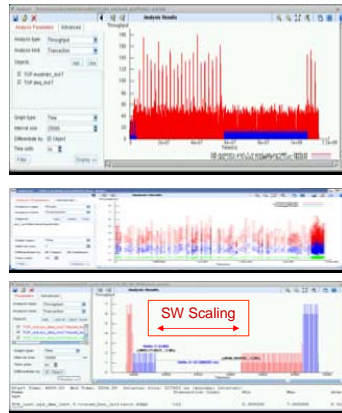
22

Vista Power unique engine allowing users to model power and timing at the TLM level based on a given implementation. Vista power can characterize the physical attributes of the implementation and back annotate them into a TLM representation. This unique approach allows users to leverage accurate power data at the TLM level, at which they can efficiently optimize power.

The TLM power model created by Vista Power is very accurate, and reacts to the actual data traffic and the functional state of the IP. Since the model maintain physical attributes, users can look at static and dynamic power, all at the TLM abstraction level.

Vista Provides Wide Range of Analysis Toolsets

- **Functional Analysis**
 - Data ID and tracing
- **Timing/Performance Analysis**
 - Throughput
 - Latencies
 - Bus utilization
 - State distribution
- **Power Analysis**
 - Dynamic, static and clock power
 - Instance power
 - Mean and peak values
 - System and software power profiles
 - Hot spot analysis



Vista offers a powerful analysis tool set and reports that enable users to quickly explore the various architecture alternatives and look at the key attributes of system performance and power. Users can quickly understand data throughput and latency bottlenecks and understand the impact of various attributes on the overall performance.

Timing Analysis – Analyzing timing related design properties in a given time interval

Throughput – The amount of data that is transferred

Latencies – The average time consumed to complete transactions

Bus Utilization – The percentage of time that the bus was active.

State distribution – How much time was spent in each state

Power Analysis - Analyzing power related design properties in a given time interval

Dynamic, Static and Clock Power – Shows power breakdown for the dynamic, static, and clock tree power.

Mean and peak power – Average and maximum power

Data ID and Tracing – Users can trace data propagating through the system

Vista - Power Optimization Philosophy

Use policies to model power of new IP

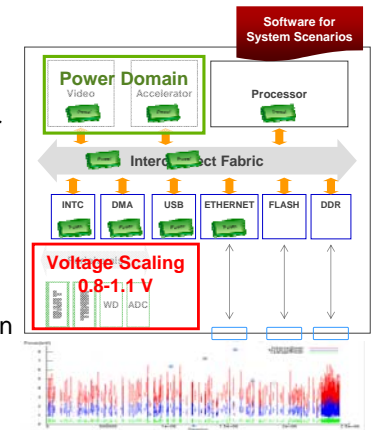
Use accurate power models for legacy IP

Analyze power profiles under

- Typical system scenarios
- Running software application

Explore various power reduction techniques

- Power domain management
- Voltage/Frequency scaling

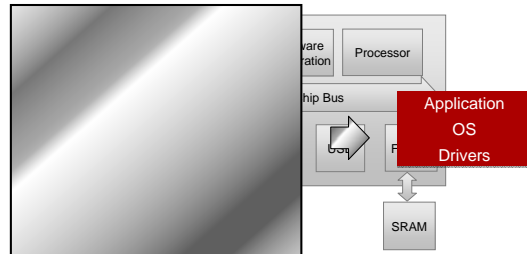


With the policies and Vista power engine, a complete system can be modeled with its power behavior, and enable users to analyze power under various use cases and define power domains, voltage requirements and other system-level power management attributes. A TLM platform that supports accurate power attributes allow for very fast iterations and hence, explore numerous alternatives and apply the most efficient power strategies.

Users can scale voltage parameters to explore various voltage/power tradeoffs.

Vista Enables HW/SW Co-Development

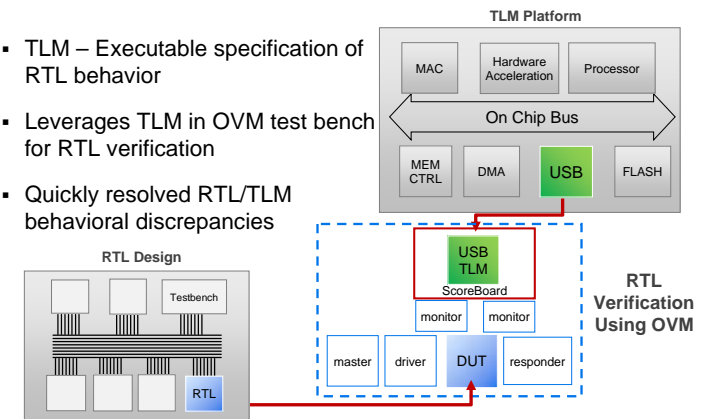
- Vista produces a SystemC virtual platform
 - Available for early software development and validation
 - Accurate enough for tuning SW for power and performance



By leveraging the architectural platform model they were creating in Vista Architect, they were able to create a standalone virtual platform model that could be linked with the software to enable the SW developers to quantify the performance of the SW on the HW platform. This model was created at the transaction level and modeled the performance of the architecture accurately at the transaction boundaries, this provided a model that delivered both the accuracy required and the performance needed to begin the detailed development of the software long before the RTL implementation would have been available.

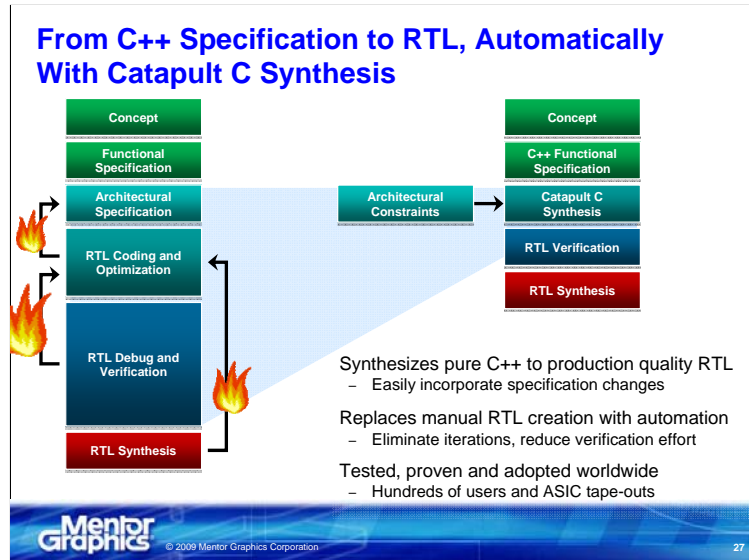
Vista Enables OVM RTL Verification

- TLM – Executable specification of RTL behavior
- Leverages TLM in OVM test bench for RTL verification
- Quickly resolved RTL/TLM behavioral discrepancies



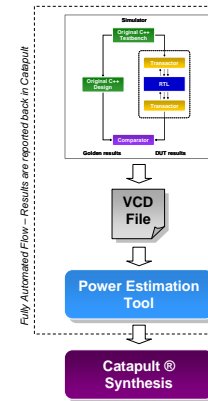
- In this situation a customer performed extensive architectural analysis, verifying the performance and functionality of the architecture and blocks at the system level.
- They then partitioned some of those architectural blocks off to different implementation teams. Some internal teams and some external subcontractors. They were very concerned with ensuring that the RTL implementation stayed in sync with the architectural model. They wanted to identify and correct any divergence between the models as early as possible even through the work was being done in independent often isolated groups.
- They were able to take the Vista Architect models created and verified at the architectural level and plug these individual transaction level models of the block into the verification environment used for developing the RTL implementation.
- By leveraging the OVM capabilities and linking this TLM model into the OVM test bench as the predictor they ensured that the RTL was developed in the with a clear understanding of the expected behavior, in this way they identified problems as soon as the RTL related to the problem was implemented.
- In some cases this was a problem in the RTL implementation, in others it was an issue with the assumptions made at the architectural level, they were able to correct both types of issues very early and ensure that what was ultimately delivered be the independent implementation groups would work as expected in the system context.

Ideally, TLM models used in a TLM Platform, would propagated smoothly into RTL. Vista offers a methodology based on OVM that connects TLM models into OVM structure. The TLM is then used as a reference model against which the RTL DUT can be verified.



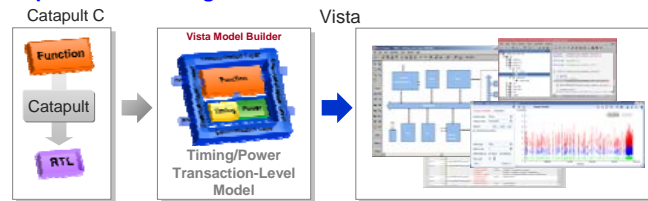
Copy src template

Analyze Power Consumption



- Enables power exploration
 - Reduce power up to 30%
- Leverages automatic verification flow
- Push button flow with 3rd party power estimation tools
 - Design is simulated with the C testbench
 - Switching activity is provided to the power analysis tool
 - Average wattage is reported back in Catapult
- Optimize for Area, Performance and Power

Combined Solution for Optimal Power Design Catapult C / Vista Integration



Automatic generation of TLM power models

Design, Analyze and Optimize for Power across design scopes

- System-level (ESL) power design
 - Topology, hardware/software, workload, power domains, voltage/frequency scaling
- Implementation-level power optimization
 - Clock domains, clock gating, area reduction, memory access optimization

Continuous path from system-level to implementation through synthesis



Vista: Power Design and Optimization at ESL

Architectural analysis, exploration and optimization for power/timing

- Unique power/timing modeling capabilities
- Wide range of analysis toolsets

Up to 80% power reduction due to

- System architecture changes
- HW/SW changes
- Tuning the application software
- Correlating power with system workload

Using

- Power domain management
- Voltage and frequency scaling (DVFS) strategies





EPR Technopower

Immer die gute Verbindung!



Inhalt

Über EPR

Tätigkeiten

BGA / Röntgen Technologie

Leiterplattenbestückung

Reparatur und Test

Arbeitsweise

Fragen

www.epr-technopower.com

EPR Technopower B.V.

Bestehend seit 1978 als Teil der Philips, Nijmegen –
eigenständiges Unternehmen seit 2006

Geschäftsleitung: André Kokke, Theo de Bruin

Mitarbeiter: 33

- Produktion: 14
- Verwaltung, Sales Marketing, Management: 9
- Technische Büro: 10

Zertifiziert nach ISO 9001:2008



Engineering

Production: Leiterplattenbestückung, SMD und Konventionell

Reperatur und Test

BGA und Röntgen

BGA / Röntgen-Technologie



www.epr-technopower.com

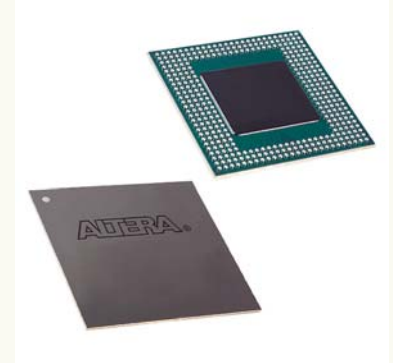
BGA

BGA Machine SRT Summit 1100HR Plus

Bestückung von QFP-BGA

Nachbearbeitung QFP/BGA/HVQFN

Reball-Dienstleistung



www.epr-technopower.com



Nicolet X-ray System

X-ray QFP/BGA Kontrolle

X-ray Dienstleistung



Mechanisch

Elektronisch

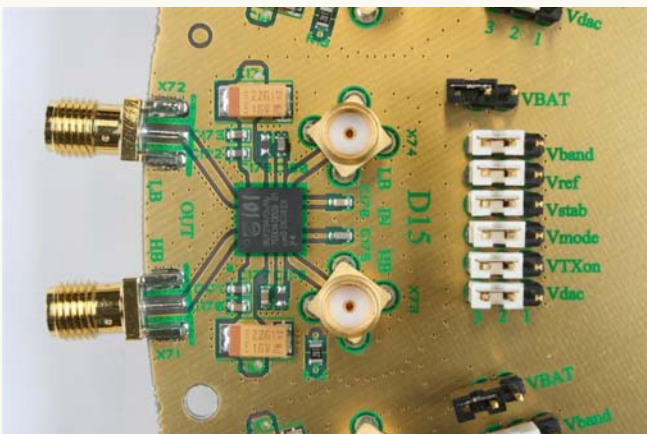
Kurze Bearbeitungszeit

Kostenreduzierend



www.epr-technopower.com

Leiterplattenbestückung



www.epr-technopower.com

ESD Norm NEN-EN-IEC 61340-5-1:2007

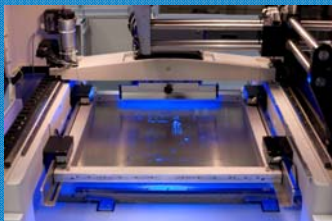
IPC610-A-610D Qualitäts Klasse 2

SMD und konventionelle PCB Zusammenstellung

Pick & Place (kleinste Bauteilform 0201)

Reflow & Wellenlöten

Solvent Reinigung + evtl. Ultraschall



Stencil Maschine



Dima Pick & Place



Wellenlöten: non-RoHS



BGA Maschine



Röntgen



Pick & Place, Reflow

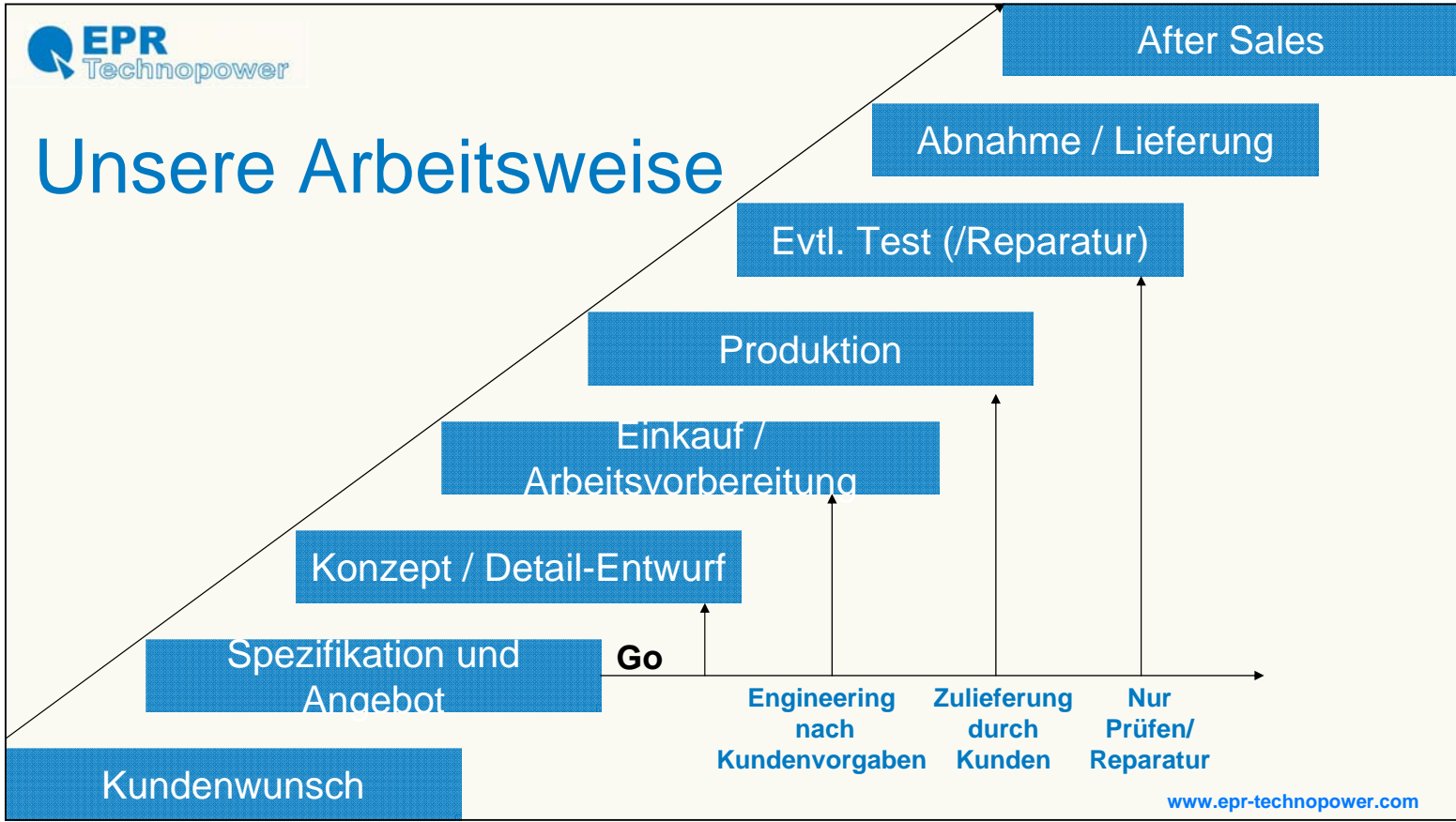


Wellenlöten: RoHS



Reinigungs Maschine

Unsere Arbeitsweise



Referenzen

A collage of logos for various partner companies and research institutions. The logos include: ASML, VDL, SPARTA, KRONOS, TNO | Kennis voor zaken, ACTEMIUM, CPS EUROPE, SIAP Acoustic Systems, fleuren, SRON Netherlands Institute for Space Research, NXP founded by Philips, PHILIPS, Vialis-TPA, MACTWIN SECURITY GROUP, agrifac, OMRON, SINDS 1949 GME, BoltSafe Load Measuring Systems, ForceLink B.V., R&D and Services SDS, Solutions-on-Silicon, WIJDEVEN, NEDINSCO VENLO, NTS OPTEL OPTICAL TECHNOLOGY AND LASER APPLICATIONS, JÜLICH FORSCHUNGSZENTRUM, Tymax, Systemence, ESWE Elektrotechnische Prototyping en Modelshop, dékavé, and HITACHI Inspire the Next.

Von der Standard-Datenerfassungskarte zur verteilten Echtzeitanwendung

Dipl.-Ing. (FH) Thomas Rönpage
National Instruments Germany

ni.com



National Instruments

Hauptsitz in Austin, Texas



Seit 30+ Jahren profitables Wachstum
Umsatz von 821 Mio.\$ im Jahr 2008



- Weltweit führender Anbieter von computergestützter Mess- und Automatisierungstechnik
- Über 5.000 Mitarbeiter in mehr als 40 Ländern
- Kunden in über 25000 Unternehmen
- Zertifizierte NI Alliance Partner zur Systemintegration



Handelsblatt



ni.com



National Instruments verändert die Art und Weise, wie Ingenieure und Wissenschaftler Mess-, Prüf-, Steuer-, Regel- und Embedded-Anwendungen entwickeln, prototypisieren und implementieren. Dabei beschäftigt das Unternehmen weltweit mehr als 5000 Mitarbeiter, die sich auf fünf Entwicklungsstandorte, mehr als 40 Vertriebsniederlassungen sowie die beiden Produktionsstandorte in Europa und USA verteilen. Mit Kunden in mehr als 25.000 Unternehmen in über 90 Ländern der Welt ist National Instruments ein sehr breit aufgestelltes Unternehmen. Die Kunden kommen dabei aus allen Bereichen der Industrie und der Forschung und setzen die mehr als 1.500 Produkte für unterschiedlichste Anwendungen ein.

Bei vollen Terminplänen, begrenzten technischen Ressourcen oder anderen Engpässen bevorzugen Sie vielleicht eine persönliche Beratung oder Dienstleistungen im Bereich der Systemintegration. In diesem Fall profitieren die Kunden von National Instruments vom Alliance Partner Programm, einem weltweiten Netzwerk von Experten, Ingenieurbüros und Systemintegratoren, die Ihnen mit ihrem Fachwissen gerne beratend zur Seite stehen.

Wir wollen, dass sich unsere Mitarbeiter wohlfühlen – dass uns dies gelingt, zeigt die Tatsache, dass NI bereits zum zehnten Mal in Folge zu einem der 100 besten Arbeitgeber in den USA durch das Wirtschaftsmagazin FORTUNE gekürt wurde. NI Germany belegte 2004, 2005, 2008 und 2009 jeweils einen Platz unter den 50 besten Arbeitgebern Deutschlands.

Neue Multifunktionskarten der X-Serie



- 16 neue Karten für PCI Express und PXI Express
- Bis zu 32 AI, 4 AO, 48 digital I/O
- Einstiegspreis bei: 459,- Euro

ni.com

 NATIONAL
INSTRUMENTS

Schon vor vor 10 Jahren hatten Wettbewerber proklamiert, dass die Einsteckkarten im PC keine Zukunft haben. Die Umsatzentwicklung im Hause National Instruments zeigt allerdings bis heute einen gegenläufigen Trend. Durch die Leistungsfähigkeit heutiger Datenerfassungskarten, lassen sich unzählige Applikationen mit einer sehr preiswerten Einsteckkarte realisieren. Gerade im Hinblick auf den Datendurchsatz spielen die Einsteckkarten ihren riesigen Vorteil, direkt im PC-Bus zu stecken, aus. Diese Motivation hat dazu geführt, dass National Instruments im August 2009 ein neue Generation von Datenerfassungskarten vorgestellt hat, die X-Serie. Es sind 16 neue Karten entstanden, die ausschließlich für PCI-Express oder PXI-Express angeboten werden. Dabei gibt es neben den üblichen Karten mit Multiplexer auch simultane Ausführungen bei PXI-Express.

