

Gate/Delay Mezzanine - Technologietransfer am DESY Zeuthen



Hans Henschel - DESY Zeuthen (EL)
Dr. Ilka Mahns - DESY Hamburg (TT)

Technisches Seminar
DESY Zeuthen, 12. November 2013



Ein Pulsbreiten-/Verzögerungsmodul als Aufsetzplatine - Technologietransfer am DESY Zeuthen

1. **Messaufgabe und Ausgangssituation**
2. **Von der Idee zum Konzept**
3. **Realisierung**
 - Pflichtenheft**
 - Schaltung**
 - Systementwurf**
 - Bau und Test**
4. **Technologie-Transfer**
 - TT bei DESY**
 - Aufgaben und Möglichkeiten**
 - Lizenzierung (am konkreten Beispiel)**
 - Vergütung**
5. **Einsatz**
6. **Ausblick**
7. **Dank**



Aufgabe (1)

- Moderne, hochempfindliche Detektoren
 - ➔ benötigen Schutz vor Überlastung!
(VERITAS: Hochspannungsabschaltung, Filter)

- CMS: BCM1F

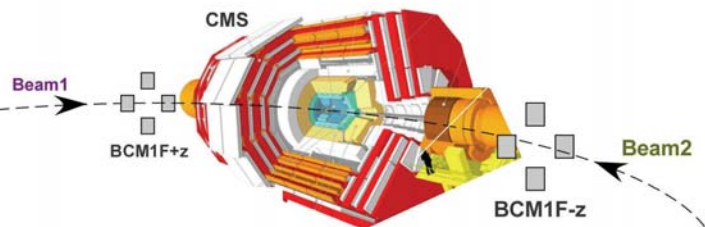
schnelle Diamant-Detektoren

4x Beam1, 4x Beam2

Messung von Treffer-Raten

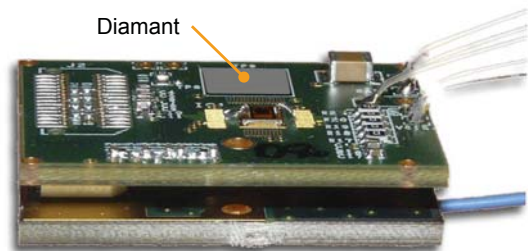
Bestimmung der Strahlintensität und Strahllage

- ➔ Abschaltung hochempfindlicher Detektor-Teile
- ➔ Abschaltung des LHC-Strahls

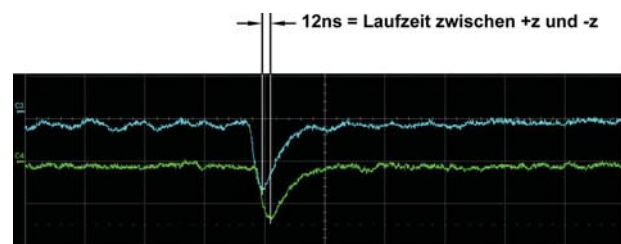


Abstecher: Geschichte

- Zeuthener Diamant-Detektoren (BCM1F) - Notlösung nach dem Ausbleiben eines geplanten Detektors ...
- Entwurf und Einbau 2008



- ... "sehen" das erste Teilchenpaket, das den LHC umrundete.



Erstes Teilchenpaket im LHC, nachgewiesen im BCM1F am 10.09.2008

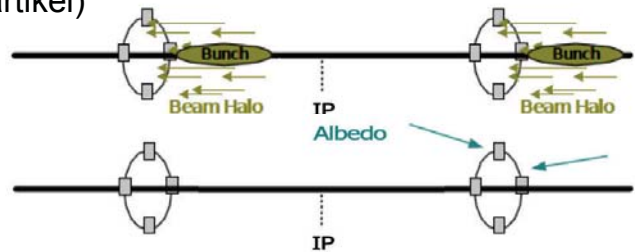
- ... werden - nach dem strahlungsbedingten Ausfall weiterer Detektoren, die zur Messung der Strahlqualität bestimmt waren - für immer weitergehende Messaufgaben eingesetzt, z.B. die Luminositätsmessung.