Native PCI Express x1 Schnittstelle

- Dedizierte Bandbreite bis zu 250 MB/s in jeder Richtung.
- 8 DMA Kanäle
- Optimiert auf geringe Latenzzeiten und Einzelwertverarbeitung bei Regelungsanwendungen.



ni.com

 NATIONAL INSTRUMENTS

Die Karten der X-Serie stellen eine konsequente Weiterentwicklung der bisherigen E- und M-Serie, unter Berücksichtigung der aktuell zur Verfügung stehenden Technologie, dar.

Die durchgängige Verwendung der Express-Technologie ermöglicht Datenraten von 250MB/s in jede Richtung.

Während die E-Serien-Karten über 3 DMA-Kanäle und die M-Serien-Karten bereits über 6 DMA-Kanäle verfügen, stellen die X-Serie-Karten 8 DMA-Kanäle zur Verfügung, um für jede Funktion einen DMA-Kanal bereit zu stellen:

1. Analog Input
2. Analog Output
3. Digital Input
4. Digital Output
5. – 8. Vier Zähler

Desweiteren wurde sowohl an der Hardware, als auch am Treiber gearbeitet, um eine Optimierung für Einzelwertverarbeitung zu erzielen, wie sie beispielsweise bei Regelungsanwendungen vorkommt.

NI-STC3 Timing und Synchronizations Technologie

- 100 MHz Zeitbasis
- Vier leistungsfähige Zähler
- Neue Digital I/O Timing Engines
- Retriggerung auf jedem Subsystem
- Hardware getaktete Einzelwerterfassung



ni.com

NATIONAL
INSTRUMENTS

Das Herzstück der Datenerfassungskarten ist der Taktgeber. Hier hat National Instruments bereits 1995, bei Einführung der E-Serie, ein eigenes ASIC entwickelt, das die Anforderungen der Multifunktionskarten erfüllt. Der DAQ-STC-Chip (STC: System Timing Controller) liegt nun in seiner dritten Generation vor und erfüllt die gestiegenen Anforderungen bezüglich Geschwindigkeit, Genauigkeit und Synchronisation. Der Basistakt wurde gegenüber der M-Serie von 20MHz auf 100MHz erhöht. Die Anzahl der Zähler von zwei auf vier.

Während die M-Serie erstmalig Hardware getaktete digital I/O Leitungen unterstützt hatte, die durch die Synchronisierung mit dem A/D-Takt ermöglicht wurden, hat die X-Serie einen eigenen Taktgenerator für die digitalen Leitungen.

Desweiteren unterstützt die X-Serie erstmalig eine hardware getaktete Einzelwerterfassung.

X Series Spezifikationen und Preise

| | Model # | AI Samp Rate | AI Throughput | AI/AO/DIO | HW Timed DIO | Price (Euro) |
|--------------------|---------------------|--------------|---------------|-----------|--------------|--------------|
| Multiplexed | PCle-6320 | 250 kS/s | 250 kS/s | 16/0/24 | 1 MHz | €459 |
| | PCle-6321 | 250 kS/s | 250 kS/s | 16/2/24 | 1 MHz | €549 |
| | PCle-6323 | 250 kS/s | 250 kS/s | 32/4/48 | 1 MHz | €749 |
| | PCle-6341 | 500 kS/s | 500 kS/s | 16/2/24 | 1 MHz | €749 |
| | PCle-6343 | 500 kS/s | 500 kS/s | 32/4/48 | 1 MHz | €979 |
| | PCle-6351 | 1.25 MS/s | 1 MS/s | 16/2/24 | 10 MHz | €979 |
| | PCle-6353 | 1.25 MS/s | 1 MS/s | 32/4/48 | 10 MHz | €1,299 |
| | PCle-6361 | 2 MS/s | 1 MS/s | 16/2/24 | 10 MHz | €1,149 |
| | PCle-6363 | 2 MS/s | 1 MS/s | 32/4/48 | 10 MHz | €1,499 |
| | PXIe-6341 | 500 kS/s | 500 kS/s | 16/2/24 | 1 MHz | €929 |
| | PXIe-6361 | 2 MS/s | 1 MS/s | 16/2/24 | 10 MHz | €1349 |
| | PXIe-6363 | 2 MS/s | 1 MS/s | 32/4/48 | 10 MHz | €1649 |
| | Simultaneous | PXIe-6356 | 1.25 MS/s/ch | 10 MS/s | 8/2/24 | 10 MHz |
| PXIe-6358 | | 1.25 MS/s/ch | 20 MS/s | 16/4/48 | 10 MHz | €5049 |
| PXIe-6366 | | 2 MS/s/ch | 16 MS/s | 8/2/24 | 10 MHz | €3699 |
| PXIe-6368 | | 2 MS/s/ch | 32 MS/s | 16/4/48 | 10 MHz | €6399 |

All devices have 16 bits of AI resolution and have 4 counters

ni.com



Alle X-Serien Karten haben eine Auflösung von 16 Bit und verfügen über 4 Zähler. Es gibt sowohl gemultiplexte als auch simultane Karten. Gerade für hochkanalige simultane Applikationen lassen sich mehrere Karten synchronisieren und ermöglichen durch die Express Technologie sogar ein Streaming der Messdaten. Für alle hier genannten Preise sind Änderungen und Irrtum vorbehalten.

Software Unterstützung: NI-DAQmx 9.0

- Unterstützung für:
 - LabVIEW 8.2 oder neuer
 - LabVIEW Real-Time
 - NI LabWindows™/CVI and Measurement Studio
 - C/C++, C#, Visual Basic 6.0, and .NET
- LabVIEW and NI-DAQmx sind multithreaded und für den Einsatz auf Multicore CPU's optimiert.



ni.com

The mark LabWindows is used under a license from Microsoft Corporation. Windows is a registered trademark of Microsoft Corporation in the United States and other countries.

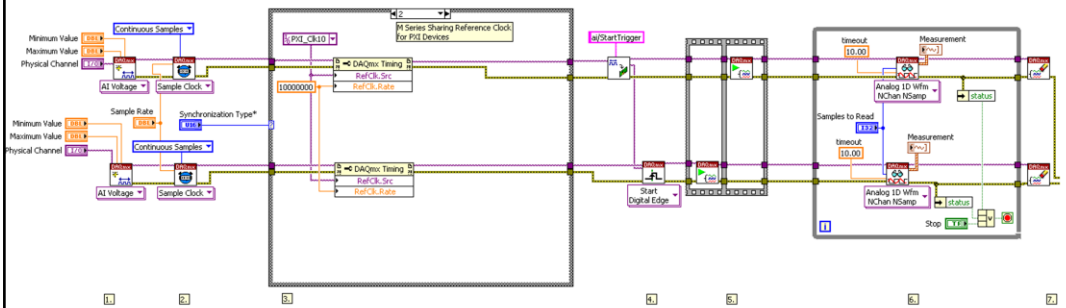


Die X-Serie wird ab der Treibersoftware DAQmx 9.0 unterstützt. Diese neueste Version des Treibers ist rückwärtskompatibel bis zu LabVIEW 8.2 und Visual Basic 6.0. Die Architektur des Treibers unterstützt Multithreading und Multicore CPU's um ein Höchstmaß an Leistungsfähigkeit zu ermöglichen.

Desweiteren ist die Funktionalität des Treibers erweitert worden, um den Komfort zu steigern und ein effizientes Datenstreaming zu gewährleisten.

Synchronisierung mehrerer X Serien-Karten

Bislang: Die Synchronisierung von zwei Karten ist nicht trivial und wird mit der Anzahl der Karten immer komplizierter.



ni.com

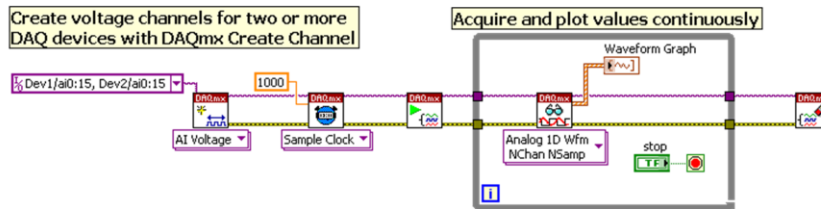
NATIONAL INSTRUMENTS

Da gerade Standard-Multifunktionskarten bei der Erfassung hoher Kanalzahlen aufgrund der geringen Kosten eingesetzt werden, müssen häufig mehrere Karten untereinander synchronisiert werden.

Der bisherige Ansatz zur Synchronisierung ist im obigen Bild dargestellt. Es muss für jede Karte ein eigener DAQmx-Task angelegt werden. Diese DAQmx-Tasks werden dann in einem Master-Slave-verfahren miteinander verschaltet.

Synchronisierung mehrerer X Serien-Karten

- Neue Möglichkeit: Mit den „multidevice tasks“ (Kanalerweiterung),
- ist die Erfassung von zwei oder mehreren Karten genauso einfach wie die Erfassung von einer Karte. Gemultiplexed und simultan.



ni.com

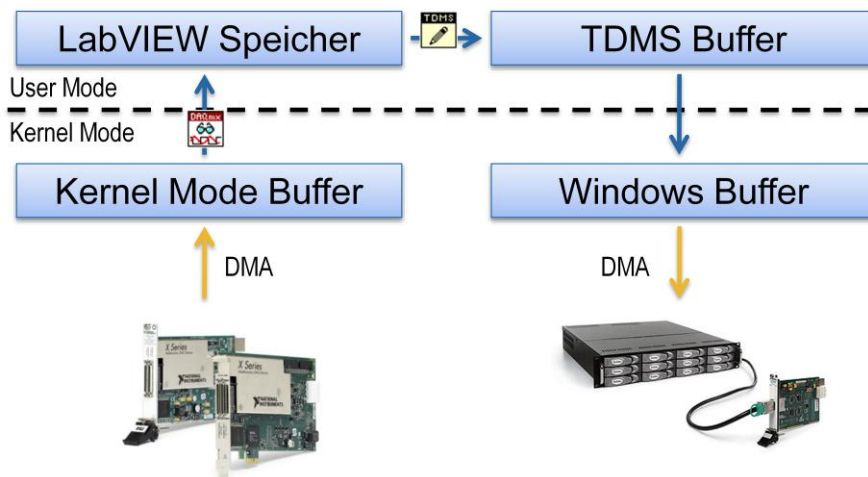
NATIONAL
INSTRUMENTS

Mit dem NI-DAQmx 9.0 Treiber lassen sich sehr einfach „multidevice Tasks“ erzeugen. Die Darstellung auf dieser Seite zeigt den gleichen Funktionsumfang, wie der Code auf der vorherigen Seite.

Die Funktion der „multidevice Tasks“ wird für Karten der X-Serie, M-Serie und S-Serie unterstützt, wobei ein „multidevice Task“ immer nur Karten der gleichen Familie unterstützt.

Soll bspw. eine M-Serien-Karte mit einer X-Serien-Karte synchronisiert werden, so kann der bisherige Ansatz verwendet werden.

Der klassische Weg bei der Datenspeicherung



ni.com

NATIONAL
INSTRUMENTS

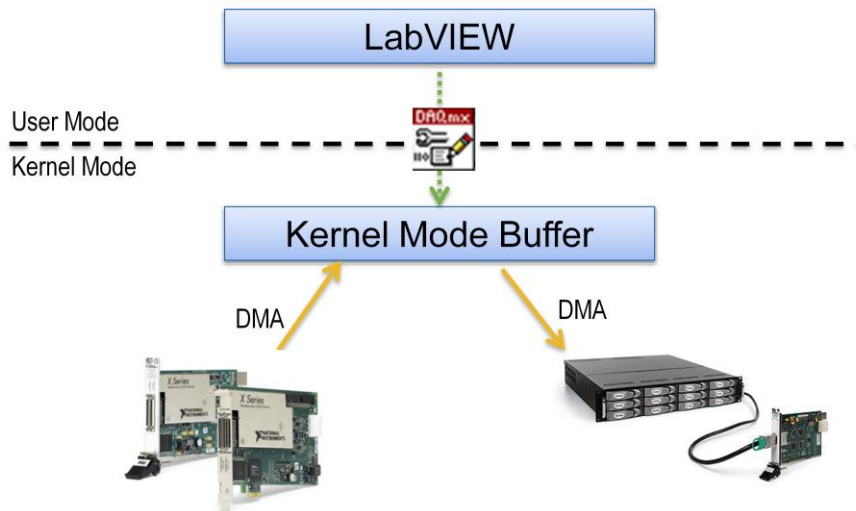
Nachdem gerade Multifunktionskarten aufgrund der geringen Kosten für vielkanalige Erfassungssapplikationen eingesetzt werden und mit 1,25 MS/s schon sehr beachtliche Erfassungsgeschwindigkeiten erzielen, stellt sich häufig das Problem der kontinuierlichen Datenspeicherung (Streaming).

Während die Backplanebusse wie PCI oder PCI-Express höchste Datendurchsätze ermöglichen, die häufig über DMA realisiert werden und auf der anderen Seite auch die Festplatten heutzutage ganz beachtliche Datenraten bieten, teilweise sogar über Raid-Schnittstellen, stellt der Weg durch die Softwareschichten die eigentliche Leistungsbremse dar.

Für das Betriebssystem und damit auch für den Treiber, sind Wechsel von Kernel-Mode in den User-Mode um umgekehrt sehr zeitaufwendig.

Sollen die Daten schnell auf ein Speichermedium transportiert werden, so muss es direkt in den Treiberroutinen implementiert sein, die autark im Kernel-Mode laufen.

Die neue, schnelle Möglichkeit

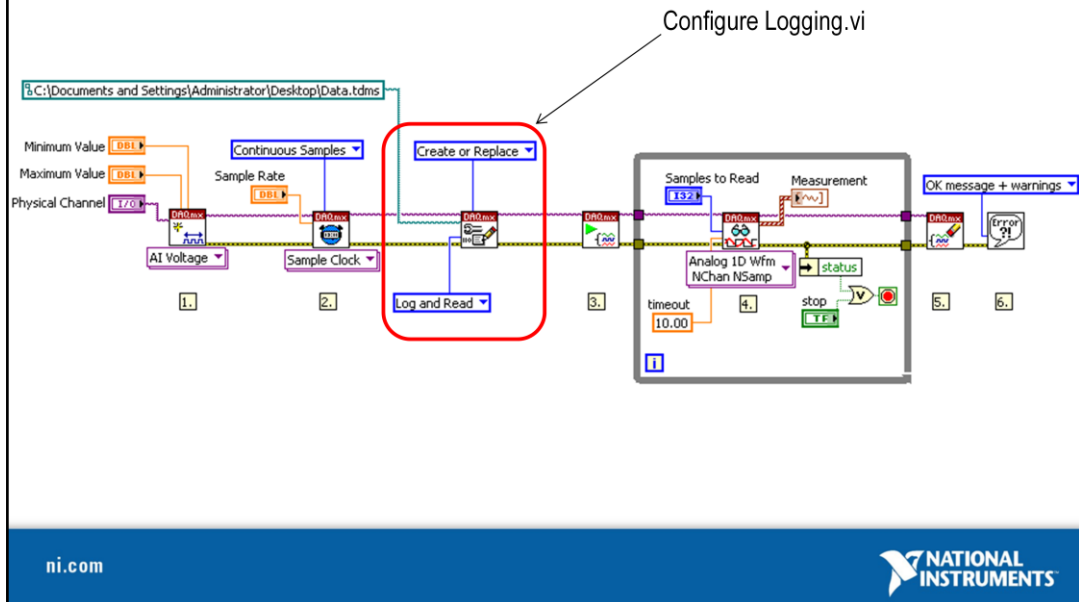


Diese Funktion ist nun auch im neuen NI-DAQmx 9.0 implementiert und hat für die Karten der X-Serie eine große Bedeutung.

Es gibt bei der X-Serie simultane Erfassungskarten mit 2MS/s auf 16 Kanälen. Dabei erzeugt bereits eine Karte ein kontinuierliches Datenvolumen von 64MB/s.

Realisiert wird dieser Betriebsmodus über eine Funktion (Configure Logging.vi), die in die "Erfassungskette" eingebaut wird.

Erfassung und Speicherung von mehreren Karten



In dieser Darstellung ist der vollständige Code einer Erfassung von mehreren Karten mit kontinuierlicher Speicherung dargestellt.

NI Real-Time Hypervisor 1.0

- Betrieb von LabVIEW RT und Windows XP auf dem gleichen Rechner (Multicore).
- Unterstützte Hardware: PXI-8108, PXI-8110 und NI 3110.
- Ein Core wird Windows zugeordnet die anderen dem RT-System.
- I/O-Geräte müssen dem jeweiligen Betriebssystem zugeordnet werden.
- Konfiguration über Advisor im Web. Evt. sind spezifische Steckplätze erforderlich.
- Kommunikation zwischen den Systemen über Virtual Ethernet.
- Ein virtueller COM-Port steht für eine virtuelle Konsole zur Verfügung, um das RT-System zu debuggen.

Configure Modules

! The NI Real-Time Hypervisor runs both LabVIEW Real-Time and Windows XP simultaneously. This utility allows you to select which operating system you would like to use each of your I/O modules with. Note that only certain configurations are supported; these configurations are shown in the Possible Configurations table below. For additional help using this utility, [click here](#) to speak with an expert.

| Module | OS | Selected Configuration |
|-------------|-----------|------------------------|
| NI PXI-6704 | Windows | Windows : 2 |
| NI PXI-6704 | Windows | Real-Time : 3 |
| NI PXI-8231 | Real-Time | |
| NI PXI-6602 | Real-Time | |
| NI PXI-6602 | Real-Time | |

| Possible Configurations | | |
|-------------------------|---------|-----------|
| | Windows | Real-Time |
| 4 | 3 | |
| 3 | 4 | |
| 2 | 5 | |
| 1 | 6 | |
| 0 | 7 | |

[Done X](#)

| Part Number | Description | Price (Euro) |
|-------------|---|--------------|
| 781127-03 | NI Real-Time Hypervisor Deployment License for PXI | €499 |
| 781128-03 | NI Real-Time Hypervisor Deployment License for Industrial Controllers | €499 |

ni.com

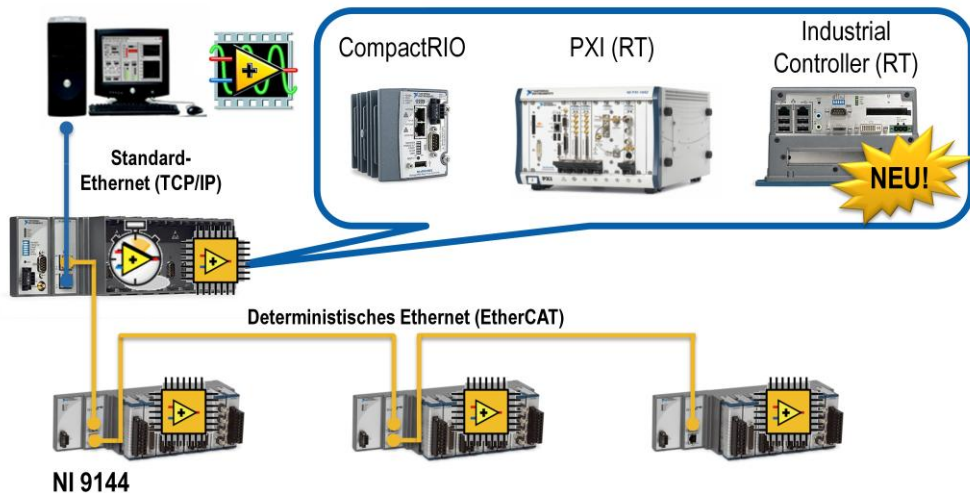
Die NI-Realtime-Hypervisor-Technologie bietet einen neuen kompakten Ansatz für Echtzeitanwendungen unter Ausnutzung der Multicoretechnologie. Der bisherige Ansatz bei Echtzeitsystemen besteht stets aus zwei oder mehreren Rechnern. Es gibt einen Realtimerechner, auf dem ein Echtzeitbetriebssystem installiert ist, das deterministisch den Code abarbeitet, aber über keinerlei Visualisierung oder Benutzerschnittstelle verfügt. Ein zweiter Rechner stellt unter Windows die graphische Benutzerschnittstelle zur Verfügung und kommuniziert über ein Netzwerk mit dem Echtzeitsystem.

Mit der Hypervisor-Technologie können nun diese beiden Systeme auf einem Controller vereint werden. Dazu wurden die Möglichkeiten der Multicoreprogrammierung und der Virtualisierung von Betriebssystemen weiterentwickelt.

Auf dem NI-Realtime-Hypervisor bekommt das Windows XP Betriebssystem den ersten Core zugewiesen und das LabVIEW-Realtime Betriebssystem die weiteren Cores. Desweiteren muss mit einem Konfigurationswerkzeug die auf diesem Rechner installierte Hardware, dem jeweiligen Betriebssystem zugeordnet werden, da ausschließlich ein exklusiver Zugriff möglich ist. Auch die Festplatte wird in zwei Partitionen unterteilt, die jeweils einem Betriebssystem zugeordnet werden. Die Kommunikation zwischen den beiden Betriebssystemen erfolgt über ein virtuelles Ethernet.

Aufgrund der komplexen Hardwarezugriffe setzt der Einsatz dieser Technologie genaue Kenntnisse der Rechnerchipsätze voraus. Aus diesem Grund ist die NI Real-Time Hypervisor Technologie bislang auf drei Zielsysteme beschränkt: PXI-8108, PXI-8110 und NI 3110.

NI System für deterministische, verteilte I/O basierend auf EtherCAT



ni.com

NATIONAL
INSTRUMENTS

Seit dem letzten Jahr bietet National Instruments auch einen Treiber für die Integration von EtherCAT-Geräten in NI LabVIEW. Wie kann nun ein solches deterministisches, dezentrales I/O System mit EtherCAT und NI LabVIEW aussehen? Zunächst wird ein Host Computer zur Programmierung über Standard Ethernet, beispielsweise an einen CompactRIO-Echtzeit-Controller mit zwei Ethernet-Ports angeschlossen (derzeit cRIO Integrated Controller 9074 und cRIO Controller 9022 sowie 9024). Der zweite Port des Controllers kann als EtherCAT-Master konfiguriert werden, um mehrere NI 9144 CompactRIO Expansion Chassis anzusprechen. Das NI 9144 Expansion Chassis ist, wie der Name schon sagt, eine I/O-Erweiterung für CompactRIO-Systeme und beinhaltet einen FPGA der mittels LabVIEW FPGA frei programmiert werden kann. Damit verfügt National Instruments über den weltweit ersten und derzeit einzigen EtherCAT-Slave der einen FPGA für leistungsstarke Vorverarbeitung oder Regelung direkt auf dem Gerät bereitstellt. In gleicher Weise wie das 9144 können auch EtherCAT-Slave-Produkte von Drittherstellern in NI LabVIEW integriert werden. Um ein EtherCAT Netzwerk über ein Real-Time-PXI-System zu realisieren, wird eine zusätzliche Ethernetschnittstellenkarte benötigt (derzeit PXI-8231 und 8232).

Seit diesem Jahr verfügt National Instruments auch über einen Industrial Controller, der mittels Virtualisierungs-Technologie sowohl mit einem Windows-, als auch mit einem Echtzeit-OS zur gleichen Zeit betrieben werden kann. Dieser Controller sowie die PXI Controller 8108 und 8110 (Quad Core) ermöglichen es daher, EtherCAT-Netzwerk ohne einen zusätzlichen Host Computer zu erstellen, da Echtzeit- und Nicht-Echtzeitteil in einem Gerät implementiert sind.

Des Weiteren steht unter ni.com/german/webcasts der Webcast „EtherCAT – Echtzeit-Ethernet-Integration in NI LabVIEW“ zur Verfügung, in dem der Konfigurationsprozess und die Programmierung unter NI LabVIEW demonstriert wird.

Zusammenfassung

- X-Serie Datenerfassungskarten ermöglichen durch ihre hohe Leistungsfähigkeit neue Applikationsbereiche und bieten kostengünstige Lösungen.
- NI-Hypervisor bietet die Verteilung von Windows und Realtime auf einem Rechner.
- LabVIEW 2009 und das 9144 Erweiterungschassis ermöglichen intelligente EtherCAT-Knoten und bieten aufgrund der FPGA-Technologie ein Höchstmaß an Zuverlässigkeit.

Betrieb einer Lasercavität für das ALPS Experiment

Dieter Notz

Deutsches Elektronen-Synchrotron, DESY, Hamburg, Germany

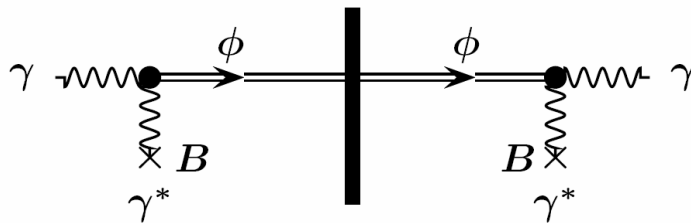
EMAIL: Dieter.Notz@desy.de

SEI Tagung BESSY II 21. 9. – 23. 9. 2009

Zusammenfassung

Auf der Frühjahrstagung 2007 in Rossendorf hatte ich das Experiment ALPS (Axion like particle search) vorgestellt. Axionen sind hypothetische Teilchen mit einer winzigen Masse im milli-eV Bereich. Wir wollen bei DESY Axion-ähnliche Teilchen mit einem Laser in einem Magnetfeld erzeugen. Die Intensität des Laserstrahls wurde im Laufe der Zeit von 3.5W -> 17 W -> 35 W ->1238W gesteigert.

Die Teilchen die wir suchen sind Axion-ähnlich. Die Masse beträgt etwa 0.001 eV (1 meV). Erzeugt werden sie in einem Prozess, bei dem Photonen von links kommen, eine Wechselwirkung mit einem Magnetfeld machen und Axionen Φ erzeugen. Diese fliegen



weiter und durchdringen ohne Störungen einen Absorber, während alle anderen Photonen absorbiert werden. Hinter dem Absorber können die Axionen mit einem 2. Magnetfeld wechselwirken und wieder ein Photon generieren (Regenerationsexperiment, Licht

durchscheint eine Wand). Diese wenigen Photonen werden in einem Detektor nachgewiesen. Wir brauchen also

1. eine starke Lichtquelle mit vielen Photonen (Laser);
2. einen Magneten mit Absorber in der Mitte und
3. einen Detektor.

Der Magnet

Bei DESY gibt es einen HERA Dipolmagneten, der als Ersatz für die Beschleunigermagnete betriebsbereit gehalten wird.

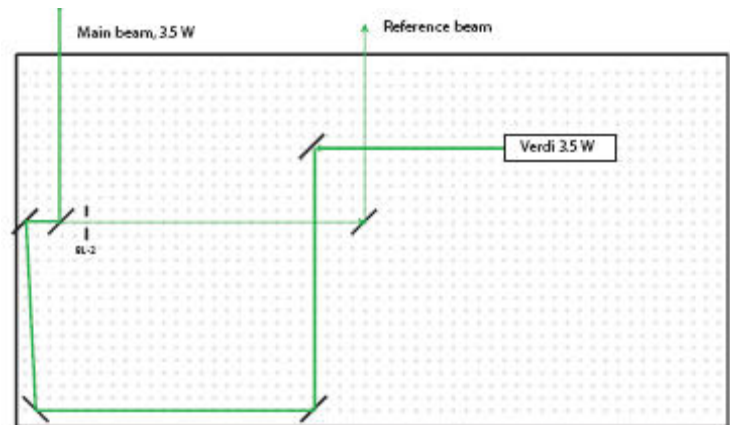
Das Bild zeigt den HERA Dipolmagneten, der rechts und links mit der Kälteversorgung verbunden ist. In die Mitte des Magneten kommt der Absorber, links wird der Laserstrahl erzeugt und rechts der Detektor zum Nachweis der Photonen aufgebaut.



Die ersten Schritte: 3.5 W

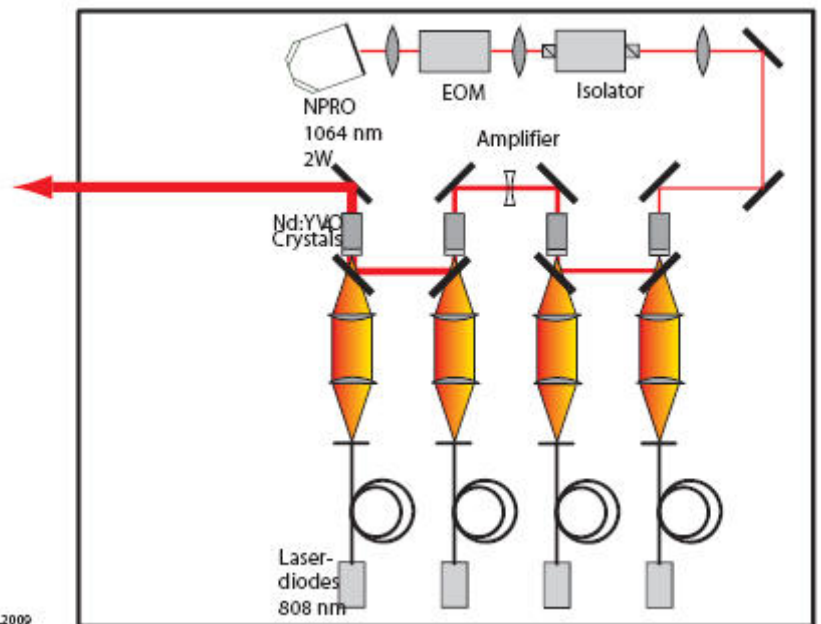
Um überhaupt anzufangen, benutzten wir anfangs einen einfachen Verdi 3.5 W Laser, der im grünen Bereich (532 nm) arbeitet. Ursprünglich wollten wir das Experiment im Infrarotbereich bei 1064 nm durchführen, da es in diesem Bereich Leistungsfähige Laser gibt. Wir fanden aber keinen adäquaten Detektor, kauften zu Testzwecken eine in der Astronomie benutzte Kamera

(SBIG 4), die im grünen Lichtwellenlängenbereich empfindlich ist. Der Aufbau war recht einfach. der Laserstrahl wurde aufgeteilt in einen Haupt- und einen Referenzstrahl. Letzterer wird hinten beim Detektor mit einer Web Kamera angesehen und diente ursprünglich dazu, den Laserstrahl auszurichten.

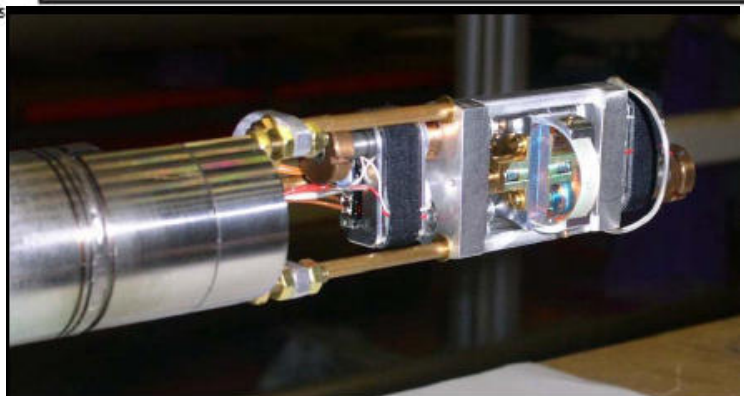


Ein gepulster Laser mit 17W

Der von einer Laserdiode mit 808 nm erzeugte Strahl wird durch einen akustisch-optischen Modulator (AOM) geschickt, um eine stehende Welle zu erzeugen. Yttrium-Vanadat (Nd:YVO₄) eignet sich hervorragend als Lasermaterial, welches durch Diodenlaser sehr effektiv bei 808 nm gepumpt werden kann. Die erste Stufe lieferte 7 W. Der Laser wird durch 4 weitere Stufen auf 42 W bei 1064 nm hochgepumpt. Mit einem Lithium-Borat Kristall wird durch einen gedrehten Kristall eine Oberwelle von 532 nm erzeugt. Die Ausgangsleistung hinter dem Kristall betrug 17 W. Da wir mit den 17 W nicht den bei 4.5 K supraleitenden Magneten belasten wollten, benutzten wir in der Mitte des Magneten statt des Absorbers einen Spiegel.



DH 15.8.2009
laserwc.000915

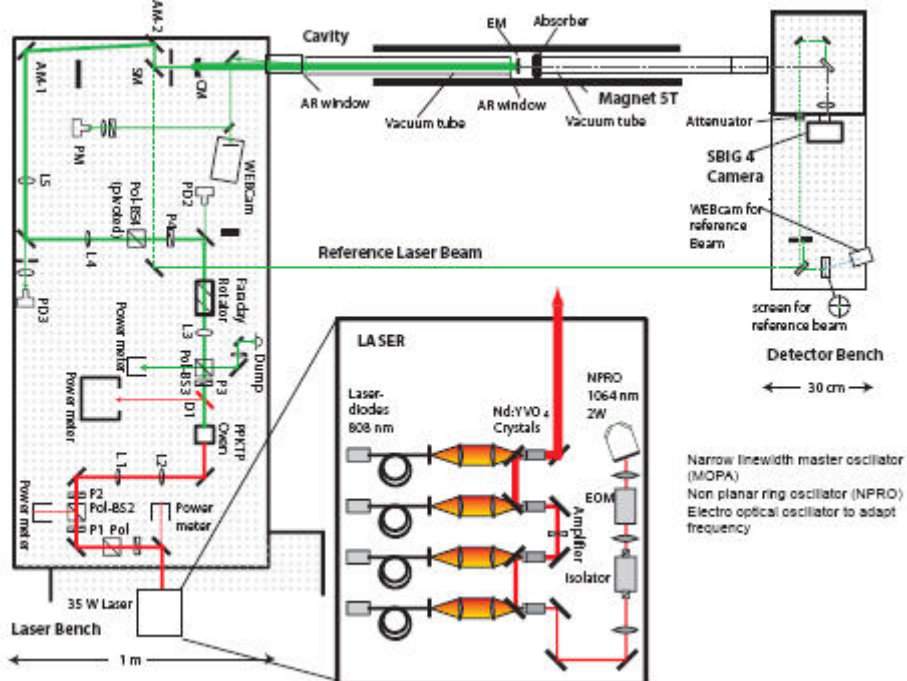


Der Spiegelhalter muss in das Rohr passen und hat daher einen maximalen Außendurchmesser vom 4.3 cm. Rechts und links sind die vakuumtaugliche Picomotoren sichtbar, die gegen den Spiegelhalter drücken und den Spiegel um zwei Achsen drehen können.

Aufbau einer Lasercavität, 35 W

Um die Intensität weiter steigern zu können, setzten wir eine Lasercavität ein. In einer Fabry-Pérot Cavität wird das Licht zwischen zwei Spiegeln mehrfach hin und her bewegt. Da in der Mitte des Magneten die dünnste Stelle ist, benutzen wir in der Mitte einen ebenen Spiegel und am Lasereintritt einen Hohlspiegel mit 15 m Kurvenradius. Die Transparenz des Einkoppelspiegels betrug 2 %, die des Auskoppelspiegels 170 ppm.

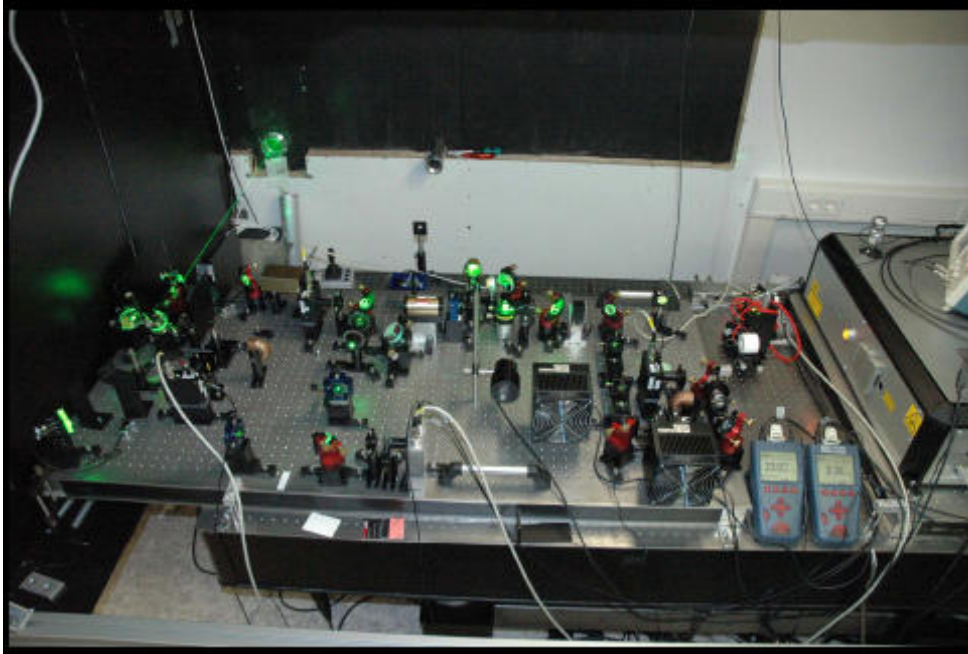
Statt eines gepulsten Lasers mussten wir einen kontinuierlichen Laser des Typs *master oscillator amplifier system* (MOPA) mit schmaler Linienbreite benutzen. Ein non-planarer Ring Oszillator (NPRO) erzeugt eine scharfe Linie bei 1064 nm. Die Arbeitsfrequenz beträgt 10^{14} Hz, die Frequenzschärfe liegt bei 10^6 Hz. Mit einem elektroakustischen Modulator (EOM) kann die Phasenlage des Lasers geändert werden. Wie beim vorigen Laser bewirken vier Pumpstationen eine Steigerung der Leistung auf 35 W. In einem nichtlinearen Prozess einer *second harmonic generation* (SHG) wird in einem PPKTP Kristall (periodically poled KTiOPO₄) grünes Licht mit 800 mW Leistung erzeugt.



Nun ist ein solch einfacher Aufbau nicht in der Lage, eine gute Verstärkung in der Cavität zu erreichen. Durch Schwingungen in der Umgebung hat die Cavität selten die für die Lichtverstärkung notwendige Länge. Es muss also ständig die Frequenz und Phasenlage des Lasers angepasst und geregelt werden. Die Länge einer Cavität darf sich um höchstens 1/80 der Wellenlänge = 6 nm verändern, sonst bricht die Resonanz zusammen. Dies wird mit der Pound-Drever-Hall Technik erreicht.

Das reflektierte Licht am Einkoppelspiegel wird mit einer sehr schnellen Photodiode gemessen. Wenn die Cavität nicht abgestimmt ist, wird fast alles Licht zurück reflektiert.

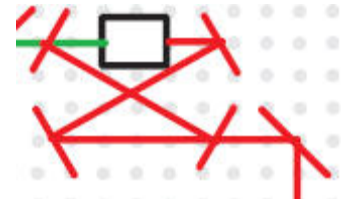
Durch ändern der Laserfrequenz sucht man Bereiche, in denen die Cavität arbeitet (Man findet stehende Wellen – Moden). Über die Phasenverschiebung des EOMs kann man erreichen, dass viel Licht in die Cavität eingekoppelt wird (der Laser wird gelockt). Das Bild unten zeigt links den verstärkten Laserstrahl (Power built-up von 40) der Cavität. Die schwache Laserleistung hinter dem PPKTP von 800 mW wird auf 35 W verstärkt.



Cavität für den Second Harmonic Generator (SHG)

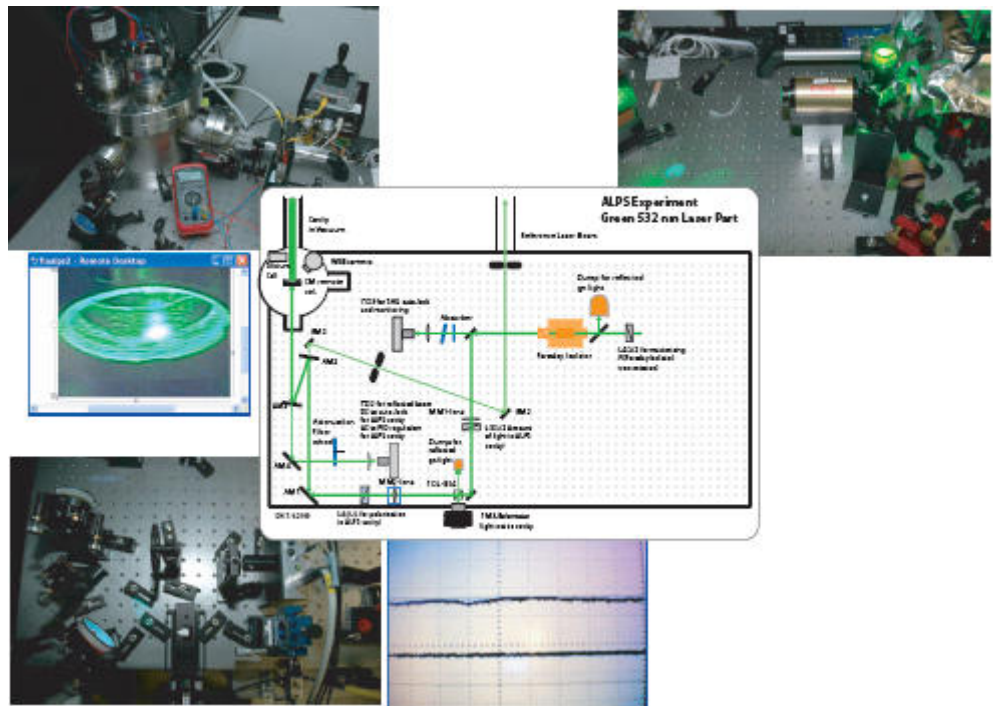
Um die Ausgangsleistung hinter der Konversion von Infrarot nach grün zu verstärken, wurde der PPKTP Kristall ebenfalls in eine Cavität eingebettet.