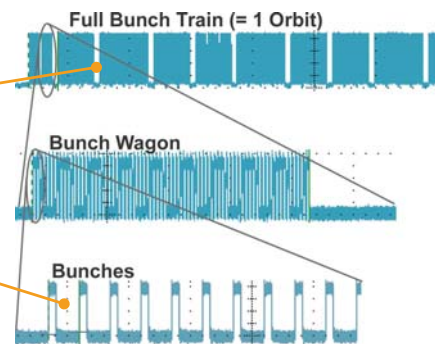
Aufgabe (2)

- Verfälschung des Messergebnisses durch "Untergrund" - Treffer, die nicht unmittelbar vom Strahl stammen

- Beam-Halo (strahlbegleitende Partikel)
- "Albedo" (Aktivierung von Beschleuniger-Komponenten)



- Messung des Untergrunds
 - in den Lücken zwischen einzelnen "Wagen" des Teilchen-Zugs
 - zwischen einzelnen Teilchen-Paketen ("Bunches") innerhalb eines Wagens

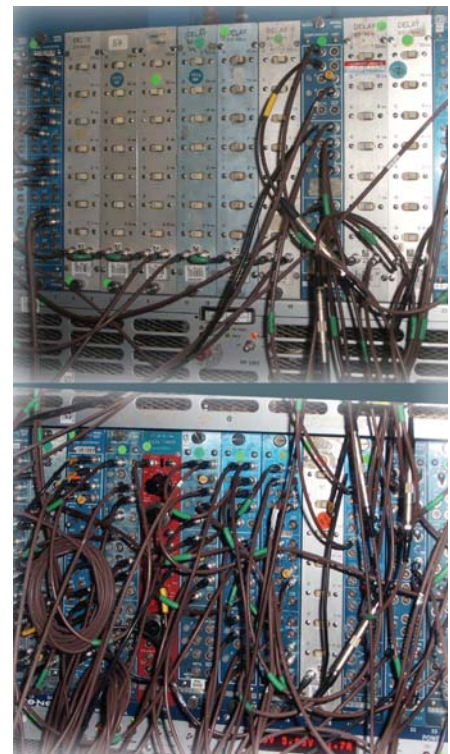


Hans Henschel/Ilka Mahns | Technisches Seminar | 12.11.2013 | Seite 5



Ausgangssituation

- Messtechnische Realisierung (Oktober 2011):
 - Synchronisation mit dem Bunch-Train
 - Erzeugung eines Zeitfensters zur Messung
 - Verschiebung in die Bunch-Lücke
- 24 NIM-Module in 2 Crates
 - Pulsbreitenversteller & -verzögerungen
 - monostabile Register
 - Logik-Funktionen
 - sowie diverse aufgewickelte Verzögerungsleitungen
- handverkabelt, manuell einjustiert
 - mit Schaltern, Drehknöpfen, Kabeln definierter Laufzeit
 - ➔ stör- und fehleranfällig!
- *Anstoss zu einer Alternativ-Lösung*
(A. Dabrowski - W. Lange)



Hans Henschel/Ilka Mahns | Technisches Seminar | 12.11.2013 | Seite 6



Von der Idee zum Konzept (1)

▪ Marktforschung

typisch: Geräte im Gehäuse, 2 bis 8 Kanäle

Pro: • riesiger Einstell-Bereich [s]

• hohe Auflösung [ns], geringer Jitter [ps]

Con: • geringe Wiederholfrequenz (50kHz bis 10MHz)

• in der Regel Synchronbetrieb mit Trigger

• nicht modular/erweiterbar

• teuer!

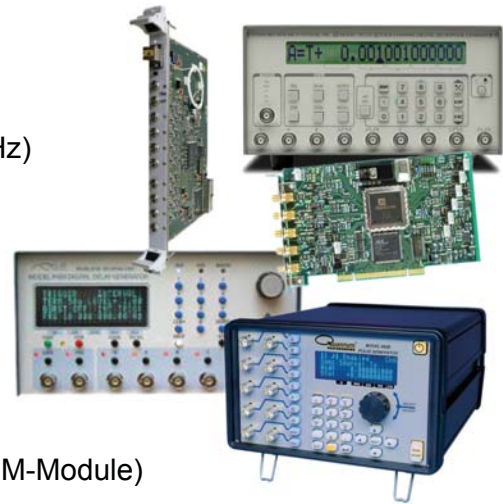
▪ VME-Systeme

✓ Diskriminatoren, Pegelwandler, Logik, Zähler

✗ Verzögerungen, Gate-Generatoren (nur als NIM-Module)

▪ Marktlücke!

Eigenentwicklung sinnvoll



Von der Idee zum Konzept (2)

▪ Lösungsentwicklung

• Modularität

- Gesamtaufgabe in Funktionsgruppen zerlegen!
- gleichartige Baugruppen für gleichartige Funktion!
- Skalierbarkeit

• Vielseitigkeit

- Verzögerungen, Pulsbreiten und logische Verknüpfungen programmierbar machen!