Hier konnte man allerdings nicht mit Frequenzänderungen des Lasers arbeiten. Statt dessen wird die Länge der Cavität mit einem Piezo Spiegel angepasst (Piezo Effekt).



Cavität mit Spiegeln im Vakuum: 1238 W

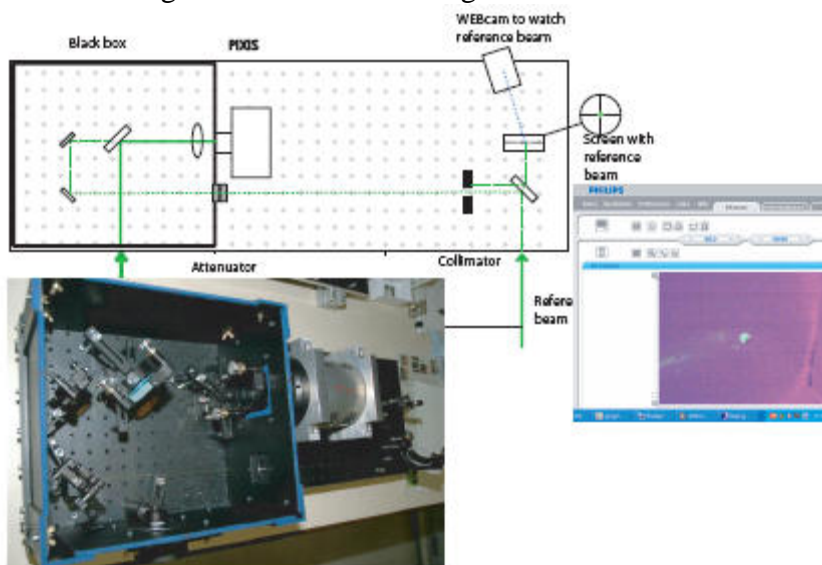
Die obige Cavität enthielt noch zwei Fenster im Strahlengang, die mit ihrer Absorption von 0.3% die Verstärkung schwächten. In einer weiteren Ausbaustufe wurden der Einkoppelspiegel und der



Reflexionsspiegel mit in das Vakuum eingebaut. Dadurch wurde eine Laserverstärkung auf 1238 W erreicht.

Höhere Empfindlichkeit des Detektors

Um die Nachweiswahrscheinlichkeit für regenerierte Photonen von 532 nm zu erhöhen, wurde die SBIG 4 Kamera durch eine PIXIS Kamera ersetzt. Die Quanteneffizienz stieg von 60 % nach 95 %, der Dunkelstrom sank von 0.03 e/pix/s auf 0.001 e/pix/s, es wird statt bei -5 Grad bei -50 Grad gearbeitet. Das Bild zeigt den neuen Detektor mit dem Strahlengang.



Weiterführende Informationen

<http://alps.desy.de>

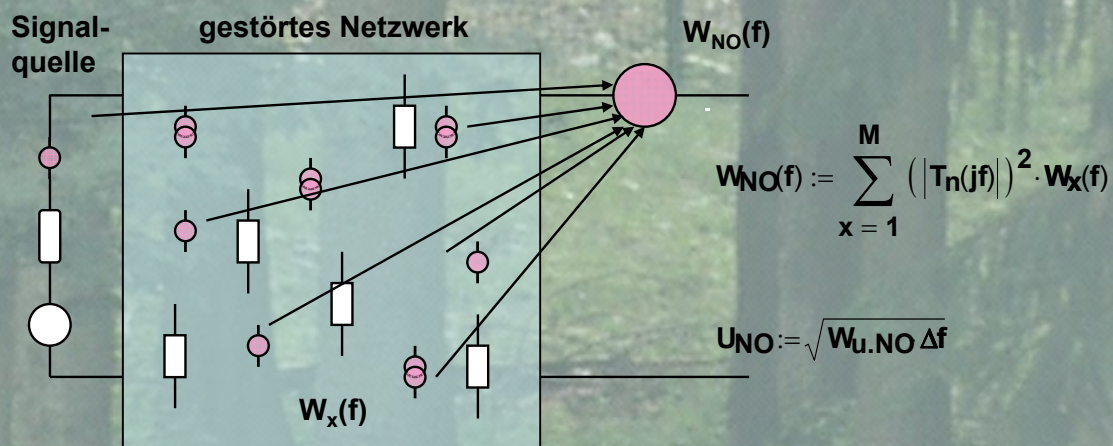
Elektronik entauschen

Das Handwerkszeug

Dr.-Ing. Bernhard Namaschk, Helmholtz-Zentrum Berlin

1

Rauschen und Verrauschen

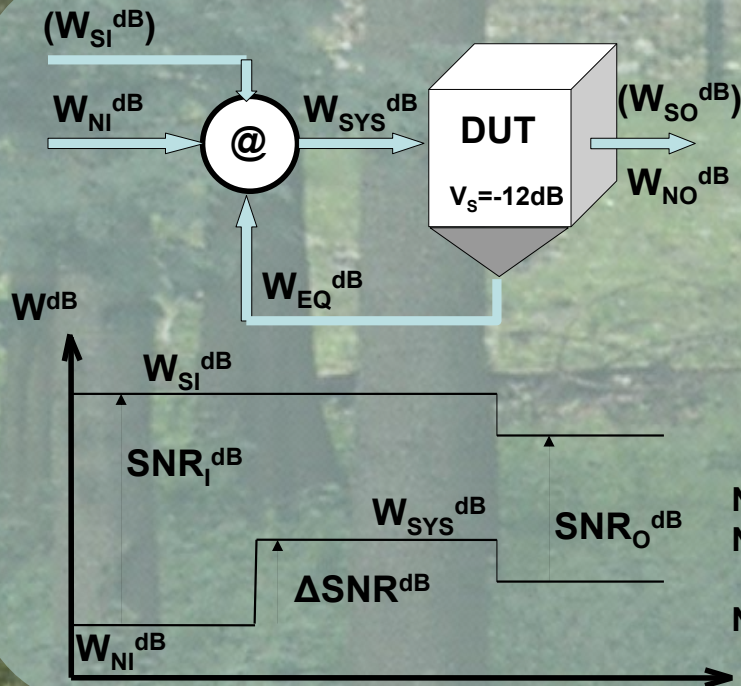


Voraussetzungen:

- alle Rauschquellen sind unkorreliert
- es existiert nur thermisches Rauschen
- Bandbreite sei $\Delta f=100$ MHz

2

Rauschen und Verrauschen



@ Leistungsaddition

W_{SI} Eingangssignal
 W_{NI} Eingangsrauschen
 W_{EQ} Rauschäquivalent
 W_{SYS} Systemrauschen

$$F = \text{SNR}_I / \text{SNR}_O$$

$$F = 1 + W_{EQ} / W_{NI}$$

$$\text{NF} = 10 \lg(\text{SNR}_I / \text{SNR}_O)$$

$$\text{NF} = 10 \lg(\text{SNR}_I) - 10 \lg(\text{SNR}_O)$$

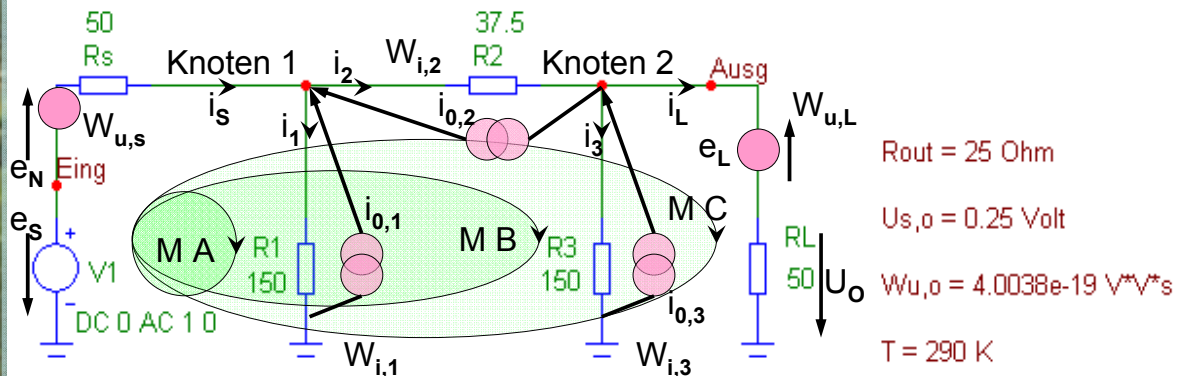
$$\text{NF} = \Delta \text{SNR}^{\text{dB}}$$

3

Rauschanalyse

Beispiel

Dämpfungsglied, Pi-Schaltung



4

Rauschanalyse

$$\text{Knoten 1: } i_s \quad -i_1 \quad -i_2 \quad = i_{0,1} + i_{0,2}$$

$$\text{Knoten 2: } \quad i_2 \quad -i_3 \quad -U_0/R_L = -i_{0,2} + i_{0,3}$$

$$\text{Masche A: } i_s R_s \quad i_1 R_1 \quad = e_s - e_N$$

$$\text{Masche B: } i_s R_s \quad i_2 R_2 \quad i_3 R_3 \quad = e_s - e_N$$

$$\text{Masche C: } i_s R_s \quad i_2 R_2 \quad U_0 \quad = e_s - e_N + e_L$$

5

Rauschanalyse

$$\begin{pmatrix} 1 & -1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -1 & -\frac{1}{R_L} \\ R_S & R_1 & 0 & 0 & 0 \\ R_S & 0 & R_2 & R_3 & 0 \\ R_S & 0 & R_2 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} i_s \\ i_1 \\ i_2 \\ i_3 \\ u_0 \end{pmatrix} := \begin{pmatrix} i_{0,1} + i_{0,2} \\ -i_{0,2} + i_{0,3} \\ e_s - e_N \\ e_s - e_N \\ e_s - e_N + e_L \end{pmatrix}$$

Knoten- und Maschengleichungen aufstellen

$$\begin{pmatrix} i_s \\ i_1 \\ i_2 \\ i_3 \\ u_0 \end{pmatrix} := \begin{pmatrix} 1 & -1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -1 & -\frac{1}{R_L} \\ R_S & R_1 & 0 & 0 & 0 \\ R_S & 0 & R_2 & R_3 & 0 \\ R_S & 0 & R_2 & 0 & 1 \end{pmatrix}^{-1} \cdot \begin{pmatrix} i_{0,1} + i_{0,2} \\ -i_{0,2} + i_{0,3} \\ e_s - e_N \\ e_s - e_N \\ e_s - e_N + e_L \end{pmatrix}$$

Determinante berechnen:

$$\Delta := R_S \cdot \Delta_{31} - R_1 \cdot \Delta_{32}$$

Ausgangsrauschen u_0 berechnen - Gleichung entwickeln nach der 5. Zeile

Kontrollanalyse mit Kettenmatrizen

6

Rauschanalyse

$T_S := \frac{U_o}{e_S}$
 $T_S := \frac{R_1 \cdot R_L \cdot R_3}{R_S \cdot [R_L \cdot (R_1 + R_2 + R_3) + R_3 \cdot (R_1 + R_2)] + R_1 \cdot [R_L \cdot (R_2 + R_3) + R_2 \cdot R_3]}$
Signalübertragungsfunktion

$T_{NS} := \frac{U_o}{e_{NS}}$
 $T_{NS} := \frac{-R_1 \cdot R_L \cdot R_3}{R_S \cdot [R_L \cdot (R_1 + R_2 + R_3) + R_3 \cdot (R_1 + R_2)] + R_1 \cdot [R_L \cdot (R_2 + R_3) + R_2 \cdot R_3]}$

$T_1 := \frac{U_o}{i_{o,1}}$
 $T_1 := \frac{R_1 \cdot R_L \cdot R_3 \cdot R_S}{R_S \cdot [R_L \cdot (R_1 + R_2 + R_3) + R_3 \cdot (R_1 + R_2)] + R_1 \cdot [R_L \cdot (R_2 + R_3) + R_2 \cdot R_3]}$

$T_2 := \frac{U_o}{i_{o,2}}$
 $T_2 := \frac{R_1 \cdot R_L \cdot R_3 \cdot \left(1 + \frac{R_S}{R_1}\right) \cdot R_2}{R_S \cdot [R_L \cdot (R_1 + R_2 + R_3) + R_3 \cdot (R_1 + R_2)] + R_1 \cdot [R_L \cdot (R_2 + R_3) + R_2 \cdot R_3]}$
Teilübertragungsfunktionen der Rauschquellen

$T_3 := \frac{U_o}{i_{o,3}}$
 $T_3 := \frac{R_1 \cdot R_L \cdot R_3 \cdot \left[R_S + R_2 \cdot \left(1 + \frac{R_S}{R_1}\right) \right]}{R_S \cdot [R_L \cdot (R_1 + R_2 + R_3) + R_3 \cdot (R_1 + R_2)] + R_1 \cdot [R_L \cdot (R_2 + R_3) + R_2 \cdot R_3]}$

$T_L := \frac{U_o}{e_L}$
 $T_L := \frac{R_1 \cdot R_L \cdot R_3 \cdot \left[\left(1 + \frac{R_S}{R_1}\right) \cdot \left(1 + \frac{R_2}{R_3}\right) + \frac{R_S}{R_3} \right]}{R_S \cdot [R_L \cdot (R_1 + R_2 + R_3) + R_3 \cdot (R_1 + R_2)] + R_1 \cdot [R_L \cdot (R_2 + R_3) + R_2 \cdot R_3]}$

7

Rauschanalyse

Ausgangssignal

$$u_o := T_S \left[e_S - e_N - R_S i_{o,1} + R_2 \left(1 + \frac{R_S}{R_1}\right) i_{o,2} + \left[R_S + R_2 \left(1 + \frac{R_S}{R_1}\right) \right] i_{o,3} + u_{o,L} \right]$$

$$u_{o,L} := \left[\left(1 + \frac{R_S}{R_1}\right) \left(1 + \frac{R_2}{R_3}\right) + \frac{R_S}{R_3} \right] e_L$$

Ausgangsrauschen

$$W_{NO}(f) := \sum_{x=1}^5 (|T_n(jf)|)^2 \cdot W_x$$

mit $W_{u,N} := 4 K_{Bo} T_\theta \cdot R_n$

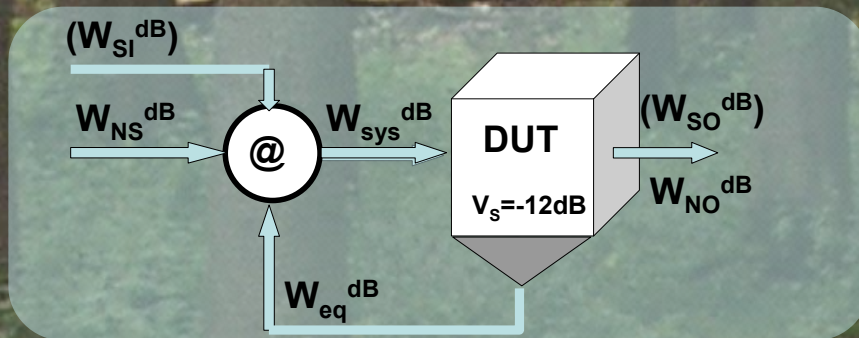
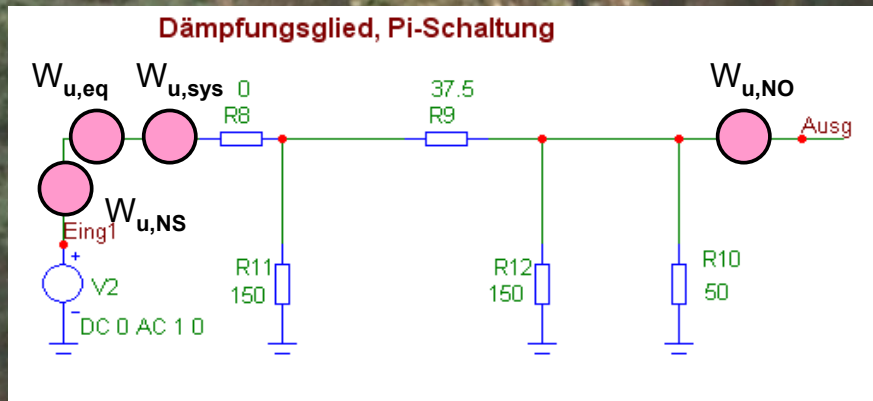
$$W_{i,N} := \frac{4 K_{Bo} T_\theta}{R_n}$$

$$K := 4 K_{Bo} T_\theta \cdot V_S$$

$$W_{NO} := K \left[R_S + R_2 \left(1 + \frac{R_S}{R_1}\right)^2 + \frac{R_S^2}{R_1} + \frac{\left[R_S + R_2 \left(1 + \frac{R_S}{R_1}\right) \right]^2}{R_3} + \left[\left(1 + \frac{R_S}{R_1}\right) \left(1 + \frac{R_2}{R_3}\right) + \frac{R_S}{R_3} \right]^2 \right]$$

8

Rauschanalyse



9

Rauschanalyse

Systemrauschen

$$K := 4 \cdot K_{B0} \cdot T_{\theta}$$

$$W_{\text{sys}} = K \left[R_S + R_2 \left(1 + \frac{R_S}{R_1} \right)^2 + \frac{R_S^2}{R_1} + \frac{\left[R_S + R_2 \left(1 + \frac{R_S}{R_1} \right) \right]^2}{R_3} + \left[\left(1 + \frac{R_S}{R_1} \right) \left(1 + \frac{R_2}{R_3} \right) + \frac{R_S}{R_3} \right]^2 R_L \right]$$

Eingangsrauschen

$$W_{\text{NS}} := 4 \cdot K_{B0} \cdot T_{\theta} \cdot R_S$$

$$W_{\text{NI}} := W_{\text{NS}}$$

10

Rauschanalyse

Rauschäquivalent

$$K := 4 K_{Bo} T_{\theta}$$

$$W_{eq} := K \left[R_2 \left(1 + \frac{R_S}{R_1} \right)^2 + \frac{R_S^2}{R_1} + \frac{\left[R_S + R_2 \left(1 + \frac{R_S}{R_1} \right) \right]^2}{R_3} + \left[\left(1 + \frac{R_S}{R_1} \right) \left(1 + \frac{R_2}{R_3} \right) + \frac{R_S}{R_3} \right]^2 R_L \right]$$

Rauschzahl

$$F := \frac{W_{sys}}{W_{NI}}$$

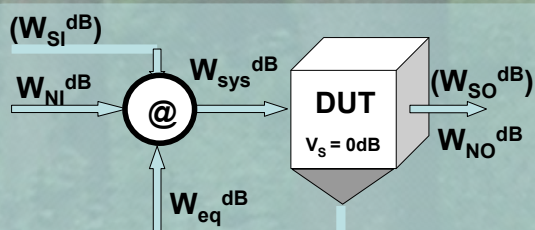
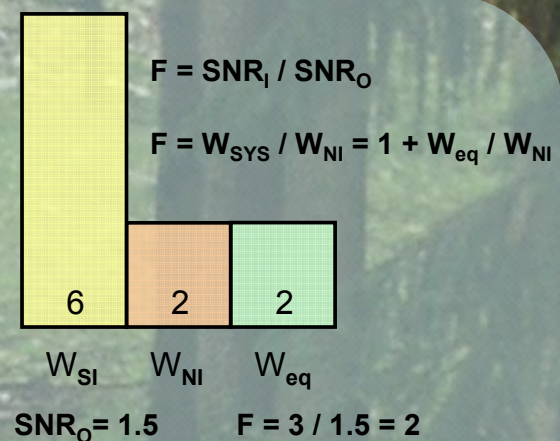
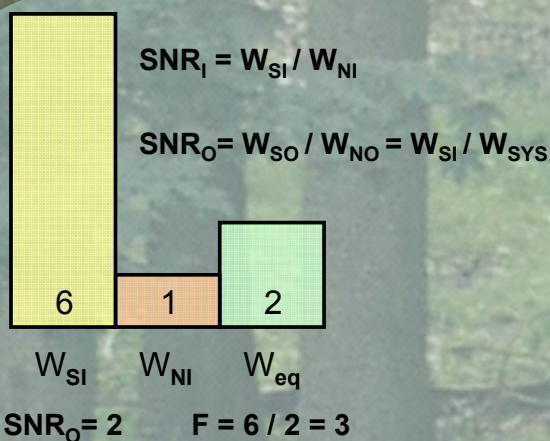
$$W_{sys} := W_{NI} + W_{eq}$$

$$F := 1 + \frac{W_{eq}}{W_{NI}}$$

$$F(R_S) := 1 + \frac{R_2}{R_S} \left(1 + \frac{R_S}{R_1} \right)^2 + \frac{R_S}{R_1} + \frac{\left[R_S + R_2 \cdot \left(1 + \frac{R_S}{R_1} \right) \right]^2}{R_3 \cdot R_S} + \left[\left(1 + \frac{R_S}{R_1} \right) \cdot \left(1 + \frac{R_2}{R_3} \right) + \frac{R_S}{R_3} \right]^2 \cdot \frac{R_L}{R_S}$$

11

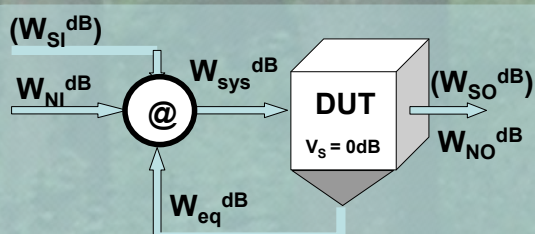
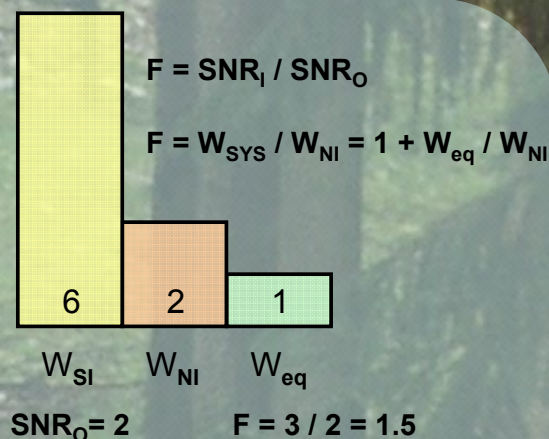
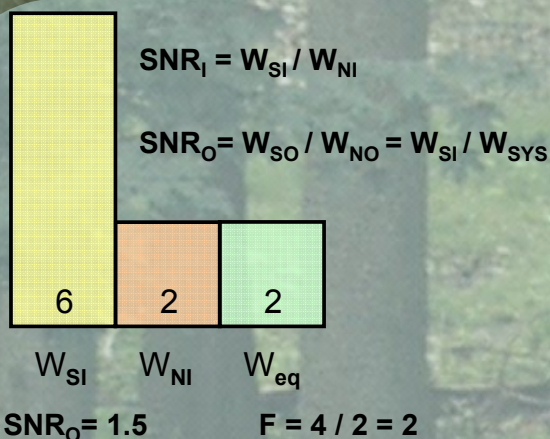
Rauschoptimierung



Eine Erhöhung des Eingangsrauschens W_{NI} allein führt zu einer Verkleinerung der Rauschzahl aber auch zu einem kleineren SNR_O !

12

Rauschoptimierung



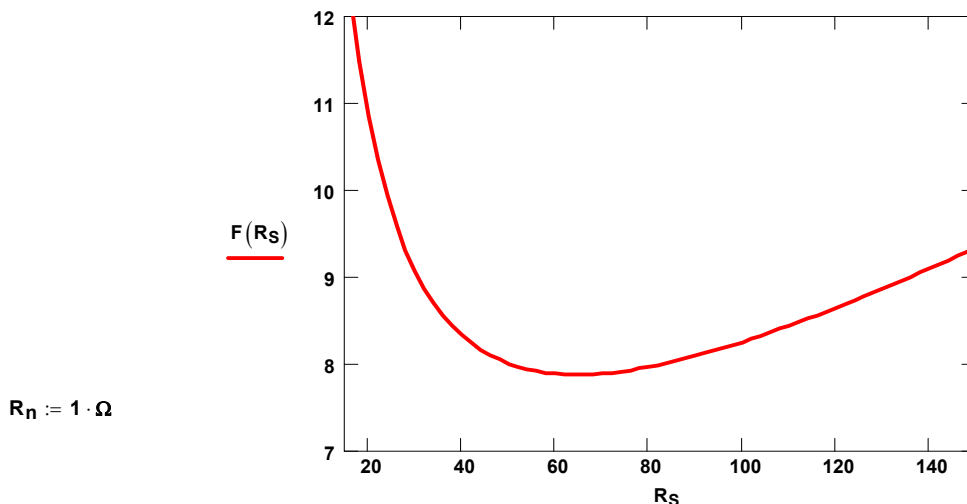
Eine Verringerung des Rauschäquivalents W_{eq} allein führt zu einer Verkleinerung der Rauschzahl und gleichzeitig zu einem größeren SNR_O !

13

Rauschoptimierung

$$F(R_S) := 1 + \frac{R_2}{R_S} \left(1 + \frac{R_S}{R_1}\right)^2 + \frac{R_S}{R_1} + \frac{\left[R_S + R_2 \left(1 + \frac{R_S}{R_1}\right)\right]^2}{R_3 R_S} + \left[\left(1 + \frac{R_S}{R_1}\right) \left(1 + \frac{R_2}{R_3}\right) + \frac{R_S}{R_3}\right]^2 \frac{R_L}{R_S}$$

$$R_S := 14, 16 \dots 150$$



$$R_{opt} := \left(\text{wurzel} \left(\frac{d}{dR_S} F(R_S) \right), R_S, 50, 70 \right)$$

$$R_S := R_n \cdot R_{opt} \quad R_S = 64.54867479178 \, \Omega$$

14

Ergebnisse

| Messgröße | Rauschanpassung | Leistungsanpassung |
|---------------------------------|--|---------------------------------------|
| Rauschzahl F_{290} | 7.873 | 8 |
| Eingangsräuschspannung | 10.168 μV | 8.949 μV |
| Ausgangsräuschspannung | 6.226 μV | 6.328 μV |
| Rauschäquivalent | 26.656 μV | 23.676 μV |
| Systemrauschen | 28.538 μV | 25.31 μV |
| Leistungsverstärkung | -13.2 dB | -12 dB |
| $\text{SNR}_i^{\text{dBr}}$ | 99.856 | 100.965 dB |
| $\text{SNR}_o^{\text{dBr}}$ | 90.894 dB | 91.934 dB |
| $\Delta\text{SNR}^{\text{dBr}}$ | 8.962 dB | 9.03 dB |

15

Premiumseminar – Entrauschen

Nr. 33280.00.003

Termin: 2.12.2009 - 4.12.2009 in Ostfildern

Teilnahmegebühr 2400,00 EUR

Dieses Seminar lehrt entgegen der herkömmlichen Auffassung und der gegenwärtigen Lehrmeinung eine wirksame Rauschreduktion:

- > Systemrauschen, Bestandteile und Zusammenspiel
- > Gegenüberstellung Sinnvolles und Sinnloses bei der Rauschzahl
- > die Verschlechterungszahl – eine Korrektur der Rauschzahl
- > wirksame Rauschreduktion oder Rauschanpassung
- > Erfassen der Rauschquellen elektronischer Produkte
- > Vorgabe und Analyse rauschender Netzwerke
- > Erfassen des Rauschäquivalents rauschender Netzwerke
- > Vorgabe der Signaleigenschaften, Invarianz der Optimierung
- > numerische Durchführung der Rauschreduktion
- > das absolute Extrem rauscharmer Bemessung der Bauelemente
- > der lehrreiche Gegensatz extrem rauschender Bemessung
- > Spice-Simulation – ein Prüfstein der wirksamen Rauschreduktion
- > das Mitoptimieren der EM-Verträglichkeit und Parasitics
- > Messungen und Experimente am Messplatz – der Endbeweis
- > Zusammenfassen der künftigen Arbeit mit rauschenden Netzwerken

Referent: Prof. Dr.-Ing. A. Neidenoff, Hochschule für Technik u. Wirtschaft, Saarbrücken

16

Quelle: Technische Akademie Esslingen, Internet: www.tae.de

Firmwaremöglichkeiten der **LVDS-QDCs** des ZEL

P. Wüstner, W. Erven, H. Loevenich,
P. Marchiniewski, G. Kemmerling, K. Zwoil
V. Hejny, P. Kulesa

Forschungszentrum Jülich, ZEL

Übersicht

- Vorgeschichte
- ZEL-LVDS-System
- SQDC, FQDC
- Funktionen im FPGA
 - Raw Mode
 - Baseline
 - Festes Integral
 - Impulsanalyse
 - Pile Up
 - Triggervarianten
 - Featureextraction
- Zusammenfassung

Vorgeschichte

- * 2006 Umzug des WASA-Detektors von Celsius (Uppsala) zu COSY (Jülich)
- * (fast) alle DAQ-Elektronik neu zu entwickeln (Performance, Zuverlässigkeit)
- * Ziel: geringe Totzeit, keine Delay-Kabel, preiswert
- * Aus bestehenden Anfängen (TDCs mit F1) 'System' mit Crates, Controllern, QDCs, TDCs und Synchronisation entwickelt

WASA: 16 Crates, 78 TDCs (je 64 Kanäle), 106 QDCs (je 16 Kanäle)

ZEL-LVDS-System

- * modifizierte VME-Crates
- * 15 Module pro Crate (+Controller)
- * +/- 5V, 12 V, 3.3 V, 3.8 V
- * 16 Bit Adressen (LVDS)
- * 16 Bit Daten (LVDS)
- * Clock (40 MHz) und Start (diff. ECL)
- * 16 ECL-Paare für Synchronisationsmodule

- * Daten: 80 MByte/s (160 MByte/s ohne HW-Änderung möglich)

- * optischer Datenlink (SIS1100)

- * Trigger über Controller (opt, diff. ECL, NIM)
- * Datenauslese und Triggerfreigabe autonom im Controller

SQDC, FQDC

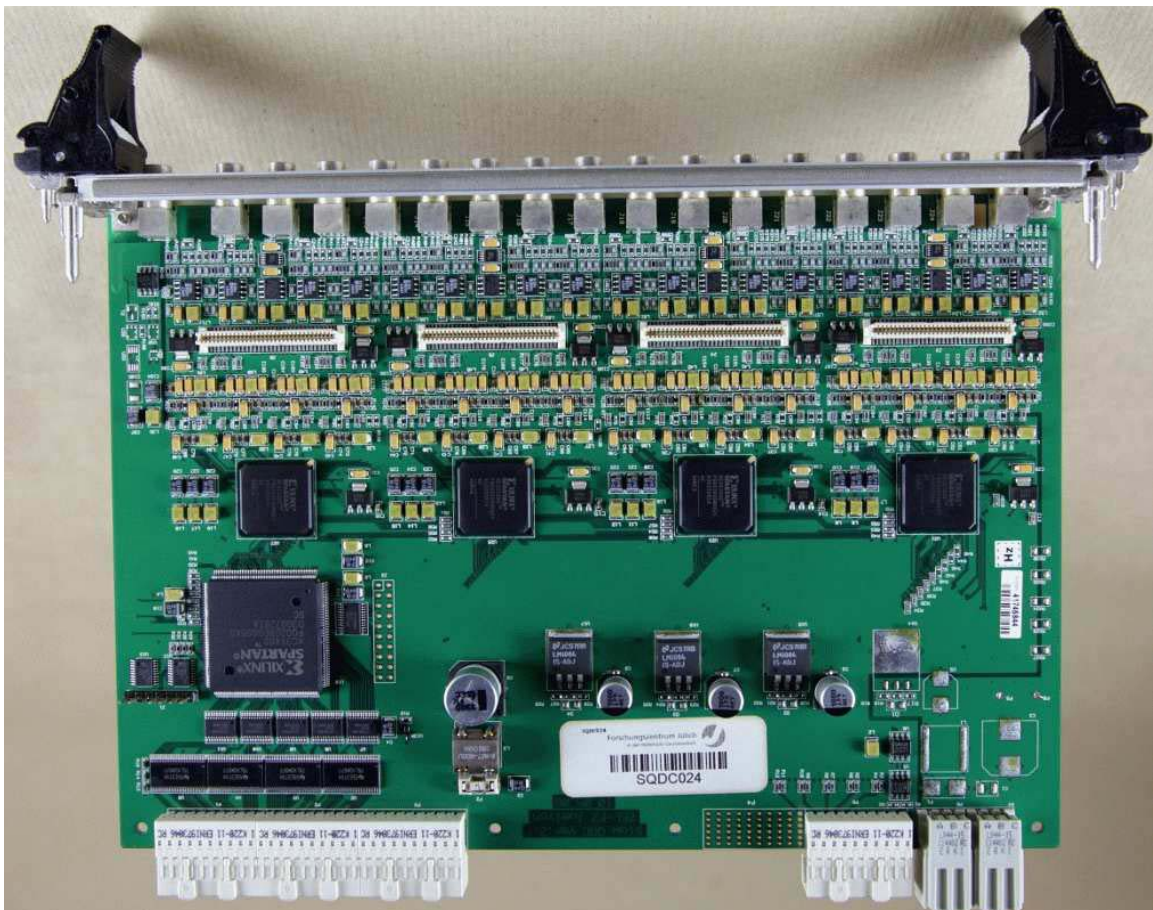
- * 16 Kanäle pro Board
- * Pipeline-ADCs mit 12 Bit Auflösung, symmetrisch
- * je ein FPGA für 4 Kanäle (SPARTAN XC3S1000)
- * ein FPGA für Busankopplung (SPARTAN XC3S400)
- * Triggereingang für Spezialfälle (NIM)

SQDC:

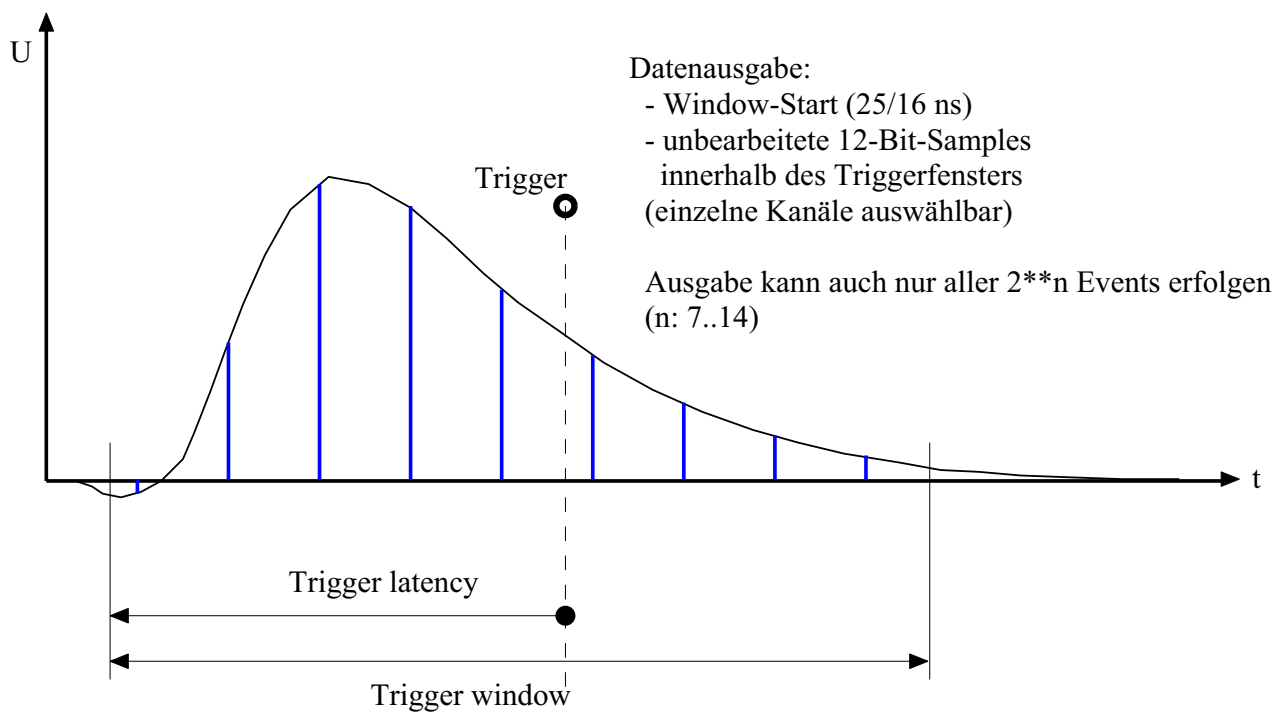
- 80 MHz, Eingänge galvanisch gekoppelt
- +/- 1.0 V max.
- ADC: AD9236
- Baseline durch DAC verschiebbar

FQDC:

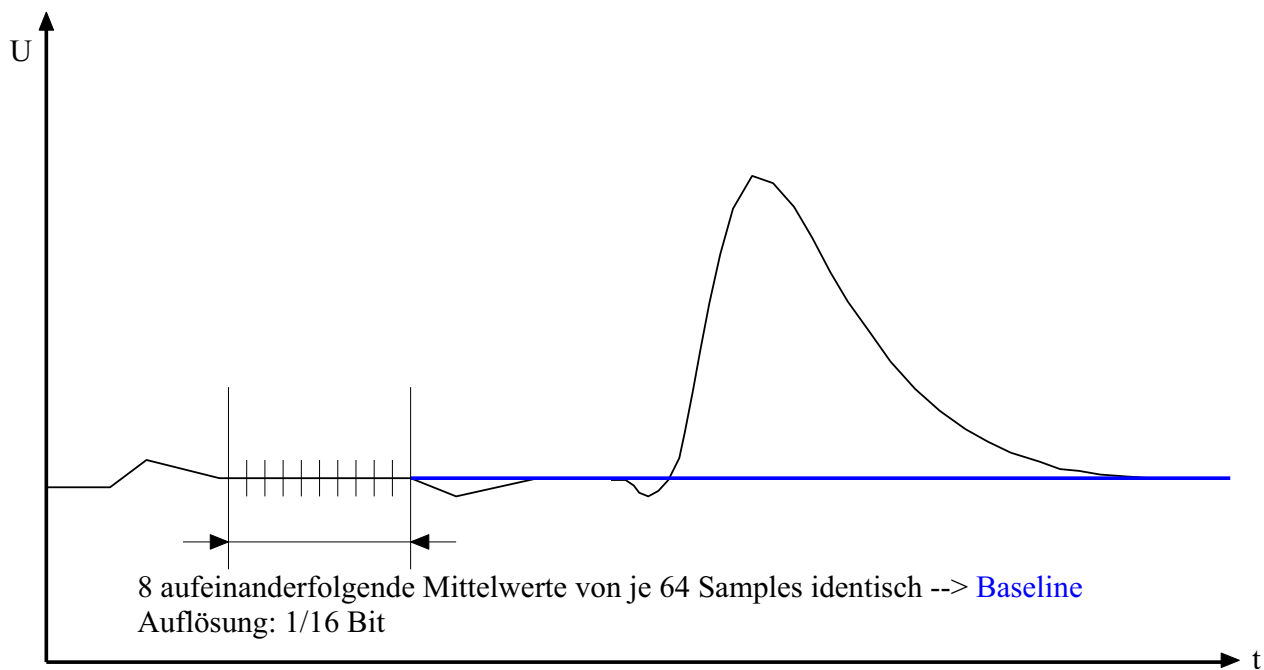
- 160 MHz, Eingänge kapazitiv gekoppelt
- +/- 0.4 V max.
- ADC: MAX1213
- Baseline nicht verschiebbar
- Testpulse und Testeingang verfügbar