• Kompatibilität (zum vorhandenen CMS-Datennahme-System)

- VME als mechanischer Rahmen und zur Stromversorgung
- Steuerung per Linux-PC ➔ VME als Steuerungs-Schnittstelle
- differentielle ECL-Signale als Ein- und Ausgang

• Aufwands-/Kosten-Minimierung

- Nachnutzung vorhandener I/O-Module und VME-Schnittstellen
- Nachnutzung vorhandener Programmiererfahrung



Von der Idee zum Konzept (3)

■ Lösungskonzept

• **Nachnutzung**

kommerzieller VME-Modul V1495 (Fa. CAEN):

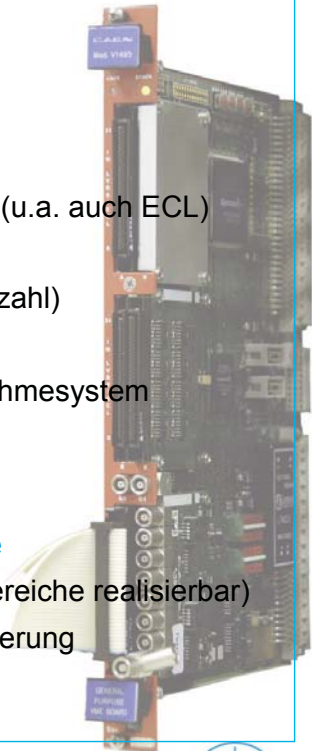
- verschiedene, vielkanalige Ein- und Ausgangsschnittstellen (u.a. auch ECL)
- große, frei programmierbare Logik-Einheit (Altera FPGA)
- Steckplätze für Erweiterungsplatinen (mit vorgegebener Polzahl)
- VME-Interface zur Konfiguration und Steuerung
- vorhandene Erfahrung mit der Nutzung im BCM1F-Datennahmesystem

• **Eigenentwicklung**

universell programmierbare Erweiterungsplatine

- Einsatz kommerziell verfügbarer **Verzögerungs-Schaltkreise** (identische Schaltung - per Bestückung verschiedene Zeitbereiche realisierbar)
- umschaltbar zwischen Verzögerung oder Pulsbreitenveränderung

Nachnutzungs- oder Markt-Tauglichkeit ,im Hinterkopf'!



Realisierung (1) - Pflichtenheft

■ „Pflichtenheft“

• **Signalverzögerung (Delay)**

8 Kanäle ~200ns

8 Kanäle ~11ns

je 2 Kanäle 9ns, 25ns, 40ns

• **Pulsbreitenveränderung (Gate)**

8 Kanäle 12ns

je 2 Kanäle 8ns, 27ns, 30ns

• **Monostabiles Register, retriggerbar**

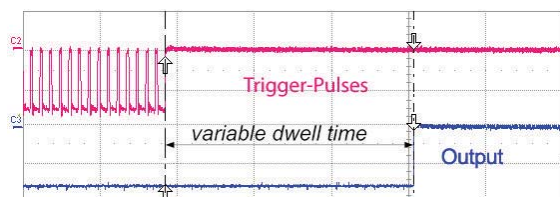
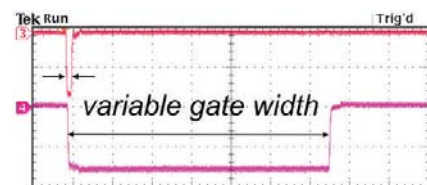
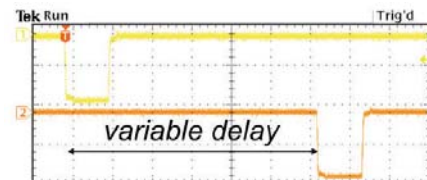
1 Kanal 500ns

2 Kanäle 50ns

• **Frequenzgang**

Pulsrate 20MHz (40MHz)

Pulsbreite 14ns



Darstellung mit negativen Signalen!



Realisierung (2) - Marktforschung

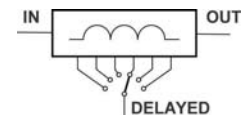
„Pflichtenheft“

- Signalverzögerung (Delay)
 - 8 Kanäle ~200ns
 - 8 Kanäle ~11ns
 - je 2 Kanäle 9ns, 25ns, 40ns
- Pulsbreitenveränderung (Gate)
 - 8 Kanäle 12ns
 - je 2 Kanäle 8ns, 27ns, 30ns
- Monostabiles Register, retriggerbar
 - 1 Kanal 500ns
 - 2 Kanäle 50ns
- Frequenzgang
 - Pulsrate 20MHz (40MHz)
 - Pulsbreite 14ns

Marktforschung Integrierte Verzögerungsleitungen

- Delay ICs mit vielen Ausgängen (in fixen Stufen)

weiter Frequenzbereich
erfordern externe Umschalt-Matrix

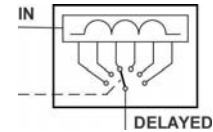


- Programmierbare Delay Line ICs

Maximalfrequenz 25MHz
Verzögerung (bei Schrittweite von)

- 64ns (0.25ns)
- 128ns (0.5ns)
- 256ns (1ns)
- 512ns (2ns)

umschaltbar: Verzögerung/Pulsbreite (Modus)
programmierbar: parallel/seriell (➔ 'daisy chained')
minimale Pulsbreite: 25ns



- Monostabiles Register (retriggerbar)

➔ Realisierung durch getaktete Logik



Realisierung (3) - Schaltungsentwurf

Schaltplan

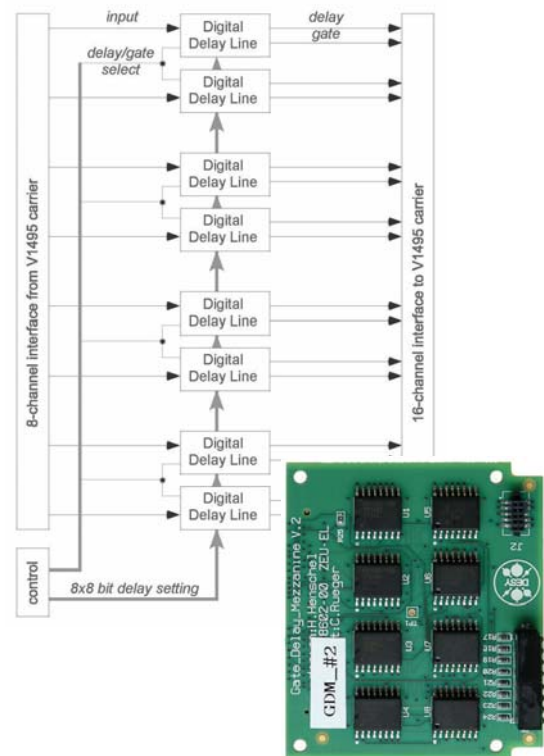
- 8 Stück DS1023 Programmable Delay Line
 - V1495 Trägermodul ➔
 - 8x Puls-Eingang
 - 3x serielle Programmierung
 - 4x Umschaltung Delay/Gate

8x Delay
8x Gate (Ref. Delay)
➔ V1495 Trägermodul

- Pegelanpassung 5V ↔ 3.3V
- CPLD ('ByteBlaster'-Anschluss zur in-situ-Programmierung)
 - 8 LEDs (Aktivitätsanzeige)
 - programmierbarer Platinen-ID

Mechanik/Stromversorgung & Schnittstelle

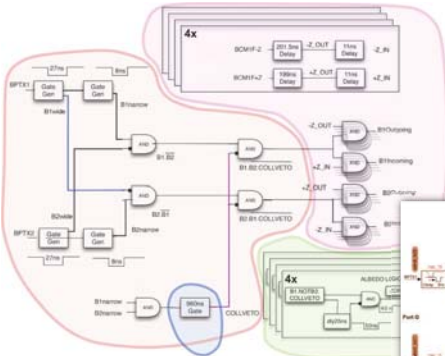
- CAEN V1495 'Mezzanine' Standard
 - Abmessungen und Montagebohrungen
 - 100-poliger Steckverbinder (davon 24 I/O)
 - 3.3V & 5V Versorgung



Realisierung (4) - Systementwurf

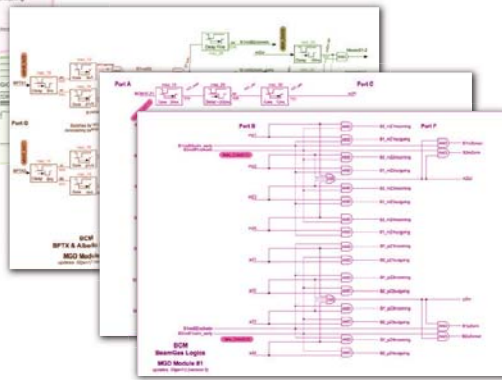
- „Physiker“-Skizze

- 3 messtechnische Funktionsblöcke



- Blockschaltbild

- Modularisierung der Funktion auf 4x8 Gates/Delays und Logik im Trägermodul
- Programmierung der FPGA (in VHDL)