Raw Mode

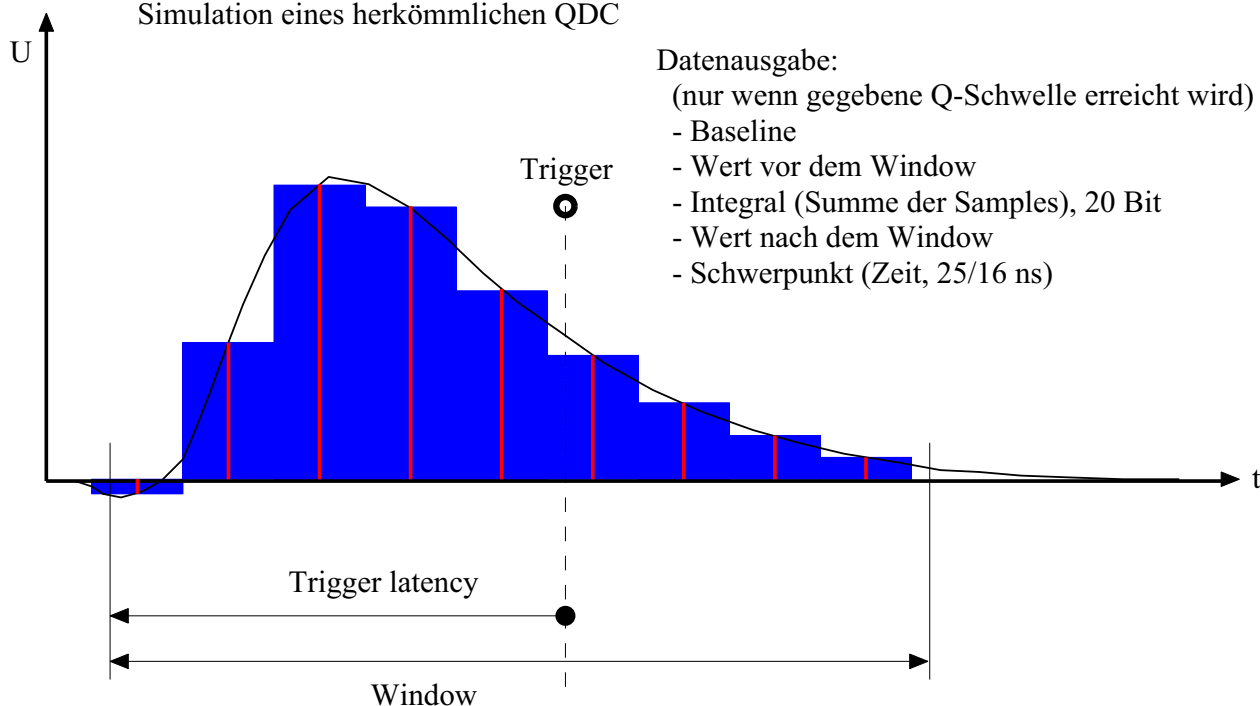


Baseline



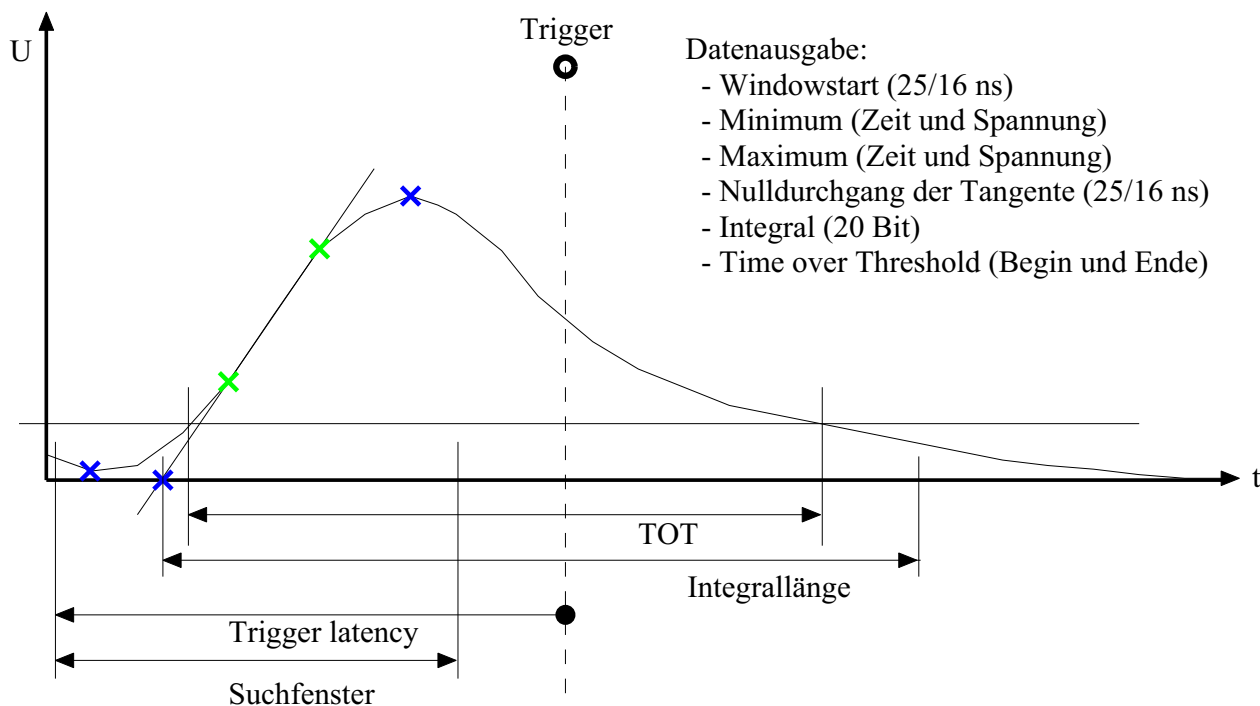
Festes Integral

Simulation eines herkömmlichen QDC



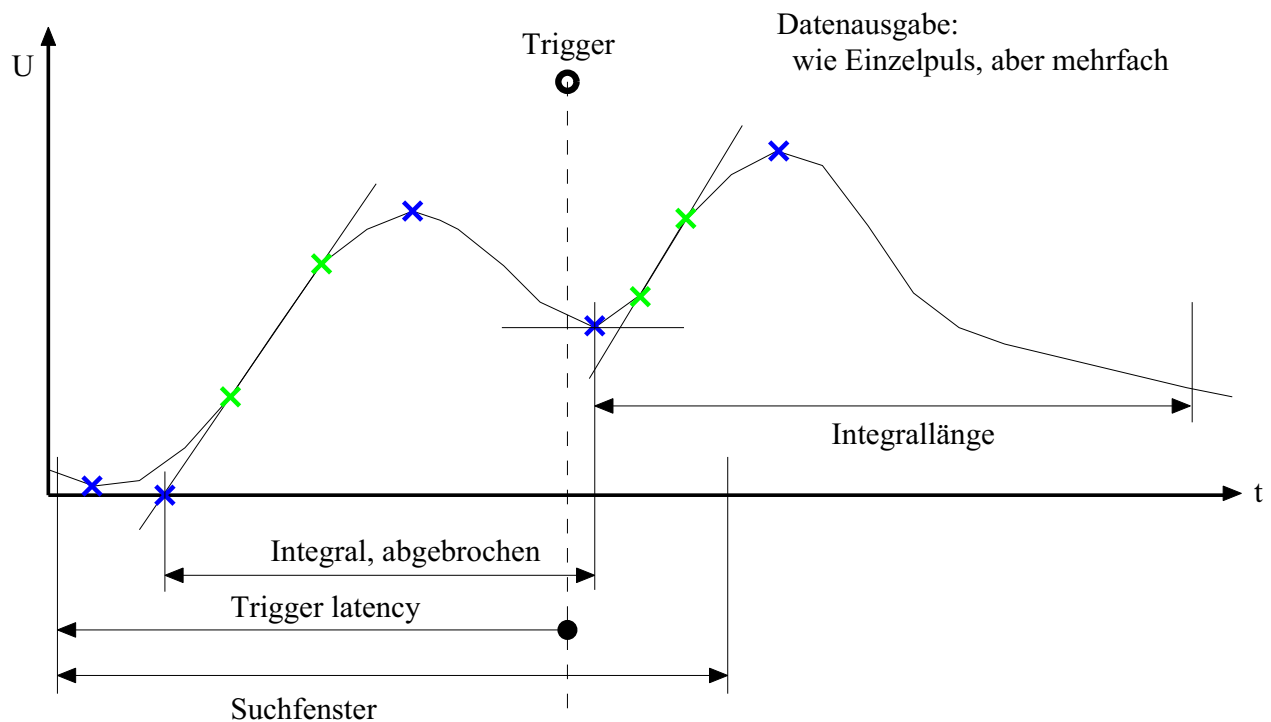
- Datenausgabe:
(nur wenn gegebene Q-Schwelle erreicht wird)
- Baseline
 - Wert vor dem Window
 - Integral (Summe der Samples), 20 Bit
 - Wert nach dem Window
 - Schwerpunkt (Zeit, 25/16 ns)

Impulsanalyse



- Datenausgabe:
- Windowstart (25/16 ns)
 - Minimum (Zeit und Spannung)
 - Maximum (Zeit und Spannung)
 - Nulldurchgang der Tangente (25/16 ns)
 - Integral (20 Bit)
 - Time over Threshold (Begin und Ende)

Pile Up



Triggervarianten

- * über Synchronisations-System und Controller
(normaler Modus, alle Module synchron)
- * eigener Triggereingang (nur FQDC)
(alle Module unabhängig)
- * Signalschwelle in einem Kanal überschritten
(alle Kanäle unabhängig)

Featureextraktion (geplant)

- kontinuierliche Ausgabe weniger Bits jedes Samples an Hilfsmodul hinter der Backplane
- dadurch komplexere Triggerlogik möglich
- Zeitbedingungen unklar (FIFO-Längen in TDCs)

Zusammenfassung

- QDCs mit Hilfe von Pipeline-ADCs und FPGAs simuliert
- Delay-Lines eingespart
- komplexe Signalauswertung möglich
- gleichzeitig einfache TDC-Funktionalität
- als Billigoszilloskop 'miß'-brauchbar
- schlecht für kurze Signale brauchbar
- Featureextraktion für Trigger (vielleicht) nützlich
- Test aller Funktionen kompliziert und aufwendig, noch nicht abgeschlossen

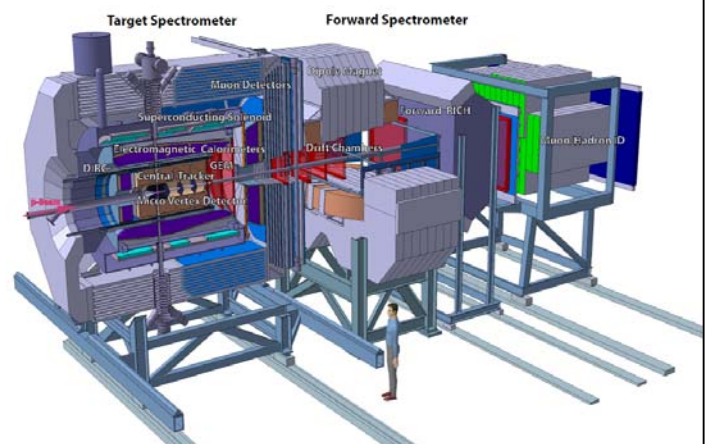
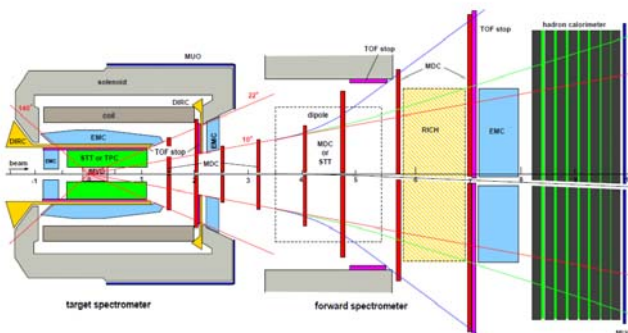
Erste MicroTCA-Entwicklungen im Forschungszentrum Jülich

- Panda DAQ
- Kurzer Überblick ATCA und MicroTCA
- Entwicklung TDC-Modul
- Entwicklung eines seriellen optischen Uplink-Moduls
- Testsystem => **Erfahrungsbericht von Dr. Matthias Drochner**

23. September 2009 | Harald Kleines

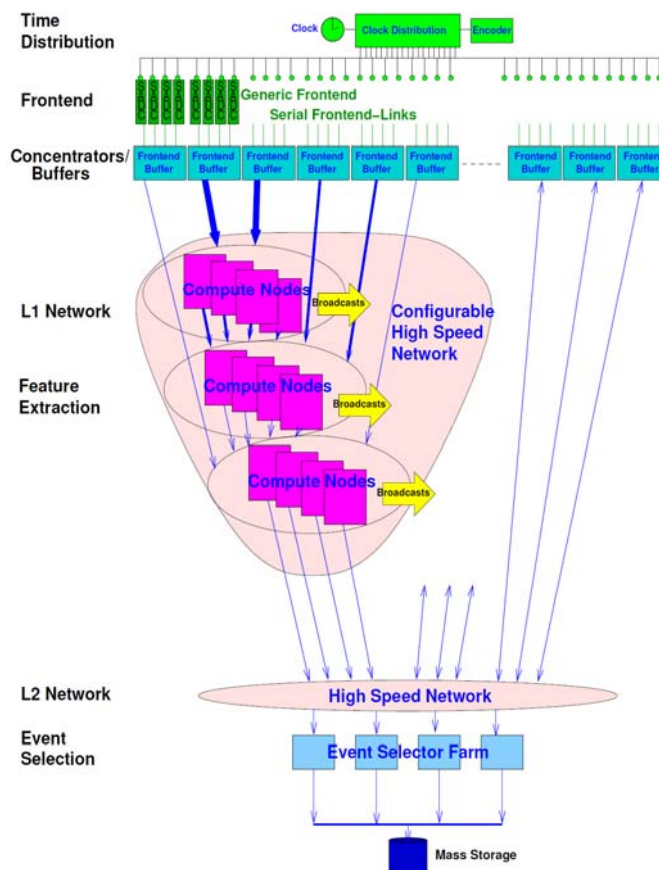
PANDA (AntiProton Annihilations at Darmstadt)

- Detektorsystem (mit Pellet-Target) am **HESR** (High Energy Storage Ring) an **FAIR** (Facility for Antiproton and Ion Research) in Darmstadt
- Ziel: Untersuchung der Wechselwirkung von Antiprotonen mit Kernen und Kernbausteinen
- Ursprüngliche Planung: 2013 fertig



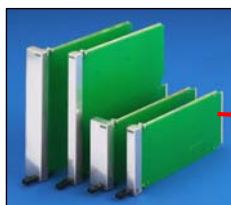
PANDA DAQ

- Kein Hardware-Trigger
- Freilaufendes System
- L1-Trigger: Feature Extraction
- L2-Trigger: Event Selection
- Hardware-Platform: ATCA
- Prototyp Compute-Node fertig (Uni Giessen / IHEP Peking)

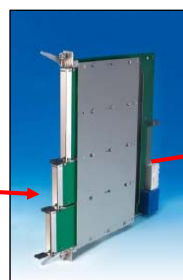


ATCA

- Boardgröße: Höhe 8U (322,25mm), Tiefe: 280mm
- Spannungsversorgung: -48 V, 200W/Slot, Redundant
- Backplanes:
 - ≤ 16 Slots, Punkt-zu-Punkt-Links: Full Mesh oder Dual Star, 8 Lanes/Link
 - Erni ZD differentielle Konnektoren: 5Gbit/Lane
- Protokolle: Ethernet, Infiniband, Starfabric, RapidIO, PCIe
- Komplexes Management: Boarderkennung, Backplane-Routing, Temperatur, Spannungsversorgung,.....
- ATCA Mezzanine cards (AMC)
- Probleme:
 - Kosten
 - Aufwendige Board-Entwicklung



AMC form factors



Carrier Blade



Carrier blades in ATCA chassis

MicroTCA

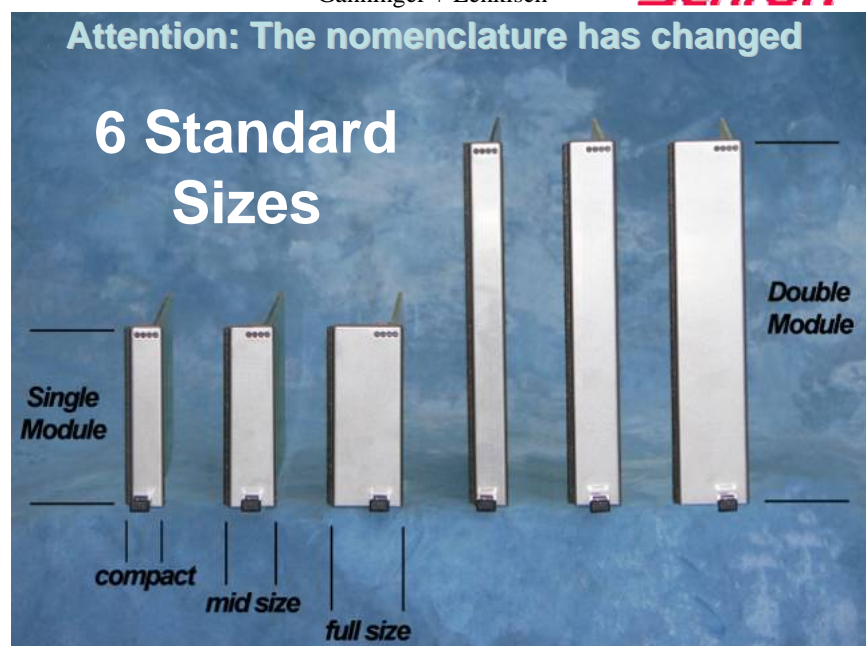
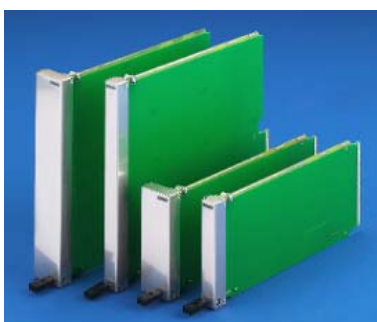
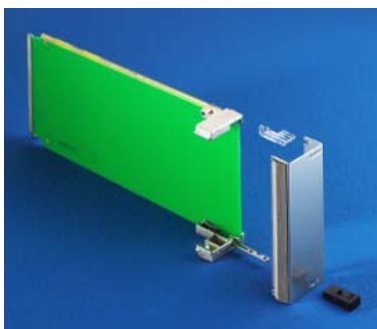
- Auf AMC aufbauendes System
- 12 V/3,3 V Power Entry Module
- MCH (MicroTCA Carrier Hub)
- Backplane: ≤ 12 Slots, Dual-Star, Single-Star
 - 100 Ohm differentielle Paare
 - Komponentenseite 1 links
 - Common Options: 1000Base-BX, SATA
 - Fat Pipe (x4): PCIe, SRIO, 10G-BASE-BX4
 - Stecker: 170 pol. direkte Steckung
- komplexes Management analog zu ATCA
 - Verteilt via I²C
 - MMC: Module Management Controller



Hohe Variantenvielfalt

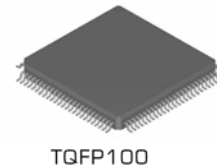
- Beliebige Kombination von Backplane-Protokollen u. Formfaktoren
- Single Module: 74mm x 180mm

ATCA/MicroTCA-Bilder von Ganninger + Lenkisch



Entwicklung eines MicroTCA TDC-Moduls

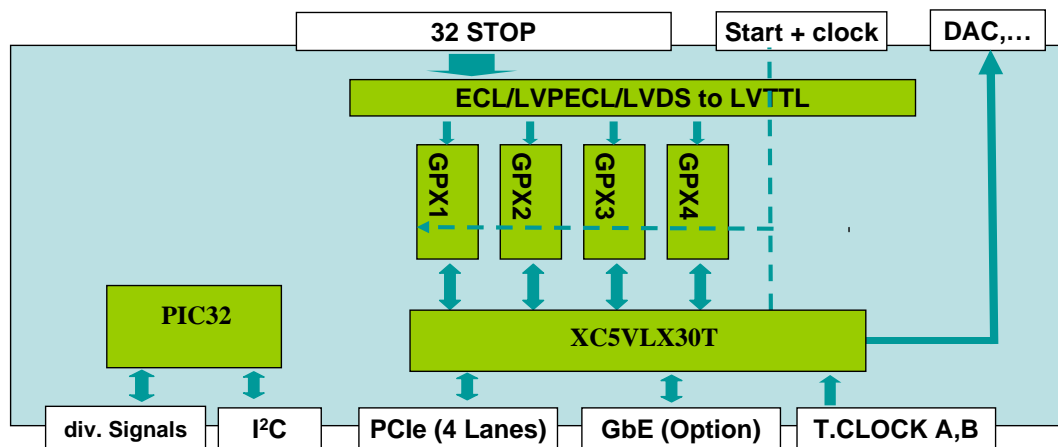
- Pragmatischer Ansatz für PANDA DAQ: Beginne mit MicroTCA
- Erste Entwicklung: TDC Modul für STT (Straw Tube Tracker)
- **GPX ASIC** von *acam messelektronik gmbh* im I-Mode:
 - 8 Kanäle
 - Bin-Breite: typ. 81 ps, Messbereich: 17 Bit
 - 32fach multihit-fähig, Doppelpulsauflösung ca. 5,5 ns
 - Peak-Rate: 182 MHit/s
 - Kontinuierliche Rate pro Kanal: 10 MHit/s
- Änderung der ursprünglichen Pläne:
 - 32 Kanäle wegen Preis/Kanal
 - Double width, compact size module
 - XC5VLX30T im FF665 Gehäuse (150€, jetzt 280€)
 - Implementierung von MMC auf Mikrokontroller statt Kauf von Pidgeon Point Modul