- Realisiertes System

- 2 V1495 Trägermodule
- 4 Gate/Delay Mezzanines
- zzgl. 2x16 Zählerkanäle



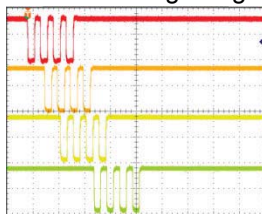
Realisierung (5) - Test

- Messergebnisse

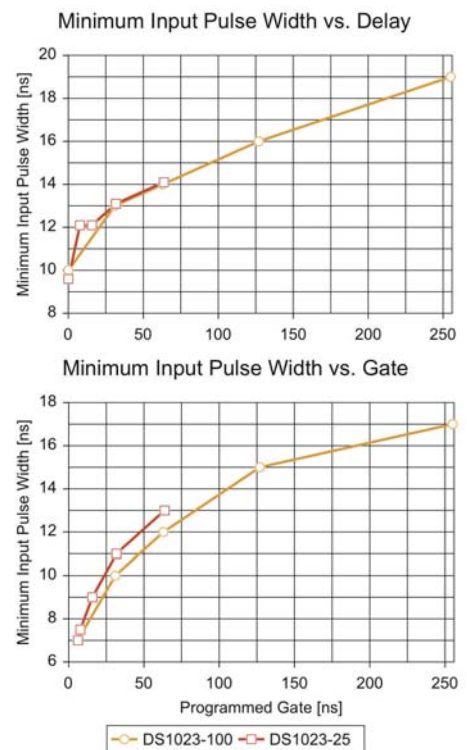
- **Basisverzögerung:** $t_0 + 18\text{ns}$
(Kompensation durch Referenz-Ausgang möglich)
- **Verzögerung:** 0ns ... Maximum ($+t_0$)
- **Ausgangs-Pulsbreite:** 2ns ... Maximum
- **Maximale Pulsrate:** 25MHz (mit 20ns Eingangspuls)
- **Minimale Eingangs-Pulsbreite:** 7 ... 19ns (je nach Delay/Gate)

- Besonderheiten

- **Gate Mode:** Pulsbreite einstellbar bis maximal ca. 2ns unter der Periodendauer!
- **Delay Mode:** keine Abhängigkeit der einstellbaren Verzögerung von der Frequenz!



Variable delay of a Pulse Train



Erstkontakt zum Technologietransfer

> Erste Mail von Hans Henschel an technologietransfer@desy.de

Wed Apr 25 12:42:03 2012: Request 429491 was acted upon.
Transaction: Ticket created by henschel
Queue: tt-general
Subject: Verkauf/Überlassung an die Industrie
Owner: Nobody
Requestors: hans.henschel@desy.de
Status: new
Ticket URL : <https://rt-system.desy.de/Ticket/Display.html?id=429491>

Guten Tag!

Ich habe - einen aktuellen Bedarf aus dem CMS-Experiment am CERN aufgreifend - einen Modul für die Bereitstellung programmierbarer Signal-Verzögerungen bzw. Pulsbreiten entwickelt, für den es meines Wissens kein käufliches Äquivalent gibt.
Dieser Modul besteht aus einer selbstentwickelten Leiterplatte, einem kommerziellen Trägermodul im VME-Standard und entsprechender Firmware.

Nun wurde seitens des Herstellers des Trägermoduls ein Anfangsinteresse bekundet, diese Entwicklung nachzunutzen und kommerziell zu verwerten.

Wie ist hier im einzelnen vorzugehen?

Mit freundlichen Grüßen,
Hans Henschel.

- > Es klang nach einer potentiellen Lizenz...
- > Weitere Fragen und Gespräche per Telefon folgten.



Technologietransfer bei DESY

- > Forschung → Industrie und Gesellschaft
- > Schutz von DESYs geistigem Eigentum [Intellectual Property (IP)]
- > Aktive Vermarktung und Betreuung von Patenten, Lizenzen, Technologien und Service
- > Kontaktpunkt zur Industrie, die aktiv Produkte nutzen bzw. weiterentwickeln wollen
- > Zugang zu wissenschaftlichen und technologischen Entwicklungen für einen größeren Anwenderkreis





Katja Kroschewski
Leitung



Sörne Möller
Kommunikations-
stelle, Sponsoring



Lan Fimmen
Patentierung,
Industrieservice
Lichtquellen



Dr. Ilka Mahns
Verträge,
Verwertung



Dr. Thomas Walter
Projektmanager
HVF MTCA.4



Katharina Fein
Vertrieb



Christian Mennrich
Marketing



Studentische Hilfskräfte

Aras Annsari, Siavash Eshaghmohammadi
Stanislav Chystiakov, Peter Wunder



Verwertungsmöglichkeiten

- > Lizenzen
- > Betreuung von Ausgründungsideen
- > Serviceverträge
- > F&E-Kooperationen
- > Dienstleistungen



Gründe für Lizenzen

Was kann lizenziert werden?