Design-Entscheidungen

- Implementierung von AMC.1
 - Implementierung von 4 Lane PCIe mit Hilfe des „embedded PCIe endpoint“ des Virtex5LXT
 - Verbindung der AMC ports 4 – 7 mit Virtex 5 GTP_Dual_Tiles X0Y3 und X0Y2. Verwende FCLKA als Referenz-Clock.
- Zusätzlich: Verbindung von AMC port 0 mit GTP_Dual_Tile X0Y0
 - ⇒ GbE möglich mit „embedded MAC core“
- Kein privates „Rear IO“ ⇒ DAC-Ansteuerung via Front-Stecker
- Clock und Start-Signale von Front-Stecker
 - Verwendung der Telekom Clocks wird noch diskutiert
- Direkte Steckung mit hartvergoldeten Kontakten statt Harting-Stecker

Blockdiagramm



- Implementierung des MMC (Module Management Controller) mit Microchip PIC32MX460F512L Mikrocontroller mit 2 integrierten I²C Schnittstellen
 - Aufwendig!!!
- Verwendung von Open Source www.coreipm.com beabsichtigt

Status

- HW-Test
 - nur Mikrokontroller-Teil
- Noch offen:
 - FPGA code,
 - MMC software

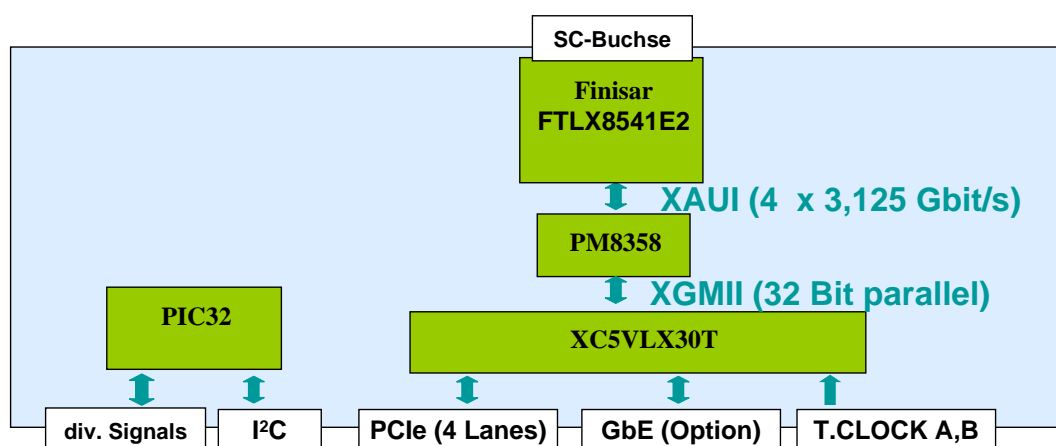


Entwicklung eines optischen Uplink-Moduls

- Nominelle Bandbreite pro Slot: 8 Gigabit/s (4 PCIe-Lanes)
- => Anforderung an Uplink: 10 Gbit/s
- Übernahme Management-Teil, Backplane-Interface und FPGA vom TDC-Modul
- Vermeide 10 GigaBit/s auf Platine (8B/10B-Codierung => 12,5 GHz)
 - ⇒ Verwende **XAUI-Interface** (4 * 2,5 Gbit/s)
 - ⇒ Verwende X2-Transceiver Modul **FTLX8541E2**
- Synchronisation von MGT-Ports des Virtex5?
 - ⇒ Verwende Parallel-to-XAUI SERDES: **PM8358** aus dem Projekt QPACE bekannt (QCD-Maschine auf Cell-Basis)



Blockdiagramm



- Status: Schaltplanerstellung
- Unklar: PCIe Root Complex Funktionalität
- MicroTCA Testsystem:
 - Crates, MCHs, CPUs, SATA-Module, Peripheriemodule, Extender,.... unterschiedlicher Hersteller
 - ⇒ **Erfahrungsbericht von Matthias Drochner**

Erste Erfahrungen mit μ TCA

SEI-Tagung Herbst 2009

Matthias Drochner

FZ Jülich / ZEL

Erste Erfahrungen mit μ TCA – p.1/17

Übersicht

- Bisher verwendetes Equipment
- Vergleich der MCHs
- Vergleich der Stromversorgungskonzepte
- Nichtoffensichtliches und Anfängerfallen
- Wie funktioniert Redundanz?
- Management-Komponenten
- IPMI-Kommunikation
- Hot-Swap und OS auf AMC-Karte

Erste Erfahrungen mit μ TCA – p.2/17

Equipment

- Schroff-Crate mit 2 Lüftern, 2 MCH-Slots und 3 Power-Slots
- Elma Blu-Eco (double width)
- Schroff Power-through-Modul (gegen intelligentes umgetauscht)
- NAT-MCH mit PCIeexpress-Option
- Emerson-MCH mit PCIeexpress-Option
- Adlink-CPU-Modul (PC-kompatibel, PCIeexpress-Root)
- SATA-Festplatte
- 2 Tews-PCIexpress-Peripheriemodule

Erste Erfahrungen mit μ TCA – p.3/17

Vergleich der MCHs

- Emerson:
 - generell: folgt Spezifikation exakt (z.B.: startet nicht ohne intelligente Stromversorgung)
 - Shelf Manager und Carrier Manager getrennt, mit eigenen seriellen Schnittstellen
 - Firmware von Pigeon Point
 - kaum (dokumentierte) Debugmöglichkeiten
 - PCIeexpress-Root nur in AMC-Slot 2

Erste Erfahrungen mit μ TCA – p.4/17

Vergleich der MCHs

● NAT:

- generell: toleriert nichtkonformes Verhalten
- Management in einer Firmware, mit serieller Schnittstelle, Telnet und Web-Server
- NAT-eigene Firmware
- Debugmenüs bis auf Registerlevel
- PCIeexpress-Root in jedem AMC-Slot

Fazit: NAT-MCH ideal für Entwickler (besonders in Deutschland), Emerson nützlich für Konformitätstests

Erste Erfahrungen mit μ TCA – p.5/17

Stromversorgung

● Standard-Carrier

- Power-Entry-Modul (48V) oder (nichtkonform) Power-Through-Modul (Schroff, 12V)
- Spezifikation erlaubt max. 4, Schroff-Crate z.B. 3, je nach Breite
- 48V-PEMs von Emerson und Ericsson
- mit internem 220V-Netzteil von Emerson

● Sparversionen mit im Crate integriertem Netzteil, z.B. Elma Blu-Cube

- aus Management-Sicht standardkonform
- weniger Slots, nur 1 Netzteil, d.h. nicht redundant

Konformes Management verwaltet Powerbudget!

Erste Erfahrungen mit μ TCA – p.6/17

Bemerkungen (1)

- Lüftergeräusch: “großes” Crate kann nicht am Entwicklerarbeitsplatz verwendet werden
- Terminologie: Höhe / Breite der AMC-Module
- Uneinheitliche, abartige Steckverbinder für Terminal- / Debugverbindungen
- Vorsicht mit Ethernet-Topologie
 - System ist Switch — upstream sollte das nicht verhindern
 - evtl. doppelte Verbindung zwischen CPU-Modul und MCH

Erste Erfahrungen mit μ TCA – p.7/17

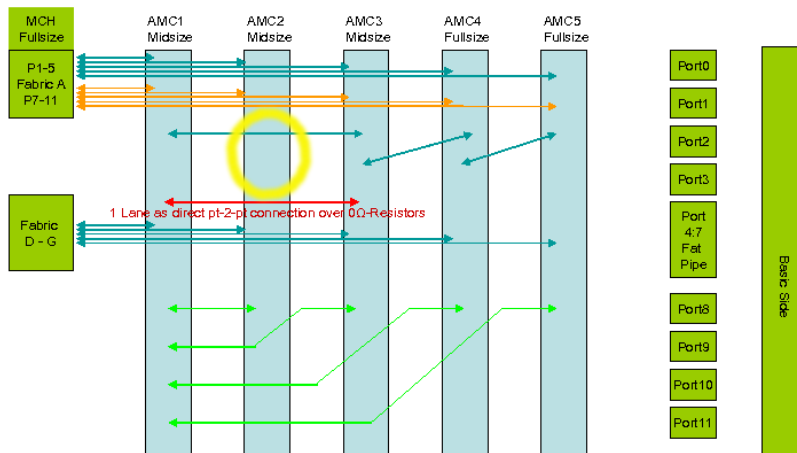
Bemerkungen (2)

- seltsames CPU-Verhalten wenn nicht in PCIeexpress-Root-Slot (BIOS-Problem), d.h. CPU-Farm (ohne AMC-Peripherie) problematisch
- individuelle Backplane-Topologien, kann unlösbare Widersprüche bewirken, siehe SATA-Beispiel
- 3 verschiedene AMC-Modul-Höhen bewirken Verschnitt, wenn nicht genau passende Backplane

Fazit: vor Kauf Datenblätter lesen

Erste Erfahrungen mit μ TCA – p.8/17

Falle: SATA-Verbindungen



CPU-Modul in Slot 2 kann keine SATA-Peripherie betreiben.

Erste Erfahrungen mit μ TCA – p.9/17

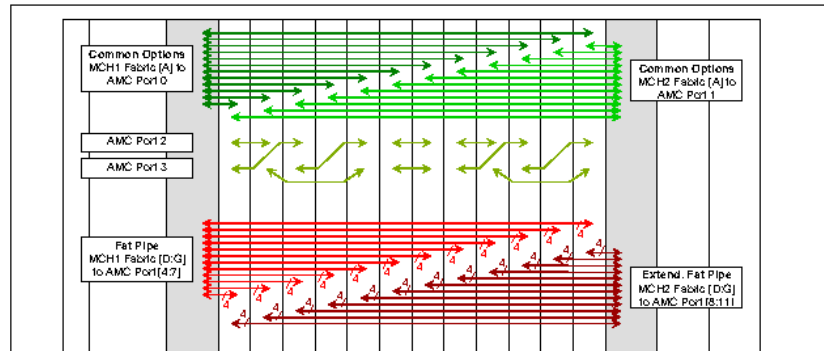
Redundanz

- IPMB-0 (A/B): in Hardware
- Stromversorgung, Lüfter: durch MCH kontrolliert
- MCH: kann doppelt sein, aktiver wird durch eigenes Protokoll ausgewählt
- Common Options (Ethernet): 2 Anschlüsse per AMC, bei 2 MCHs je 1 zu jedem MCH (2 Interfaces auf CPU-Modul)
- Fat Pipe: nur zu 1 MCH, zweiter MCH auf Extended Fat Pipe (bei unserer PCIeexpress-Peripherie nicht vorhanden)

Erste Erfahrungen mit μ TCA – p.10/17

Backplane mit Redundanz

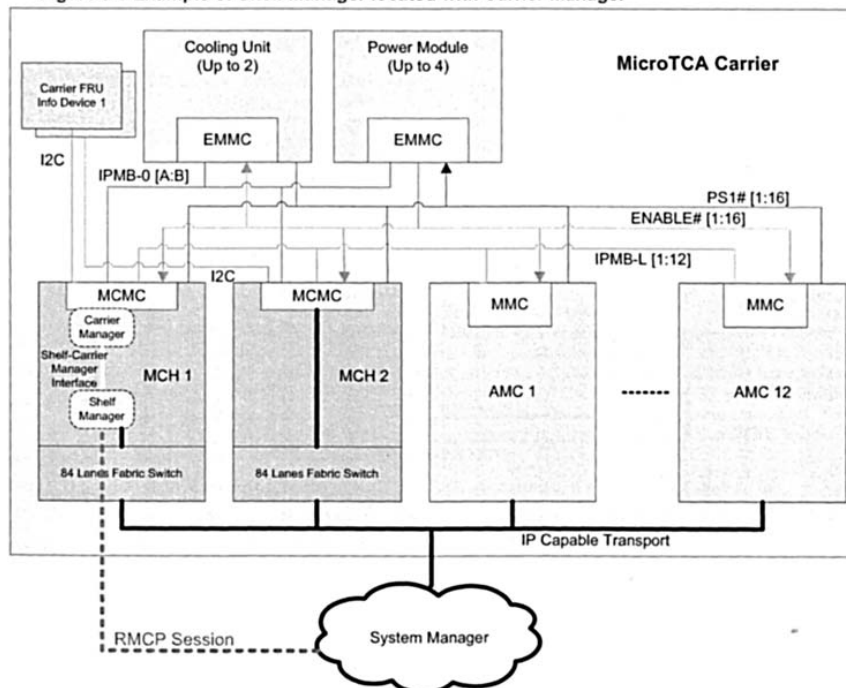
Figure 3: Backplane Topology



Erste Erfahrungen mit μ TCA – p.11/17

System Management

Figure 3-5 Example of Shelf Manager located with Carrier Manager



Erste Erfahrungen mit μ TCA – p.12/17

System Management

- Viele “interessante” Dinge geschehen im Carrier Manager, externe Tools kommunizieren aber nur mit Shelf Manager.
- System Manager ist optional, kann theoretisch Abläufe wie Aktivierung / Deaktivierung kontrollieren. Support durch Shelf Manager ist aber unvollständig (lt. Aussage NAT und “coreipm”-Sourcen).

Erste Erfahrungen mit μ TCA – p.13/17

IPMI

- Zentrales Protokoll für Management, kann auf verschiedenen Medien transportiert werden, z.B. I2C, UART, IP (RMCP)
- Eigene Terminologie (FRU, SEL, ...)
- Requests spezifiziert durch NFC (Network Function Code) und Kommando
- kann über mehrere Busse geroutet werden, dafür Einkapseln der inneren Pakete und mit “Send Message”-Kommando an den Gateway schicken

Erste Erfahrungen mit μ TCA – p.14/17

IPMI: Zugang

- von extern: RMCP, z.B. mit “ipmitool” (<http://ipmitool.sourceforge.net/>)
- von CPU-Modul: IPMI-Spec definiert 3 Mechanismen, die über BIOS-Deskriptoren mitgeteilt werden können
- “Terminal Mode”: serielles Protokoll, mit high-level und raw-Kommandos
- MCHs unterstützen RMCP, Adlink-CPU Subset (nur raw) von Terminal Mode (PigeonPoint-Controller)

Erste Erfahrungen mit μ TCA – p.15/17

Hot-Swap und OS: Vorstellungen

Vorstellung: OS auf AMC-Karte sollte Hot-Swap kontrollieren können

- Verzögerung der eigenen Deaktivierung bis OS heruntergefahren
- Benachrichtigung bei Addieren / Entfernen von AMC-Peripherie
- Verzögerung der Hot-Swap-Freigabe bis Treiber entladen etc.

Mögliche Mechanismen:

- “Payload-Interface” zu Module Management Controller
- System Manager (über RMCP)

Erste Erfahrungen mit μ TCA – p.16/17

Hot-Swap und OS: Realität

- Payload-Interface unterstützt nur einige IPMI-Requests, eher für Inventory-Tracking und Sensoren
- Shelf Manager: nicht alle Variablen implementiert, insbesondere für System-Manager-Unterstützung
- Getunnelte IPMI-Requests erweitern die Möglichkeiten, aber schwierig
- NAT-MCH erlaubt PCIe-express-Hotswap, ist aber Inselfösung

Fazit: Vorstellungen waren unrealistisch

Alternativen zu ^3He -Detektoren

Th. Wilpert – Detektorlabor HZB

Helium-3 – Wozu eigentlich?

- Thermische Neutronen können nicht direkt ionisieren (Energie, Ladung)
- Kernreaktion (exotherm) nötig, ^3He (p,t), ^6Li (α ,t), ^{10}B (α , ^7Li), ^{157}Gd (e^-)
- ^3He ist nahezu ideal:

großer Wirkungsquerschnitt (2946 barn * λ)

geringe Gammasensitivität

hohe Drücke möglich (gute Effizienz bei kl. λ)

mit Zusatzgas (Argon, CF_4) Auflösung im ~ 2 mm Bereich

nicht giftig

nicht brennbar

Helium-3 Mangel – Ein ernsthaftes Problem

Situation

- Die Lager sind erschöpft
- Preis pro Normalliter hat sich von ~120 € (2005) auf ~1000 € (2009) erhöht
- Herkunft von ^3He ist der Zerfall von ^3H (Tritium, HWZ 12.3 a)
- ^3H wurde für militärische Zwecke hergestellt (Kalter Krieg)
- Geschätzte Liefermenge (USA) in 2009-2014 ca. 85 kliter insgesamt
DOE (Isotope Distribution Group), Spectra Gases
- Andere mögliche Quellen:
 Rußland über Firmen Isotop, Tenex (A. Ioffe, FZJ)
 Kanada (CANDU-Reaktor: Canada Deuterium Uranium) ~80 kliter
 China ?
 Erdgas ?, bis zu 8% Helium, 1:7300 ^3He
 Mond ???

Man sollte nicht erwarten, daß ^3He günstiger wird, es ist nur die "Asche" von ^3H



SEI-Tagung, 23. September 2009

3

Helium-3 Mangel – Kunden: Was nun?

Kundenbedarf (2010-2015)

- US Sicherheitsprogramme: 100 kliter
- Alle Neutronenstreucentren: 106 kliter gr. Detektoren, 16 kliter kl. Detektoren und sonstiges
- Medizin, Industrie (Ölförderung): ???

Was ist für uns zu tun?

- Keine Verschwendung von ^3He !
- Bau Rückgewinnungs- und Reinigungsapparaturen
- Detektoren mit alternativen n-Konvertern entwickeln
- Kooperationen stärken



SEI-Tagung, 23. September 2009

4

JCNS Projekte 2010 - 2015

Große Detektoren

| Instrument | Typ | Wann | Detektor | ^3He [I] |
|------------|----------------------------|------|------------|-------------------|
| POWTEX | Diffraktometer | 2012 | PSD 1", 2m | 3200 |
| TOPAS | Inelastisches Spektrometer | 2012 | PSD 1", 2m | 3900 |
| Total | | | | 7100 |



SEI-Tagung, 23. September 2009

5

FRM II Projekte 2010 - 2015

Kleine Detektoren

| Instrument | Typ | Wann | Detektor | ^3He [I] |
|---------------------------|----------------|--------|----------|-------------------|
| StressSpec | Diffraktometer | 2010 | MWPC | 50 |
| MIRA-II | Reflektometer | 2010 | MWPC | 50 |
| StressSpec-II | Diffraktometer | ~2014 | MWPC | 150 |
| Kleine, eigene Detektoren | | > 2011 | | 120 |
| Total | | | | 370 |

Große Detektoren

| Instrument | Typ | Wann | Detektor | ^3He [I] |
|-------------|----------------|------|--------------|-------------------|
| ToFTof - II | Inelastisch | 2015 | Tubes 1", 2m | 4500 |
| SPODI-II | Diffraktometer | 2013 | MWPC | 300 |
| Total | | | | 4800 |



SEI-Tagung, 23. September 2009

6

HZB Projekte 2010 - 2015

Kleine Detektoren

| Instrument | Typ | Wann | Detektor | ³ He [l] |
|------------|-----------------------|------|-----------|---------------------|
| V1 | Diffraktometer | | MWPC | 40 |
| SPAN | Spin-Echo | | MWPC | 20 |
| SANS | SANS | 2010 | MWPC/PSDs | 30 |
| FLEX | 3-Achsen Spektrometer | | PSDs | 180 |
| Total | | | | 270 |

Große Detektoren

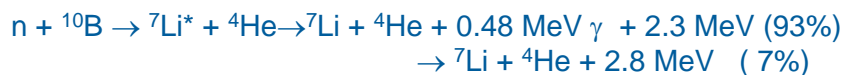
| Instrument | Typ | Wann | Detektor | ³ He [l] |
|------------|----------------------------|-----------|------------------|---------------------|
| EXED | Diffraktometer | | 450 PSDs ½", 3m | 2550 |
| NEAT | Inelastisches Spektrometer | 2012-2013 | 700 PSDs, 1", 3m | 5300 |
| Total | | | | 7850 |



SEI-Tagung, 23. September 2009

7

Neutronen Konverter



Eignung

³He nur noch kleine Detektoren

⁶Li als Festkörper fraglich, Szintillator

¹⁰B als Festkörper, Gas und Szintillator!

¹⁵⁷Gd als Festkörper (MSGC, HZB), Szintillator

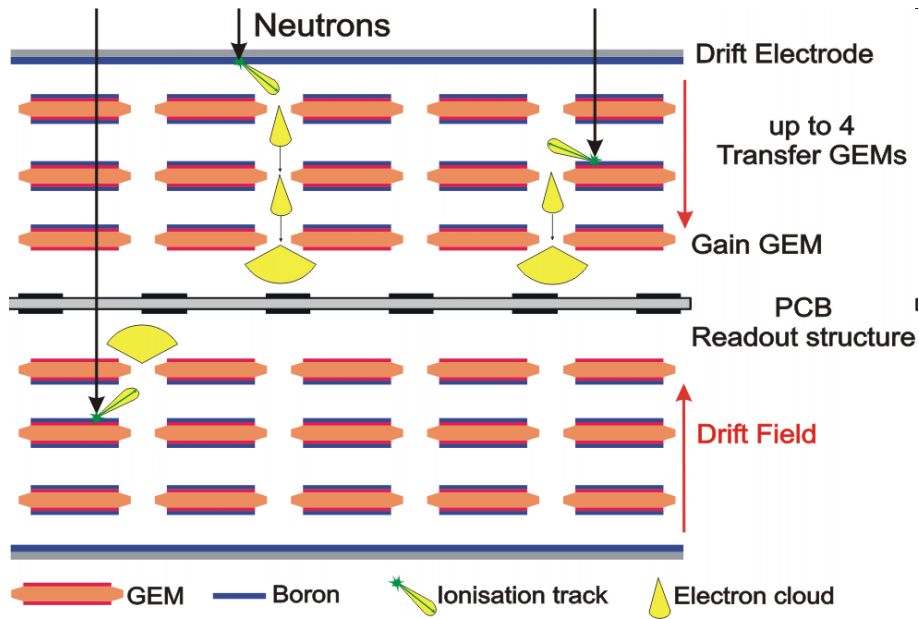
²³⁵U als Festkörper, Monitore



SEI-Tagung, 23. September 2009

8

Alternative Detektoren – CASCADE, Prinzip



M. Klein (Uni Hd), Ch. Schmidt (GSI)

www.n-cdt.com

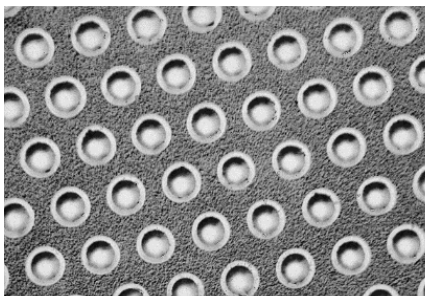


SEI-Tagung, 23. September 2009

9

Alternative Detektoren – CASCADE, GEM

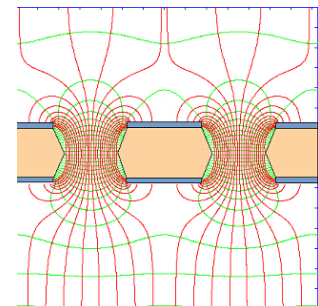
GEM = Gas Electron Multiplier (F. Sauli, CERN)



GEM-Loch



Kapton
 Kupfer



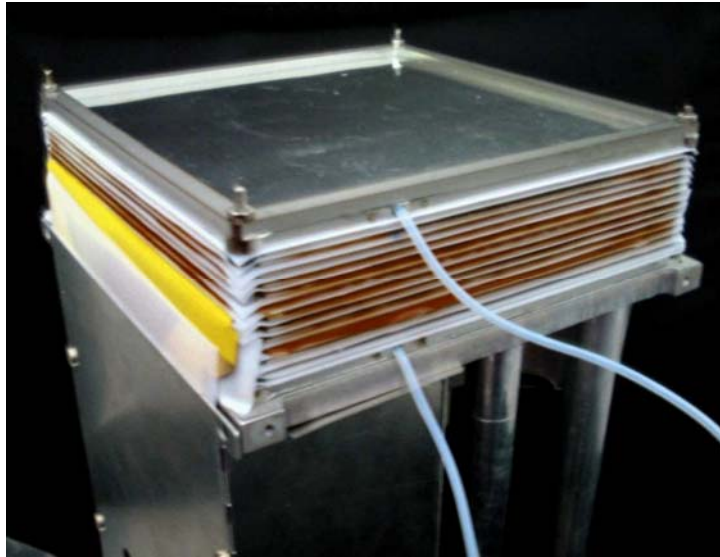
M. Klein (Uni Hd), Ch. Schmidt (GSI)



SEI-Tagung, 23. September 2009

10

Alternative Detektoren – CASCADE, Daten



- Fläche 30 x 30 cm²
- Modular, kl. Totzonen
- Effizienz ~50% (10 Schichten)
- Ortsauflösung ~ 1 mm
- sehr hohe Zählraten: 4x10⁶
- Auslese über ASIC (DETNI): n-XYTER

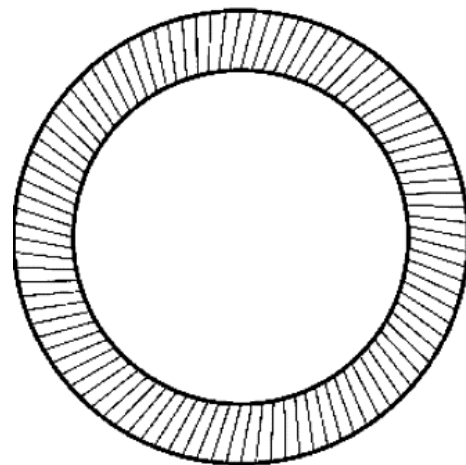
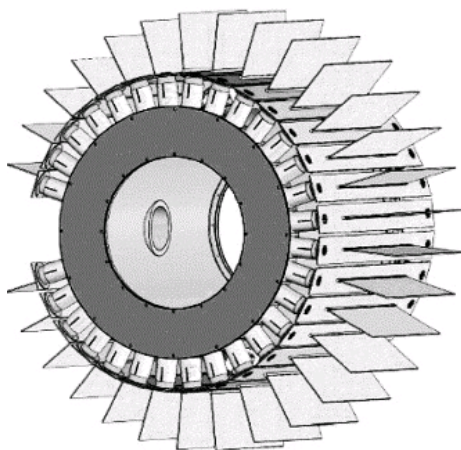
M. Klein (Uni Hd), Ch. Schmidt (GSI)



SEI-Tagung, 23. September 2009

11

Alternative Detektoren – Multi-Blade Detektor, Prinzip



- 10B-Konverter (schräg)
- Auslese mit MSGCs
- Dr. Arbeit am ILL

B. Guerard et al. (ILL)



SEI-Tagung, 23. September 2009

12

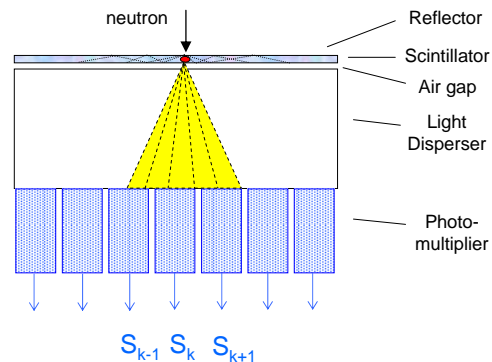
Alternative Detektoren – Anger Detektor, Prinzip

- Eingefangenes Neutron erzeugt Licht im Szintillator (⁶Li)
- Lichtkegel wird auf PMTs emittiert
 - **Totalreflektion am Luftspalt begrenzt den Ausbreitungswinkel**
- Aus den PMT Signalen kann die Neutronenposition ermittelt werden
 - **z.B. Schwerpunktbildung, Rechts-Links-Asymmetrie, usw.**
 - **Ortsauflösung:**

$$R \sim \frac{D}{\sqrt{n}}$$

Rechts-Links-Asymmetrie

$$q_k = \frac{S_{k+1} - S_{k-1}}{S_{k-1} + S_k + S_{k+1}}$$



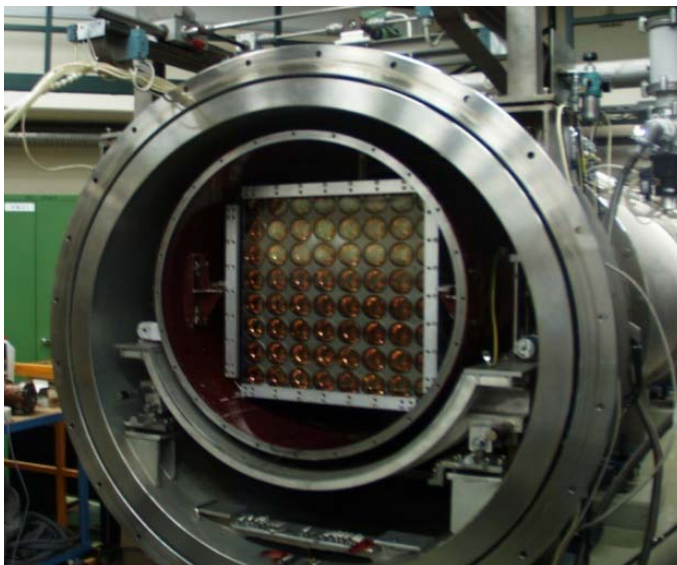
R. Engels et al. (JCNS)



SEI-Tagung, 23. September 2009

13

Alternative Detektoren – Anger Detektor, Daten



KWS-1/2 am FRM II

- Fläche 60 x 60 cm²
- 64 PMTs
- G20 Glas-Szintillator (⁶Li), 1 mm, ~ 6000 ph/n
- Gammaempfindlichkeit
- Effizienz wie ³He-Detektoren
- Ortsauflösung ~ 7.3 mm
- hohe Zählrate: 6x10⁵ (2009)
- Systemkosten hoch

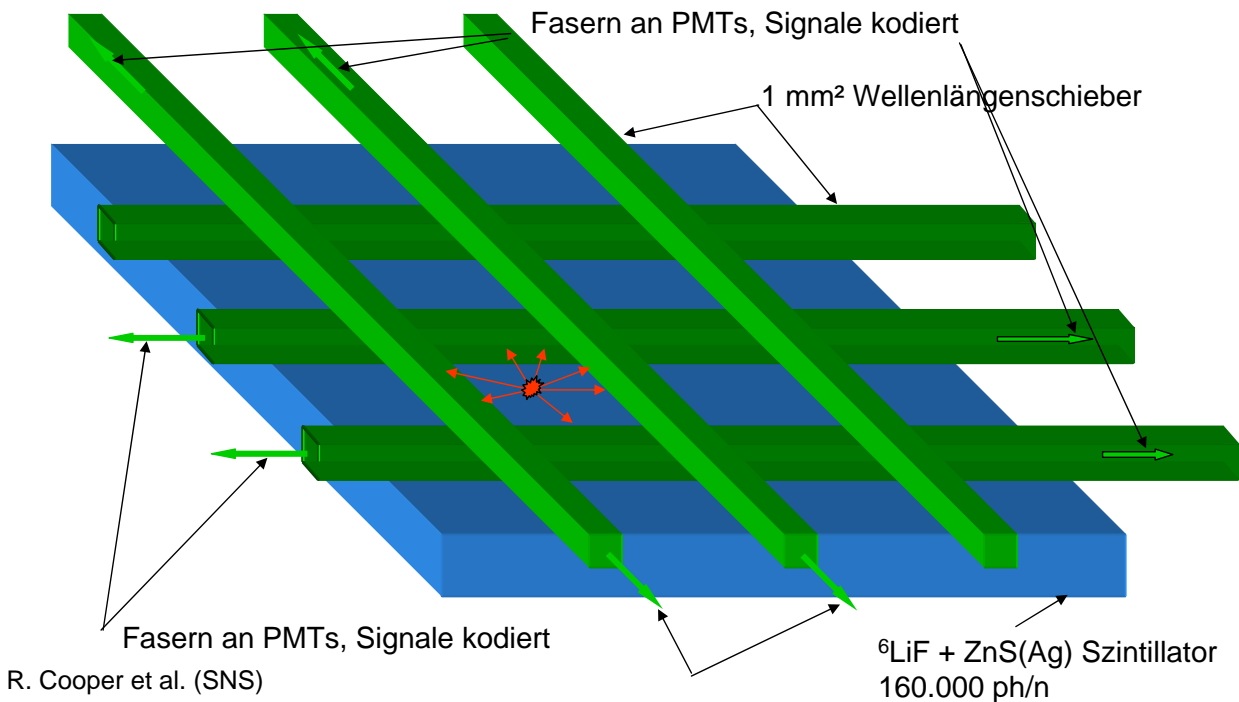
R. Engels et al. (JCNS)



SEI-Tagung, 23. September 2009

14

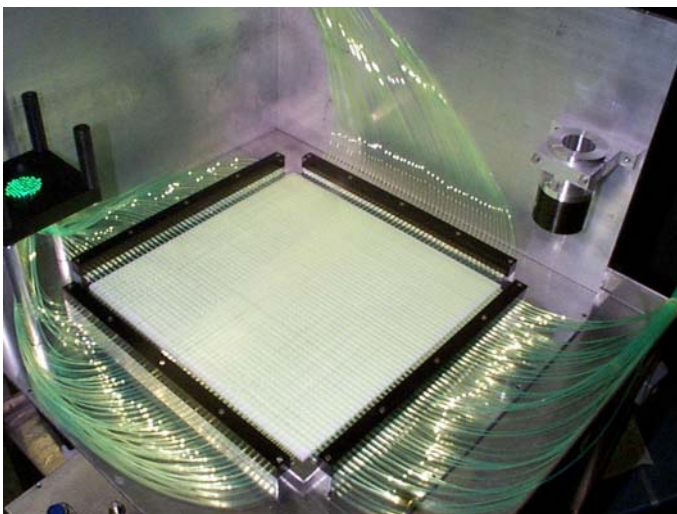
Alternative Detektoren – Crossed Fibre, Prinzip



SEI-Tagung, 23. September 2009

15

Alternative Detektoren – Crossed Fibre, Daten



- Fläche 40 x 80 cm², 20 PMTs
- Modular, Totzonen
- Effizienz ~75%, tat. kleiner wg. Fitting-Algorithmus
- Ortsauflösung ~ 5 mm
- Zählrate niedrig (10 KHz), ZnS
- Szintillator ⁶LiF + ZnS(Ag) muß verbessert werden, Korngrößen!
- Fa. ParTec bietet fertigt Module
- hohe Modulkosten (250 k€)

R. Cooper et al. (SNS)



SEI-Tagung, 23. September 2009

16

Alternative Detektoren für NEAT 2 (POWTEX, TOPAS, TofTof II)



Entwicklung: B. Guerard et al. (ILL)

- Upgrade-Programm bis 2012/13
- ca. 650 Zählrohre 1" x 3 m
- Effizienz 90% bei 5 Å
- ~50 m², ~5300 l ³He



Multi-Tube Detektoren für IN5

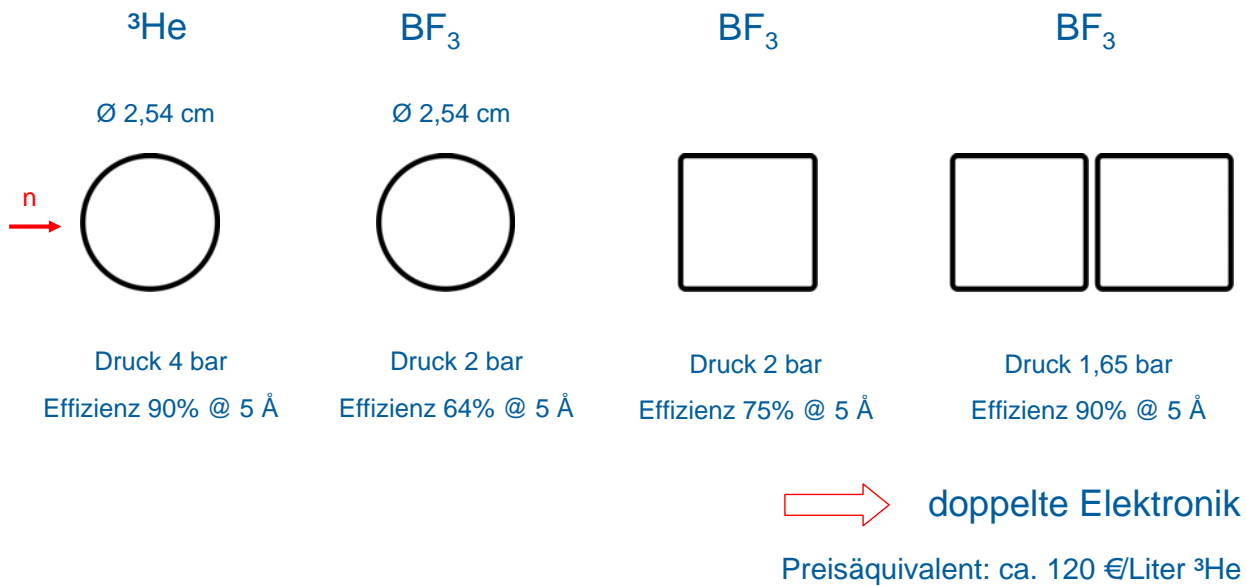


Alternative Detektoren für NEAT 2 – BF₃ ?

| Parameter | ³ He | ¹⁰ BF ₃ |
|---------------------|--|---|
| Gasfüllung | 2 – 10 bar, + Ar CO ₂ , CF ₄ | 1 – 2 bar (?) isotopenangereichert! |
| Neutronenkonversion | 191 keV ³ H, 573 keV ¹ H | 2,31 MeV Li, 1,47 MeV ⁴ He (93%) |
| Wirkungsquerschnitt | 2964 barn * λ | 2121 barn * λ (71%) |
| Betriebsspannungen | 1000 V – 2100 V | 1300 V – 3700 V |
| Vorteile | Nicht giftig, nicht brennbar hohe Nachweiseffizienz | gute Neutronen/Gamma Diskriminierung, verfügbar in Mengen |



Alternative Detektoren für NEAT 2 – BF₃ ?



SEI-Tagung, 23. September 2009

19

Alternative Detektoren für NEAT 2 – Erste Schritte

- Centronics (UK/USA) baut BF₃ Prototyp-ZR mit Widerstandsdraht
- 1 m lang, 1" Ø, 2-3 bar, max. HV 3500 V, ca. November 2009
- Tests am ILL (B. Guerard), FRM II (K. Zeitelhack, ThW)

Mögliche Probleme

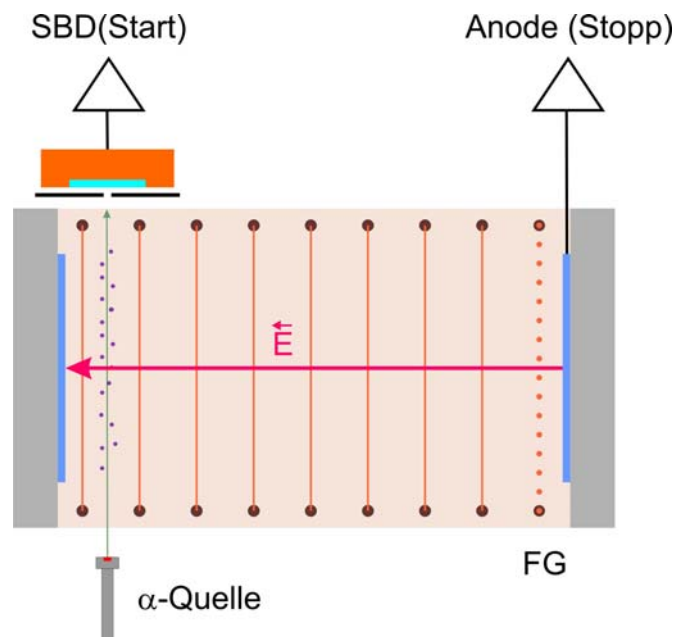
- Stabilität des Drahtes
- Pulshöhen: Gasverstärkung ~ 100
- HV-Festigkeit
- Verunreinigungen des Gases, Materialauswahl
- Optimierung nötig, da Langzeitstabilität gefordert



SEI-Tagung, 23. September 2009

20

Alternative Detektoren für NEAT 2 – HZB Beitrag (Vorschlag)



- Messung von Gasverstärkung und Driftgeschwindigkeit ($E/p!$)
- Methode:
 - i) gezielte Verunreinigung
 - ii) gutartige Additive
- Vergleich mit Simulation
- Verifikation mit Zählrohr



SEI-Tagung, 23. September 2009

21

Helium-3 Mangel – Konsequenzen

- Problem kann nicht ignoriert werden
- Erste Schritte sind getan
- Alle Institute können mitmachen (wir müssen!)
(nächstes Helium-3 Meeting: IEEE, Orlando, 29. Oktober 2009)
- Priorität: für große Detektoren zuerst Lösung finden

Dies benötigt: ZUSÄTZLICHE Manpower, Geld und Zeit

Dankeschön an

R. Cooper, R. Engels, B. Guerard, M. Klein, Ch. Schmidt, K. Zeitelhack



SEI-Tagung, 23. September 2009

22