- > Patente und Know-how (geheim oder öffentlich zugängliches)

Warum lizenzieren?

- > Beteiligung der Gesellschaft an den Ergebnissen der Arbeit bei DESY
- > Laut DESY Satzung: Technologietransfer ausdrücklich gewünscht
- > Einnahmen für DESY
- > Produzenten für DESYs Gerätebedarf

Freie Forschung ist und bleibt selbstverständlich oberstes Ziel!



Vorteile der Lizenzierung

Lizenzierung bei DESY

- > Keine *ausschließlichen* Lizenzen
 - DESY macht sich nicht von einem Anbieter abhängig!
- > Kostenlose Weitergabe von Lizenzen an andere Forschungszentren
 - Keine Hinderung der Forschung!

DESY verkauft nie ein Patent!

- > Rechte an der Erfindung bleiben immer bei DESY!
- > Geheimes Know-how bleibt nach Vergabe der Lizenz weiter geheim!
- > Firmen erhalten durch die Lizenz lediglich das Recht auf zeitlich begrenzte Produktion und Vertrieb!



Ablauf der Lizenzierung am Beispiel von CAEN

- > Informationsaustausch und Abstimmung mit dem Entwickler bei DESY, inkl. Marktbetrachtung
- > Kontaktaufnahme zu der potentiell interessierten Firma
- > Wenn genauere Informationen ausgetauscht werden sollen/müssen
→ Abschluss einer Vertraulichkeitsvereinbarung (NDA) zwischen DESY und der Firma
- > Ggf. Zusammenführen der Fachleuten von DESY und der Firma
- > Austausch unter Fachleuten mit Unterstützung von TT, z.B. Einhalten der Vertraulichkeit
- > Wenn Interesse von Seiten der Firma weiter vorhanden,
→ Erstellung eines Entwurfes des Lizenzvertrages



Entwurf des Lizenzvertrages

TT erstellt die erste Version des Vertrages:

- > Interne Abstimmung mit DESY-Entwickler:
 - Wie heißt der Lizenzgegenstand genau?
 - Welche Dokumente beschreiben den Lizenzgegenstand vollständig und müssen dem Lizenznehmer übergeben werden?
 - Wann sind diese Dokumente soweit, dass sie rausgegeben werden können?
 - Welche Gruppe ist Ansprechpartner für eine gewissen Zeit nach Lizenzabschluss?
 - Welche Qualitätstest müssen erbracht werden, damit der Lizenzgegenstand in guter Qualität produziert wird? (QA/QC-Tests)
- > Aufstellung der gesamten Entwicklungskosten von Entwickler an TT
- Versand des Vertragsentwurfes an die Firma durch TT
- TT übernimmt die gesamte Kommunikation nach außen sowie nach innen (V5, ggf. V3, V2, Bereichsleitung, DESY-Entwickler, etc.)



Vertragsverhandlungen

Dienstreise nach Italien zu CAEN:

- > Erstes persönliches Treffen
- > Vorführung des Moduls im Labor
- > Meeting mit dem Vertriebs-, Entwicklungsingenieur, techn. Direktor und dem Präsident:
 - Abstimmung des Vertrags/der Dokumente
 - Austausch über potentiellen Absatz und Verkaufspreis
 - Verhandlung über Lizenzgebühren: Einmalzahlung + prozentuale Lizenzgebühr pro Jahr
- > Positiver Abschluss
- > Erstkontakt für weitere Kooperation für ein anderes DESY-Projekt



Kataloglistung im Herbst 2013

Code	Description
WV1495XAAAAA	V1495 - General Purpose VME Board
WA395XAAAAA	A395A - 32 LVDS/ECL/PECL input channels interface for V1495
WA395XBAAAAA	A395B - 32 LVDS output channels interface for V1495
WA395XCAAAAA	A395C - 32 ECL output channels interface for V1495
WA395XDAAAAA	A395D - 8 NIM/TTL input/output channels interface for V1495
WA395XEAAAAA	A395E - 8 channel 16Bit +5V DAC for V1495
WA395XFAAAAA	A395F - 8 Channels Multiple Gate/Delay mezzanine
WA967XAAAAA	A967 - 32 Channel Cable Adapter (1x32 to 2x16) for V767, V862, V1190, VX1190, V1495
WPERS0149501	V1495 Customization - 3 A395C Mounting Option
WFW1495SCXAA	FW1495SC - 128 Channels Latching Scaler for V1495



S. 111 aus dem aktuellen CAEN-2014 Katalog

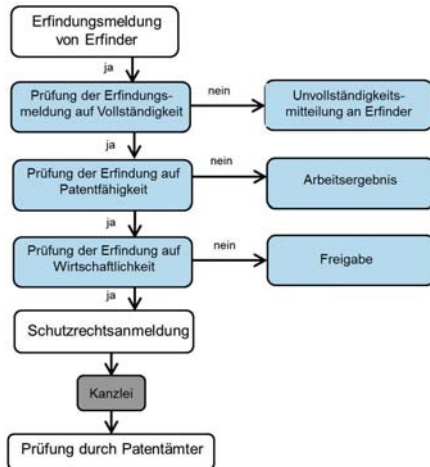
Piggyback Boards	A395A	A395B	A395C	A395D	A395E	A395F
No. of channels	32	32	32	8	8	8
Channel type	Digital Input	Digital Output	Digital Output	Digital I/O selectable	Analog Output	Digital Output
Description	Differential LVDS/ECL/PECL	Differential LVDS	Differential ECL	NIM/TTL	16 bit resolution Output range: $\pm 5V @ 10 k\Omega$ TL $\pm 4V @ 200 \Omega$ TL	Allows to digitally adjust the delay or the pulse width of 8 independent digital signals
Note	single ended TTL optional	LVDS 100 Ω RI	ECL	NIM/TTL selectable 50 Ω Rt	DAC board equipped with V1495 Firmware and VHDL source for custom development	Board equipped with V1495 Firmware and VHDL source for custom development
Bandwidth	200 MHz	250 MHz	300 MHz	250 MHz	-	-
Front panel connector	3M P50E-068-P1-SR1 type (34+34) pins	3M P50E-068-P1-SR1 type, (34+34) pins	3M P50E-068-P1-SR1 type, (34+34) pins	LEMO 00	LEMO 00	n.a.



Erfindungsmeldung: Auch bei Know-how?

- > „DESY-Richtlinie zur Vergütung von Dienstervfindungen und qualifizierten technischen Verbesserungsvorschlägen“*

Arbeitnehmererfindungen:



*(Seit 01.02.2013 in Kraft)

Qual. techn. Verbesserungsvorschlag:

„Know-how“ (nach EG-GVO No. 772/2004 EG)

→ „geheim“, „wesentlich“, „identifizierbar“

→ Ausfüllen einer Erfindungsmeldung

→ Vorzugsstellung entfällt, sobald Dritten ohne nennenswerten Schwierigkeiten Know-how zugänglich ist

→ Know-how ist nicht mehr geheim!



Vergütung des Arbeitnehmers

Arbeitnehmererfindungen:

- > Prämie 1: 600 €
- > Prämie 2: 600 €
nach Schutzrechtseintragung

Qual. techn. Verbesserungsvorschlag:

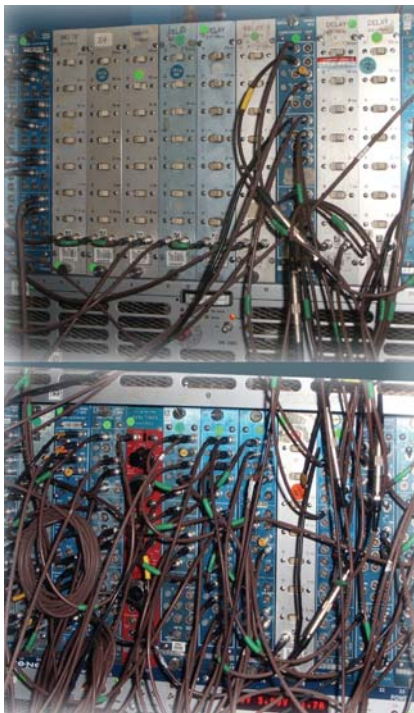
- > Prämie 1: 300 €

Vergütung bei Verwertung:

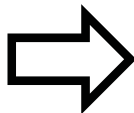
- > Vergütung: 30 % Bruttoeinnahmen, ggf. Aufteilung nach Erfindungsanteil auf mehrere Personen
- > Bruttolizeneinnahmen sind Einnahmen ohne Ust./MwSt., ohne Abzug von Kosten für Erwirkung und Aufrechterhaltung von Schutzrechten, die Verwaltung oder die Verwertung
- > Vergütungsauszahlung erst ab 100 €, kleinere Beträge werden aufaddiert bis 100 € erreicht sind.



Einsatz (1)



2 Crates mit NIM Modulen, manuell justiert



2 VME Module, programmierbar



Einsatz (2)

Mess-Funktionen

- Beam Background

Messung der Untergrund-Rate in 25ns-Zeitfenstern (grün) zwischen den Strahl-Paketen (ocker und rot). Die Messung wird im Falle kollidierender Pakete unterdrückt (Veto).

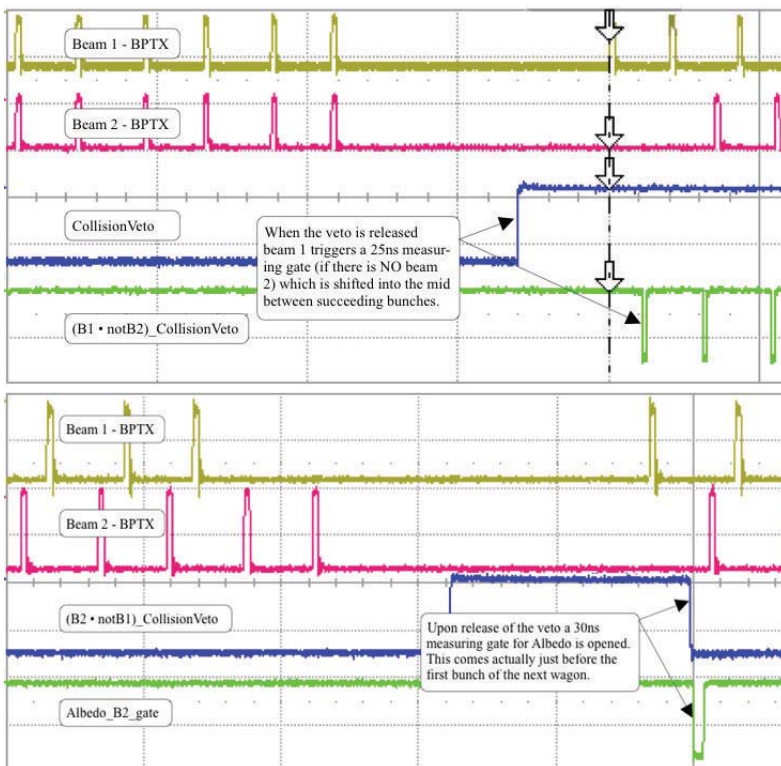
- 'Albedo'

Messung der Untergrund-Rate in einem 30ns-Zeitfenster am Ende einer Strahl-Lücke.

Im Betrieb!

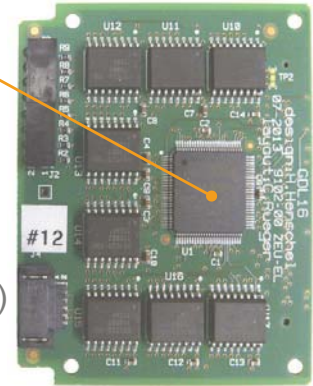
- seit Ende Januar 2013

(rechtzeitig vor dem Abschalten des LHC für den großen Upgrade)



Ausblick

- LHC Upgrade
 - ➔ 48 Kanäle (statt 8)
 - ➔ 25ns Paketabstand (statt 50ns)
 - ➔ höhere Untergrundrate!
- Upgrade des Gate/Delay Mezzanines
 - ➔ Integration von Logik (bisher nur die Verzögerungen)
 - ➔ Verringerung der Laufzeiten/Erhöhung der Grenzfrequenz
 - ➔ Verdoppelung der Zahl der Schaltkreise je Platine
 - Beschränkungen: Parameter des DS1023
 - Interface zum Trägermodul
 - ➔ Neu-Konzeption des Systems (Optimierung der Kanalzahl)
- 'Marktgängiges' Konzept
 - ➔ Verzögerung **und** Pulsbreite in einem 8-kanaligen Modul



Dank

- Wolfgang Lange
 - ➔ für die Anregung zur Entwicklung
- Anne Dabrowski und David Stickland
 - ➔ für die Diskussion und Klärung der Messaufgabe
 - ➔ für Zutrauen und stete Ermutigung
 - ➔ für unendliche Geduld beim Test und Einrichten vor Ort
- Wolfgang Lohmann und der CMS-Gruppe Zeuthen
 - ➔ für die Unterstützung in physikalischen Fragen sowie beim Betrieb des DAQ-Systems
- Sebastian Richter (TU Cottbus)
 - ➔ für die Programmierung eines VME-Controllers mit komfortabler Benutzer-Oberfläche
- Ilka Mahns
 - ➔ für die kompetente Betreuung der Lizenzierung
 - und immer freundliche Zusammenarbeit

